

Bundesanstalt für  
Geowissenschaften und  
Rohstoffe



## **Tätigkeitsbericht 2009/2010**

Hannover, Juni 2011

Der vorliegende Tätigkeitsbericht wird kostenlos abgegeben  
und kann bei Bedarf angefordert werden bei:

**Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**  
Referat Z.8 Öffentlichkeitsarbeit, Schriftenpublikationen  
Stilleweg 2, 30655 Hannover

<b>Telefon</b>	(0511) 643 – 22 49
<b>Telefax</b>	(0511) 643 – 23 04
<b>E-Mail</b>	info@bgr.de
<b>Internet</b>	<a href="http://www.bgr.bund.de">http://www.bgr.bund.de</a>

ISSN 1868-7296

**Info.** ■

# Vorwort

Der Präsident der BGR



## Liebe Leserin, lieber Leser,

Eine alte Weisheit lautet: Ständiger Wandel ist das einzig Stetige. Nachdem der letzte Tätigkeitsbericht der BGR die Vorhaben der Jahre 2007 und 2008 und – wegen des 50-jährigen Bestehens der BGR – außerdem besonders Ereignisreiches aus der Zeit seit ihrer Gründung im Jahre 1958 beleuchtet hat, erscheint der vorliegende Bericht 2009/2010 in neuer Aufmachung.

Die Öffentlichkeitsarbeit der BGR hat weiter an Bedeutung gewonnen, was unter anderem an der Herausgabe zahlreicher Pressemitteilungen und, seit Mitte 2009, am quartalsweisen Erscheinen unseres elektronischen Newsletters sichtbar wird. Ebenso wie Pressemitteilungen und die nun routinemäßig erstellten Newsletter ist der Tätigkeitsbericht der BGR eines ihrer Aushängeschilder. All diese Plattformen wollen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Medien und die interessierte Öffentlichkeit über Berichtenswertes aus der BGR informieren, etwa über wichtige Ergebnisse von Arbeitsprogrammen oder über herausragende Leistungen und Ereignisse.

Es liegt daher nahe, im traditionell zweijährlich erscheinenden Tätigkeitsbericht das aufzugreifen, worüber in Pressemitteilungen und Newslettern zu gegebener Zeit bereits aktuell berichtet wurde. Der Tätigkeitsbericht zeichnet sich allerdings dadurch aus, dass die Ergebnisse unserer Arbeit wie gewohnt nach Themenfeldern geordnet und in strukturierter Weise dargestellt werden. Dadurch sind sie in größerer Breite erfasst.

Er eignet sich für die Interessierten als Quellenverzeichnis am Arbeitsplatz, als Lektüre für den Feierabend, das Wochenende oder den Urlaub, er gibt Lehrern wie Schülern und Studierenden gut verständliche Einblicke in unsere spannenden und oft komplexen Arbeitsfelder und zeigt auch künftigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern retrospectiv auf, welchen gesellschaftlich herausfordernden Aufgaben sich die BGR stellt.

Zwei Ereignisse der Jahre 2009/2010 mit besonderer Tragweite für die BGR seien an dieser Stelle noch hervorgehoben. Eines ist die Umstrukturierung von Organisationseinheiten der BGR in neu zugeschnittene Fachabteilungen und Fachbereiche mit weitgehend themenorientierter Ausrichtung. Die Umstrukturierung mit verschiedenen begleitenden Maßnahmen wurde mit hohem Kräfteinsatz nahezu aller Beschäftigten der BGR zu Beginn des Jahres 2009 vorgenommen. Die Aufgaben einer modernen Ressortforschungseinrichtung des Bundes können nun noch effizienter und zielgerichteter wahrgenommen werden als bisher und Ergebnisse leichter umgesetzt werden. Das zweite Ereignis ist die Einrichtung der Deutschen Rohstoffagentur an der BGR durch Wirtschaftsminister Rainer Brüderle am 4. Oktober 2010. Die Rohstoffagentur soll die deutsche Industrie bei der Versorgung mit für sie wichtigen Rohstoffen unterstützen. Hierüber wird an anderer Stelle dieses Bandes ausführlich berichtet.

Ich hoffe, Sie finden Gefallen am Tätigkeitsbericht 2009/2010. Gerne empfehle ich Ihnen auch einen Blick auf unsere Webseiten unter [www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de). Dort können Sie auch den BGR-Newsletter abonnieren, der regelmäßig per Mail verschickt wird. Sollten Sie Fragen zu einzelnen Themen haben, würde ich mich freuen, wenn Sie mit mir Kontakt aufnehmen.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'H.-J. Kümpel'.

Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel  
Präsident der BGR

# Grußwort

Der Bundesminister für Wirtschaft und Technologie



## Liebe Leserin, lieber Leser,

Der diesjährige Tätigkeitsbericht spiegelt erneut die fachliche Breite und die interdisziplinäre Vernetzung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe wider. Auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen mit Geologiebezug kann die BGR dadurch zeitnah und kompetent reagieren. Ich bin überzeugt, dass das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie auch in Zukunft auf die solide Beratung durch die BGR setzen kann.

Gerade auf den Rohstoffmärkten gab es in der letzten Zeit Veränderungen, die unsere Industrie zunehmend vor große Herausforderungen stellen. Gemeinsam mit der BGR hat das Bundeswirtschaftsministerium deshalb im vergangenen Jahr die Deutsche Rohstoffagentur in der BGR gegründet. Auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und aktueller Marktanalysen werden dort neue rohstoffwirtschaftliche Ansätze entwickelt und neue Beratungsangebote für die Industrie angeboten. Die Integration der Agentur in die BGR ermöglicht, das vorhandene Know-how und die bestehende Infrastruktur optimal zu nutzen. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren auch die exzellenten Netzwerke und die rohstoffwirtschaftlichen Regionalerkenntnisse der BGR. Damit liegt dieses wichtige Zukunftsthema in guter Hand.

Auch bei der Konzeptentwicklung für die Direktnutzung von geothermischer Wärmeenergie leistet die BGR mit dem Projekt „GeneSys“ echte Pionierarbeit. Vor der Haustür des Geozentrums in Hannover ist geplant, eine bereits fertig gestellte, 3 900 Meter tiefe Bohrung für eine geothermische Anlage zur Beheizung des Geozentrums zu nutzen. Eine positive Überraschung ist die in der Erdtiefe gemessene Temperatur, die mit ca. 170 °C etwas höher als ursprünglich erwartet ausfällt. Bevor die Anlage allerdings in Betrieb geht, müssen weitere technische Herausforderungen gemeistert werden. Ich bin gespannt, wie sich das Projekt in dieser wortwörtlich „heißen“ Phase entwickelt.

Mit ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur sicheren und umweltverträglichen Speicherung von CO<sub>2</sub> im geologischen Untergrund zeigt die BGR, wie die Geowissenschaften einen Beitrag zur Lösung der Klimaproblematik leisten können. Für die Energiewirtschaft und energieintensiven Industriezweige wäre die Speicherung von CO<sub>2</sub> eine Option, Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger zu minimieren.

Mit den darüber hinaus präsentierten Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle und zum Global Earth Observation System of System (GEOSS) sowie den hubschraubergestützten geophysikalischen Untersuchungen zum Schutz von Boden und Grundwasser vor Versalzung im norddeutschen Küstenraum unterstreicht die BGR ihren hervorragenden Platz in der deutschen und internationalen Forschungslandschaft.

Nur durch die exzellente Forschungsarbeit der BGR ist diese Beratungsqualität überhaupt erst möglich. Für ihre vielfältigen Aufgaben wünsche ich der BGR und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern weiterhin viel Erfolg.

Ihr

Philipp Rösler  
Bundesminister für Wirtschaft und Technologie



# Kuratorium

der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Der Bundesminister für Wirtschaft und Technologie hat ein Kuratorium berufen, das ihn und den Präsidenten der BGR in allen die Arbeit der BGR berührenden wichtigen Fragen berät.

Dem Kuratorium gehören Vertreter der Geowissenschaften aus Wirtschaft und Industrie, dem Hochschulbereich und außeruniversitären Forschungseinrichtungen an.

## *Vorsitzender des Kuratoriums*

Dipl.-Ing. Gerd GRIMMIG  
Mitglied des Vorstandes  
K+S Aktiengesellschaft  
Kassel

## *Mitglieder*

Dipl.-Geophys. Martin BACHMANN  
Mitglied des Vorstandes  
Wintershall Holding GmbH  
Kassel

Prof. Dr. rer. nat. Maria BONI  
Dipartimento Scienze della Terra  
Università di Napoli Federico II  
Neapel, Italien

Prof. Dr. Helga DE WALL  
GeoZentrum Nordbayern  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Erlangen

Dr. Johnny FREDERICIA  
Direktor  
Geological Survey of  
Denmark and Greenland  
Kopenhagen, Dänemark

Dipl.-Kfm. Ulrich GRILLO  
Vorsitzender des Vorstandes  
Grillo-Werke AG  
Duisburg

Dipl.-Ing. Matthias HARTUNG  
CEO und Vorsitzender der Geschäftsführung  
RWE Technology GmbH  
Essen

Prof. Dr. Peter M. HERZIG  
Direktor  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften Kiel  
(IFM-GEOMAR)  
Kiel

Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard F. J. HÜTTL  
Wissenschaftlicher Vorstand  
Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam  
Potsdam

Dr. Gernot KALKOFFEN  
Vorsitzender des Vorstandes  
ExxonMobil Central Europe Holding GmbH  
Hamburg

Dr. Norbert KLOPPENBURG  
Mitglied des Vorstandes  
Kreditanstalt für Wiederaufbau  
Frankfurt/Main

Prof. Dr. Karin LOCHTE  
Direktorin  
Stiftung Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und Meeresforschung  
in der Helmholtz-Gemeinschaft  
Bremerhaven

Prof. Dr. Dr. h.c. Volker MOSBRUGGER  
Generaldirektor  
Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum  
Frankfurt/Main

Dr. Peter SEIFERT  
Direktor  
Geologische Bundesanstalt  
Wien, Österreich

Prof. Dr. Georg TEUTSCH  
Wissenschaftlicher Geschäftsführer  
Helmholtz-Zentrum für  
Umweltforschung GmbH – UFZ  
Leipzig

Prof. Dr. rer. nat. Bruno THOMASKE  
INBK - Institut für Nuklearen Brennstoffkreislauf  
RWTH Aachen  
Aachen

Dipl.-Ing. Bernd TÖNJES  
Vorsitzender des Vorstandes  
Deutsche Steinkohle AG  
Herne

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort BGR-Präsident .....	3
Grußwort Bundesminister für Wirtschaft und Technologie .....	4
Kuratorium der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe .....	5
Minister Brüderle gründet Deutsche Rohstoffagentur .....	14

## Energierohstoffe

Einführung .....	18
GeneSys: BGR will mit Erdwärme heizen .....	19
Im Kollisionsbereich zweier Kontinente Untersuchungen über das Kohlenwasserstoffpotenzial an Kontinenträndern im östlichen Mittelmeer .....	23
SPEKTRUM	
Norddeutsche Geothermietage im GEOZENTRUM Hannover .....	25
BGR-Wissen für erdölgeologischen Atlas des südlichen Permbeckens .....	26
Commodity Top News 32 (2009): Quo vadis Kohle? .....	26
BGR-Studie: ‚Energierohstoffe 2009‘ .....	27
Energiekurzstudie 2009: Ressourcen, Reserven und Verfügbarkeit von Rohstoffen .....	27
Energiekurzstudie 2010: Erdölreserven nicht grenzenlos .....	28
Ausblick .....	29



## Mineralische Rohstoffe

Einführung .....	32
Coltan-, 'Fingerprint' ermöglicht Zertifizierung von Handelsketten .....	33
Pilotprojekt in Ruanda: Mehr Transparenz durch Zertifikate .....	37
Mikroorganismen für den Bio-Bergbau .....	40
Die Wiederentdeckung der Manganknollen im Pazifik .....	42
SPEKTRUM	
BGR-Studie: Bergbau kann wirtschaftliche Situation in Afrika verbessern .....	47
Commodity Top News 33 (2010): Vorräte an Hightech-Metallen begrenzt?.....	47
BGR legt Berichte zur Rohstoffsituation in Deutschland vor .....	48
Ausblick .....	49

## Grundwasser

Einführung .....	52
Syrien und Libanon: Projekte für sauberes Trinkwasser .....	53
Der Durst eines Tigerstaates	
Grundwasserschutz in Vietnam .....	56
Geochemie der europäischen Mineralwässer .....	58



Verstopfte Brunnen: Ein altes Problem im neuen Licht .....	60
SPEKTRUM	
BGR-Publikationen zum nachhaltigen Umgang mit Wasser .....	62
BGR auf dem 5. Weltwasserforum 2009 in Istanbul .....	63
Web-Map-Service informiert über Hintergrundwerte im Grundwasser .....	64
Ausblick .....	65

## Boden

Einführung .....	68
Nationale Bodenübersichtskarte setzt neue Maßstäbe .....	69
Anorganische Spurenstoffe können das Grundwasser belasten .....	71
SPEKTRUM	
Kurzkartierung erleichtert Bodenkundlern die Arbeit .....	73
Bodendaten für die Klimaforschung .....	74
Ausblick .....	75



## Endlagerung radioaktiver Abfälle

Einführung .....	78
Bedeutung eiszeitlicher Rinnensysteme für Endlagerstandorte in Norddeutschland .....	79
Ton als Wirtsgestein zur Endlagerung radioaktiver Abfälle .....	81
SPEKTRUM	
BGR-Wissenschaftler Enste berät bei der Schweizer Endlagersuche .....	83
Neue verbesserte geologische 3D-Modelle der BGR .....	84
Ausblick .....	85

## Nutzung des tieferen Untergrunds, CO<sub>2</sub>-Speicherung

Einführung .....	88
CO <sub>2</sub> -Speicherpotenziale im tieferen Untergrund .....	89
COORAL: Sicherheit ohne Abstriche vom Kraftwerk bis zum Speicher .....	92
Ausblick .....	93



## Geowissenschaftliche Informationen und Grundlagen

Einführung .....	96
Geoinformationssystem unterstützt nachhaltige Entwicklung in der Nordsee .....	97
„Airborne Laser Scanning“ in der Technischen Zusammenarbeit mit Bangladesh .....	98
Georadarmessungen mit dem Luftschiff .....	100
Analyse mikroseismischer Aktivität bei tiefer Geothermie .....	101
Aerogeophysikalische Untersuchungen im Norddeutschen Küstenraum .....	102
Jungfernfahrt eines neuen elektromagnetischen Messsystems .....	104
SPEKTRUM	
BGR nutzt Synergien mit Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr .....	106
BGR besitzt Patent auf neuartiges Vektor-Gradientenmagnetometer .....	106
Ausblick .....	107

## Kernwaffenteststopp; Gefährdungsanalysen

Einführung .....	110
Untersuchungen von Bergbauschäden in Staßfurt .....	111
Katastrophensicherheit in Zentralamerika BGR führt Risikoexpositionsanalyse durch .....	114
SPEKTRUM	
BGR-Infraschallstation in der Antarktis wacht wieder über Atomversuche .....	117
Wiener Diplomaten besichtigen Messstation im Bayerischen Wald .....	118
Globale Erdbebendaten 2009 und 2010 .....	118
Ausblick .....	119



## Nationale/Internationale geowissenschaftliche Zusammenarbeit

Einführung .....	122
BGR unterstützt Geo-Netzwerk in Afrika .....	123
BGR unterstützt Entwicklungsländer bei Erweiterung maritimer Souveränitätsrechte ....	124
SPEKTRUM	
BGR und Paraguay: 20 Jahre geowissenschaftliche Partnerschaft .....	126
Studie zur Rohstoffsituation in Russland .....	127
BGR und Jordanien: 50 Jahre geowissenschaftliche Zusammenarbeit .....	127
„OneGeology“-Projekt: Europas Geologie hat eine gemeinsame Sprache .....	128
Ausblick .....	129

## Polarforschung

Einführung .....	132
AGAP und GANOVEX X: Geowissenschaftliche Spurensuche in der Antarktis .....	133
Wissenschaftler untersuchen Geologie von Spitzbergen .....	137
Ausblick .....	141





## Sonderthemen

„Resource“: Neue Broschüre informiert über aktuelle BGR-Projekte .....	144
Neues Informationsangebot: BGR startet Newsletter .....	144
Hans-Joachim-Martini-Preis 2008 und 2009 .....	145
Internationales Geosporttreffen im GEOZENTRUM Hannover .....	146
Zukunftstag: Mädchen und Jungen auf Entdeckungsreise im GEOZENTRUM .....	147
Anhang .....	149
Impressum .....	154

## Minister Brüderle gründet Deutsche Rohstoffagentur

Die Versorgung Deutschlands mit Rohstoffen ist angesichts der starken Importabhängigkeit bei gleichzeitig wachsenden Handels- und Wettbewerbsverzerrungen zunehmend gefährdet. Daher soll die BGR der Wirtschaft künftig noch gezielter bei der Sicherung und Nutzung von Rohstoffen helfen. Aus diesem Grund hatte Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle im Oktober 2010 die Deutsche Rohstoffagentur in der BGR gegründet. Sie soll die Unternehmen der deutschen Rohstoffbranche, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, in Fragen der Verfügbarkeit und aktueller Marktentwicklungen sowie bei der nachhaltigen Nutzung von Rohstoffen unterstützen.



Dr. Thomas Oberthür, BGR-Arbeitsbereichsleiter „Lagerstätten und Herkunftsnachweis Mineralischer Rohstoffe“, zeigt Minister Brüderle Exponate verschiedener Erze.



Bundesminister Rainer Brüderle und BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel (rechts) mit zwei Handstücken Seltener Erden.

„Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe am Standort des Geozentrums Hannover bietet ideale Voraussetzungen für die Deutsche Rohstoffagentur. Über viele Jahrzehnte hat sie eine besondere wissenschaftliche Rohstoffexpertise aufgebaut. Sie ist mit allen internationalen Einrichtungen auf diesem Gebiet hervorragend vernetzt. Mit der neuen Rohstoffagentur werden die Kompetenzen bei der Rohstoffberatung weiter gebündelt. Ich bin mir sicher, dass dieser Schritt ein wichtiger Beitrag ist, um den Industriestandort Deutschland nachhaltig zu sichern“, sagte Brüderle zur Gründung der Deutschen Rohstoffagentur in der BGR.

Als nachgeordnete wissenschaftlich-technische Behörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) hatte die BGR seit Mai bereits wichtige konzeptionelle Vorarbeiten zur Rohstoffagentur geleistet. Dazu gehörte auch die Einrichtung eines Kontaktbüros als Ansprechpartner für die Wirtschaft.

„Kernstück der Agentur soll ein Rohstoff-Informationssystem sein, das auf den umfangreichen Daten und den langjährigen Erfahrungen der BGR zur Verfügbarkeit von Rohstoffen aufbaut. Wir haben dabei alle Rohstoffe im Blick, werden uns aber ganz besonders auf Hochtechnologierohstoffe konzentrieren, die ein Schlüssel für die Entwicklung wichtiger Zukunftstechnologien sind“, so BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel.

Deutschland verfügt zwar über ein beachtliches Potenzial an heimischen Rohstoffen, so bei Steinen und Erden, Kali- und Steinsalz oder Braunkohle, ist aber bei den Energierohstoffen Erdöl und Erdgas stark und bei den metallischen Rohstoffen nahezu vollständig auf Erzimporte und auf die Nutzung von Recyclingrohstoffen angewiesen. Dies ist etwa für den Automobil- und Maschinenbau sowie den Zukunftstechnologien der Energie-, Elektronik- und IT-Industrie von zentraler Bedeutung. So lag der Wert der Rohstoffimporte Deutschlands im Jahr 2009 bei rund 84 Milliarden Euro, davon entfielen ca. 66 Milliarden Euro auf Energierohstoffe und ca. 22 Milliarden Euro auf Metallrohstoffe.

Die starke Abhängigkeit von globalen Rohstoffmärkten und die weltweit zunehmenden Handels- und Wettbewerbsverzerrungen können vor allem zu Problemen bei der Entwicklung und Markteinführung innovativer Produkte führen. Im Dialog mit der Wirtschaft erarbeitet die Bundesregierung deshalb unter Federführung des Wirtschaftsministeriums eine nationale Rohstoffstrategie. Die Deutsche Rohstoffagentur ist ein Baustein dieser Strategie.

Die Agentur soll die Vorteile nutzen, die sich durch die aktive Mitarbeit der BGR in nationalen und internationalen Netzwerken der geologischen Dienste, Rohstoffverbänden und Forschungseinrichtungen ergeben. Dazu kommen die Erfah-

rungen aus einer mehr als 50-jährigen internationalen Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern, wodurch die BGR über exzellente Netzwerke und rohstoffwirtschaftliche Regionalkenntnisse verfügt.

„Die Rohstoffagentur wird rohstoffwirtschaftliche Informationen in einer ganz neuen Qualität zur Verfügung stellen sowie bei der Rohstoffversorgung neue Lösungsansätze aufzeigen“, so Dr. Volker Steinbach, Leiter der BGR-Rohstoffabteilung und der Deutschen Rohstoffagentur.

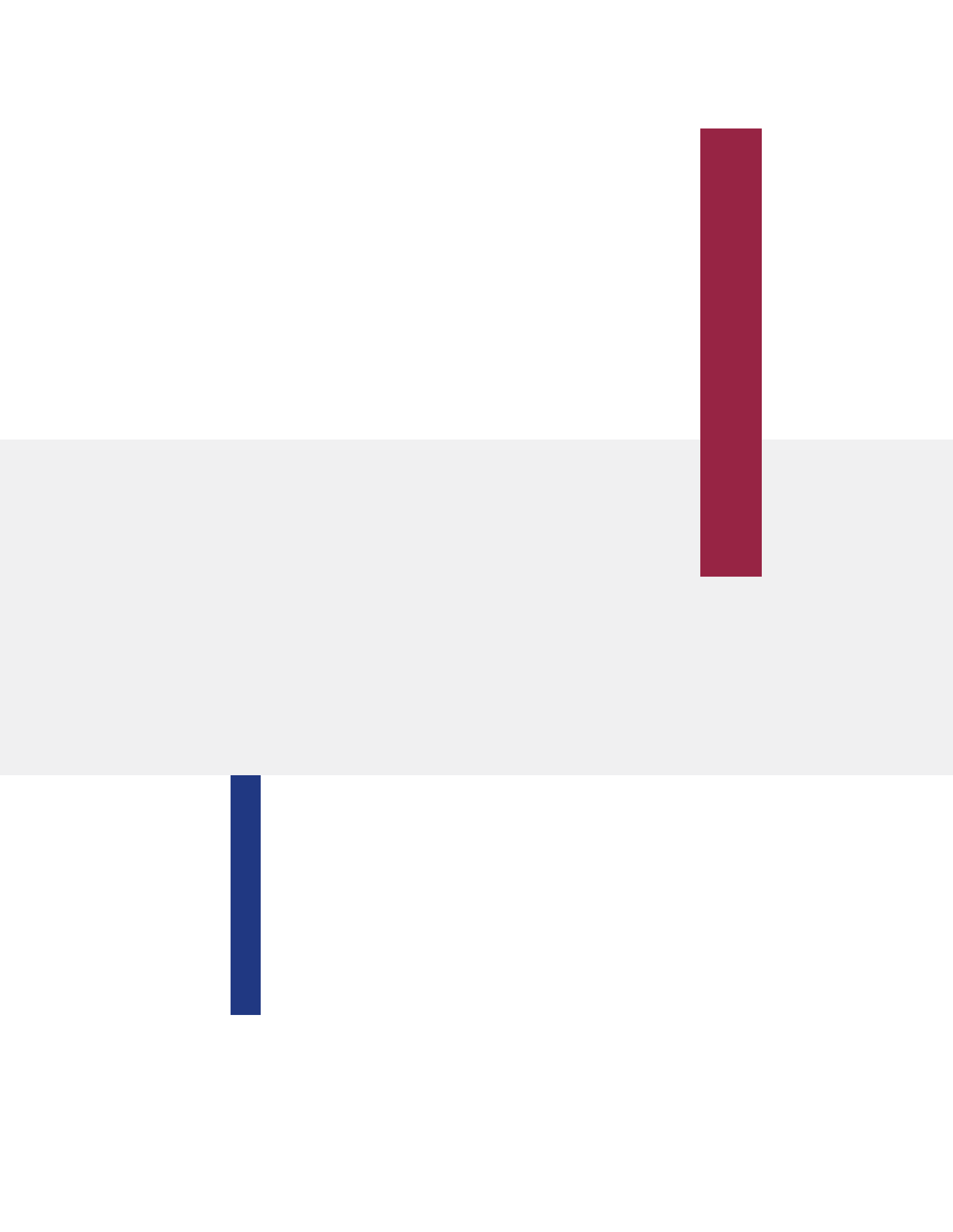
Eine andere wesentliche Aufgabe wird die Schaffung von mehr Markttransparenz sein. Zudem wird die Agentur der deutschen Industrie bei der Diversifizierung von Bezugsquellen Entscheidungsgrundlagen liefern, insbesondere mit Blick auf langfristige Rohstofflieferbeziehungen mit wichtigen Rohstoffproduzenten sowie auf unternehmerische Engagements bei der

Exploration oder Gewinnung von Rohstoffen. Weiterhin befasst sie sich im Rahmen von Rohstoffförderprogrammen des Bundes methodisch mit der effizienten Erschließung und Nutzung von Rohstofflagerstätten sowie der Identifikation von Rohstoff- und Materialeffizienzpotenzialen.

Als erstes Produkt überreichte der Leiter der Rohstoffagentur, Dr. Volker Steinbach, eine Studie der rohstoffwirtschaftlichen Bewertung der Länder Afrikas, Asiens, Südamerikas sowie der GUS-Staaten an Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle.

**Das Kontaktbüro „Deutsche Rohstoffagentur“ ist zu erreichen unter:**

**Telefon 0511/643 3200, Fax: 0511/643 53 3200 oder  
E-Mail: kontaktbuero-rohstoffe@bgr.de**



# *Energierohstoffe*



# Einführung

Der Beginn des 21. Jahrhunderts war gekennzeichnet durch einen rasanten Anstieg des globalen Primärenergieverbrauchs. Während die Kernenergie in dieser Zeit weitgehend konstant blieb, nahm die Bedeutung von Erdöl, Kohle und Erdgas als Energieträger weiter zu. Als Industrienation ist Deutschland auf die sichere Versorgung mit kostengünstiger Energie angewiesen. Auch in Deutschland erfolgt die Energiegewinnung überwiegend aus Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran. Dabei ist Deutschland in hohem Maße von Importen an Energierohstoffen abhängig. Zwar hat auch die Geothermie bei uns ein großes Potenzial, zur Energieversorgung beizutragen, insgesamt wird jedoch der Ausbau der erneuerbaren Energieformen bis zu einer signifikanten Grundversorgung absehbar noch lange Zeit beanspruchen.

Aus geologischer Sicht sind noch große, bislang wenig genutzte Vorkommen an Energierohstoffen vorhanden. Beispiele für Erdöl sind hier Schweröl, Ölsande und Ölschiefer sowie Erdöl in Tiefstwasserregionen und in der Arktis. Bei Erdgas ist in den vergangenen Jahren mehr und mehr die Nutzung nicht-konventioneller Vorkommen wie Schiefergas und Kohlegas in

den Fokus der Aktivitäten gerückt. Über die künftige Nutzbarmachung dieser Energierohstoffvorkommen werden aber nicht nur die geologischen Gegebenheiten und die technischen Möglichkeiten entscheiden. Wirtschaftliche Notwendigkeiten sind abzuwägen mit einem verantwortungsvollen Umgang mit der Umwelt.

Die BGR beschäftigt sich mit der Erkundung der fossilen Energierohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran sowie der tiefe Geothermie. Die BGR erforscht Potenziale und Risiken der möglichen künftigen Nutzung dieser Energierohstoffvorkommen. Dabei werden nicht-konventionelle Rohstoffvorkommen auch in Deutschland betrachtet. Mit Forschungsarbeiten an Kontinenträndern weltweit wird das Potenzial von Erdöl und Erdgas in Regionen bewertet, die noch nicht im Fokus der Industrie liegen. Mit der dabei erworbenen wissenschaftlichen Kompetenz berät die BGR die Bundesregierung, die Wirtschaft und die Öffentlichkeit zu Fragen der künftigen Verfügbarkeit der Energierohstoffe. Die BGR berichtet regelmäßig über die fossilen Energierohstoffe in Form von Publikationen und Berichten.





Bohrplatz während der Bohrarbeiten im Jahr 2009 mit der InnovaRig-Bohranlage im Zentrum.

## GeneSys: BGR will mit Erdwärme heizen

Das GEOZENTRUM Hannover soll künftig mit Erdwärme aus knapp 4 000 Meter Tiefe beheizt werden. Grundlage dafür ist das Geothermie-Projekt GeneSys der BGR. Das ca. 25-Millionen-Euro-Projekt wird durch Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) finanziert. Wichtige wissenschaftliche Begleituntersuchungen werden vom Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) durchgeführt und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert.

Erdwärme ist eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle. Mit dem Demonstrationsprojekt GeneSys will die BGR ihren Beitrag für eine nachhaltige Energieversorgung leisten. Geothermie ist nicht nur eine umweltfreundliche Energie. GeneSys beinhaltet auch eine neue Herangehensweise für die Erdwärme-Gewinnung. Es wird ein neuartiges Konzept zur Gewinnung von Erdwärme aus bisher nicht nutzbaren, gering durchlässigen Sandsteinen umgesetzt.

Zielhorizont der GeneSys-Bohrung ist der Mittlere Buntsandstein: Diese mächtige Gesteinsformation erreicht im Tiefenbereich zwischen 3 400 Meter und 3 700 Meter eine Temperatur von ca. 160°C. Derartige Formationen sind in Norddeutschland weit verbreitet. Ihre hydraulische Durchlässigkeit reicht in den meisten Fällen jedoch nicht für die konventionelle Thermalwasserförderung aus. Daher wird im Untergrund durch die Schaffung eines großflächigen Risses ein künstlicher Wärmetauscher geschaffen. Kaltes Wasser wird dann in den künstlichen Riss injiziert, erwärmt sich dort und kann nach einer bestimmten Verweilzeit als Heißwasser rückgefördert werden.

Die in dem geförderten Heißwasser enthaltene Wärme wird mittels eines oberirdischen Wärmetauschers in einen Heizkreislauf eingespeist. Das abgekühlte Wasser wird anschließend in einem höheren Horizont einer deutlich flacheren Bohrung zwischengespeichert. Für die Zwischenspeicherung eignen sich Sandsteine an der Basis der Unterkreide in ca. 1 200 m Tiefe („Wealden“-Formation). Es wird ein jahreszyklisches Verfahren

angestrebt: Im Sommer wird kaltes Wasser in die Tiefbohrung verpresst, wo es sich erwärmt. Während der Wintermonate, wenn entsprechender Wärmebedarf besteht, wird das heiße Wasser wieder nach oben befördert.

Gelingt die erfolgreiche Umsetzung des GeneSys-Vorhabens, so wird hiermit die Basis für eine geothermische Nutzung von im norddeutschen Raum weit verbreiteten und gering wasserdurchlässigen Sedimentgesteinen geschaffen.

Das erwähnte zyklische Verfahren wurde bereits in der rund 4 100 Meter tiefen BGR-Forschungsbohrung ‚Horstberg Z1‘ in der Südheide erfolgreich getestet. Dabei konnte u. a. gezeigt werden, dass aufgrund der großen Tiefe und der geologischen Gegebenheiten nicht mit einer oberirdischen Beeinträchtigung durch die künstliche Risserzeugung zu rechnen ist.

## GeneSys: Vom Bohrloch zur Erdwärme

Von Juni bis November 2009 wurden die Bohrarbeiten auf dem BGR-Grundstück ausgeführt. Die Bohrung wurde erfolgreich bis auf ca. 3 900 Meter Endtiefe durch die Sedimentgesteine der Kreidezeit, des Jura und der Trias bis zum Unteren Buntsandstein abgeteuft. Im letzten Abschnitt ist die Bohrung um ca. 25° geneigt, um einen günstigen Ausgangspunkt für die Erzeugung von künstlichen Rissen zu erhalten. In drei für die spätere Nutzung interessanten Gesteinsschichten wurden Bohrkerne entnommen. Zudem wurde ein umfangreiches Bohrlochmessprogramm absolviert, um insbesondere die durchteuften Sandsteinschichten genau zu charakterisieren. Im November 2009 wurde der letzte Meter gebohrt.

Für die Bohrarbeiten wurde die neu entwickelte, geräuscharme Bohranlage Innova Rig TI 350 eingesetzt, die speziell für Arbeiten im innerstädtischen Bereich ausgelegt ist. Die Grundstücke des angrenzenden Wohngebietes schützte eine 10 Meter hohe Lärmschutzwand vor größerer Lärmentwicklung. Rund 6 500 Besucher, darunter viele direkte Nachbarn, informierten sich im Infozentrum am Bohrplatz sowie bei Führungen über die Bohrung.

*Schematische Darstellung des zyklischen Konzepts zur Erdwärmegewinnung aus einem großflächigen künstlichen Riss im Mittleren Buntsandstein (ca. 3 400 – 3 700 Meter Tiefe).*

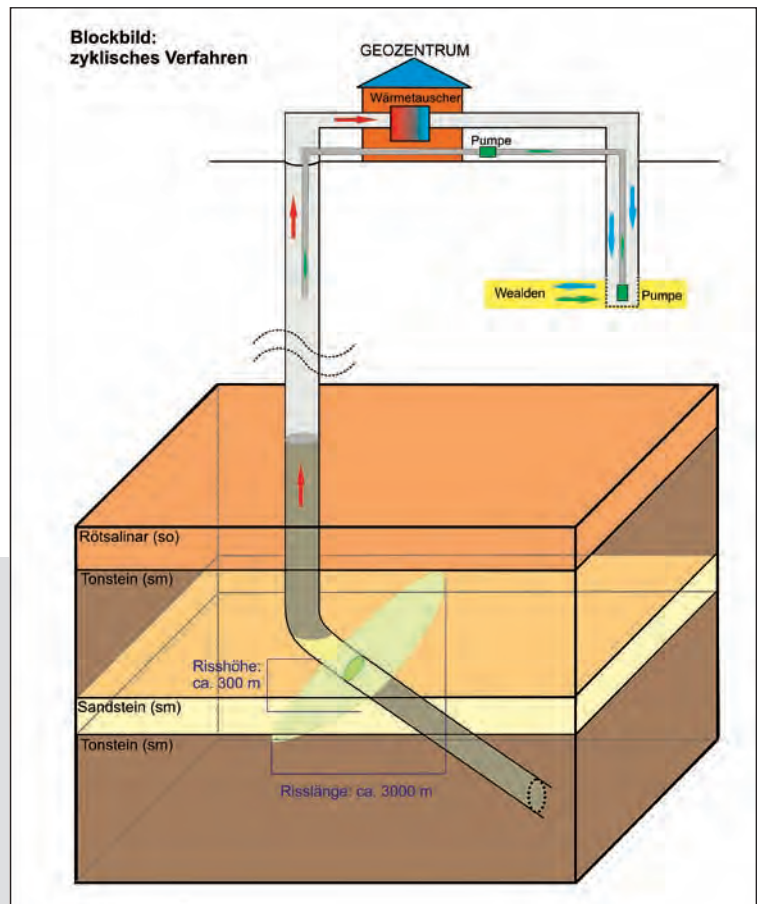
*Kaltwasser wird aus der „flachen“ Bohrung gefördert und in den künstlichen Riss der tiefen Bohrung gepumpt.*

*Nach einer bestimmten Verweilzeit wird Heißwasser aus dem Riss rückgefördert, für die Beheizung abgekühlt und wieder in die flachere Bohrung gepumpt.*

Nach den Bohrarbeiten konnte die Gesteinstemperatur in der Tiefe gemessen werden. Diese Messungen ergaben im Bohrlochtiefsten (ca. 3 900 Meter) eine Temperatur von ca. 170°C und damit deutlich höher als ursprünglich erwartet. Die hohe Temperatur wird die später geplante geothermische Nutzung erleichtern, da die thermische Leistung mit einer geringeren Fließrate erzielt werden kann. Dadurch reduzieren sich die Anforderungen an die künstliche Risserzeugung und das Gesamtrisiko sinkt.

Im Frühjahr 2010 begannen schließlich die ersten Erschließungsmaßnahmen. Im Mittleren Buntsandstein in rund 3 700 Meter Tiefe wurde durch Perforation ein 6 Meter langer Bohrungsabschnitt geöffnet und der Zugang zum umgebenden Gestein hergestellt. Anschließend ‚Minifrac‘ dienten dazu, mechanische und hydraulische Eigenschaften des umgebenden Gesteins zu ermitteln.

Einerseits bestätigten diese, dass das umgebende Gestein hydraulisch quasi dicht ist. Von besonderer Bedeutung war jedoch die Erkenntnis, dass der Fracdruck, d.h. der Druck ab dem sich künstliche Risse im Gestein ausbreiten, deutlich höher ausfällt als erwartet.





Dies hat zur Konsequenz, dass eine zusätzliche Verrohrung, eine sogenannte Linerverlängerung, ab einer Tiefe von ca. 2 700 Metern bis zu Tage eingebaut werden muss. Diese Linerverlängerung soll einen Schutz der Bohrung gegen den zu erwartenden Druck während der späteren Fracoperationen darstellen. Der Einbau erfolgt in 2011.

Injektionstests wurden ausgeführt, um die hydraulischen Eigenschaften der „Wealden“-Formation zu untersuchen. Diese Tests wurden über den Ringraum der Bohrung zwischen 13 3/8“ und 9 5/8“ Verrohrung durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse sind vielversprechend im Hinblick auf die spätere Nutzung dieser Formation als Zwischenspeicher für das rückgeförderte Wasser.

Neben den erwähnten Tests und Bohrlochmessungen wurde 2010 ein umfangreiches Mess- und Untersuchungsprogramm zur Charakterisierung der Gesteinsproben und zur Auswertung der Bohrlochmessungen durchgeführt.

Modellrechnungen simulieren anhand verschiedener Szenarien die künstliche Rissausbreitung und den langzeitigen Wärmeaustrag aus der Bohrung. Diese Modellrechnungen sind essentiell für die Entscheidung, wie die Bohrung am besten geothermisch genutzt werden kann.

Im Jahr 2011 sind zunächst der Einbau der Linerverlängerung und anschließend die Durchführung einer massiven Fracoperation geplant. Es ist vorgesehen, dass während der Fracoperation ca. 20 000 Kubikmeter aufbereitetes Frischwasser injiziert und dadurch ein großflächiger Riss erzeugt wird. Von den Ergebnissen dieser Operation werden die weiteren Erschließungsarbeiten abhängen.

Nach einem erfolgreichen Abschluss ist die Errichtung einer geothermischen Heizzentrale vorgesehen, die 2014 in Betrieb gehen soll. Die Anlage wird voraussichtlich auf zwei Megawatt thermischer Leistung ausgelegt sein.

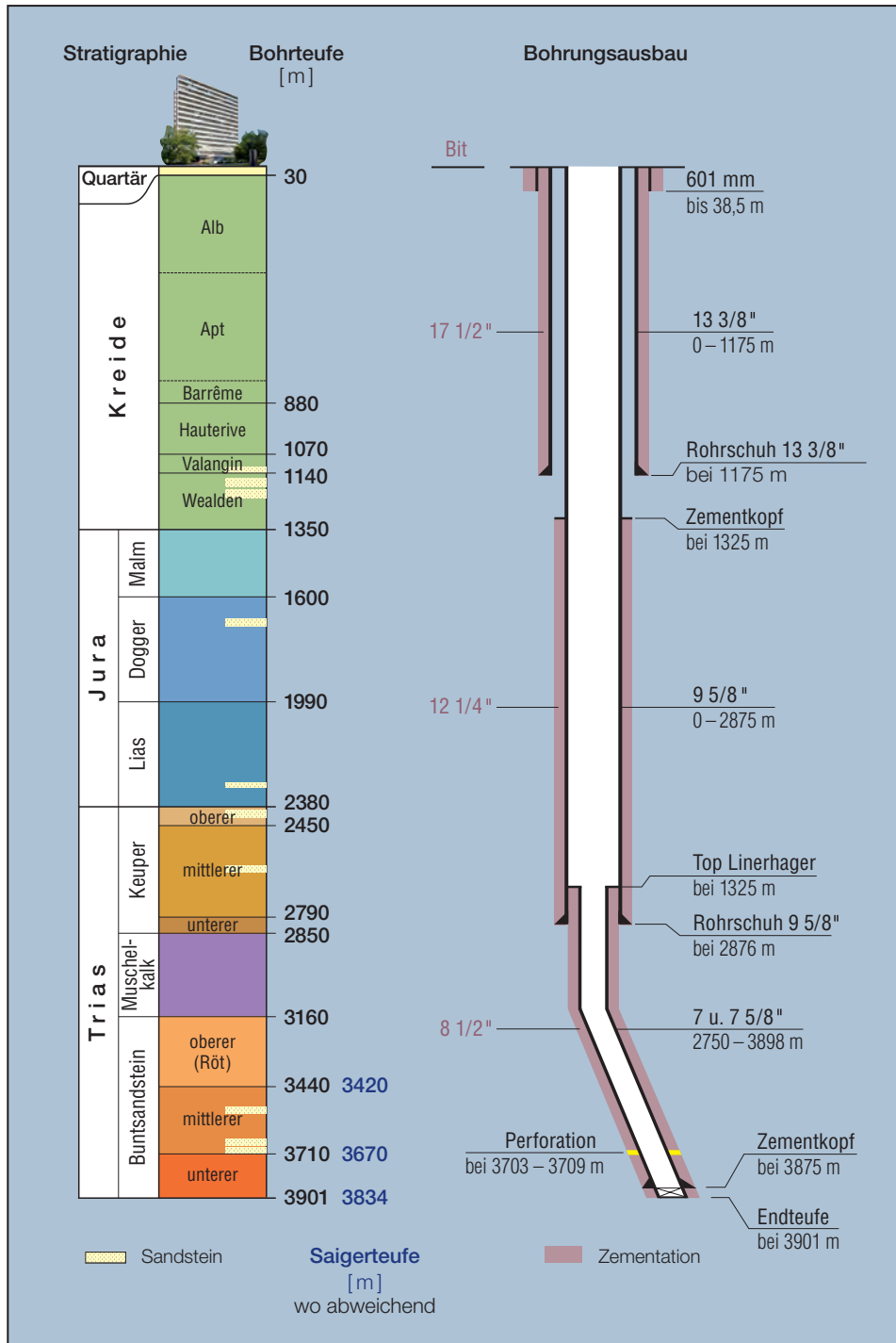
## Staatssekretär besucht GeneSys-Projekt

Prominenter Besuch aus Berlin in der BGR: Peter Hintze, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, überzeugte sich persönlich vom Bohrfortschritt des Geothermie-Pilotprojekts ‚GeneSys‘ der BGR.

Der Parlamentarische Staatssekretär äußerte sich sehr zufrieden über den bisherigen Verlauf des Projekts, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) finanziert wird. „Erdwärme ist eine nahezu unerschöpfliche und vor allem umweltfreundliche Energiequelle. Mit dem Pilotprojekt GeneSys kann ein Beitrag für eine nachhaltige Energieversorgung geleistet werden“, so Hintze.



*Informierten sich vor Ort über den Fortgang der Bohrarbeiten:  
(v.l.) Dr. Michael Kosinowski, Prof. Dr. Hans-Joachim Kämpel, Dr. Maria Flachsbarth,  
Peter Hintze, Rita Pawelski.*



Bohrloch und Stratigraphie der GeneSys-Bohrung.

Die Saigerteufe bezeichnet die senkrechte oder vertikale Tiefe, während die Bohrtiefe die „Länge“ der Bohrung bis zu dem jeweiligen Punkt angibt. Bei geneigten Bohrungen ist die Bohrtiefe größer als die Saigerteufe.

## Im Kollisionsbereich zweier Kontinente

Untersuchungen über das Kohlenwasserstoffpotenzial an Kontinenträndern im östlichen Mittelmeer

**B**ei ihren marinen Arbeiten zur Abschätzung des Kohlenwasserstoffpotenzials an Kontinenträndern unterschiedlichen Typs hat die BGR eine Forschungsfahrt mit dem deutschen Forschungsschiff ‚Maria S. Merian‘ in den Gewässern südwestlich der Mittelmeerinsel Zypern durchgeführt.

Insgesamt 14 Wissenschaftler und Techniker schifften sich dazu am 16. Januar 2010 in Limassol (Zypern) zu einer 6 wöchigen Expedition auf dem neuesten und modernsten deutschen Forschungsschiff ein. Der Einsatz der ‚Maria S. Merian‘ wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ermöglicht.

Ziel war die Untersuchung des Gebietes um das untermeerische Eratosthenes Plateau mit geophysikalischen Methoden, wie sie auch von der Industrie eingesetzt werden.

Das Hauptanliegen der andauernden Forschungen ist es abzuschätzen, inwiefern das aufgrund der Kollision geänderte tektonische Regime neue Wegsamkeiten und Fallenstrukturen (Lagerstätten) für Erdöl und Erdgas (allgemein Kohlenwasserstoffe) geschaffen hat.

Hintergrund ist die besondere Konstellation der geologischen Einheiten, die durch die Kollision der Afrikanischen und Arabischen Kontinentplatten im Süden mit der Eurasischen Platte im Norden geprägt werden. Aus dem ursprünglich riesi-

gen und nach Osten offenen Tethys-Ozean hat sich durch die nordwärts Bewegung Afrikas langsam das heutige kleine und abgeschlossene Mittelmeer gebildet. Tiefe Sedimentbecken wurden im Laufe von Millionen von Jahren durch den Sedimenteintrag des Nils verfüllt. Zudem findet man im gesamten Mittelmeerraum flächendeckend eine mächtige Salzablagerung von ca. 2 000 Meter, entstanden in der sogenannten Messinischen Krise, als vor etwa 5 bis 6 Millionen Jahren die Verbindung des Mittelmeeres zum Atlantischen Ozean unterbrochen wurde.

Im Laufe des Prozesses wurde nun auch das Kontinentalfragment des Eratosthenes Plateaus kontinuierlich an den ebenfalls kontinentalen Zypernblock herangeführt. Ihre Kollision beeinflusste zum einen natürlich die direkte Umgebung aufgrund der zunehmenden Kompression. Zum anderen hatte sie aber auch Auswirkungen auf den gesamten östlichen Mittelmeerraum.

Zu diesem Zweck wurde während der Forschungsfahrt der ‚Maria S. Merian‘ die sogenannte Mehrkanalseismik eingesetzt. Hierbei werden akustische Signale im Wasser erzeugt, die an geologischen Schichtgrenzen reflektiert werden. Diese Reflexionen werden von tausenden kleiner Sensoren, die in einem 4 000 Meter langen geschleppten Messkabel angeordnet sind, wahrgenommen und anschließend digital gespeichert. Durch die anschließende Bearbeitung dieser Daten wird ein



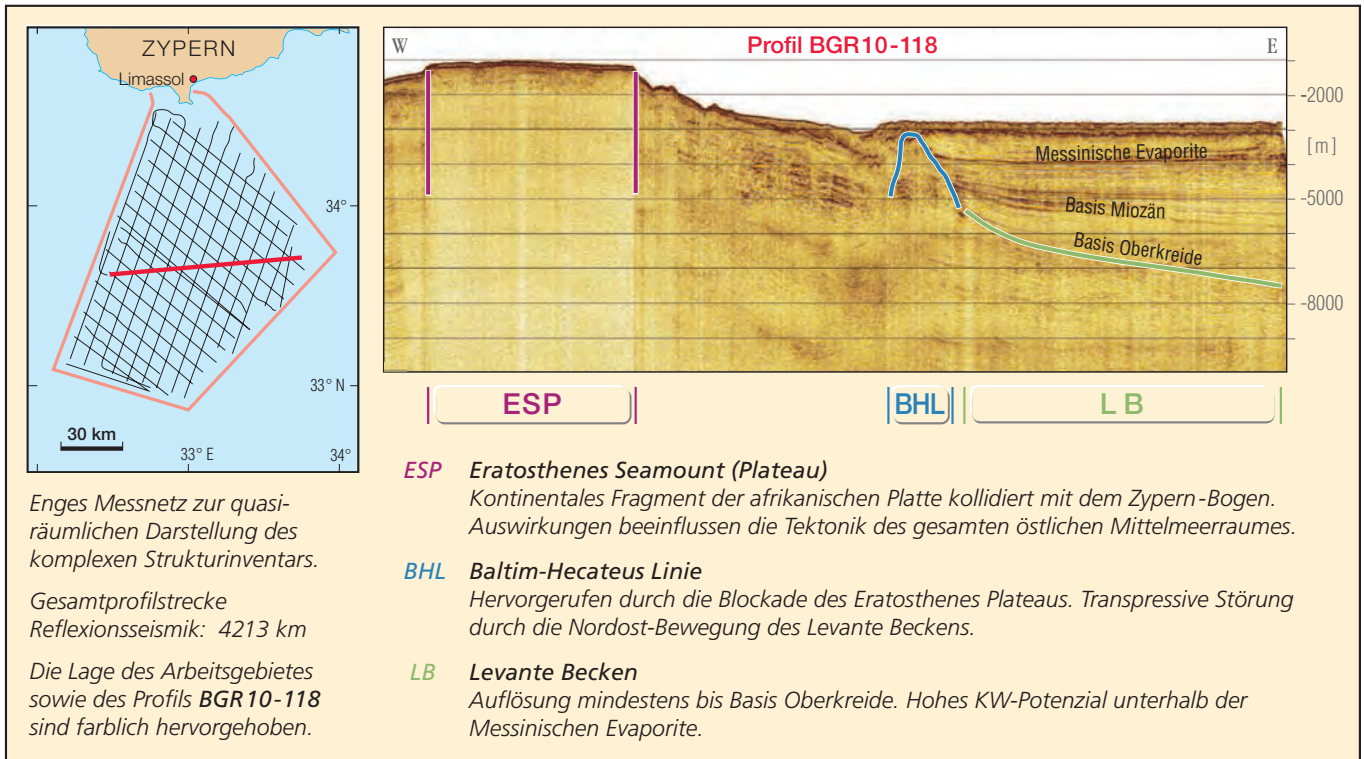
Das Forschungsschiff ‚MS Merian‘ bei einer Erkundungsfahrt vor der Küste von Zypern.

Abbild des Untergrundes erzeugt, um Sedimentschichten und geologische Störungsmuster zu kartieren und analysieren.

Zur Vervollständigung der Untersuchungsergebnisse wurden weitere spezielle seismische Messinstrumente am Meeresboden abgesetzt, die Auskunft über die Gesteinsgeschwindigkeiten gaben und die Tiefenberechnungen zur Lage der Gesteinsgrenzen und Störungen verbesserten.

Zusätzliche Messungen des Magnetfeldes und des Schwerefeldes des Untersuchungsgebietes unterstützen sowohl die Interpretation der seismischen Daten als auch die Ergebnisse weiterer Meeresbodengeräte (Magnetotellurik), die in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel (IfM-Geomar) eingesetzt wurden. Die Daten der schiffeigenen Systeme Fächerecholot und Sedimentecholot lieferten wichtige Informationen über die allerjüngsten Ablagerungen und die Form des Meeresbodens.

Da die starken Einengungsprozesse in der Region die geologischen Strukturen erheblich verformt haben, ist ihre räumliche Abbildung eine wichtige Voraussetzung für die richtige Interpretation. Deshalb wurde ein engmaschiges Netz von seismischen Linien mit insgesamt mehr als 4 200 Kilometern Länge im Bereich des Eratosthenes Plateaus und des westlichen Levante-Beckens vermessen. Während der insgesamt 42 Tage auf See konnten damit qualitativ hochwertige geophysikalische Daten gewonnen werden, deren Auswertung gegenwärtig noch andauert.



Arbeitsgebiet und Profil südwestlich von Zypern.

(rechts) Seismisches Profil von West nach Ost vermessen. Die rote Linie (links) markiert die geographische Lage.



## Norddeutsche Geothermietage im GEOZENTRUM Hannover

Die Norddeutschen Geothermietage ‚Hotspot Hannover – Geothermie: Durch Innovation zur Wirtschaftlichkeit‘ im GEOZENTRUM Hannover informieren über aktuelle Entwicklungen in der Erdwärmennutzung. Veranstalter sind die regionale Wirtschaftsentwicklungsgesellschaft ‚hannoverimpuls‘ sowie die drei Einrichtungen im GEOZENTRUM Hannover: die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG).

Beim Geothermietag 2009 wurden u. a. Konzepte zur effizienten Nutzung der oberflächennahen Erdwärme bis etwa 100 Meter Tiefe vorgestellt. Diese findet vor allem im privaten Hausbau und zunehmend auch bei der Beheizung und Kühlung von größeren baulichen Anlagen (Bürogebäuden, Einkaufszentren etc.) Verwendung. Zudem wurde über konkrete Projekte der tiefen Geothermie in Norddeutschland informiert. Deren Ziel ist es, Erdwärme aus mehreren 1 000 Metern Tiefe zur Wärmenutzung und Stromerzeugung zu erschließen.

Auch beim Geothermietag 2010 stand der weitere Ausbau der Geothermie als umweltfreundlicher, grundlastfähiger und heimischer Beitrag zur Energieversorgung im Mittelpunkt. Rund 200 Experten und potenzielle Nutzer informierten sich über aktuelle Projekte und innovative Konzepte. Neben Fachvorträgen zu Konzepten und aktuellen Trends im Bereich der oberflächennahen Geothermie (bis 400 Meter Tiefe) erörterten Experten im Rahmen einer Podiumsdiskussion mögliche Nutzungskonkurrenzen im tiefen Untergrund.

Der unterirdische Wirtschaftsraum wird bereits durch den Bergbau, die Speicherung von Erdöl und Erdgas und die Deponierung von Abfällen genutzt. Künftig werden die Gewinnung geothermischer Energie, die Speicherung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) sowie die Nutzung Erneuerbarer Energien (Druckluft, Wasserstoff, unterirdische Pumpspeicherwerke) hinzukommen.

Innerhalb der Veranstaltung wurde auch das neue Internet-Portal „Geothermie – geht das bei mir?“ des LBEG in Betrieb genommen. Mit diesem Web-Angebot können Hausbesitzer in Niedersachsen auf einfache Weise prüfen, inwieweit ihr Grundstück für die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme geeignet ist. Derzeit werden in Niedersachsen mehr als 6 000 Gebäude durch Wärmepumpen mit Erdwärme beheizt.



*Rund 200 Besucher informierten sich beim Geothermietag 2010 über Methoden der Erdwärmennutzung.*

**Der nächste Norddeutsche Geothermietag findet am 27. Oktober 2011 im GEOZENTRUM Hannover statt.**

## BGR-Wissen für erdölgeologischen Atlas des südlichen Permbeckens

Die BGR ist Mitherausgeber eines neuen erdölgeologischen Standardwerks. Der „Erdöl-/Erdgasgeologische Atlas des südlichen Permbecken-Gebiets“ beleuchtet auf 350 großformatigen Seiten alle Aspekte der Erdöl/Erdgas-Erkundung: von der norddeutschen Tiefebene im Süden bis Dänemark im Norden und von England im Westen bis zum Baltikum im Osten.

Der Atlas ist ein Gemeinschaftsprojekt der Geologischen Dienste von Belgien, Dänemark, Großbritannien, der Niederlande, Polen und der BGR als nationaler geologischer Dienst von Deutschland. Ebenfalls maßgeblich beteiligt war das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), die Genehmigungsbehörden der beteiligten Länder sowie zahlreiche renommierte Fachautoren aus Universitäten, Forschungsinstituten und der Industrie.

Fünf Jahre lang trugen rund 150 Spezialisten ihr Wissen aus 150 Jahren Erkundung des südlichen Permbeckens in diesem Mammutwerk zusammen. „Das macht den Atlas zum neuen Standardwerk für die Geologie und zur Referenz für die fossilen Energierohstoffe unserer Region“, so BGR-Geologe und Mitautor Dr. Thomas Pletsch. „Das Werk bietet mit hunderten geologischer Karten, Profilen und Diagrammen ideale Arbeitsgrundlagen für die Erschließung und Bewirtschaft neuer Energierohstoffvorkommen.“

Der Atlas bildet den Stand der Erkundung sowohl konventioneller Lagerstätten als auch unkonventioneller Vorkommen von Schieferöl und Schiefergas ab. Besonders viel Raum wird der länderübergreifenden Darstellung geologischer Strukturen und aktualisierter Schichtbeschreibungen sowie Korrelationen gewidmet.



*Der erdölgeologische Atlas beleuchtet alle Seiten der Erdöl/Erdgas-Erkundung.*



**Der Atlas ist in gedruckter (DIN A2) und digitaler Form (PDF) bei der EAGE erhältlich:**  
[www.eage.org/bookshop](http://www.eage.org/bookshop)

## Commodity Top News 32 (2009): Quo vadis Kohle?

Reichen die Kohlevorräte der Welt aus, um die Versorgung für Jahrhunderte zu sichern? Oder wird es schon bald einen ‚Peak Coal‘ geben – den Zeitpunkt, bei dem die Kohlevorräte den weiter wachsenden Energiebedarf nicht mehr decken können? Mit diesen und anderen Fragen beschäftigt sich der BGR-Newsletter ‚Commodity Top News‘ mit dem Titel „Quo vadis Kohle?“

In der gegenwärtigen Diskussion um Klima- und Energiepolitik steht die Zukunft der Kohle ganz oben auf der Tagesordnung. Dabei sind vollständige und verlässliche Daten über die weltweiten Vorräte an Kohle eine wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage. Neben dem Weltenergieerat (WEC) ist die BGR die einzige Institution, die regelmäßig einen vollständigen Datensatz über die Kohlevorräte der Welt zusammenstellt und veröffentlicht. Die aktuelle Ausgabe der „Commodity Top News“ gibt einen kurzen Einblick in diese Thematik.

Als Ergebnis ergibt sich für die BGR ein klares Bild: Kohle ist der nicht-erneuerbare Energierohstoff mit den bei weitem größten Vorräten. Eine globale Versorgungskrise durch physische Verknappung der Vorräte ist auch bei weiter steigendem Bedarf in absehbarer Zukunft nicht zu erwarten.



[www.bgr.bund.de/CTN-32-kohle](http://www.bgr.bund.de/CTN-32-kohle)

## BGR-Studie ‚Energierohstoffe 2009‘

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) haben die BGR-Wissenschaftler die weltweiten Reserven und Ressourcen, Produktion und Verbrauch, Kosten und Preise sowie aktuelle Trends und technische Entwicklungen bei nicht-erneuerbaren Energieträgern analysiert. Danach werden Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran auch für die nächsten Jahrzehnte das Rückgrat der Energieversorgung bilden. Doch innerhalb dieser Gruppe wird es langfristig eine wichtige Veränderung geben.

Grund dafür sind die Ergebnisse einer innerhalb der Studie durchgeführten Projektion der Erdölförderung bis ins Jahr 2050. Danach wird Erdöl der erste Energierohstoff sein, bei dem aufgrund der begrenzten Vorräte eine weiter steigende Produktion nicht mehr möglich ist.

Der langfristig absehbare Rückgang der Erdölförderung muss durch Erneuerbare Energien sowie die übrigen drei fossilen Energieträger abgefangen werden. Die BGR-Studie zeigt jedoch auch, dass die globale Verfügbarkeit von Erdgas, Kohle und Uran aus geologischer Sicht auf absehbare Zeit nicht gefährdet ist.

Innerhalb ihrer Arbeit haben die Wissenschaftler auch die Rolle möglicher Alternativen zu den konventionellen Energierohstoffen bewertet. So sind in den vergangenen Jahren weltweit Projekte angelaufen, die technische und wirtschaftliche Möglichkeiten einer u. a. breiten Gewinnung von Erdgas aus Gashydrat und von Erdöl aus Ölschiefer prüfen. Die Studie ist erhältlich unter [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de) oder unter:



↓ [www.bgr.bund.de/energierohstoffe2009](http://www.bgr.bund.de/energierohstoffe2009)

## Energiekurzstudie 2009: Ressourcen, Reserven und Verfügbarkeit von Rohstoffen

„Die dramatischen Preisschwankungen bei Energierohstoffen im Jahr 2008 waren nicht durch eine angespannte Vorratslage bedingt.“ Zu diesem Ergebnis kommen Experten der BGR bei ihrer Analyse der weltweiten Verfügbarkeit der Energierohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran in der ‚Kurzstudie 2009: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen‘.

„Insbesondere Kohle und Uran sind danach in sehr großen Mengen in Lagerstätten vorrätig. Selbst wenn die Nutzung dieser Rohstoffe in den kommenden Jahrzehnten weiter stark zunehmen würde, wären die Vorräte noch lange ausreichend“, so BGR-Rohstoffexperte Prof. Dr. Bernhard Cramer.

Für Erdgas wird in den nächsten Jahren weltweit eine Steigerung im Verbrauch prognostiziert. So standen 2008 einer weltweiten Jahresförderung von 3,2 Billionen m<sup>3</sup> Reserven in Höhe von 188 Billionen m<sup>3</sup> Erdgas gegenüber. Allerdings bestätigt die aktuelle Energiestudie auch, dass Erdöl der erste Energierohstoff ist, bei dem eine Einschränkung in der Versorgung infolge einer Verknappung der Vorräte auftreten könnte. Bereits heute sind die Produktionsraten für konventionelles Erdöl kaum noch zu steigern. Die Energiekurzstudie 2009 ist eine Aktualisierung der ausführlichen Analyse ‚Energierohstoffe 2009‘.

↓ [www.bgr.bund.de/energierohstoffe2009](http://www.bgr.bund.de/energierohstoffe2009)

## Energiekurzstudie 2010: Erdölreserven nicht grenzenlos

Die weltweite Produktion aus den bekannten Erdöllagerstätten ist schon weit vorangeschritten. Eine Steigerung der Erdölförderung ist zwar noch mit den sogenannten nicht-konventionellen Vorkommen, z. B. Ölsand, Schwerstöl und Erdgaskondensat, möglich, aber auch diese verzögern das bevorstehende Maximum der Erdölproduktion voraussichtlich nicht wesentlich.

Diese Aussagen sind das Ergebnis der jetzt vorgelegten ‚Kurzstudie 2010: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2010‘ der BGR. Danach könnte die Förderung von Erdöl unter optimalen Bedingungen bis maximal 2035 gesteigert werden. Allerdings sind viele Faktoren und Entwicklungen vorstellbar, die diesen Zeitpunkt schon früher eintreten lassen.

Ferner geht die Studie für das Berichtsjahr 2009 auch auf die Auswirkungen der Wirtschaftsentwicklung und die Preisschwankungen bei Energierohstoffen ein. So wuchsen die Uranreserven, das sind bekannte, technisch und wirtschaftlich abbaubare Rohstoffmengen, an, weil auf dem Weltmarkt für diesen Rohstoff höhere Preise erzielt werden konnten. Lagerstätten, deren Abbau bisher nicht rentabel war, werden nun als wirtschaftlich gewinnbringend ausgewiesen.

Die Erdgasmärkte verzeichneten 2009 eine Überversorgung, die zum einen auf den Rückgang der Nachfrage nach Erdgas während der Wirtschaftskrise zurückging. Zum anderen steigerten die USA ihre Produktion von Erdgas aus so genannten nicht-konventionellen Vorkommen, wie Kohleflözgas und Shale Gas („Schiefergas“). Auch in Deutschland ist die Erkundung von nicht-konventionellen Erdgaslagerstätten angelaufen. Die BGR ermittelt derzeit im Auftrag des BMWi das Potenzial an Shale Gas in Deutschland.

Kohle bleibt der Energierohstoff mit der bei Weitem größten geologischen Verfügbarkeit. Die Vorräte an Kohle reichen aus, um einen weltweit steigenden Bedarf über viele Jahrzehnte zu decken.



[www.bgr.bund.de/energiestudie2010](http://www.bgr.bund.de/energiestudie2010)



**A**ngesichts der sich abzeichnenden globalen Begrenzung der Versorgung mit Erdöl konzentriert die BGR ihre wissenschaftlichen Arbeiten auf die Beobachtung, Analyse und Bewertung der weltweiten Verfügbarkeit nicht-erneuerbarer Energieträger.

Diese Arbeiten dienen insbesondere der Beratung der Bundesregierung, der Industrie und der Information der Öffentlichkeit. Dies wird in Zukunft über die in der BGR neu eingerichtete ‚Deutsche Rohstoffagentur‘ enger fokussiert wahrgenommen werden.

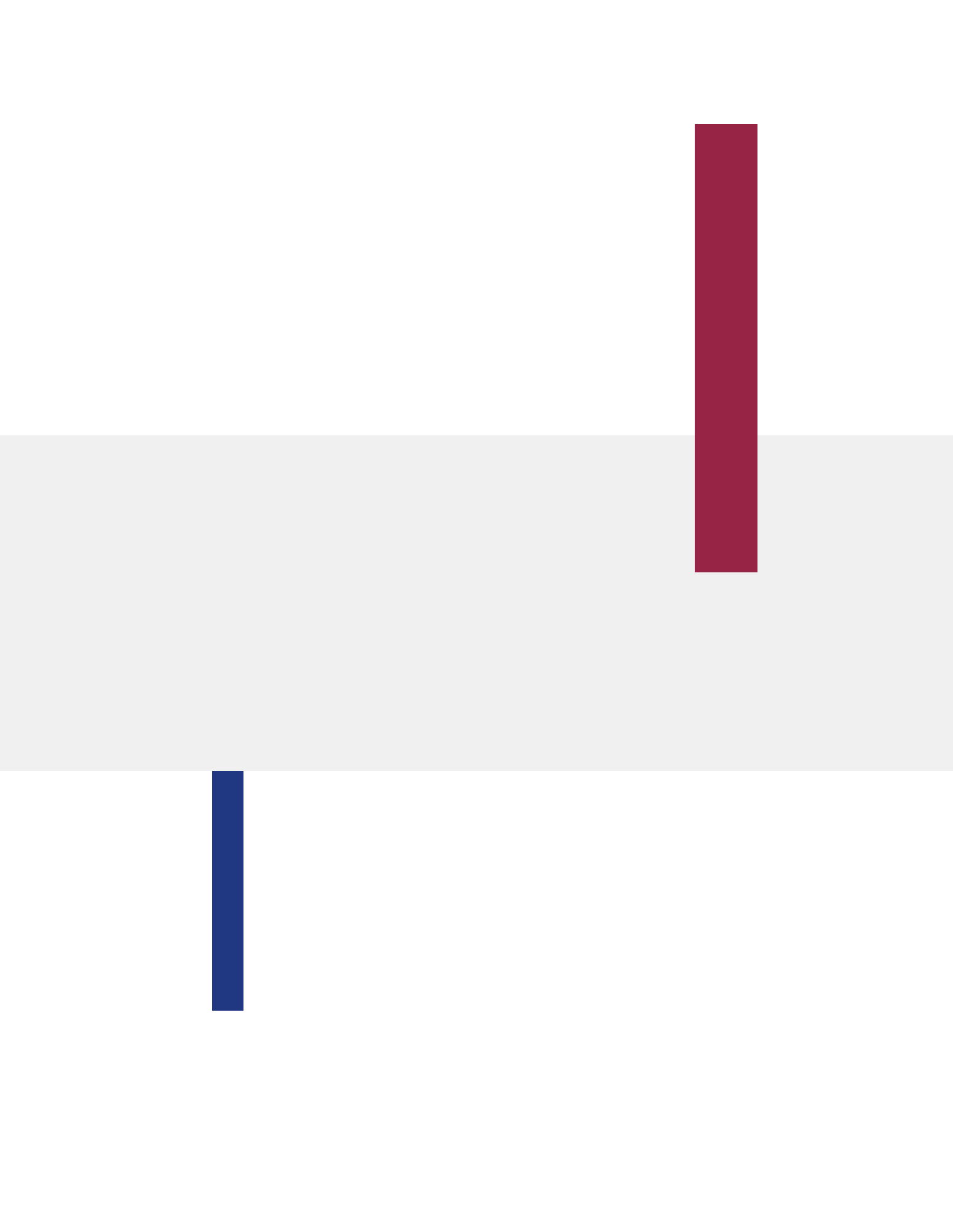
Dabei verstärkt die BGR zudem die Erkundung verbliebener Potenziale von Erdöl und Erdgas hinsichtlich bislang nicht im Fokus der Wirtschaft stehender Vorkommen.

Zu diesem Zweck wird die marine geophysikalische Vermessung der Kontinentränder künftig durch den Einsatz der neu in der BGR verfügbaren 3D- Reflexionsseismik erweitert und das aussichtsreiche Verfahren ‚Controlled Source Electromag-

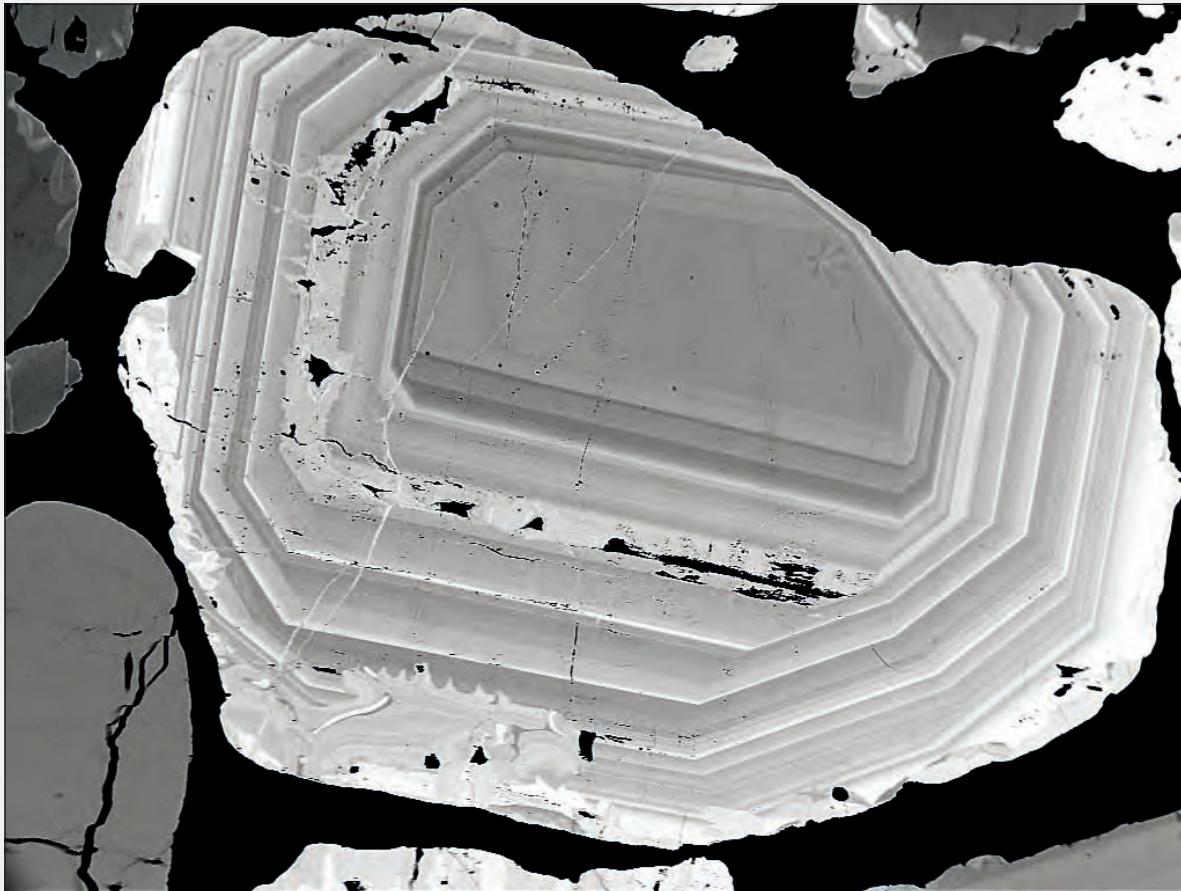
netic‘ (CSEM) in das Methodenspektrum eingeführt. Letzteres ermöglicht zusätzlich zu den strukturellen Informationen auch Aussagen über das Vorhandensein von Erdöl und Erdgas sowie die Ausdehnung der Vorkommen.

Als wahrscheinlich künftige Lieferregion für Energierohstoffe nach Deutschland wird der regionale Schwerpunkt der Erkundungsarbeiten in der Arktis weiter geführt.

Zudem werden im Rahmen der Beratung der Wirtschaft seitens der ‚Deutschen Rohstoffagentur‘ nicht-konventionelle Vorkommen an Erdöl und Erdgas in Deutschland erfasst und auf ihr wirtschaftliches Potenzial hin untersucht.



# *Mineralische Rohstoffe*



# Einführung

Die internationalen Rohstoffmärkte sind seit einigen Jahren aus der Balance einer überwiegend ausgeglichenen und preislich günstigen Versorgungslage geraten. Die zunehmend steigende Nachfrage nach Rohstoffen und die damit verbundenen Preisanstiege und -schwankungen haben in Kreisen der deutschen Industrie zu Besorgnis geführt. Aufgabe des Staates ist es, den Rahmen der Rohstoffvorsorge dauerhaft und von Konjunkturzyklen unabhängig zu flankieren und der Wirtschaft eine technisch-ökonomische Infrastruktur zur Verfügung zu stellen.

Um diesen Aufgaben Rechnung zu tragen, hatte Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle in 2010 die ‚Deutsche Rohstoffagentur‘ in der BGR gegründet. Zu ihren Aufgaben gehören, die Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten für die Industrie zu verfolgen, Engpässe in der Rohstoffversorgung und alternative Rohstoffpotenziale aufzuzeigen, Lagerstätten mineralischer Rohstoffe zu bewerten und die Politik und Wirtschaft kompetent in allen rohstoffwirtschaftlichen Fragen zu beraten.

Die BGR beobachtet regelmäßig die globalen Rohstoffmärkte der Metalle, Industriemineralien, Steine und Erden. Darüber hinaus betreibt sie Rohstoffforschung gemäß ihrer Leitlinie „Nutzung der Geopotenziale zur nachhaltigen Sicherung und

Verbesserung der Lebensbedingungen“. Sie entwickelt neue Explorationsstrategien, führt eigenständige Untersuchungen im Gelände sowie Labormessungen durch und verbessert bzw. entwickelt neue Explorations- (Erkundungs-) und Prospektionsmethoden sowie rohstoff- und bergwirtschaftliche Instrumente mit innovativen Ansätzen. Die Untersuchung neuer und bislang nicht genutzter oder alternativer Rohstoffquellen soll zur Diversifizierung der Rohstoffbasis beitragen. Ein Beispiel hierfür ist die von der BGR erworbene Lizenz für die marin-geowissenschaftliche Erforschung von Manganknollenvorkommen im Pazifik.

Deutschland ist einer der größten Rohstoffkonsumenten weltweit, jedoch bei Metallrohstoffen völlig und bei den übrigen mineralischen Rohstoffen überwiegend importabhängig. Rohstoffpolitische und rohstoffwirtschaftliche Entscheidungsträger tragen daher nicht nur Verantwortung für die heimische Produktion, sondern auch Mitverantwortung für die Produktionsweisen der Länder, aus denen wir Rohstoffe und Zwischenprodukte beziehen. Daher unterstützt die BGR auch die Bemühungen der deutschen und internationalen Politik um eine nachhaltige Nutzung von Rohstoffen und um mehr Transparenz auf den Rohstoffmärkten. Letztere soll insbesondere durch Vorhaben zur Rohstoff-Zertifizierung erreicht werden.



Artisanaler Bergbau auf Coltan in Mosambik.

## Coltan-„Fingerprint“ ermöglicht Zertifizierung von Handelsketten

**M**it dem illegalen Abbau von Rohstoffen, wie dem weltweit gefragten Rohstoff Coltan, finanzieren die Rebellentruppen im Osten der Demokratischen Republik Kongo seit Jahren ihren blutigen Bürgerkrieg. Zugleich wächst im Westen der Druck auf die Industrie, nur noch „sauber“ gewonnene Rohstoffe einzukaufen. Ein von den Vereinten Nationen angeregtes Zertifizierungssystem soll illegal gehandelte Bodenschätze vom Weltmarkt ausschließen.

Wichtigstes Kontrollinstrument dafür könnte ein chemisch-mineralogischer „Fingerprint“ sein, den BGR-Wissenschaftler beispielhaft als Herkunftsnachweis für das Tantalierz Coltan entwickelt haben. Es ist das weltweit erste Verfahren dieser Art.

Drei Jahre lang forschten die BGR-Wissenschaftler im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) an dem Herkunftsnachweis für Tantalierze aus zentralafrikanischen Lagerstätten, in denen der Rohstoff überwiegend im Kleinbergbau gewonnen wird. Im

Fokus des Pilotprojekts standen der Kongo und seine Nachbarstaaten, die inzwischen einen Anteil von rund 40 % an der Welttantalproduktion haben. Das Ergebnis der Forschung: Die BGR-Wissenschaftler haben einen forensischen Nachweis entwickelt, bei dem an Hand gemessener chemischer und mineralogischer Parameter die Herkunftslagerstätten von gehandelten Tantalierzkonzentraten eindeutig lokalisiert und somit illegale Lieferungen aus möglichen Konfliktregionen identifiziert werden können.

Dafür haben die BGR-Wissenschaftler Erze aus ausgewählten Abbaugebieten mit einer jeweiligen Herkunftssignatur versehen. Gleichzeitig wurden bei industriellen Abnehmern weltweit Referenzproben des begehrten mineralischen Rohstoffes genommen.

Das Metall Tantal ist wegen seiner hohen Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit vielfältig einsetzbar. Beispielsweise ist es in der modernen Mikroelektronik ein wesentlicher Bestandteil bei der Produktion kleinster, leistungsfähigster Kondensatoren für Mobiltelefone, Laptops und Flachbildschirme.



In den BGR-Laboren wurden Erzproben in einem aufwendigen Verfahren unter Einsatz verschiedener hochempfindlicher Geräte (Raster-Elektronenmikroskop, Laser-Ablation-ICP-Massenspektrometer) analysiert und die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des Minerals definiert.

In ausgedehnten Testreihen gelang es den Forschern aufgrund der jeweiligen mineralogischen und chemischen Zusammensetzung, bekanntes Material eindeutig zuzuordnen („Positivzertifizierung“) und Mischungen von Material aus zwei unterschiedlichen Liefergebieten auseinanderzuhalten. Eine umfangreiche Datenbank half beim Abgleich der Informationen. Sie enthält insgesamt 25 000 Datensätze aus 200 verschiedenen Lagerstätten. Nach Einschätzung der BGR-Wissenschaftler sind das genügend Informationen zur Unterscheidung einer Vielzahl von Erzprovinzen in Afrika bis hinunter zu einzelnen Konzessionsgebieten.

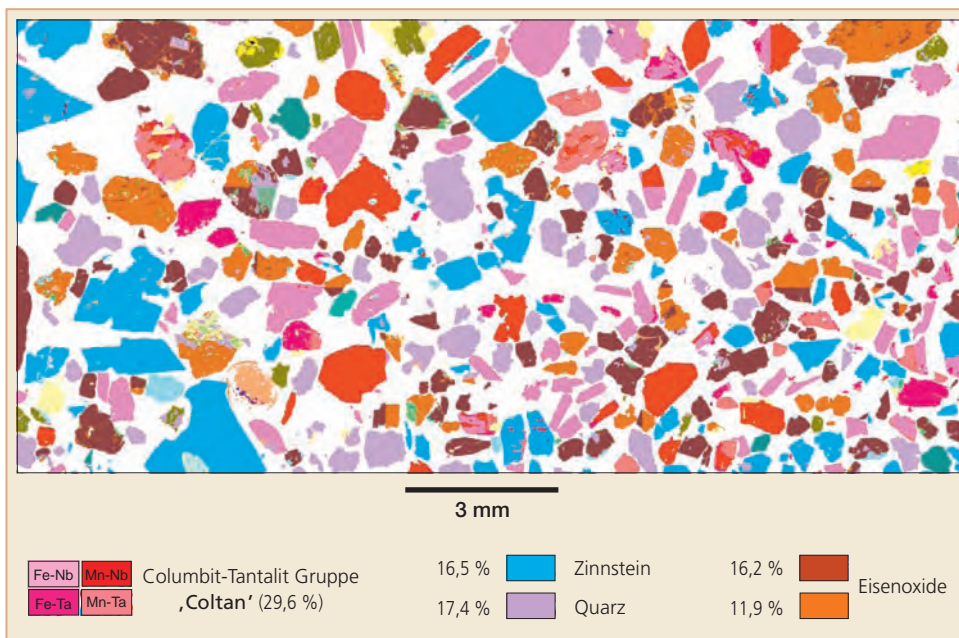
„Aufgrund dieser Ergebnisse konnten wir einzelne Testproben nicht nur einem Liefergebiet, sondern sogar bestimmten Vorkommen zuordnen“, erklärt BGR-Rohstoffexperte Dr. Frank Melcher. „Ein funktionierender Herkunftsnachweis ist ein wichtiges Werkzeug zur Verbesserung der Transparenz in der Rohstoffwirtschaft, speziell in Afrika. Elektronikindustrie und Tantalverarbeiter sind an zertifizierten Materialien sehr interes-

siert. Sie wollen nicht länger mit dem Begriff „Blut-Coltan“ in Verbindung gebracht werden.“

Die Rohstoffexperten der Bundesanstalt ergänzen die Arbeit eines weiteren BGR-Projekts. Auch dieses Pilotvorhaben ist in Afrika angesiedelt und hat die Zertifizierung von Handelsketten für Tantalerze in Ruanda, dem Nachbarstaat des Kongo, zum Ziel. Partner bei diesem Projekt ist der Geologische Dienst Ruandas, OGMR.

Kern des Vorhabens ist eine Vereinbarung zwischen Rohstoffproduzenten in Afrika und Verarbeitern in Europa, die sich als registrierte Unternehmen verpflichten sollen, unter Einhaltung von sozialen und ökologischen Mindeststandards eine transparente, faire und nachhaltige Rohstoffwirtschaft zu betreiben. Vorbild für dieses Projekt sind bereits etablierte zertifizierte Handelsketten in der Forstwirtschaft (Forest Stewardship) oder im Lebensmittel-Bereich (Fair Trade).

Das BMZ hat die BGR beauftragt, die Umsetzung der regionalen Rohstoffzertifizierung in der Internationalen Konferenz der Großen Seen Region (IKGSR) durch den Aufbau von Laborkapazitäten zu unterstützen. Auf diese Weise sollen bessere Kontrollen der Rohstoffströme möglich gemacht werden.



Mit der MLA (Mineral Liberation Analysis) zeigen sich die charakteristischen Zusammensetzungen der Kornpräparate, hier ein Beispiel aus Ruanda.



Probennahme für den geochemischen Fingerabdruck einer Coltan-Mine in Ruanda.



Probennahme für den geochemischen Fingerabdruck in einer Wolfram-Mine in Ruanda.



## Zertifikat für mehr Transparenz

Der Abbau mineralischer Rohstoffe in Zentralafrika wurde in der jüngeren Vergangenheit mit bewaffneten Konflikten, illegalem Handel und dem Umgehen staatlicher Abgaben in Zusammenhang gebracht. Dabei wird auch ein direkter Zusammenhang zwischen der fortgesetzten Gewalt im Ostkongo und einer Finanzierung bewaffneter Gruppen aus illegalem Handel und Export der Erze in die Nachbarländer angenommen. Im Jahre 2005 schlug die zur Untersuchung der Einhaltung des Waffenembargos eingesetzte UN-Expertengruppe für die Demokratische Republik Kongo (DR Kongo) vor, ein Zertifizierungssystem für mineralische Rohstoffe als Alternative zu einem generellen Exportverbot einzuführen. In der Folge unterzeichneten die elf Mitgliedsstaaten der Internationalen Konferenz der Großen Seen Region (IKGSR) im November 2006 ein Protokoll gegen die illegale Ausbeutung natürlicher Ressourcen. Die Unterzeichner verpflichteten sich darin in Artikel 11 zur Beteiligung an der Zertifizierung natürlicher Rohstoffe.

Diese Ideen aufgreifend entwickelte die BGR bereits im Vorfeld des G8-Gipfeltreffens 2007 ein Konzept zur Zertifizierung von Handelsketten (CTC, Certified Trading Chains) mineralischer Rohstoffe. CTC fördert als neues Instrument der Rohstoff- und Entwicklungspolitik Transparenz und die Einhaltung ethischer Standards in der mineralischen Rohstoffproduktion. Ziel ist es, die Rohstoffpotentiale in Entwicklungsländern zur Reduzierung der Armut zu nutzen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit des Weltmarktes mit mineralischen Rohstoffen zu erhöhen.



- (o. l.) Waschplatz für Coltan in Mosambik.
- (o. r.) „Klaubung“ – Abtrennen der Tantalitkristalle vom Quarz per Hand, Äthiopien.
- (u.) Coltanerz aus Brasilien.





Artisanaler Abbau von Coltan- und Zinnstein-führendem Gestein.

## Pilotprojekt in Ruanda: Mehr Transparenz durch Zertifikate

Die BGR führt gemeinsam mit dem geologischen Dienst Ruandas (OGMR) ein Pilotprojekt zur Zertifizierung von Handelsketten mineralischer Rohstoffe (Certified Trading Chains, CTC) durch. Ziel dieses gemeinsam vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) finanzierten Projekts ist es, eine transparente, faire und nachhaltige Rohstoffwirtschaft im artisanalen und Kleinbergbausektor zu unterstützen. Bedingt durch die regionale Korrelation mit Rohstoffquellen und -handelsströmen in der benachbarten Konfliktregion des Ostkongo, unterliegen diese Zertifizierungsbestrebungen in Ruanda einer zusätzlichen Brisanz.

Wichtigster Bestandteil des Systems ist daher die Rückverfolgung produzierter und gehandelter Rohstoffe bis zu ihrem Ursprungsort. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien (Plausibilität der Produktion, nachvollziehbare Herkunft und Handelskette, Transparenz etc.) werden diese von einem unabhängigen Auditor vor Ort überprüft. Der an der BGR entwickelte Analytische Herkunftsnachweis (AFP) für Coltan und andere Erze steht dabei als optionales Prüfinstrument zur Verfügung. Gleichzeitig wird die Einhaltung von sozialen und

ökologischen Mindeststandards bei der Rohstoffgewinnung evaluiert. Diese Standards orientieren sich hauptsächlich an den Integritätsinstrumenten der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD).

Diese kombinierte vor-Ort Überprüfung stellt ein zentrales von den Vereinten Nationen gefordertes Element dar, mit dem die Rohstoffverarbeitende Industrie ihrer Sorgfaltspflicht gerecht werden kann, insbesondere wenn sich ihre Handelsketten zum Teil auf Zulieferer in Konfliktregionen gründen sollten. Der Prüfbericht des unabhängigen Auditors dient als Basis für die nachfolgende Zertifizierung.

Das Projekt basiert auf einer Initiative der G8-Staaten, die auf einem Gipfel in Heiligendamm im Juni 2007 ihre Unterstützung für eine Pilotstudie zur Zertifizierung mineralischer Rohstoffe zusagten. „Bislang existiert im Kleinbergbau kein Gütesiegel für die Einhaltung von Nachhaltigkeits- und Entwicklungsstandards – das Pilotprojekt in Ruanda kann ein erster Schritt dazu sein“, so Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel, Präsident der BGR. „Gerade in Ländern Zentralafrikas entziehen sich Abbau und Export hochwertiger Bodenschätze häufig der staatlichen Kontrolle. Der Abbau im Kleinbergbau, der in



Der Export der im Osten der Demokratischen Republik Kongo produzierten Minerale erfolgt zu einem großen Teil über die ostkongolesischen Nachbarstaaten. Dabei können die Minerale eine eindeutige Herkunftsbezeichnung verlieren, da sie beim Transport und bei der Aufbereitung häufig mit anderen Mineralien vermischt werden.



Ruanda derzeit den größten Teil des Rohstoffabbaus ausmacht, findet teilweise illegal statt. Handel und Export sind oft nicht transparent.“

Ruanda produziert bedeutende Mengen an Tantal-, Zinn- und Wolfram-führenden Erzen. Diese Mineralprodukte werden auch als ‚Konfliktminerale‘ bezeichnet, da ihr Abbau im Osten der Demokratischen Republik Kongo zum Teil unter der Missachtung von Menschenrechten erfolgt und als Konfliktkatalysator wirken kann.

Ruanda ist ein zentraler Transitstaat für diese ‚Konfliktminerale‘. Dort kommt es nicht selten zur Mischung von Mineralen aus ruandischer und kongolesischer Produktion. Daher ist die Rückverfolgung des Ursprungs dieser Minerale in Verbindung mit einer Zertifizierung entscheidend, um die Legitimität von Rohstoffen aus original ruandischer Produktion belegen zu können. Dieser Sachverhalt ist insbesondere im Hinblick auf ein im Jahr 2010 verabschiedetes Gesetz der US Börsenaufsicht (SEC) von Bedeutung. Demzufolge müssen sich sämtliche an der SEC registrierte Firmen verpflichten, die Verarbeitung und ggf. den Ursprung von ‚Konfliktmineralen‘ in ihren Produkten in einem jährlichen, öffentlich zugänglichen Bericht darzustellen.

BGR-Projektleiterin Dr. Gudrun Franken beschreibt die Ziele der Projektstudie folgendermaßen: „In Ruanda soll mit Unternehmen, die das Projekt unterstützen wollen, eine Zertifizierung anhand eines entsprechenden Management- und Monitoringplanes beispielhaft umgesetzt werden“. Projektpartner sind

ortsansässige Unternehmen, die bei der Neustrukturierung des Bergbausektors Konzessionen von der staatlichen Gesellschaft REDEMI erhalten haben. Deren Produktionsstandorte wurden im Rahmen mehrerer Grundlagen-Audits in der Periode 2009-2010 durch eine unabhängige Gutachterin im Hinblick auf die Gruppe von CTC-Standards bewertet. Basierend auf den Auditergebnissen wurden die Projektpartner sodann im Rahmen des Projektes durch externe Experten bei der Verbesserung von Betriebsabläufen unterstützt. In einer zweiten Auditphase Ende 2010 konnten trotz des sehr engen zeitlichen Rahmens bereits teils signifikante Verbesserungen bei den beteiligten Unternehmen festgestellt werden.

Die Laufzeit des erweiterten Projekts beträgt 32 Monate. Die Kosten belaufen sich auf 500 000 Euro, von denen das BMWi und das BMZ je die Hälfte tragen. Die vom BMWi finanzierte Projektkomponente beinhaltet die internationale Abstimmung des Zertifizierungs-Konzepts. Das BMZ unterstützt die modellhafte Umsetzung der Zertifizierung von Rohstoffbetrieben in Ruanda. Wesentliche Projektergebnisse werden in Zusammenarbeit mit ruandischen Partnern und der Internationalen Konferenz der Großen Seen Region (ICGLR) auf einer Konferenz in Kigali im März 2011 präsentiert werden. Darüber hinaus wird eine Weiterentwicklung des CTC Ansatzes in Ruanda (und Nachbarstaaten) im Rahmen der ICGLR angestrebt.



*(links) Waschen des Roherzes zur Vorkonzentration.*

*(mitte) Erzkonzentrat-Aufbereitungsanlage in Gisenyi/Ruanda. Erz-Konzentrat fertig zum Transport.*

*(rechts) Aus Stollen gewonnenes Roherz vor der Waschung; im Vordergrund liegen einige große Zinnsteinbrocken.*

# Mikroorganismen für den Bio-Bergbau



Kupfer-Tagebau Exotica bei Chuquicamata in Chile.

**M**etalle wie Kupfer, Zink oder Nickel werden zunehmend mit Verfahren der Biotechnologie gewonnen. ‚Biomining‘ hat sich etabliert. Der gezielte Einsatz von Mikroorganismen ist aber auch eine Option für die Sanierung von Bergbaualtlasten, wie BGR-Wissenschaftler im Rahmen eines Forschungsprojekts in Chile zeigen wollen.

Für dieses Projekt, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird, haben sich die BGR-Geomikrobiologen die Atacama-Wüste in Chile ausgewählt. Sie gilt als die trockenste Region der Erde. In den Rückständen einer stillgelegten Kupfermine, die sich an der Küste des Pazifischen Ozeans befindet, untersuchen die BGR-Wissenschaftler gemeinsam mit Prof. Dr. Bernhard Dold von der Universität Concepción (Chile) das Verhalten von Mikroorganismen.

Die Wüsten-Bakterien, die die Abraumhalde bevölkern, produzieren aufgrund des Zuflusses von Wasser aus dem nahen Pazifik saure Grubenwässer („acid mine drainage“), die die Umwelt schädigen. Darin enthalten sind auch Metalle, die von den Mikroorganismen aus den Erzrückständen der Halde freigesetzt werden

„Was auf der Abraumhalde in der Atacama-Wüste auf ganz natürliche Art und Weise geschieht, ist nichts anderes als das Konzept von Biomining – die gezielte biologische Gewinnung

der im Erz enthaltenen Metalle“, erklärt Professor Dr. Axel Schippers, Leiter des BGR-Arbeitsbereichs Geomikrobiologie und verantwortlich für das Projekt. Gemeinsam mit seinen Wissenschaftskollegen möchte er die Mikroorganismen nach diesem Naturprinzip auch zur Sanierung von Bergbaualtlasten einsetzen.

„Wenn man die Mikroben mit biotechnologischen Mitteln gezielt zum Auswaschen der in den Erzresten verbliebenen Metallgehalte stimuliert, gewinnt man den Wertstoff und saniert zugleich die Halde – eine ‚win-win‘-Situation, die sich auch wirtschaftlich rechnet“, erläutert Schippers.

Die Idee der so genannten Bioremediation von Bergbaualtlasten basiert auf dem Erfolg des Biomining. Rund 20 bis 25 Prozent der weltweiten Kupferproduktion stammen bereits aus der Biolaugung. Hierbei wird das Erz in Halden aufgeschichtet. Die Mikroorganismen, zu denen u. a. die Gattungen *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium* oder *Sulfobacillus* gehören, wandeln in den Halden die Metallsulfide in den Erzen auf biologische Weise in Metallsulfate um. Das Metall geht dabei in die Lösung („pregnant solution“) und wird anschließend aus der aufgefangenen Lösung extrahiert.

Eine zweite Anwendung von Biomining ist die Biooxidation. Hierbei lösen Mikroben ein wirtschaftlich uninteressantes Mineral, wie z.B. Arsenopyrit, auf und setzen dabei das gewinn-





Die blaue Färbung beruht auf der Ausfällung von Kupfermineralen.

bringende Metall frei. Bei der Biooxidation hat sich vor allem die Goldgewinnung aus Refraktärerzen in großen Tankanlagen etabliert.

„Biomining“ ist Umwelt und Energie schonender als die bisher eingesetzte Methode des so genannten ‚Smelting‘. Dabei werden die Erzkonzentrate erhitzt, um das weitere Konzentrieren der Metalle zu ermöglichen. Bei der Reduktion der Metallsalze wird Kohle eingesetzt. Der chemische Prozess führt zum Ausgasen von Schwefelsäure.

So spricht viel für den biologischen Abbau von Metallrohstoffen. Auch stark nachgefragte ‚Hightechmetalle‘ wie Indium, Gallium oder Germanium könnten möglicherweise auf diese Weise gewonnen werden.

Die Mikroben aus der Atacama-Wüste könnten dabei helfen, die Entwicklung des Bio-Bergbaues nachhaltig zu fördern. „Die Mikroben sind nicht nur gegen die extreme Trockenheit resistent, ihr Stoffwechsel funktioniert auch bei Salzwasser“, erklärt Schippers. „Wenn es uns gelingt, die Bakterien im Labor zu kultivieren, ließen sich diese weltweit für das ‚Biomining‘ und die biologische Sanierung von Abraumhalden einsetzen, insbesondere in Bergbauregionen mit großer Trockenheit, die nicht über ausreichend Süßwasser verfügen“, so der Wissenschaftler.



3D-Ansicht eines kleinen Teilgebiets des deutschen Manganknollen-Lizenzgebiets mit zahlreichen submarinen Vulkanen. Das Teilgebiet im Zentrum mit vielen Vulkankegeln ist für eine Manganknollenförderung wenig geeignet, die etwas dunkler blaugefärbten Randzonen dagegen schon.

Vor drei Jahrzehnten waren die „Manganknollen der Tiefsee“ schon einmal im Brennpunkt internationaler Forschungsaktivitäten. Jetzt sind die potenziellen marinen Rohstoffvorkommen erneut ins Blickfeld gerückt. Seit 2008 erkundet die BGR im Auftrag der Bundesregierung das deutsche Lizenzgebiet zur Exploration von Manganknollen im Pazifik zwischen Hawaii und Mexiko.

In den 1970er und 1980er Jahren wurden die in der Tiefsee verbreiteten Knollen als eine neue, bisher nicht genutzte Quelle für verschiedene Metalle wie Kupfer, Kobalt und Nickel entdeckt. Nach Jahren intensiver Forschungstätigkeit erschien ein submariner Abbau greifbar nahe.

Ein Konsortium mit Beteiligung deutscher Firmen erwarb daher 1984 eine Förderlizenz im zentralen Pazifik. Allerdings verhinderte damals ein unerwarteter Preisverfall bei Metallrohstoffen den Beginn der kommerziellen Gewinnung von Manganknollen.

Angesichts der in den vergangenen Jahren teilweise dramatisch gestiegenen Rohstoffpreise hat das Thema Manganknollen erneut an Aktualität gewonnen. Basierend auf einer beständig wachsenden Datenbasis und einem verbesserten Verständnis mariner Vorgänge – auch durch hochmoderne Analysemethoden, die erst heute die Beantwortung komplexer Fragen möglich machen – gelten Manganknollen und marine Massivsulfide heute als mögliche Metall-Lieferanten der Zukunft. Vor diesem Hintergrund sind die Erkundungsvorhaben der BGR auch eine Maßnahme der strategischen Zukunfts-

vorsorge. Die frühzeitige Forschungstätigkeit der BGR ist ein Beitrag zur künftigen Rohstoffsicherung unseres Landes.

Die laufenden BGR-Forschungsprojekte basieren auf einem Vertrag, den die BGR im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Jahr 2006 mit der Internationalen Meeresbodenbehörde der Vereinten Nationen (ISA) abgeschlossen hat. Er gibt Deutschland das exklusive Recht, im Zentralpazifik auf einem Meeresareal von 75 000 km<sup>2</sup> – einer Fläche so groß wie Niedersachsen und Schleswig-Holstein zusammen – in rund 4 500 Metern Tiefe 15 Jahre lang den Bestand der rohstoffreichen Manganknollen zu erfassen.

Es geht darum, Entstehungsweise, Menge und Verteilung von Manganknollen am Meeresboden zu erforschen. Außerdem dienen die Arbeiten dazu, Auswirkungen einer möglichen Förderung der Knollen auf die marine Umwelt qualifiziert beurteilen zu können. Dabei nutzt die BGR auch die Ergebnisse, die in den 1970er und 1980er Jahren von deutschen Firmen und Forschungseinrichtungen erarbeitet wurden.

Das wirtschaftliche Interesse an den Manganknollen gründet dabei weniger auf ihren hohen Mangan- und Eisengehalten, die zusammen rund 35 Prozent ausmachen. Viel interessanter sind beispielsweise die Anteile von Nickel (1,3 %), Kupfer (1,1 %), Kobalt (0,2 %) und Molybdän (600 ppm).

Während einer ersten Seekampagne der BGR im Oktober und November 2008 wurde das Lizenzgebiet zum großen Teil bathymetrisch vermessen, um ein präzises digitales Gelände-



modell des Meeresbodens erstellen zu können. Weiterhin wurden die Sedimentverteilung kartiert und repräsentative Oberflächenproben mit Manganknollen gewonnen. Die Auswertungen belegen eine überraschend lebhaft Topographie mit gebietsweise zahlreichen submarinen Vulkankegeln. Manganknollen finden sich auf den ebenen Meeresbodenflächen. Die Belegung variiert dabei deutlich. Es gibt allerdings große Teilgebiete mit einer hohen Belegungsdichte, die vielfach zwischen 10 und bis zu 30 kg/m<sup>2</sup> liegt.

Ein Jahr später setzte die BGR die Explorationsarbeiten im Lizenzgebiet fort. Mit dem gecharterten Forschungsschiff ‚Kilo Moana‘, das aufgrund seiner ‚SWATH‘-Bauweise besonders ruhig im Wasser liegt, wurden die bathymetrische Kartierung sowie die Erfassung der Sedimentverteilung vervollständigt. Weiterhin wurden mit einem knapp über dem Meeresboden geschleppten Messsystem (Seitensichtsonar zur Ermittlung der Schallhärte) das Feinrelief und die kleinräumige Knollenverteilung untersucht. Diese Daten sind besonders wichtig, um ein den Verhältnissen angepasstes Konzept für eine mögliche künftige Knollengewinnung erstellen zu können.

## Forschungsfahrt in den Pazifik 2010: Mit der FS Sonne ins deutsche Lizenzgebiet

Unter Leitung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) fand im April/Mai 2010 die dritte Fahrt ins Manganknollen-Lizenzgebiet statt. Die fünfwöchige Expedition mit dem deutschen Forschungsschiff ‚Sonne‘ startete in Tahiti und endete in Mexiko.

Zu der Gruppe von 23 Wissenschaftlern gehörten neben Forschern der BGR auch Vertreter des Leibniz-Institutes für Meereswissenschaften in Kiel, des Alfred-Wegener Institutes für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven, des Deutschen Zentrums für Marine Biodiversitätsforschung am Senckenberg-Institut in Wilhelmshaven und des Max-Planck-Instituts für marine Mikrobiologie in Bremen.

Neben einer weiteren Beprobung standen Videoaufzeichnungen des Meeresbodens im Vordergrund. Gemeinsam wurden Arbeiten zur Erkundung der Geochemie von Knollen und Sedimenten, des strukturellen Aufbaus der Knollen, der Mi-

## Was sind Manganknollen?

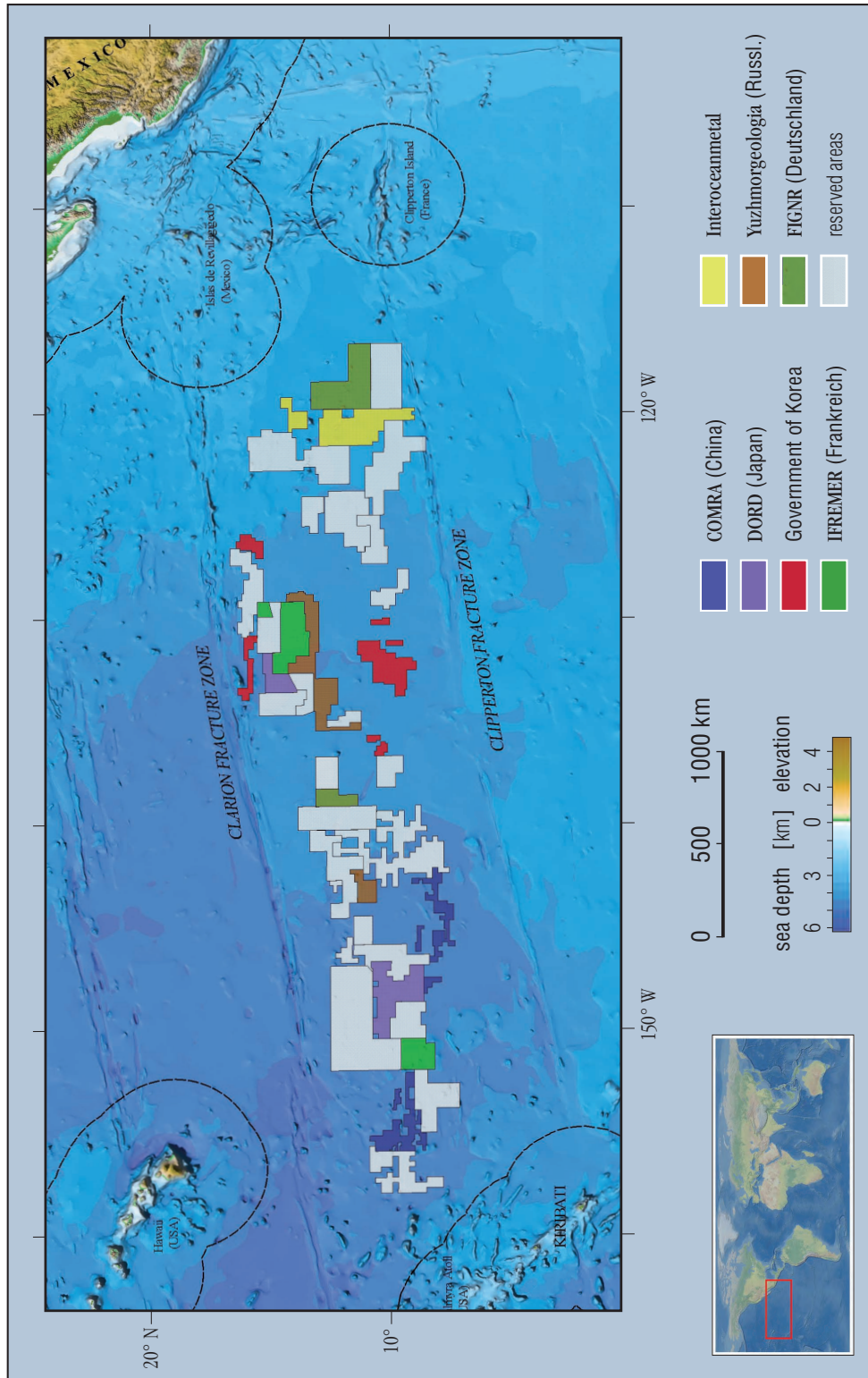
Manganknollen sind feinkörnige Ausfällungen aus dem Meerwasser bzw. aus Porenwässern im Sediment. Sie bestehen hauptsächlich aus Eisen- und Manganoxiden, die sich zwiebelschalenförmig um einen festen Kern legen. Diese Kerne sind häufig Gesteinsbruchstücke, Haifischzähne oder Bruchstücke von älteren Manganknollen. Die Knollen sind von schwarzbrauner Farbe und unregelmäßig bis rundlich geformt, meist bilden sie abgeflachte Ellipsen. Die Größe variiert zwischen 1 und bis zu 20 Zentimeter Durchmesser, der Großteil der Knollen im Nordpazifik ist 2 bis 7 Zentimeter groß. Neben den Hauptbestandteilen werden beim Ausfällungsprozess eine Vielzahl von Neben- und Spurenmetallen gebunden, so dass die Manganknollen wirtschaftlich relevante Gehalte an Nickel, Kobalt und Kupfer enthalten. Auch Titan, Molybdän, Vanadium, Lithium, Zirkon und einige Seltene Erden sind in nennenswerten Mengen angereichert.

Die Metalle stammen entweder direkt aus dem Meerwasser oder aus dem Sediment, wo sie z. B. zuvor aus abgesunkenem (Schalen-)Material toter Lebewesen angereichert worden sind. Die Knollen wachsen extrem langsam: In einer Million Jahre nimmt ihr Durchmesser im Schnitt um 5 Millimeter zu. Manganknollen finden sich in allen Tiefseebecken, besonders in Tiefen von mehr als 4 000 Metern. Ein Gebiet im Pazifik zwischen Hawaii, Mexiko und dem Äquator gilt als ein wirtschaftlich besonders interessanter „Manganknollengürtel“. Dort herrschen so günstige Bedingungen (z. B. geringe Sedimentationsraten, Art des Sedimentes, Alter der ozeanischen Kruste, Wassertiefe), dass der Meeresboden über weite Gebiete hinweg dicht mit Manganknollen mit hohen Metallgehalten gepflastert ist.



*Aufsicht auf einen frisch geborgenen Kastengreifer. Der Kastengreifer sticht ein kleines Stückchen Meeresboden mit der Kantenlänge von 50 cm inklusive der aufliegenden Manganknollen aus und bringt sie an Bord des Schiffes. Die Knollen sind hier etwa 5-10 cm gross und oft zerbrochen (unregelmässiger Umriss).*





Karte der Lizenzgebiete zur Exploration von Manganknollen im zentralen Pazifik. Dort haben sieben Staaten Explorationslizenzen von der Internationalen Meeresbodenbehörde erhalten. Die beiden olivgrünen Teilgebiete (Bildzentrum und nahe Mexiko) stellen den ‚deutschen Claim‘ dar, den die BGR zur Zeit erkundet.

krobiologie, der Zusammensetzung benthischer Lebensgemeinschaften sowie paläo-ozeanographischer Einflüsse ausgeführt, mit dem Ziel, den Manganknollen und ihrem Umfeld weitere Geheimnisse zu entreißen.

Es wird untersucht, welchen Beitrag marine Mikroorganismen zur Bildung der Knollen leisten, oder welchen Einfluss die chemische Zusammensetzung der Porenwässer in den Sedimenten des Meeresbodens hat. Das Wasser zwischen den Mineralpartikeln ist die Stoffquelle für die Metalle der Knollen.

Auch der Artenreichtum der Tierwelt in den ausgedehnten Knollenfeldern unter den extremen Bedingungen der Tiefsee mit völliger Dunkelheit, Kälte und enormem Druck ist bislang erst wenig erforscht. Hier setzten die Arbeiten der neuen Forschungskampagne an. Mit molekularbiologischen Methoden werden die Lebensgemeinschaften im Meeresboden und auf der Oberfläche der Manganknollen untersucht.

Für eine Bestandsaufnahme der größeren Bodenlebewesen wurden mit Hilfe von sogenannten Kastengreifern 50 x 50 Zentimeter große Proben des Meeresbodens ausge-

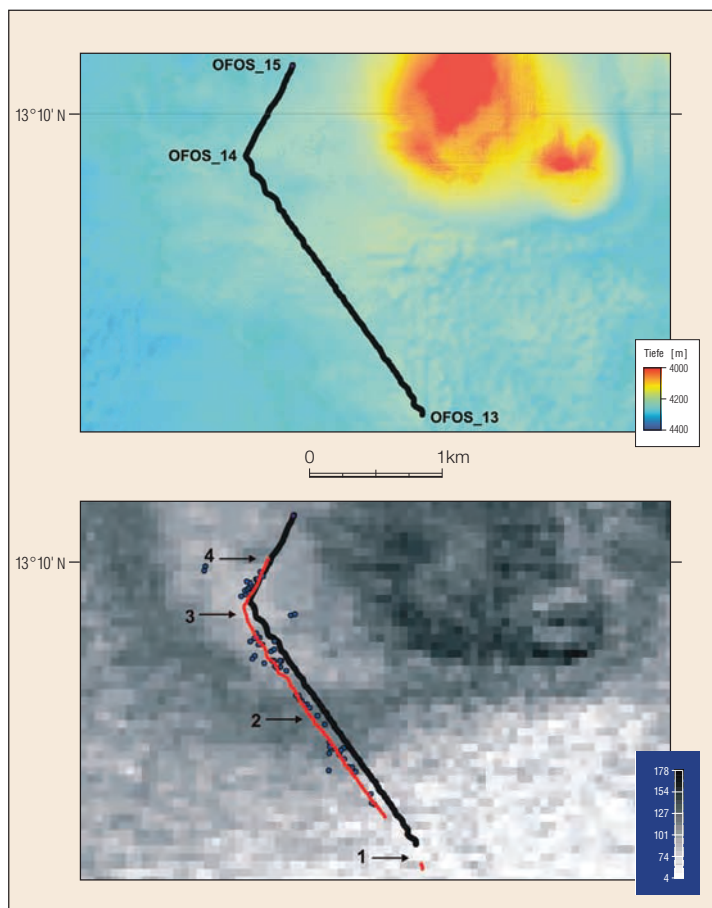
stanzt und an Bord gehievt. Außerdem wurden mit speziellen Geräten Boden- und Wasserproben aus der Tiefsee entnommen, um die Sauerstoff- und Metall-Konzentration des Wassers zu bestimmen.

Mit der Expedition sollten auch grundlegende Daten zur Beurteilung der potentiellen Lagerstätte gesammelt werden: Wie groß ist das Vorkommen, wo liegen die dichtesten Knollenkonzentrationen und wie wirtschaftlich ist eine spätere Förderung der Rohstoffe? Diese wichtigen Fragen müssen im Rahmen der Explorationslizenz beantwortet werden. Um die Belegungsdichte der Manganknollen auf dem Tiefseeboden genauer zu erfassen, wurden die 2009 gewonnenen Detailprofile der Schallhärte mit neuen Aufnahmen des Fotoschlittens verglichen. Als überraschendes Ergebnis stellte sich dabei heraus, dass die Schallhärte Rückschlüsse auf die durchschnittliche Größe der Manganknollen im jeweiligen Gebiet zulässt.



Vorbereitung des Einsatzes einer Kettensackdredge an Bord des Forschungsschiffes 'Kilo Moana' zur Gewinnung einer Manganknollenprobe in 4800 Meter Wassertiefe aus dem deutschen Lizenzgebiet.





## Meeresbodentopographie im Umfeld der Station 66-OFOS während der Forschungsfahrt SO-205 (OFOS = Ozeanbodenbeobachtungssystem).

oberer Kartenausschnitt: Die schwarze Linie markiert die Fahrtstrecke des Schiffes, auf der der Meeresboden mittels Video- und Fotokameras aufgenommen wurde.

unten: Im gleichen Kartenausschnitt wie oben wird hier die Stärke des rückgestreuten akustischen Signals in Grauwerten dargestellt. Dunkelgraue Bereiche reflektieren die akustischen Signale stärker als hellgraue Bereiche. Der Meeresboden wird hier entweder durch Hartgesteinsschichten oder durch dichte Manganknollenpflaster gekennzeichnet. Hellgraue Bereiche charakterisieren junge unverfestigte Sedimente.

Die schwarze Linie repräsentiert die Fahrtstrecke des Schiffes, die rote Linie das Profil des Videoschlittens am Meeresboden, der an einem Stahlkabel hinter dem Schiff hergezogen wird. Die Zahlen 1 bis 4 markieren die Positionen der unten abgebildeten Fotos.

## Fotografien des Meeresbodens entlang der Profilstrecke 66-OFOS der Forschungsfahrt SO-205.

Die Position der Fotos ist in der unteren Karte vermerkt. Der Meeresboden in Foto 1 ist nahezu frei von Manganknollen, der zugehörige Rückstreuwert (Grauwert) liegt bei 30. In Foto 2 liegt eine mittlere Belegung des Meeresbodens mit vorwiegend großen Manganknollen vor (Rückstreuwert 127). In Foto 3 überwiegt ebenfalls eine mittlere Belegung des Meeresbodens, allerdings mit vorwiegend kleinen Knollen, der zugehörige Rückstreuwert liegt bei 100. Der Meeresboden auf Foto 4 ist durch eine hohe Belegung mit vorwiegend kleinen Manganknollen gekennzeichnet (Rückstreuwert 78). Die langen Bildkanten entsprechen einem Bildausschnitt von jeweils ca. 2 m.



Aus den Fotos in Verbindung mit den Grauwerten wird ersichtlich, dass es einen Zusammenhang zwischen der Rückstreuung des akustischen Signals und der Belegung des Meeresbodens mit Manganknollen sowie deren Knollengrößenverteilung gibt.

## BGR-Studie: Bergbau kann wirtschaftliche Situation Afrikas verbessern

Wer in Afrika über große Rohstoffvorkommen verfügt, kann seine wirtschaftliche Situation deutlich verbessern. Das ist das Ergebnis der BGR-Studie „Government Revenues from the Extractive Sector in Sub-Saharan Africa – A Potential for Funding the United Nations Millennium Development Goals?“.

Ressourcenreiche Länder in Afrika könnten durch Einnahmen aus dem Bergbau zusätzliche heimische Finanzierungsquellen mobilisieren, wenn sie die Steuererhebung im Rohstoffsektor verbessern und eine nachhaltige Entwicklung in diesem Sektor fördern. „Hierzu gehört auch die wirtschaftsgeologische Ausbildung der Steuerbehörden und Bergbauaufsichten“, so die Autoren der BGR-Studie, Dr. Peter Buchholz, Arbeitsbereichsleiter Rohstoffwirtschaft (BGR), und Martin Stürmer vom Institut für Internationale Wirtschaftspolitik der Universität Bonn.

Die BGR-Studie untersucht in unterschiedlichen Szenarien bis zum Jahr 2015 mögliche Einnahmen aus dem Bergbausektor. Auf der Basis von Annahmen zu Weltmarktpreisen, Steuersystemen und der Entwicklung zusätzlicher Produktionskapazitäten wird in vier Fallstudien die Situation für Rohstoffe wie Kupfer, Diamanten, Gold und Erdöl in den Ländern Ghana, Namibia, Mozambique und Sambia beschrieben.

„Staatseinnahmen aus dem Rohstoffsektor sind eindeutig kein ‚schnelles Geld‘“, betont Martin Stürmer. „Sie hängen von der Geologie des Landes, dem Stand der geologischen Erkundung, den Investitionsbedingungen, der Infrastruktur, dem Steuersystem, einschließlich der Steuereinnahmen, und der Steuerverwaltung sowie den Weltmarktpreisen ab.“ Insbesondere die hohen Schwankungen der Weltmarktpreise bedeuteten eine große Herausforderung für alle Regierungen.



[www.bgr.bund.de/government-revenues-2009](http://www.bgr.bund.de/government-revenues-2009)

## Commodity Top News 33 (2010): Vorräte an Hightech-Metallen begrenzt?

Sie heißen Indium, Tantal oder Germanium. Die Hightech-Metalle sind Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Ob Photovoltaik-Module, Mikrokondensatoren oder Glasfaserkabel – die Elektronikmetalle machen die Entwicklung neuer, innovativer Produkte erst möglich. Entsprechend stark wächst weltweit die Nachfrage nach diesen Rohstoffen, deren Produktion sich in einigen Fällen auf wenige Länder konzentriert. Schon warnen Experten vor einer Versorgungslücke.

Die BGR zeigt in einer Studie erstmals auf, in welchen Industriesektoren die wichtigsten Hightech-Metalle Verwendung finden, wo sie gewonnen werden, welche Vorräte bekannt sind und wie sich die Versorgungssituation bis 2030 verändern könnte. Zu den näher untersuchten Rohstoffen der Studie mit dem Titel „Elektronikmetalle – zukünftig steigender Bedarf bei unzureichender Versorgungslage?“ gehören die Hightech-Metalle Indium, Tantal, Germanium, Gallium, Scandium und Neodym.



[www.bgr.bund.de/CTN-33-elektronikmetalle](http://www.bgr.bund.de/CTN-33-elektronikmetalle)

## BGR legt Berichte zur Rohstoffsituation in Deutschland vor

Seit nunmehr 30 Jahren stellt die BGR in jährlicher Folge Zahlen und Fakten zur Rohstoffsituation der Bundesrepublik Deutschland bereit. Bereits in der ersten Ausgabe des Jahresberichts zur Rohstoffsituation 1979/1980 hatte die BGR die Entwicklungen in der Rohstoffwirtschaft früh erkannt und die Frage nach der künftigen Rohstoffverfügbarkeit bewertet. Darin hieß es: „Wäre die Rohstoffversorgung allein von dem Vorhandensein der Rohstoffe in der Natur abhängig, so wäre die Versorgungssituation durchweg als optimistisch zu bezeichnen.“

Das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage ist heute wesentlich komplexer als in den 1970er Jahren. Investitionsentscheidungen im Bergbausektor werden riskanter, soziale Herausforderungen und Umwelteinflüsse des Bergbaus, die bewältigt werden müssen, aber auch die immer schnellere Entwicklung von Technologien, welche die Rohstoffnachfrage steuert und die Spekulationsfreudigkeit an den Börsen treibt, sind schwer zu überschauen.

Sowohl soziale Auswirkungen und Umweltfolgen des Bergbaus, aber auch die schnelle Entwicklung von Technologien, welche die Rohstoffnachfrage steuert, stellen die Rohstoffwirtschaft vor ständig neue Herausforderungen. Preisvolatilitäten angesichts politischer Unsicherheiten sowie Konzentrationsprozesse von Bergbauunternehmen verschärfen die Situation.

Die Berichte ‚Rohstoffsituation 2008‘ und ‚Rohstoffsituation 2009‘ enthalten alle wichtigen Zahlen und Fakten zur aktuellen Versorgungssituation der Bundesrepublik Deutschland bei mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen. Dazu zählen Kennziffern zur Rohstoffproduktion, zum Außenhandel, zur Preisentwicklung und zum Verbrauch.

Sie sind ein Kernprodukt der BGR-Fachbereiche „Wirtschaftsgeologie der mineralischen Rohstoffe“ und „Wirtschaftsgeologie der Energierohstoffe“. Fachleute beobachten, analysieren und bewerten dort seit Jahren das weltweite Rohstoffpotenzial und die Rohstoffmärkte der Metalle, Industriemineralien, Steine und Erden sowie der Energierohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran.



**Beide Studien sind erhältlich unter: [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)**

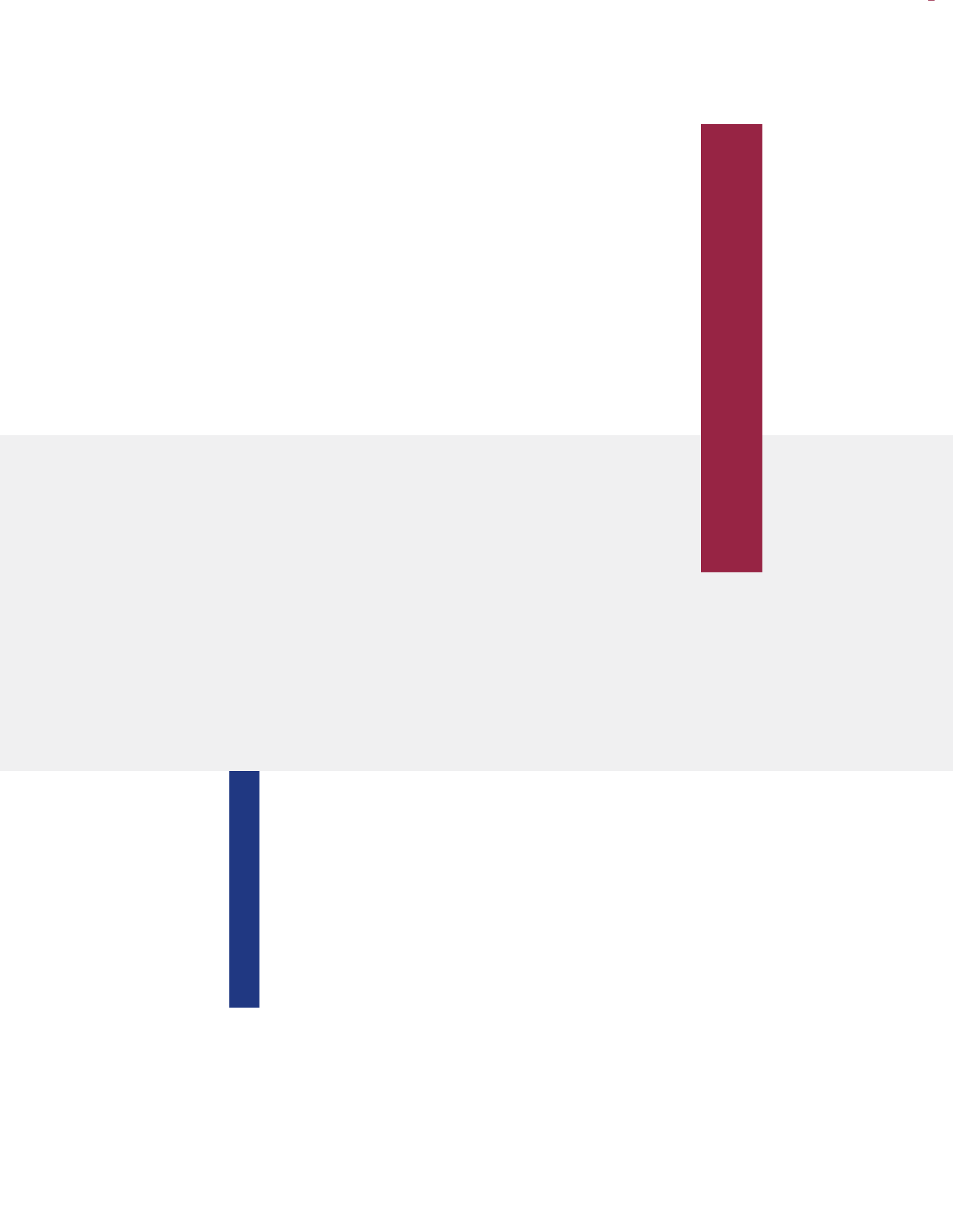
# Ausblick

**E**s liegt im Interesse einer kontinuierlichen und gesicherten Rohstoffvorsorge, dass der Geologische Dienst Deutschlands sein spezifisches Wissen auf dem Gebiet der Rohstoff- und Bergwirtschaft sowie der Lagerstättenforschung von der Aufsuchung über die Gewinnungsphase bis hin zur Stilllegung, Verwahrung und Renaturierung aktiv einbringt.

Die Turbulenzen an den Rohstoffmärkten, der illegale Handel mit Hochtechnologiemetallen und die Erkundung neuer Lagerstätten werden zunehmend die Aufgaben und Aktivitäten im Bereich der mineralischen Rohstoffe bestimmen.

Mit der Gründung der „Deutschen Rohstoffagentur“ ist ein wesentlicher Schritt gelungen, der in den nächsten Jahren in enger Vernetzung von Wirtschaft, Politik und Forschung ausgestaltet werden wird. Ein wichtiges Ziel ist die Erhöhung der Markttransparenz durch die Bereitstellung von rohstoffwirtschaftlichen Analysen, Studien und Informationen.

In Kooperationsprojekten mit der Wirtschaft und mit Rohstoffländern sollen insbesondere alternative Rohstoffpotenziale und Rohstoffeffizienzpotenziale aufgezeigt werden. Die eigene lagerstättenkundliche Forschung wird ihren Fokus auf Hochtechnologiemetalle, die Nutzung von Bergbauhalden als sekundäre Rohstoffquellen und den Herkunftsnachweis von mineralischen Rohstoffen legen. Neben den Arbeiten zu marinen Manganknollen wird in den kommenden Jahren die Erkundung polymetallischer Sulfidlagerstätten an mittelozeanischen Rücken einen neuen Schwerpunkt der Rohstoffforschung bilden.





# *Grundwasser*



# Einführung

Zwei Drittel des Wassers für die Trinkwasserversorgung in Europa werden aus Grundwasser gewonnen. In vielen Entwicklungsländern ist der Anteil klimabedingt noch höher. Eine große Zahl natürlicher Grundwasservorkommen ist insbesondere in Entwicklungsländern mit klimatisch bedingter geringer Grundwasserneubildung durch Übernutzung sowie durch Schadstoffeinträge bedroht.

Viele Grundwasservorkommen in trockenen Gebieten kommen außerdem aufgrund der natürlichen Verhältnisse nicht für eine Nutzung in Frage, weil sie beispielsweise zu viel gelöste Salze enthalten. In anderen Bereichen kann die natürliche Belastung mit Schwermetallen die Nutzung der Grundwasservorkommen für die Trinkwassergewinnung ebenfalls sehr stark einschränken.

Die BGR ist fachlicher Ansprechpartner auf nationaler und internationaler Ebene für Politik, öffentliche Verwaltung, Wirtschaft und gesellschaftliche Gruppen in allen relevanten Fragestellungen zur Grundwassernutzung und zum Grundwasser-

schutz. Sie unterstützt national und international gesetzgeberische und entwicklungspolitische Maßnahmen zur Sicherung der Ressource Wasser.

Das integrierte Wasserressourcen-Management hat dabei für die BGR eine besondere Bedeutung. Dazu gehört auch die Bereitstellung von Entscheidungswerkzeugen, die die nachhaltige Bewirtschaftung dieser für die Menschen unverzichtbaren natürlichen Ressource ermöglichen.

## Syrien und Libanon: Projekte für sauberes Grundwasser

**D**ie BGR startet im Rahmen der internationalen Technischen Zusammenarbeit zwei neue Grundwasser-Projekte in Syrien und im Libanon. Beide Vorhaben, die durch das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) gefördert werden, haben die Ausweisung von neuen Grundwasserschutzgebieten sowie den nachhaltigen Schutz dieser wertvollen Georessource zum Ziel.

„Die Bedeutung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes wächst“, so BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel. „Dies gilt weltweit, aber in besonderer Weise für Entwicklungsländer und trockene Erdregionen. Dort besteht die Haupttrinkwasserversorgung aus Grundwasser. Eine zunehmende Verschmutzung gefährdet die Wasserressourcen und die Gesundheit der Menschen. Deshalb gehört der nachhaltige Schutz der Grundwasserreservoirs zu den zentralen Aufgaben der Entwicklungszusammenarbeit und Projekte, wie in Syrien und im Libanon, sind dafür wichtige Bausteine.“

Die BGR engagiert sich seit vielen Jahren in zahlreichen Grundwasserschutz-Projekten überall auf der Welt. Stets stoßen die Experten auf die gleichen Hindernisse. Vor allem die fehlende Sanitärversorgung in den unaufhaltsam wachsenden Megastädten bereitet große Probleme. Über 2,4 Milliarden Menschen weltweit verfügen über keine Sanitärversorgung. Jährlich sterben zwei Millionen Menschen an Krankheiten durch verunreinigtes Trinkwasser.

Daher ist ein zeitnahe und effektiver Grundwasserschutz von höchster Bedeutung – auch aus ökonomischer Sicht. Wer jetzt investiert, spart die Kosten späterer, sehr aufwendiger Maßnahmen zur Reinigung kontaminierter Wasserressourcen. So führt beispielsweise die German Toilet Organisation (GTO) Kampagnen zur Bewusstseinsförderung für eine nachhaltige Sanitärversorgung durch.

„Die Qualität unserer Wasserressourcen wird zunehmend durch menschliche Verschmutzung bedroht. Damit gefährden wir nicht nur das Ökosystem, sondern auch unsere weitere Entwicklung, denn Grundwasser ist unsere wichtigste Georessource“, so Kümpel. Umso wichtiger ist es aus Sicht des BGR-Präsidenten, auch mit Initiativen wie dem Weltwassertag auf dieses zentrale Thema aufmerksam zu machen und für einen vorbeugenden Schutz der Wasserqualität zu werben.

### Neue Schutzgebiete in Syrien und dem Libanon

Das Projekt in Syrien soll helfen, die Grundwasserversorgung der Hauptstadt Damaskus zu sichern. Dort gefährden Abwassereinträge massiv die Qualität des Grundwassers im Gebiet der Figh-Quellen. Grund ist eine zunehmende Ausweitung von Wohn- und Gewerbesiedlungen. Immer mehr Abwässer versickern unkontrolliert in den Untergrund und kontaminieren

### Syrien: Beitrag zum Schutz des Figh-Quellsystems

Aus dem Figh-Quellsystem, das im Antilibanon-Gebirge ca. 16 km nordwestlich des Stadtzentrums von Damaskus liegt, stammt ein Großteil (60 – 65 %) des Trinkwassers für die syrische Hauptstadt. Die Figh-Quellen laufen in der Niedrigwasserperiode nicht mehr ausschließlich natürlich aus, sondern werden von Juni bis Februar zusätzlich gepumpt, um den steigenden Wasserbedarf, vor allem bedingt durch rasches Bevölkerungswachstum, decken zu können.

Die Entsorgung der Abwässer der Bevölkerung und der Großrestaurants im Nahbereich des Quellsystems ist nicht sichergestellt, vielmehr versickern Abwässer unkontrolliert in den stark wasserdurchlässigen Untergrund bzw. werden in den Barada-Fluss eingeleitet. Das Flussbett ist zwar größtenteils betoniert, dennoch gelangt auch dort Abwasser durch undichte Bereiche in den Untergrund.

Das Grundwasser im verkarsteten Kalkstein-Grundwasserleiter ist somit gegenüber Kontaminationen durch Abwassereinträge extrem gefährdet, wobei die erhöhte Wasserentnahme in den Sommermonaten zusätzlich einen extrem steilen Absenktrichter auf die Quellen und Brunnen hin erzeugt, was einem schnellen Eintrag möglicher Verschmutzungen des Trinkwassers Vortrieb leistet.

Zur Sicherstellung der Wasserversorgung von Damaskus / Syrien führt die BGR eine geologisch-hydrogeologische Studie im Einzugsgebiet des Figh-Quellsystems durch, um die Ursachen für die Verunreinigung des Grundwassers zu klären und zu lokalisieren und die natürliche Wasserverfügbarkeit des Figh-Aquifers genauer zu bestimmen.

das Grundwasser. Gemeinsam mit ihren syrischen Partnern wollen die Experten der BGR jetzt die Zonen der Verunreinigung im Figh-Quellsystem lokalisieren und die natürliche Wasserverfügbarkeit des Figh-Aquifers genauer zu bestimmen. Außerdem sollen Vorschläge erarbeitet werden, wie das örtliche Wasserschutzgebiet neu bestimmt und notwendige Beschränkungen der Landnutzung festgelegt werden können.

Im Libanon unterstützt die BGR das libanesische Wasserministerium zum Schutz der Jeita-Quelle. Durch starke und unkontrollierte Besiedelung im Einzugsgebiet weist sie inzwischen eine starke bakteriologische Verschmutzung auf. Daher

berät die BGR zusammen mit der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) die libanesische Regierung mit dem Ziel, geeignete Stellen für Kläranlagen auszuwählen und dezentrale Abwasserreinigungskonzepte zu entwickeln. Außerdem sollen Schutzgebiete für die Jeita-Quelle festgelegt werden. Ein zentrales Anliegen des Projekts ist es, die lokale Bevölkerung sowie die Entscheidungsträger für einen nachhaltigen Grundwasserschutz zu sensibilisieren.

## Libanon: Schutz der Jeita-Quelle

Hauptprobleme des Wassersektors im Libanon sind das mangelnde Management und der unzureichende Schutz der Grundwasserressourcen. Im Großraum Beirut hängen ca. 1,9 Mio. Einwohner von der Trinkwasserversorgung aus der ca. 13 km nordöstlich des Stadtzentrums von Beirut gelegenen Jeita-Quelle ab.

Der Grundwasserleiter im Einzugsgebiet der Jeita-Quelle ist durch zahlreiche Verschmutzungsquellen gefährdet, insbesondere durch Abwasser. Zudem ist das Wasserverteilungssystem veraltet und die Wasseraufbereitungsanlage in Dbaye, ca. 4,5 km westlich der Jeita-Quelle gelegen, ist nicht in der Lage, die Verschmutzung in ausreichendem Umfang abzufangen. Dadurch ist die Wasserversorgung von Beirut akut bedroht.

Um die Steuerung der Wasseraufbereitung und damit die Qualität des Wassers im Leitungssystem zu verbessern, soll bei diesem Projekt ein Grundwasserbeobachtungssystem installiert werden. Es ermöglicht dem Wasserversorger, bei großer Verschmutzung die Wasserversorgung auf andere Quellen umzustellen bzw. die Aufbereitungstechnik zu ändern. Zur Implementierung des Grundwasserschutzgebietes gehört, dass die Landnutzungsplanung Aspekte des Grundwasserschutzes berücksichtigt.





*(o.r.) Quellfassung der Figh-Quelle (Syrien) bei ihrem Austritt aus dem Gebirge.*

*(u.r.) Ausbildung der Partnerbehörde DAWSSA in Schneetiefensondierungen und Schnee - Wasser Äquivalentmessungen im Antilibanon Gebirge bei Bloudan.*

*(u.l.) Abflussmessung an der Karstquelle Naber al Labbane im Libanon.*

*(o.l.) Die Jeita-Quelle dient der Wasserversorgung von Beirut und ist die größte touristische Attraktion des Libanon. Aufgrund einer fehlenden geregelten Abwasserreinigung im Einzugsgebiet treten an dieser Quelle häufig starke bakteriologische Verunreinigungen auf.*

## Der Durst eines Tigerstaates

### Grundwasserschutz in Vietnam

Prinzipiell ist Vietnam, der so genannte „neue“ Tigerstaat Südostasiens, ein Land mit reichen Wasservorkommen. Die beeindruckende wirtschaftliche Entwicklung sowie ein hohes Bevölkerungswachstum während der letzten zwei Jahrzehnte erhöhen den Druck auf diese wertvolle Ressource. Die Einleitung unbehandelter Abwasser, geringere Niederschläge sowie zunehmende Extremwetter-Ereignisse gefährden die traditionell intensive Nutzung der Oberflächengewässer. Daher nimmt Grundwasser eine immer wichtigere Rolle in der künftigen Wasserversorgung Vietnams ein. Eine nachhaltige Grundwassernutzung ist für die weitere Entwicklung der Bereiche Gesundheit, Wirtschaft und Umwelt in Vietnam entscheidend.

Vor diesem Hintergrund wurde das Vorhaben „Verbesserung des Grundwasserschutzes in Vietnam“ (IGPVN) innerhalb der Vietnamesisch-Deutschen Technischen Zusammenarbeit initiiert. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) berät die BGR seit 2009 vietnamesische Behörden auf nationaler und Provinz-Ebene zu Fragen der Erkundung und Überwachung sowie dem Management und Schutz von Grundwasserressourcen.

In ausgewählten Pilotgebieten stehen dabei die Konsequenzen der zunehmenden und unkontrollierten Übernutzung des Grundwassers im Fokus:

- Grundwasserspiegelabsenkung im regionalen Maßstab.
- Versalzung küstennaher Grundwasserleiter.
- Grundwasserverschmutzung, etwa durch Versickerung industrieller und kommunaler Abwässer sowie durch Landwirtschaft und Aquafarming.

### Übernutzung in der Nam Dinh Provinz

Pilotprovinz der ersten Projektphase ist Nam Dinh am Südchinesischen Meer im Süden der Ebene des Roten Flusses. Dort gliedert sich der Aufbau des Untergrundes in eine für Deltasysteme typische komplexe Abfolge von Grundwasserleitern und –stauern mit teilweise ergiebigen Grundwasservorkommen. Den lokalen Behörden fehlen Mittel und Know-how, um stark sinkenden Grundwasserständen (bis zu 0,4-0,7 m/Jahr) und einer zunehmenden Versalzung der Grundwasserressourcen entgegenzuwirken.

Das IGPVN Vorhaben errichtete ein Grundwasser-Monitoringnetzwerk in Nam Dinh, das kontinuierliche Beobachtung und den Aufbau eines dreidimensionalen Strukturmodells erlaubt. Mit hydrogeologischen und hydrochemischen Daten ergänzt, liefert es Hinweise zur Entstehung einer Süßwasserlinse in den pleistozän- und miozänzeitlichen Lockersedimenten. Die

Auswertung der komplexen geologischen Situation im Südwesten der Provinz zeigt, dass die Süßwasserlinse durch eine lokale Anbindung an einen ergiebigen Karstgrundwasserleiter in triaszeitlichen Kalksteinen der Nachbarprovinz Ninh Binh gespeist wird. Seit Ende der 1990er Jahre wird aus der Süßwasserlinse mehr Grundwasser entnommen als aus dem Einzugsgebiet in Ninh Binh zufließen kann. Entsprechend sinkt der Grundwasserspiegel und höhersalinäres Grundwasser strömt zu. Es drohen Erschöpfung und Versalzung dieser wertvollen lokalen Trinkwasserressource.

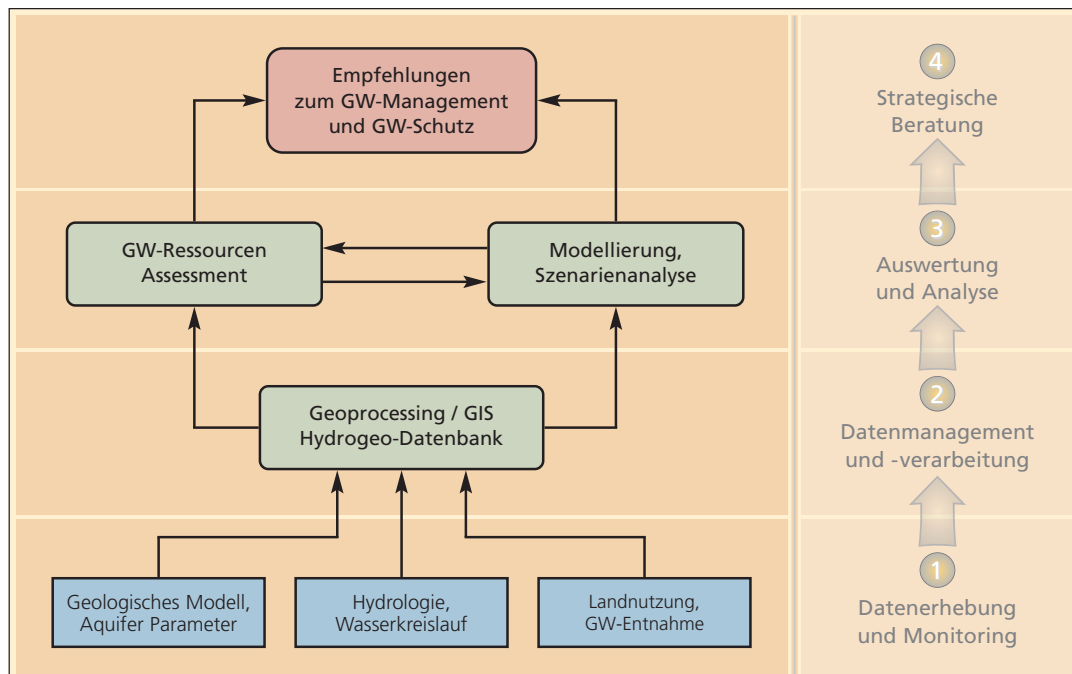
Ein numerisches Modell simuliert diese Konsequenzen und formuliert darauf aufbauende Empfehlungen zum nachhaltigen Grundwassermanagement. Darüber hinaus unterstützt das Vorhaben politische Entscheidungsträger bei der Vermittlung und Umsetzung dieser Empfehlungen auf nationaler und Provinzebene. Dabei ist eine bessere Kontrolle der bislang zahlreichen nicht-registrierten Wasserentnahmen grundlegend.

Durch seine Aktivitäten auf unterschiedlichen Handlungsebenen unterstützt das IGPVN-Vorhaben letztlich den Prozess zu einem integrierten Wasserressourcen Management (IWRM) in Vietnam.





Mitarbeiter der Nationalen Grundwasserbehörde bei der Probennahme.



Handlungsfelder im IGPVN-Projekt von Datenerhebung und -processing bis hin zur Auswertung und Modellierung von Nutzungsszenarien. Die resultierende Abschätzung von Quantität und Qualität der verfügbaren Grundwasservorkommen („GW-Ressourcen Assessment“) bildet die Grundlage zur Formulierung von Handlungsempfehlungen.



## Geochemie der europäischen Mineralwässer

**A**uf Europaebene sind etwa 1 900 verschiedene Mineralwässer bei der EU registriert. Die Geochemistry Expert Group of Europe (EGS) hat eine europaweite Mineralwasseruntersuchung mit dem Ziel durchgeführt, für die in den Supermärkten gekauften Mineralwässer erste Informationen über die Hintergrundgehalte und die natürliche Variabilität der Elemente in den europäischen Grundwässern zu erhalten.

In den Jahren 2008 und 2009 wurde das EuroGeoSurveys Projekt „Geochemistry of European Bottled Water“ unter Beteiligung von 39 europäischen Ländern durchgeführt. Insgesamt wurden 1 785 europäische Mineralwässer (davon 908 aus Deutschland) auf 71 Parameter (Spuren- und Hauptelemente, Anionen) in den Laboratorien der BGR analysiert. Die 1 785 Mineralwässer repräsentierten 1 247 Quellen, Brunnen oder Pegel an insgesamt 884 Standorten.

Bei der Auswertung der Mineralwasserdaten wurde auch der Einfluss der unterschiedlichen Flaschenmaterialien in einem Laugungsversuch über 150 Tage getestet. Die Analyseergebnisse der untersuchten Flaschenpaare (Glas, PET) zeigen für den Antimon (Sb)-Medianwert (0,33 µg Sb/l) in PET-Flaschen eine 21fache Anreicherung gegenüber dem Medianwert in den Glasflaschen (0,016 µg Sb/l).

Im Gegensatz dazu weisen die in Glasflaschen abgefüllten Mineralwässer deutliche Anreicherungen der Elemente Blei (Pb, 14fach höher), Aluminium (Al, 7fach höher) sowie Lanthan (La), Titan (Ti), Hafnium (Hf), Thorium (Th, 5fach höher) und Praseodym (Pr), Eisen (Fe), Zink (Zn), Neodym (Nd), Zinn (Sn), Chrom (Cr) und Terbium (Tb, 2fach höher) auf. Auch die Flaschenfarbe beeinflusst die Spurenelementgehalte (z. B. Chrom, Silber, Thorium, Lanthan, Zirkonium, Neodym, Cer) im Mineralwasser signifikant. Allerdings liegen die nachgewiesenen Konzentrationsmaxima der Elemente deutlich unterhalb der gültigen Grenzwerte für Trinkwässer.

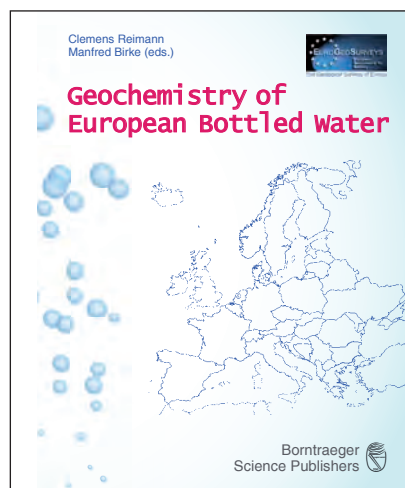
Die Hydrochemie der Grundwässer wird durch verschiedenste Prozesse und Faktoren beeinflusst, u. a. durch Niederschlagschemismus, Klima, Vegetation, Bodenbildungsprozesse, Gesteins-Wasser-Interaktionen, Chemismus der Aquifere und Kontaminationen. Im Ergebnis der Studie wurde die Geologie als wichtigster Einflussfaktor für die Mehrzahl der untersuchten Elemente herausgestellt.

Hohe Chrom (Cr)- und Vanadium (V)-Gehalte sind beispielsweise an die Verbreitung von Ophioliten gebunden; die Elemente Aluminium (Al), Bor (B), Beryllium (Be), Cäsium (Cs), Fluor (F), Germanium (Ge), Kalium (K), Lanthan (La), Lithium (Li), Rubidium (Rb), Silizium (Si), Zinn (Sn), Thorium (Th), Titan (Ti) und Zirkonium (Zr) markieren mit erhöhten und anomalen Gehalten in den Mineralwässern die Verbreitungsgebiete herzynischer Granite. Die Gehaltserhöhungen der Elementas-

soziationen Aluminium (Al), Arsen (As), Beryllium (Be), Fluor (F), Kalium (K), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Phosphor (P), Rubidium (Rb), Selen (Se), Silizium (Si), Thallium (Tl) und Vanadium (V) in den Mineralwässern indizieren die Verbreitung alkalischer Vulkanite und Gebiete mit aktivem Vulkanismus; die Verteilung anomaler Strontium (Sr)-Gehalte ist an die Verbreitung von Tiefenstrukturen und Bruchzonen gebunden.

Insgesamt wurde eine gewaltige natürliche Variation der Elementgehalte in den Mineralwässern nachgewiesen. Sie reicht durchschnittlich von drei bis vier Zehnerpotenzen und in Einzelfällen (z. B. Uran) sogar bis sieben Zehnerpotenzen. In einzelnen europäischen Mineralwässern wurden für die Parameter Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Fluor (F), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Selen (Se) und Uran (U) Überschreitungen der EU Grenzwerte und der WHO Richtwerte festgestellt.

Insgesamt konnte die Projektidee zur Verwendung und Untersuchung von Mineralwässern für eine erste Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im europäischen Maßstab erfolgreich umgesetzt werden. Es wurde nachgewiesen, dass die natürliche Variation der Elementgehalte im Grundwasser wesentlich größer ist als die sekundärer Einflüsse.



*Der Mineralwasseratlas „Geochemistry of European Bottled Water“ enthält Beiträge und Auswertungen zu allen europäischen Ländern.*



*Beprobte Mineralwasserquellen und -brunnen in Europa.*

## Verstopfte Brunnen: Ein altes Problem im neuen Licht

Die Trinkwasserversorgung in Deutschland beruht zu ca. 80 % auf Grundwasser, das aus Brunnen gefördert wird. Häufig behindern jedoch Ablagerungen von Mineralen und Biomasse im Brunnenfilter den Wasserzutritt oder sorgen sogar für eine komplette Verstopfung des Brunnens. Für die Wasserwirtschaft im Inland und Ausland entstehen hierdurch Schäden in Millionenhöhe, die letztendlich auf die Verbraucher umgelegt werden müssen und den Preis für das gewonnene Rohwasser beeinflussen.

Häufigste Ursache der Brunnenalterung – vor allem in Norddeutschland – ist die sogenannte „Verockerung“, d. h. die Ablagerung von festen Oxiden des Eisens. Die Oxide bilden sich bei der Mischung von tiefen, eisenhaltigen Grundwässern mit oberflächennahem, sauerstoffreichem Wasser. Dabei spielen im Untergrund vorkommende Bakterien („Eisenbakterien“) eine wichtige Rolle. Für diese ist ein Brunnen ein paradiesischer Lebensraum, der sie regelmäßig mit neuem Nachschub ihrer Hauptnährstoffe Eisen und Sauerstoff versorgt, die sie verwerten und als Eisenoxide wieder ausscheiden.

In Deutschland müssen gemäß einer Umfrage des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW) jährlich ca. 1 300 Brunnen gereinigt werden, was zu erheblichen Kosten führt. Dabei werden meist mechanische Verfahren eingesetzt, wie Ausbürsten, Hochdruckspülen, Ultraschall und sogar Sprengstoff. Bei stark verhärteten Ablagerungen müssen aggressive Chemikalien eingesetzt werden, z. B. Salzsäure.

Detaillierte Untersuchungen von BGR-Wissenschaftler und dem Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOWV) ergaben nun, dass die räumliche Verteilung von Inkrustationen am Brunnen offensichtlich anders ist als gedacht. Bisher wird die Verockerung als Prozess betrachtet, der im ganzen Brunnen gleichmäßig abläuft. Bei der anstehenden Reinigung wird daher oft die gesamte Filterstrecke gleichmäßig bearbeitet.

Durch eine Kombination von Bohrungen und numerischen Modellierungen konnte jedoch nachgewiesen werden, dass die Ablagerungen im Brunnen oft inhomogen verteilt sind. Obwohl dies zunächst unlogisch erscheint, treten sie besonders in stark durchflossenen Zonen auf, z. B. oft an der Filteroberkante und der dem natürlichen Grundwasserstrom zugewandten Seite. Gerade dort finden Eisenbakterien besonders günstige Lebensbedingungen.

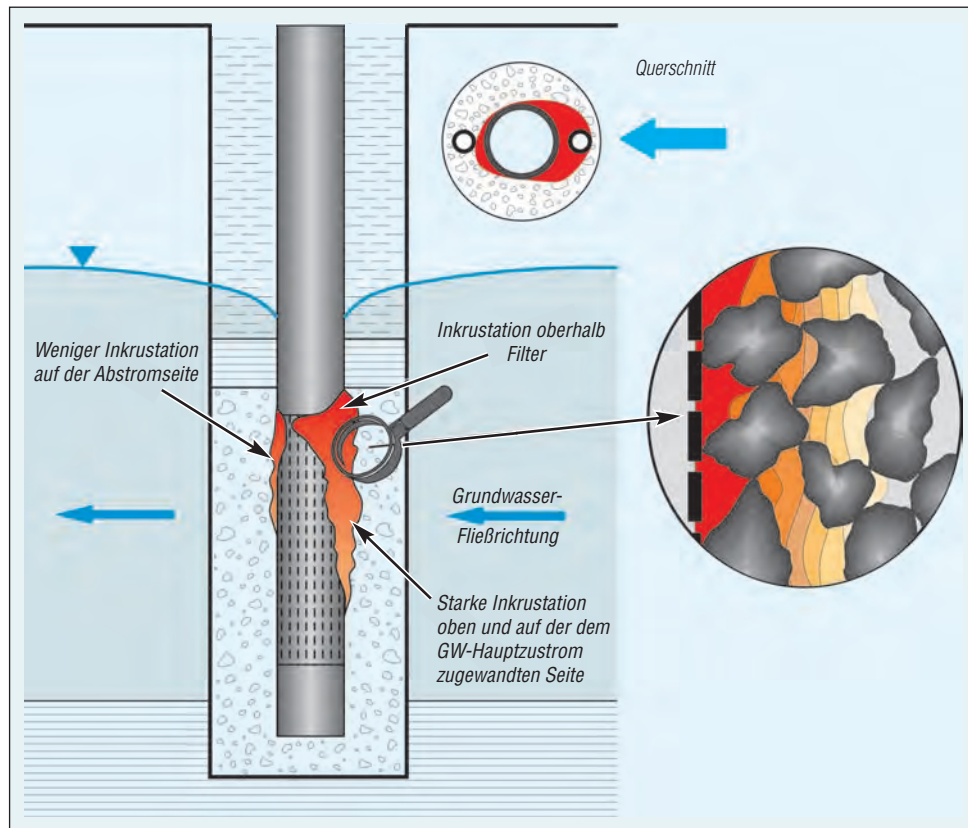
Auf Basis der Forschungsergebnisse können Reinigungsmaßnahmen nun wesentlich gezielter durchgeführt werden. In stark betroffenen Bereichen erfolgt eine intensive Behandlung. Hingegen kann der Einsatz von Chemikalien in weniger betroffenen Bereichen eingeschränkt oder sogar vermieden werden. Das spart Kosten.

Erstmals wurden nun jedoch auch an einem 38 Jahre alten Brunnen durch Bohrungen Inkrustationen im angrenzenden Grundwasserleiter gefunden, z. T. bis zu 5 Meter vom Brunnenrohr entfernt. Diese sind durch die gängigen Methoden nicht zu entfernen.



Rohr mit Ablagerungen.





Schematische Darstellung der räumlichen Verteilung der Verockerung an einem Trinkwasserbrunnen.

## BGR-Publikationen zum nachhaltigen Umgang mit Wasser

Das Klima und der Wasserkreislauf der Erde stehen in enger Wechselwirkung zueinander. Die BGR-Publikation „Groundwater and Climate Change: Challenges and Possibilities“ geht auf die damit verbundenen Entwicklungen ein.

So können beispielsweise höhere Temperaturen zu höheren Verdunstungsraten führen und zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung beitragen. Als besonders prekär sind Änderungen im Rahmen des Klimawandels für die zukünftige Trinkwasserversorgung anzusehen, da ein Großteil der Weltbevölkerung auf Grundwasserressourcen zur Trinkwasserversorgung angewiesen ist.

Der Klimawandel bedeutet u. a. auch einen Meeresspiegelanstieg. Das kann in Küstenregionen zum verstärkten Eindringen von Salzwasser in das Grundwasser des Festlandes führen. Die küstennahen Grundwasserleiter sind durch den dort herrschenden Bevölkerungsdruck ohnehin schon eine stark übernutzte Trinkwasserquelle. Somit wird die Qualität dieser Ressource zusätzlich beeinträchtigt.

Gerade in den trockenen Entwicklungsländern ist die Abhängigkeit von nutzbarem Grundwasser zudem besonders groß. Gleichzeitig ist die Anpassungskapazität an den Klimawandel am geringsten, was in Zukunft die Ernährungssicherheit verschärfen könnte.

Aus diesem Grund ist die nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen besonders wichtig, um die Speicherfunktion und eine quantitativ und qualitativ einwandfreie Wasserversorgung zu garantieren – auch unter den vorhergesagten Klimaveränderungen.



[www.bgr.bund.de/groundwater-climate-change](http://www.bgr.bund.de/groundwater-climate-change)

In einer weiteren Publikation zeigen Grundwasser-Experten der BGR und niederländische Kollegen an 19 Beispielen aus aller Welt, wie ein dem Klimawandel angepasstes Ressourcenmanagement betrieben werden kann: „Managing The Water Buffer“ beschreibt die erfolgreiche Anwendung des „3R-Konzepts“ (Water Recharge, Retention, und Reuse – Grundwasserbildung, Speicherung und Wiederverwendung). Ziel dieses integrierten Ressourcenmanagements ist es, Wasserspeicher anzulegen und diese in regenreichen Perioden zu füllen, um die Reserven in wasserarmen Perioden zu nutzen.



[www.bebuffered.com/downloads/3Rbook\\_2nd\\_edition\\_webversion.pdf](http://www.bebuffered.com/downloads/3Rbook_2nd_edition_webversion.pdf)



## BGR auf dem 5. Weltwasserforum 2009 in Istanbul

Grundwasser ist eine wichtige Ressource. Durch die wachsende Weltbevölkerung und den Klimawandel kommt dem Thema Wasserversorgung in Zukunft eine noch größere Bedeutung zu. Diese Botschaft ging vom 5. Weltwasserforum aus, das im März 2009 in Istanbul stattfand. Das internationale Wasserforum ist die größte Veranstaltung zum Thema „Wasser“ weltweit. Die BGR war dort mit Präsentationen und Vorträgen vertreten.

Unter dem Motto „Bridging Divides for Water“ diskutierten mehr als 25 000 Experten über Maßnahmen für ein besseres und nachhaltiges Wassermanagement.

Weltweit müssen knapp 900 Mio. Menschen ohne sauberes Trinkwasser auskommen. Etwa 2,6 Mrd. Menschen – mehr als ein Drittel der Menschheit – haben keinen Zugang zu einer angemessenen Sanitärversorgung. Zu den zentralen Zielen des vom Weltwasserrat (World Water Council) organisierten Forums gehörten deshalb Überlegungen, wie die Bedeutung des Themas Wasser nachdrücklicher auf die politische Agenda gehoben werden kann und wie konkrete Lösungsvorschläge zum künftigen Umgang mit der Ressource Wasser im Interesse einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung aussehen könnten. Erstmals gehörten auch Grundwasserressourcen in grenzüberschreitenden Aquiferen zur Themenagenda. Für diese hatte die Vollversammlung der Vereinten Nationen bereits Ende 2008 völkerrechtlich verbindliche Regeln empfohlen.

„In der Gesamtsicht hat das Weltwasserforum das Ziel erreicht, vermehrt Aufmerksamkeit auf die zentrale Bedeutung der Wasserfrage zu lenken. Grundwasser ist – richtig bewirtschaftet und vorausschauend geschützt – eine strategische Ressource. Der Wasserbedarf einer ständig wachsenden Weltbevölkerung kann nur gedeckt werden, wenn zusätzliche Grundwasservorkommen erschlossen und vor Raubbau und Verschmutzung geschützt werden“, so Dr. Wilhelm Struckmeier, Leiter des BGR-Fachbereichs „Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden“.

Allerdings wurde auf dem Weltwasserforum auch deutlich, dass die Staatengemeinschaft nach wie vor um gemeinsame Lösungen für eine global nachhaltige Wasserwirtschaft ringt. Auf dem Weltwasserforum sprachen sich deutsche Vertreter, neben anderen Staaten, vergeblich für die Anerkennung eines Menschenrechts auf Wasser sowie ein bindendes grenzüberschreitendes Gewässermanagement aus.

## Web-Map-Service informiert über Hintergrundwerte im Grundwasser

Eines der Hauptziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) ist die Sicherstellung einer guten Grundwasser-Qualität. Die BGR hat dazu nun gemeinsam mit den Geologischen Diensten der Länder einen Web-Map-Service (WMS) entwickelt, der Behörden, Wirtschaft und Wissenschaft erstmals alle wichtigen Informationen über Hintergrundwerte zu anorganischen Haupt-, Neben- und Spurenstoffen im Grundwasser im Internet zur Verfügung stellt.

„Der große Vorteil des WMS ist der freie Zugang zu statistischen Daten – von jedem Arbeitsplatz aus, zu jeder Zeit. Jeder Fachmann, aber auch der interessierte Laie ist in der Lage, sich die nötigen Informationen zur Grundwasserqualität in Deutschland zu beschaffen und sich die entsprechenden Karten auszudrucken“, erklärt Dr. Thomas Himmelsbach, Leiter des BGR-Fachbereichs „Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik“.

Zur Ansicht im Internet wird ein WMS-fähiges Programm (z. B. Google Earth oder ESRI ArcGIS Explorer) bzw. eine Internet-Kartenanwendung benötigt. Der Zugang zum WMS erfolgt über eine Internetadresse (URL des Web Map Service ohne/mit Parameter), die im WMS-fähigen Programm eingegeben werden muss.

Der neue digitale Kartenservice basiert auf den Anforderungen der (EU-WRRL). Um die Qualität beurteilen zu können, müssen Hintergrundwerte der chemischen Inhaltsstoffe des Grundwassers ermittelt und ggf. Schwellenwerte für gelöste chemische Grundwasserbestandteile bestimmt werden.

Gemeinsam erstellten die Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands eine bundesweite grundwasserleiterbezogene Karte von anorganischen Haupt-, Neben- und Spurenstoffen im Grundwasser. Die Grundlage dafür bildete die Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland im Maßstab 1:200 000 (HÜK200).

Für eine statistische Auswertung sind hydrochemische Parameter aus Grundwasserproben von rund 1 100 hydrogeologischen Einheiten der Hydrogeologischen Übersichtskarte zu so genannten Hydrogeochemischen Einheiten (HGC) zusammengefasst worden. Dabei erfolgte die Bearbeitung getrennt nach den zehn hydrogeologischen Großräumen Deutschlands.

In einem weiteren Schritt wurden aus den Datenbanken der an der Auswertung beteiligten 16 Bundesländer über 48 000 hydrochemische Analysen von Grundwasserproben der letzten 20 Jahre zusammengetragen und den HGC zugeordnet.



**Web-Map-Service (WMS): [www.bgr.de/Service/grundwasser/huek200/hgc\\_p90/](http://www.bgr.de/Service/grundwasser/huek200/hgc_p90/)**

# Ausblick

**E**in großer Teil der weltweiten Süßwasser-Reserven ist an Kluft- und Karstgrundwasserleiter gebunden. Sie können sehr große Mengen an Wasser enthalten. Gegenüber anthropogenen Einflüsse sind diese Grundwasserleiter sehr anfällig: Schädliche Einträge, z. B. aus defekten Abwasserleitungen oder wegen fehlender Aufbereitung von Abwässern bzw. Entsorgung von Abfallstoffen, können innerhalb kurzer Zeit solche Vorkommen derart verschmutzen, dass sie auf lange Zeit nicht mehr genutzt werden können. Der Schutzfunktion der Deckschichten über einem Wasserleiter, speziell im Karst, kommt daher eine große Bedeutung zu und stellt eine wichtige Querverbindung zum Themenfeld Ressource Boden her.

Ein Brunnen aus einem Karstgrundwasserleiter liefert in der Regel eine wesentlich höhere Förderleistung als ein Brunnen in einem sandigen Grundwasserleiter. Das kann zu Beginn einer Grundwassererschließung leicht zu der Annahme führen, dass ein nahezu unerschöpfliches Grundwasservorkommen angetroffen wurde. Da der Füllgrad eines Karstgrundwasserleiters zu Zeiten allgemeiner Trockenheit viel geringer sein kann, ist gerade hier ein auf den Einzelfall angepasstes Konzept für Nutzung und Schutz der Ressource erforderlich.

Die Grundwassernutzung für die Beregnung von Ackerflächen zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion wird in den kommenden Dekaden weltweit stark wachsen. Die BGR entwickelt Verfahren und Projekte zur gesteuerten Anreicherung der Grundwasservorkommen durch gezielte Versickerung von Niederschlagswasser, das sonst über Oberflächengewässer ungenutzt abfließen würde. Dafür stellt sie Basisinformationen, Methoden und Entscheidungswerkzeuge bereit, die – angepasst an die jeweilige Region – universell einsetzbar sind. So kann sichergestellt werden, dass Strategien zur nachhaltigen Wasser- und Bodennutzung entwickelt werden können.



# *Boden*





# Einführung

**B**öden sind unser Lebensraum und unsere Ernährungsgrundlage. Zunehmend gibt es konkurrierende Nutzungsansprüche an diese endliche Ressource. Ganz aktuell und mit steigender Intensität wird in der EU die Konkurrenz für den Anbau von Energiepflanzen diskutiert.

Daneben hat der Flächenverbrauch für Siedlungen und Infrastruktur große Bedeutung wie auch Bodenerosion durch Wasser und Wind, Bodendegradation und Bodenverschlechterung durch Humusverluste aufgrund unangepasster Nutzungsarten. Dabei werden zunehmend Flächen für die Nahrungsmittelproduktion einer stetig wachsenden Weltbevölkerung benötigt.

Auch für den Wasserkreislauf haben die Böden eine wichtige Funktion. Sie schützen die in tieferen Schichten liegenden Grundwasserleiter, indem sie das Niederschlagswasser filtern und das Grundwasser vor schädlichen Einträgen aus natürlichen oder anthropogenen Quellen schützen.

Die Erkundung und Bewertung natürlicher und anthropogen überprägter Böden und die Wechselbeziehungen zwischen Ursachen und Wirkung von Degradationsprozessen werden von den Bodenkundlern der BGR untersucht und beschrieben. Diese Erkenntnisse werden, auch im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels, regional, auf Bundes- und EU-Ebene sowie in Projekten der Technischen Zusammenarbeit mit dem Ziel der nachhaltigen Nutzung und des Bodenschutzes bereitgestellt.

## Nationale Bodenübersichtskarte setzt neue Maßstäbe

Die BGR erarbeitet gemeinsam mit den geologischen Diensten der Bundesländer seit vielen Jahren die Bodenübersichtskarte 1:200 000 (BÜK 200). Dieses hochauflösende, nationale Kartenwerk dient dazu, die im Zeitalter von Fernerkundung und digitaler Datenverarbeitung stark gestiegenen Anforderungen an aktuelle Bodeninformationen seitens Politik, Wirtschaft und Forschung zu erfüllen.

Die Grundlage der BÜK 200 bilden über viele Jahrzehnte erfasste regionale Bodeninformationen der Bundesländer. „Hinsichtlich ihrer räumlichen Auflösung und inhaltlichen Genauigkeit können diese Daten von Bundesland zu Bundesland große Unterschiede aufweisen“, erklärt Dietmar Krug, Projektleiter BÜK 200. „Die BGR hat die Aufgabe, diese Daten für die BÜK 200 zu vereinheitlichen und Nutzern bundesweit standardisiert zur Verfügung zu stellen“.

Die Unterschiede in der Datengrundlage für die BÜK 200 ergeben sich aus verschiedenen regionalen Kartierverfahren und unterschiedlichen Ansprüchen und Zielen, die mit Länderkartenwerken erreicht werden sollen. Historische Kartierergebnisse liegen oftmals nicht digital, sondern lediglich gedruckt vor, teilweise sind Gebiete noch gar nicht kartiert worden.

Mit neuen Vorhersagetechniken und der effektiven Nutzung bereits vorhandener Informationen möchte die BGR die Qualität dieser Fachdaten weiter verbessern und noch verbliebene „weiße Flecken“ in der „bodenkundlichen Landschaft“ füllen. „Moderne geografische Informationssysteme helfen, Daten aus bereits kartierten Gebieten zu nutzen. So können Vorhersagen für Gebiete mit fehlenden Kartierdaten, aber ähnlichen Standortbedingungen, getroffen werden“, so Ulrich Stegger, Leiter des Projekts „Fachinformationssystem Boden“.

Auf der Basis digitaler Höhenmodelle können heute komplexe Reliefparameter durch die digitale Reliefanalyse automatisch abgeleitet werden, die in Kombination mit geologischen und bodenkundlichen Informationen Vorhersagen über die Verbreitung von Böden im Zielmaßstab 1:200 000 ermöglichen. Damit können sowohl Basisdaten besser beurteilt als auch fehlende ergänzt werden.

Entscheidend für den Einsatz neuer digitaler Kartiertechniken ist die von der BGR in Auftrag gegebene Geomorphographische Karte von Deutschland 1:1 000 000 (GMK 1 000), die für die Vereinheitlichung und Abgrenzung von Bodeneinheiten der BÜK 200 – insbesondere in den Mittelgebirgen – eine entscheidende Datengrundlage darstellt. Der GMK 1 000 liegt der Ansatz zugrunde, Reliefeinheiten für die Bodenkartierung deutschlandweit einheitlich aus verschiedenen digitalen Geländemodellen abzuleiten.

Der Ansatz der GMK 1 000 wurde kürzlich im Rahmen des Projektes „Soil Inference and Mapping“ (SIAM) an einem Testblatt im Maßstab 1:200 000 in enger Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen (Krefeld) erweitert. Dabei konnten bodenkundliche Kartiereinheiten auf der Grundlage eines digitalen Höhenmodells und unter Einbeziehung geologischer Informationen und statistischer Verfahren abgeleitet werden. Auf diese Weise lassen sich die vom Kartierer vorskizzierten Bodeneinheiten einheitlicher und nachvollziehbarer abgrenzen und beschreiben.

Basierend auf diesem Verfahren und unter Einbeziehung der Regionalkenntnisse erfahrener Kartierer konnte ein Bodenlandschaftsmodell entwickelt werden, das innerhalb einer Bodengroßlandschaft auch für diejenigen Bereiche gültig ist, die noch nicht kartiert worden sind. „Damit können wir die Bodenverbreitung aus gut kartierten Gebieten auf Gebiete mit veralteten oder fehlenden Kartierungen übertragen“, so Jan Willer, Geologe und wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt SIAM.

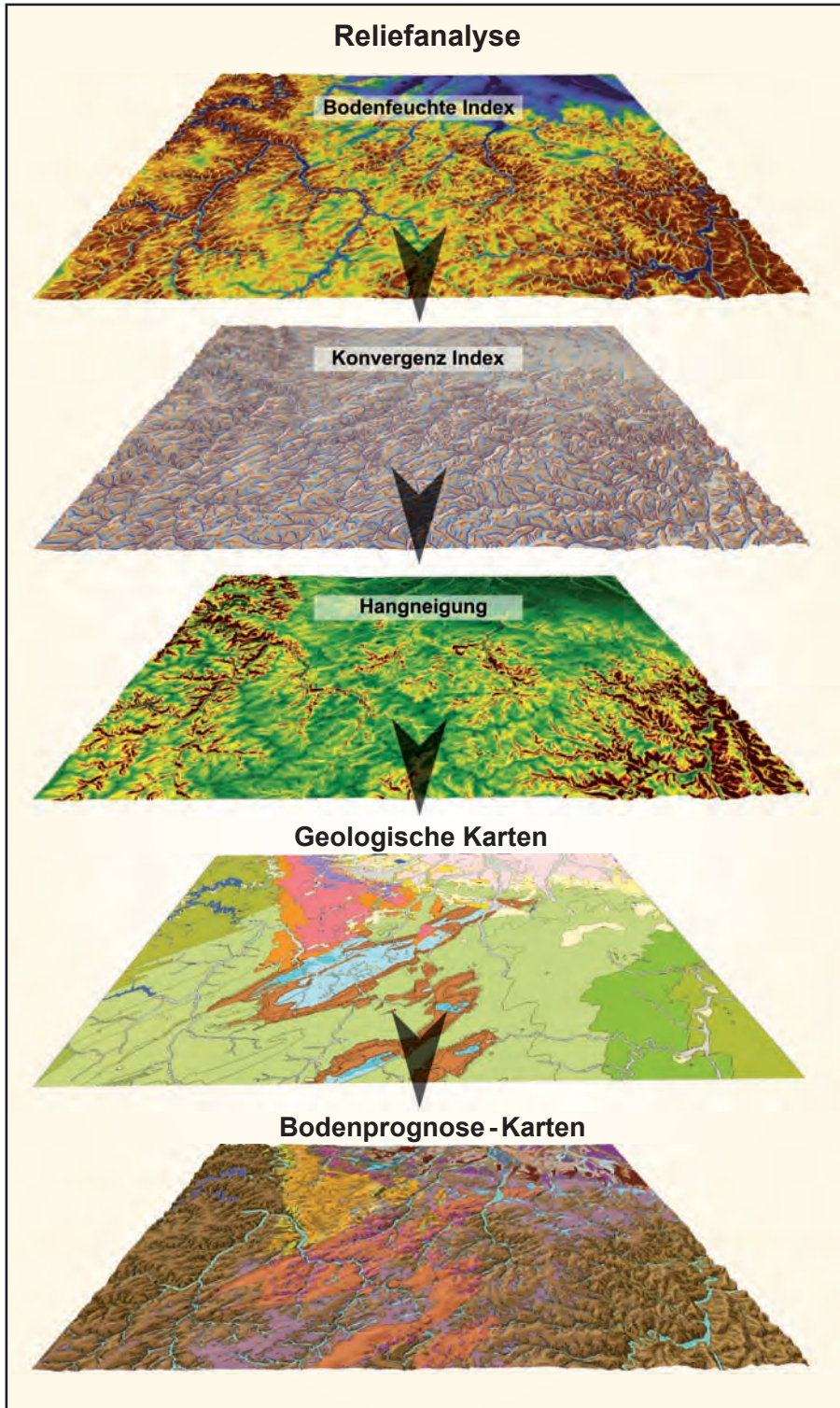
Die methodischen Arbeiten aus dem Projekt SIAM werden in Zusammenarbeit mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und weiteren Projektpartnern am Blatt Chemnitz im Maßstab 1:250 000 im Rahmen des EU-Projekts „eSOTER“ (Regional pilot platform as EU contribution to a Global Soil Observing System) erweitert. Dabei kommen radiometrische Daten sowie in anderen Pilotgebieten (aride Klimazonen mit größtenteils fehlender Vegetation) auch Satellitendaten zum Einsatz. Damit sollen Bodeneigenschaften (Textur, Gestein, Humusgehalt, Ausgangsgestein indirekt über Vegetationsindizes) kartiert werden. Die BGR konzentriert sich hier insbesondere auf die verbesserte Kartierung des Ausgangsgesteins, deren Abgrenzungen in Bodenkarten oftmals von denen in geologischen Karten abweichen – bedingt durch Verwitterungs- und Umlagerungsbildungen.

Die Ergebnisse fließen in das GEOSS-Projekt (Global Soil Data) ein. Bei diesem Projekt wird an einem globalen „Bodeninformationssystem“ gearbeitet, bei dem interoperable Bodendaten unterschiedlicher Herkunft als Web-Dienste bereitgestellt werden. Eine große Bedeutung kommt dabei Rasterkarten mit Bodeneigenschaften in 90 Meter Auflösung zu, die auf der Basis des weltweit verfügbaren SRTM-Höhenmodells (Shuttle Radar Topography Mission) sowie in die Landschaft extrapolierter punktueller Messungen und Schätzungen entwickelt werden (z. B. Kohlenstoff-Gehalt, pH-Wert).

„Diese neuen methodischen Ausrichtungen bilden den Grundstock für ein zukünftig verstärktes Engagement der BGR-Bodenkunde in Projektgebieten mit akutem bodenkundlichen Datenmangel“, betont Rainer Baritz, Leiter des Arbeitsbereichs „Fachinformationssysteme, Harmonisierung und Qualitätssiche-

rung von Flächendaten“. „Aus der Verbindung konventioneller Kartierung und digitaler Methoden können Lücken in der bodenkundlichen Datenbasis für anwendungsorientierte Modellierungen besser quantifiziert werden, z. B. bei der Modellierung von Klimafolgen auf die Landnutzung“, so Baritz.

Das Kartenwerk „Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 200 000 (BÜK 200)“ kann über den Geoshop Hannover bezogen werden: [www.geoshop-hannover.de](http://www.geoshop-hannover.de)



Im Boden-Landschaftsmodell werden verschiedene Informationsebenen für die Erstellung einer Boden-Konzeptkarte genutzt:

Erster Block: Drei aus dem digitalen Geländemodell abgeleitete Reliefparameter.

Zweiter Block: Geologische Karten verschiedener Maßstäbe.

Dritter Block: Ergebnis - Konzeptkarte für die BÜK 200.



## Anorganische Spurenstoffe können das Grundwasser belasten

Schadstoffe können in sauren Böden leicht ins Grundwasser gelangen. Die Folge: Aufgrund des hohen Anteils saurer sandiger Böden überschreiten die Hintergrundkonzentrationen anorganischer Spurenstoffe in Norddeutschland häufig die Geringfügigkeitschwellenwerte für das Grundwasser. Die Konzentrationen organischer Schadstoffe sind dagegen sehr gering. Das ist das Ergebnis einer Studie der BGR im Auftrag des Umweltbundesamtes.

„Ziel der BGR-Studie war es, auf Grundlage der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung mit Hilfe eines einheitlichen Datensatzes eine bessere Überprüfung der Bodenbelastung und ihrer Folgen für das Grundwasser zu ermöglichen“, erklärt BGR-Bodenexperte Dr. Wilhelmus Duijnsveld. Dafür wurde an verschiedenen Standorten die Hintergrundkonzentration anorganischer Spurenstoffe, z. B. Cadmium, Kobalt, Nickel, Vanadium und Zink im Sickerwasser gemessen.

Die Proben entstammen den drei Bodenausgangsgesteinsgruppen Sand, Geschiebemergel bzw. -lehme und Löss. Innerhalb dieser Gruppen wurde noch einmal nach der Art der Nutzung unterschieden, ob sich die Böden unter Acker, Forst oder Grünland befinden. An einigen Standorten wurden außerdem Messungen der Hintergrundkonzentrationen von organischen Schadstoffen, z. B. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und polychlorierte Biphenyle, durchgeführt.

Die Probenahme des Sickerwassers aus dem Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone kurz vor Eintritt in das Grundwasser erfolgte mit einer Saugsonde. Um eine Charakterisierung der Bodenhorizonte vornehmen zu können, wurden verschiedene Bodenproben mittels Rammkernsondierung entnommen sowie Bodenproben aus dem Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone untersucht.

Um mögliche Unsicherheiten aufgrund der einmaligen Probenahme einschätzen zu können, untersuchten die BGR-Bodenexperten räumliche und zeitliche Variabilitäten der gemessenen Konzentrationen. Eine zeitliche Variabilität der Messwerte an den beprobten Standorten ist u. a. auf die Einflüsse von Witterung, Fruchtfolge und Düngemiteleinsetz zurückzuführen. Die räumliche Variabilität der Spurenelementkonzentration ist eher vom jeweils betrachteten Element abhängig und wird weniger vom Standort geprägt.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die Frage, wie „mobil“ die Schadstoffe sind. Eine wichtige Rolle in Bezug auf diese Frage spielen der pH-Wert und der Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff. „Wie zu erwarten sind die pH-Werte der Sandböden am niedrigsten, während die der Geschiebemergel bzw. -lehme und der Löss höher liegen. In Bezug auf die Nutzung der Flächen weisen die Standorte unter Forst auf Sandböden die niedrigsten pH-Werte auf“, so BGR-Bodenexperte Duijnsveld. „Diese Versauerung führt zur Mobilisierung



Vorbereitung des Bohrloches zur Entnahme von Bodensickerwasser.

Entnahme von Bodenproben aus der ungesättigten Bodenzone bis zum Grundwasser.



der Schadstoffe und kann damit eine höhere Belastung des Grundwassers zur Folge haben.“

Für das Grundwasser sind Geringfügigkeitsschwellenwerte abgeleitet worden, die human- und ökotoxikologisch begründet sind und eine gute Grundwasserqualität definieren.

Die Hintergrundkonzentrationen von Schadstoffen im Sickerwasser wurden deshalb mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser verglichen. „Die Spurenelementkonzentrationen der Geschiebelehne bzw. -mergel und Löss liegen deutlich unter diesen Schwellenwerten. Wenn es also zu einer Überschreitung der Werte bei diesen Böden kommen sollte, dann ist dies voraussichtlich die Folge von erhöhten Schadstoffeinträgen“, so Duijnsveld.

Bei Sandböden hingegen, die Schadstoffe ohnehin schwächer binden, liegen mehrere der gemessenen Spurenelementkonzentrationen bereits oberhalb der Geringfügigkeitsschwellenwerte. Insbesondere bei den Elementen Cadmium, Kobalt, Nickel, Vanadium und Zink liegen 10 bis 50 Prozent der Werte über den Geringfügigkeitsschwellenwerten des Grundwassers. Besonders deutlich zeigte sich dies bei den Sickerwasserproben versauerter Sandböden in der Nähe von Industriezentren. Bei diesen konnten sehr hohe Spurenelementkonzentrationen aufgrund der erhöhten Mobilisierung von Schadstoffen durch niedrige pH-Werte im Boden festgestellt werden.

„Die Konzentrationen der untersuchten organischen Schadstoffe in beprobten Sandböden liegen dagegen unterhalb der stoffspezifischen Nachweisgrenze“, betont Duijnsveld.



Bereit zum Einbau: die Spitzen der Sickerwassersaugsonden.



Aufbereitung der Bodensickerwasserproben im Gelände.



## Kurzkartieranleitung erleichtert Bodenkundlern die Arbeit

Bodenschutz kann jetzt noch wirkungsvoller betrieben werden. Eine neue Kurzkartieranleitung für Bodenkundler erleichtert die Arbeit der zuständigen Experten. Die BGR hat das Handbuch mit dem Titel „Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz“ gemeinsam mit der Ad-hoc-Arbeitsgruppe (Ad-hoc-AG) Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und Fachleuten aus dem Bodenschutz herausgegeben.

Das Handbuch basiert auf dem Standardwerk zur Bodenkartierung (Bodenkundliche Kartieranleitung, KA 5). Die KA 5 sorgt dafür, dass Bodenkundler in Deutschland Bodenverhältnisse in gleicher Weise beschreiben und darstellen können. Kriterien sind z. B. die mineralische Zusammensetzung, der Humusgehalt oder Grund- und Stauwasserstufen. Auch werden Böden nach ihren Eigenschaften, Funktionen und erkennbaren Bodenschäden bewertet. Schließlich liefert die Kartieranleitung Behörden und Fachleuten verbindliche Grundlagen zur Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen des Bodenschutzrechts.

„Für viele Fragestellungen ist die KA 5 bei der täglichen Arbeit aber zu aufwendig. Die neue Kurzkartieranleitung wird die Arbeit unserer Kollegen wesentlich erleichtern“, so Dr. Wolf Eckelmann, BGR-Fachbereichsleiter und Vorsitzender der Ad-hoc-AG Boden.

In der neuen Arbeitshilfe sind alle für die Fragestellungen des Bodenschutzes notwendigen Kenngrößen aufgenommen. Dabei werden die gleichen Beschreibungen, Abkürzungen und Symbole wie in der KA 5 verwandt.

„Böden gehören zu unseren Lebensgrundlagen. Erosion, Kontaminationen und insbesondere Versiegelung bedrohen aber weiter diese wichtige Ressource. Deshalb brauchen wir fundierte Planungsgrundlagen zum Schutz der Böden. Kartieranleitung und Arbeitshilfe bieten den Bodenschützern jetzt das nötige Handwerkszeug“, betont Eckelmann.



**Die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5) und die Kurzkartieranleitung ‚Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz‘ sind erhältlich unter: [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)**

## Bodendaten für die Klimaforschung

In der 2008 verabschiedeten „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) der Bundesregierung ist der Boden eins von vierzehn Handlungsfeldern. Der Klimawandel beeinflusst sowohl Eigenschaften und Funktionen von Böden als auch die Entwicklung von Böden. Der „Aktionsplan Anpassung“ der Bundesregierung stellt einen Schritt zur Konkretisierung der DAS dar. Aus bodenschutzfachlicher Sicht erfordern die Arbeiten am „Aktionsplan Anpassung“ für das Schutzgut Boden die genaue Kenntnis der stofflichen Eigenschaften der Böden, belastbare Daten über die zeitliche Entwicklung des Bodenzustands und der Bodenfunktionen. Unverzichtbare Datengrundlagen liefern dabei die Instrumente des Bodenmonitorings und die Erfassung des Bodenzustandes. Unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels ermöglichen diese Daten Aussagen zu den langfristigen Prozessen im Boden.

Die BGR beteiligte sich vor diesem Hintergrund am 29. und 30. September 2009 am Workshop „Bodendaten in der Klimawandel- und Anpassungsforschung“ des Umweltbundesamtes. Bei der Veranstaltung hat die BGR Information und Daten ihrer Bodenforschung in Workshops sowie im Rahmen der Sonderschau „Markplatz für Bodendaten“ präsentiert. „Dem Ökosystem Boden kommt in der Klimadebatte eine immer größere Bedeutung zu“, erklärt BGR-Bodenexperte Dr. Olaf Düwel. „Zwischen Boden und Klima bestehen enge Wechselbeziehungen. Änderungen bei Temperaturen und Niederschlägen wirken sich auf zentrale Prozesse in den Böden und auf deren Funktionen aus. Das wiederum beeinflusst auf der einen Seite klimarelevante Bodenprozesse und verändert auf der anderen Seite die Nutzung der Böden. Als bodenwissenschaftliches Informationszentrum verfügt die BGR über die notwendigen Daten, um die Klimafolgen besser abschätzen und entsprechende Anpassungsmaßnahmen vornehmen zu können.“

In dem vom Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsprojekt „Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung“ (BOKLIM) wurden unter Beteiligung der BGR insbesondere die Forderungen einer stärkeren Nutzung, besseren Vernetzung und bedarfsgerechten Anpassung vorhandener Monitoring- und Erhebungssysteme sowie die Verbesserung des Zugangs, der Qualität und der Verfügbarkeit der Bodendaten thematisiert. „Jede Prognose der Veränderung von wichtigen Bodenfunktionen setzt eine sorgfältige Analyse der vorhandenen Bodendaten voraus. Hierzu müssen Monitoring- und Inventurprogramme stärker vernetzt und übergreifend ausgewertet werden“, erläutert der BGR-Bodenexperte Dr. Jens Utermann.

„Langfristiges Ziel des Projektes BOKLIM ist es, ein Bodendatenportal zu schaffen, um Datenhalter und interessierte Nutzer von Bodendaten zu vernetzen, den Zugang zu Bodendaten zu vereinfachen und die Datenqualität zu verbessern“, ergänzt BGR-Bodenexperte Dr. Rainer Baritz.

Im Detail verfolgt das Projekt BOKLIM die folgenden Ziele: einen verstärkten Einsatz von Bodendaten in der Klimafolgen- und Anpassungsforschung, eine Vernetzung der Instrumente zur Bodenzustandserhebung und zum Bodenmonitoring, eine Verbesserung des Datenzugangs und der Datenverfügbarkeit sowie eine fachliche Unterstützung bei der Fortschreibung der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) und dem „Aktionsplan Anpassung“ der Bundesregierung. „Das BOKLIM-Projekt liefert hierfür unter Beteiligung der BGR die fachlichen Grundlagen und ein technisches Konzept“, betont Baritz.

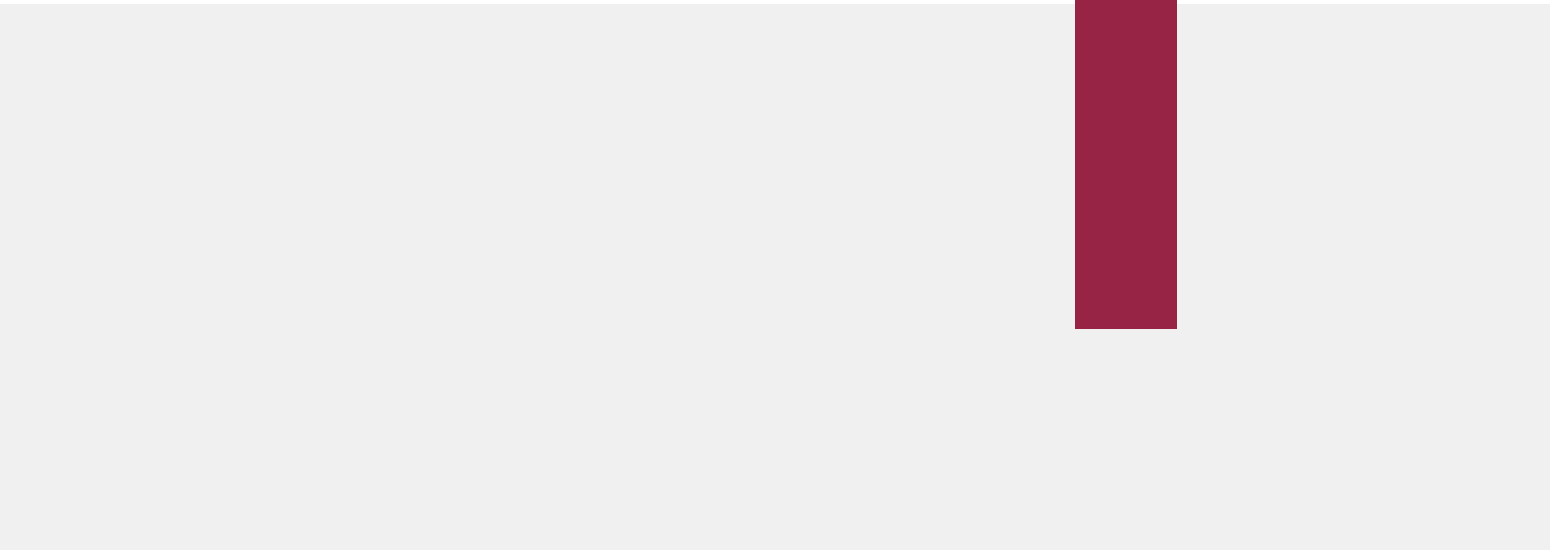
# Ausblick

**D**er Boden stellt eine Ressource dar, die nicht vermehrbar ist, sondern durch natürliche und anthropogene Einflüsse tendenziell sogar abnimmt. Umso wichtiger ist es, die typischen Stoffgehalte, Eigenschaften und Prozesse unserer Böden zu untersuchen und zu verstehen.

Insbesondere in Verbindung mit dem Wasserkreislauf und unter Berücksichtigung des Klimawandels und damit verbundener Extremereignisse stellen die von der BGR erhobenen Grundlagendaten und deren Bewertungen wichtige Entscheidungsinstrumente für die Bodennutzung, den Bodenschutz und in der Entwicklungszusammenarbeit dar.

In der Klimadebatte kommt dem Boden eine stetig wachsende Bedeutung zu. Änderungen der Temperatur und des Niederschlags verändern zentrale Prozesse im Boden und damit auch die Nutzung der Böden. Eine wichtige Frage ist zum Beispiel, ob Kohlenstoff im Boden langfristig festgelegt werden kann oder ob im Gegenteil durch Humusabbau mit einer Kohlenstofffreisetzung zu rechnen ist.

Unsere Verantwortung besteht darin, dafür Sorge zu tragen, dass auch in Zukunft gesunder Boden in ausreichendem Maße zur Verfügung steht. Nachhaltige Bodennutzung und ausreichender Bodenschutz setzen gezielt an der Verbesserung des Wissens über die Verbreitung und die Eigenschaften der Böden an. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Auswertung der gesammelten Bodeninformationen im Rahmen von Fachinformationssystemen mit dem Ziel einer nachhaltigen Bodennutzung.





# *Endlagerung radioaktiver Abfälle*





# Einführung

**R**adioaktive Stoffe leisten bei der Energiegewinnung, in der Medizin, in der Messtechnik und bei anderen industriellen Anwendungen wertvolle Dienste. Es entstehen jedoch dabei auch radioaktive Abfälle, die Mensch und Umwelt durch ihre Strahlung gefährden können. Um den Mensch und die Umwelt davor zu schützen, müssen die Abfälle langfristig und sicher von der Biosphäre isoliert werden. Dabei ist sich die Wissenschaft einig, dass nur die Endlagerung in geologischen Formationen diesen langfristig sicheren Schutz gewährleisten kann.

Verantwortlich für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland ist der Bund. Die BGR als nachgeordnete Bundesoberbehörde im Dienstbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bearbeitet im Rahmen

der grundlagenorientierten Forschung in den Endlagerprojekten geowissenschaftliche und geotechnische Fragestellungen. Insbesondere werden Untersuchungen zur Standortauswahl, zur geologischen Standorterkundung, zur Charakterisierung des Endlagerwirtsgesteins und zur Analyse von zukünftigen Szenarien für die Langzeitsicherheit durchgeführt.



Subglazialer Schmelzwasserabfluss ‚Sólheimajökull‘. Gletscherarm der Mýrdalsjökull Group auf Island.

## Bedeutung eiszeitlicher Rinnensysteme für Endlagerstandorte in Norddeutschland

**M**it der Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen wird ein Weg gewählt, bei dem die langfristige Sicherheit des Endlagers auf der Stabilität der geologischen Barriere beruht, ohne dass dazu eine Nachsorge durch menschliches Handeln erforderlich ist. In einer Langzeitsicherheitsanalyse wird festgestellt, ob von dem Endlager während der nächsten 1 Million Jahre radiologische Auswirkungen auf die Biosphäre ausgehen. Das Wissen um die Entwicklungen auf der Erde in der Vergangenheit befähigt Geowissenschaftler, auch zukünftige geologische Prozesse zu prognostizieren. In der ‚Langzeitsicherheitsanalyse‘ untersuchen die BGR-Wissenschaftler die unterschiedlichen Prozesse und leiten daraus ab, welche an einem Endlagerstandort zukünftig ablaufen können und in welchen Abhängigkeiten sie zueinander stehen. So beurteilen sie u. a. Prozesse, die ihre Ursache im zukünftigen Klimageschehen haben.

Teil einer Langzeitsicherheitsanalyse für mögliche Endlagerstandorte mit hoch radioaktiven, Wärme entwickelnden Abfällen (HAW) ist die Einschätzung der Deckgebirgsentwicklung über den Wirtsgesteinshorizonten, die in Norddeutschland aus Salz- oder Tongestein bestehen können. Sie enthält eine Bewertung geologischer und klimatisch bedingter Prozesse, die über den Isolationszeitraum von einer Million Jahre als Verur-

sacher für eine grundlegende Umgestaltung der Deckgebirgseigenschaften in Frage kommen und Aussagen zu den Prozessauswirkungen auf das Isolationspotential der Wirtsgesteine ermöglichen.

Entscheidenden Einfluss auf die Struktur der Deckgebirge von Wirtsgesteinen haben die an der Basis von Inlandeisgletschern abfließenden Schmelzwasserströme, die eine enorme Erosionswirkung entfalten und sich tief in den Untergrund einschneiden können. Die dadurch gebildeten Rinnensysteme erreichten in Norddeutschland während der vergangenen Elster-Eiszeit vor ca. 400 000 Jahren durchschnittliche Tiefen von ca. 200 – 300 Metern und maximale Tiefen um etwa 500 Metern (z. B. Hagenower Rinne: 584 Meter).

Vor diesem Hintergrund entwickelte die BGR aus der klimatischen Vergangenheit eine Perspektive für die klimatische Zukunft der nächsten eine Million Jahre und schätzte darauf aufbauend die Möglichkeit einer erneuten Bildung von tiefen subglazialen Rinnensystemen in Norddeutschland im Rahmen zukünftiger Eiszeiten ab.

Für die Zukunft der nächsten Jahrmillion werden zehn weitere Eiszeiten für möglich gehalten, von denen mindestens eine das Potenzial der früheren Elster-Eiszeit erreichen könnte, was

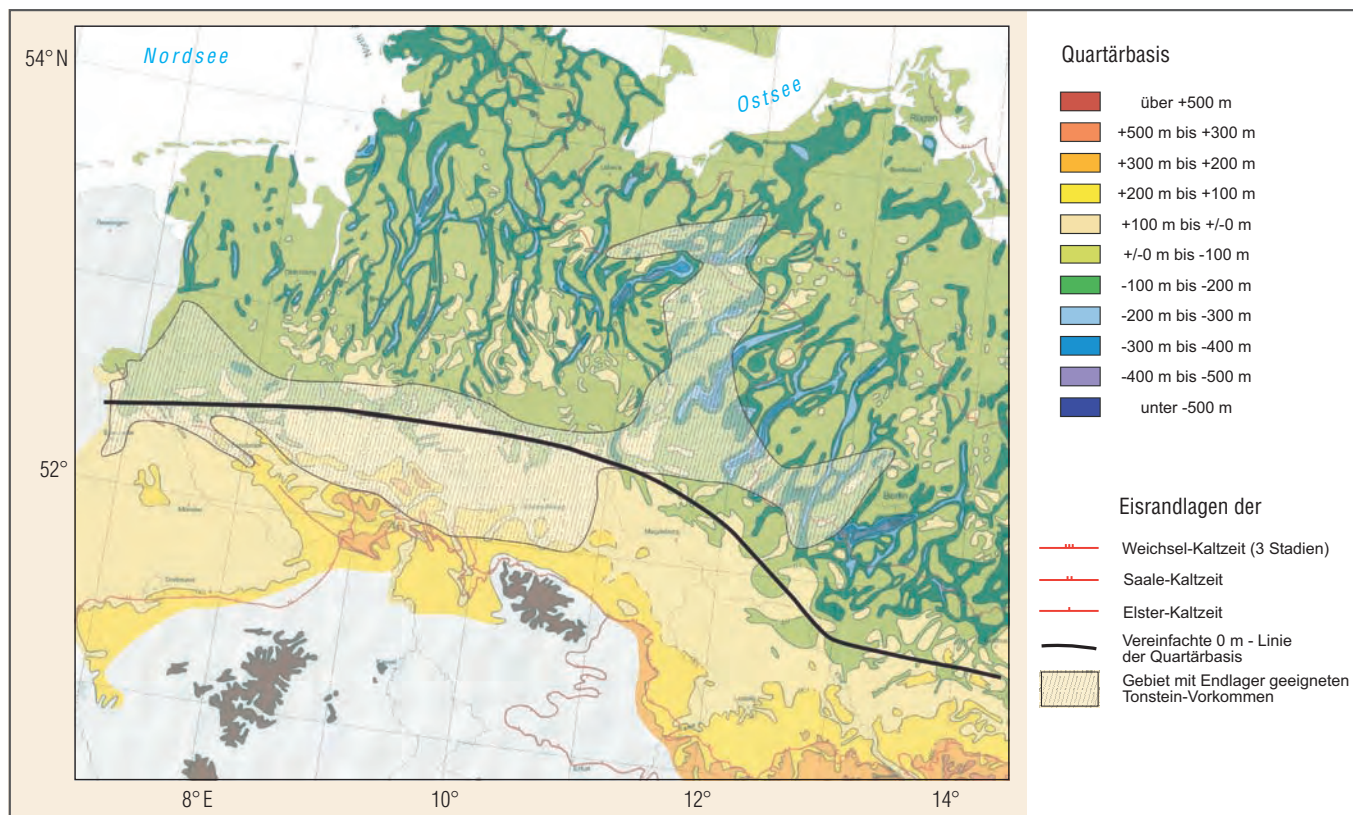
z. B. zu der Rinnenbildung im Deckgebirge über dem Salzstock Gorleben führte. Da die Lage zukünftiger subglazialer Rinnenbildungen nicht vorhergesagt werden kann, sind die Deckgebirgsverhältnisse über dem Salzstock Gorleben auch als Zukunftsoption für alternative Standorte im Salz- oder Tongestein in Norddeutschland anzusehen. Das bedeutet für die Zukunft, dass ein Deckgebirge über einem Endlagerwirtsgestein in Norddeutschland einem stetigen, durch künftige Eiszeiten hervorgerufenen Wandel unterliegt. Die heutige Zusammensetzung der oberflächennahen Gesteine und ihre strukturelle Situation ändern sich grundlegend, insbesondere wenn ein potenzieller Endlagerstandort durch das Inlandeis überfahren wird.

Wegen der in Salzstöcken akkumulierten großen Mächtigkeiten von Steinsalz ist eine Abfalleinlagerung in Tiefenbereichen von 800 bis 1000 Metern vorgesehen, die zukünftige negative Einwirkungen auf ein Endlager durch Rinnenbildungen ausschließen. Die Auswirkungen zukünftiger Rinnenbildungen werden zudem durch die Härte des Salzgesteins begrenzt, da diese ein wichtiger Parameter für die Ausbildung der subglazialen Rinnen ist.

Untersuchungswürdige Endlagerstätten in Tongestein-formationen wurden bereits ab einer Tiefe von mehr als 300 Metern ausgewiesen, wobei insbesondere die Tiefe zwischen

300 und 400 Metern aus gesteinsphysikalischen, technischen und ökonomischen Gründen von größerem Interesse ist. Die Barrierefunktion dieser in relativ geringer Tiefe gelegenen weichen Tongesteinsformationen wäre durch subglaziale Rinnenbildungen mit maximalen Erosionsleistungen um eine Tiefe von ca. 500 Metern unmittelbar und insbesondere bei fehlenden harten, kalkigen und gering durchlässigen Oberkreidegesteinen gefährdet.

Aus der Bewertung der Deckgebirgsentwicklung von potenziellen Endlagerstandorten wird eine Gegenüberstellung zwischen den möglichen Wirtsgesteinen Ton bzw. Steinsalz in Norddeutschland möglich. Daraus ergibt sich zwischen den möglichen Wirtsgesteinen Ton bzw. Steinsalz in Norddeutschland, dass für die Endlagerung hoch radioaktiver und wärmeentwickelnder Abfälle Tongesteine weniger geeignet sind als Salzgesteine in durch Gewinnungsbergbau oder anderen Aktivitäten unbeeinflussten Salzstöcken. Dies gilt besonders für Standorte in Norddeutschland, die untersuchungswürdige Tongesteinsformationen in einer Tiefe ab 300 bis etwa 500 Metern aufweisen.



Verbreitung elsterzeitlicher Rinnensysteme, dargestellt durch die Tiefenlage der Quartärbasis (STAKEBRANDT et al. 2001) und Tongesteinsvorkommen (vereinfacht aus HOTH et al 2007).



## Ton als Wirtsgestein zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

**N**eben Salz untersucht die BGR auch Ton als potenzielles Wirtsgestein für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Zu diesem Zweck beteiligt sie sich an internationalen Forschungsprojekten in Untertagelabors. Tonige Gesteinsformationen werden in zahlreichen Ländern für die Endlagerung radioaktiver Abfälle als Wirtsgestein und/oder Barrieregesteine in Betracht gezogen und untersucht. Ihre oft geringe bis sehr geringe Permeabilität, ihre teilweise typische Plastizität sowie ihre chemische Pufferwirkung und ihre Rückhaltekapazität für Schadstoffe und Radionuklide kennzeichnen im Wesentlichen die günstigen Barriereigenschaften von Tongesteinen.

Zur Charakterisierung der standortspezifischen Tongesteinsformation im Hinblick auf ihre Eignung als Wirtsgestein werden daher umfangreiche Untersuchungen vor Ort (In-situ-Untersuchungen) durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen ist die Bestimmung ihrer thermischen, hydraulischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften und ihrer Wechselwirkungen. In internationalen Forschungsprojekten wendet die BGR ihr Wissen und ihre Erfahrungen auf dem Gebiet der geotechnischen und geophysikalischen In-situ-Untersuchungen an, welche sie bei langjährigen Forschungsarbeiten im Steinsalz erworben hat, und erweitert so ihr Know-how auf das Wirtsgestein Ton. Sie stellt dadurch wesentliche Grundlagen zur vergleichenden Bewertung potenzieller Wirtsgesteine zur Verfügung, ermöglicht die Anwendung neu- bzw. weiterentwickelter Methoden im internationalen Vergleich und liefert wichtige Beiträge zur Standortsuche der Projektpartner. Gleichzeitig partizipiert die BGR an den Erkenntnissen und Entwicklungen auf internationalem Niveau und deren möglicher Übertragung auf Anwendungen in Deutschland.

Seit Ende der 1990er Jahre führt die BGR geotechnische In-situ-Untersuchungen im Felslabor Mont Terri Rock Laboratory in der Schweiz durch. Dabei werden sowohl die mechanischen als auch die hydraulischen Eigenschaften des Opalinustons ermittelt sowie die Spannungszustände im Gebirge bestimmt.

### Gebirgsspannungen

Die Auswertung zahlreicher Ergebnisse hat gezeigt, dass die Eigenschaften der Gesteinsschichten, die an den Opalinuston grenzen, und die dort vorherrschenden Gebirgsspannungen nicht vernachlässigt werden dürfen. Vor diesem Hintergrund hat die BGR dort Untersuchungen zum Spannungszustand durchgeführt. Die Versuchsergebnisse zeigen eine deutliche Abhängigkeit der Spannungsgrößen von der Richtung (Spannungsanisotropie) im untersuchten Bereich, die auf die Lagerungsverhältnisse der Sedimentschichten zurückzuführen ist. Die ermittelten Spannungswerte lassen einen Anteil rezenter Restspannungen aus der Gebirgsbildung bzw. aus der im Bereich des Felslabors vorherrschenden Tektonik erkennen. Sowohl Größe als auch Richtung der ermittelten Gebirgsspannungen zeigen sehr gute Übereinstimmungen mit den Ver-

suchsergebnissen anderer internationaler Institutionen, die in das Projekt eingebunden waren. Diese Ergebnisse werden als Eingangsgrößen für großräumige numerische Berechnungen verwendet, so dass eine exaktere Interpretation anderer Versuchsergebnisse und eine Prognose zum Langzeitverhalten des Opalinustons als Wirtsgestein möglich sind.

### Verformungsverhalten von Opalinuston

Neben felsmechanischen Laborversuchen am Bohrkernmaterial sind In-situ-Untersuchungen unerlässlich, da sie auch die Einflüsse z. B. von Trennflächen, Lagerung von Schichten, von Grubenräumen und von lokalen Anomalien erfassen und damit eine Bestimmung der Gebirgseigenschaften ermöglichen. Für die Untersuchungen zum mechanischen Verhalten des Opalinustons wurden mehrere Bohrungen in unterschiedlichen Richtungen relativ zur Schichtung des Opalinustons vorgenommen und anschließend die zeitlichen Durchmesseränderungen durch Folgemessungen erfasst.

Ein signifikanter Einfluss der anisotropen Gebirgsspannungen auf das Verformungsverhalten des Gebirges konnte aus den Messergebnissen abgeleitet werden. In Verbindung mit kirsch kernartigen Verformungen traten charakteristische Ausbrüche an der Bohrlochkontur auf, die ebenfalls eindeutige Hinweise auf die Orientierung der richtungsabhängigen Gebirgsspannungen lieferten. Durchaus überraschend war die Beobachtung von lokal unterschiedlichen Feuchtigkeitszutritten in diesen Bohrungen, die teilweise zu einer Beeinflussung der Bohrungskonturen oder sogar zu einem Kollaps ganzer Bohrungen führte.

Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass im Opalinuston lokal mit Konzentrationen von Formationswässern unterschiedlicher Volumina zu rechnen ist, die zum Teil erheblichen Einfluss auf das mechanische Verhalten des Wirtsgesteins haben. Dieser



Spannungsmessungen im Felslabor in Mont Terri.



Befund belegt die Notwendigkeit von In-situ-Untersuchungen zur hydraulischen Charakterisierung des Tongesteins.

## Geophysikalische Untersuchungen

Bei der Auffahrung sowie bei der Unterhaltung untertägiger Hohlräume führen mechanische, hydraulische, thermische und chemische Prozesse zu Änderungen der Gesteinseigenschaften. Geophysikalische Parameter reagieren auf derartige Änderungen. Mit Hilfe von Ultraschall-, seismischen und bohrloch-geoelektrischen In-situ-Untersuchungen können zahlreiche Parameter bestimmt werden, die geeignet sind, das Gestein im Umfeld untertägiger Grubenräume zu charakterisieren und Änderungen zu detektieren.

Die BGR entwickelt dafür zahlreiche Ultraschall- und seismische In-situ-Messverfahren, die in Bohrlöchern oder von der Tunnelwand aus eingesetzt werden. Mit Hilfe der gewonnenen Parameter kann das Gestein sehr hochauflösend charakterisiert werden. Zusätzlich wird eine von der BGR entwickelte Bohrloch-Geoelektriksonde eingesetzt, um speziell die Bohrlochwandbereiche zu charakterisieren. Darüber hinaus werden Bohrloch-Videoaufnahmen sowie Fotos der Bohrlochwand erstellt. Im schweizerischen Felslabor Mont Terri (Opalinuston) und im französischen Untertagelabor Meuse/Haute-Marne (Callovo Oxfordian) liefert die BGR durch die Anwendung geophysikalischer In-situ-Methoden wesentliche Beiträge zu folgenden Fragestellungen: Bestimmung dynamisch elastischer In-situ-Gesteinsparameter, Störungen in der Bohrlochwandzone, Grad und Ausmaß von Auflockerungszonen, seismische Anisotropie, Detektion lokaler Spannungsorientierungen, Detektion von Rissen und Störungen, Charakterisierung kleinräumiger Gesteins-heterogenitäten und seismische Langzeitbeobachtungen.

## Auflockerungszonen

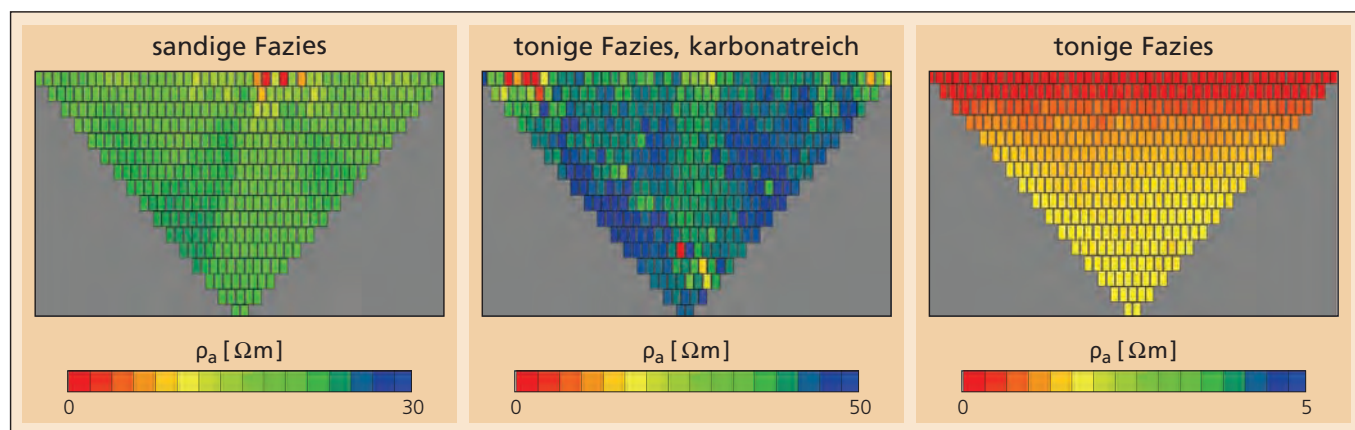
Auflockerungszonen um untertägige Hohlräume entstehen zwangsläufig bei der Auffahrung. Da sie potenzielle Wegsamkeiten für Schadstofftransporte bilden und die Standsicherheit

von Grubenbauen beeinflussen können, ist deren Erforschung ein wichtiger Bestandteil der Enlagerforschung. Der Grad und die Ausdehnung sind von zahlreichen Parametern abhängig, u. a. von der Art der Auffahrung, der Geometrie und den lokalen Spannungsverhältnissen.

Im Jahr 2010 wurden in einem horizontalen Großlabor im französischen Untertagelabor Meuse/Haute-Marne seismische Messungen durchgeführt um die Auflockerungszone um den Tunnel und die aufgelockerte Zone entlang der Großbohrung seismisch zu charakterisieren. Mit einer modifizierten 10-Kanal Bohrlochsonde, die normalerweise in Bohrungen mit Durchmesser bis ca. 130 Millimeter eingesetzt wird, konnte das Großbohrloch mit einem Durchmesser von 740 Millimetern bis zu einer Teufe von acht Metern vermessen werden. Erste Ergebnisse zeigen eine einige Meter ins Gebirge reichende seismisch charakterisierte Auflockerungszone (Einfluss des Tunnels) und eine mit zunehmender Bohrlochteufe abnehmende gestörte Bohrlochwandzone.

## Geoelektrische Bohrlochmessungen

Im schweizerischen Felslabor Mont Terri wurden im Herbst 2010 in einem Bereich, in dem durch Bohrungen drei verschiedene Fazien des Opalinustons (tonige, sandige und karbonatreiche Fazien) durchteuft wurden, geophysikalische Messungen zur Charakterisierung der Kurzzeitentwicklung von Bohrlochwänden durchgeführt. Es wurden Ultraschall- und geoelektrische Bohrlochmessungen eingesetzt. Anhand der spezifischen elektrischen Widerstände konnte eine deutliche Differenzierung zwischen den verschiedenen Fazien festgestellt werden. Darüber hinaus erlauben die nur 1,5 Zentimeter messenden Abstände der 50 Elektroden eine hochauflösende radiale Differenzierung. Ziel dieser Untersuchungen ist es, eventuell auftretende Feuchtigkeitszutritte zu detektieren und die zeitliche Entwicklung zu erfassen.



Scheinbare elektrische Widerstände der drei Fazien des Opalinustons.

## BGR-Wissenschaftler Enste berät bei Schweizer Endlagersuche

BGR-Wissenschaftler Gerhard Enste ist im Januar 2009 in die „Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager“ (ESchT) berufen worden. Das neunköpfige Gremium unter Leitung von Dr. Wilhelm Hund vom Bundesamt für Strahlenschutz begleitet im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die deutsche Seite das Auswahlverfahren bei der Suche nach einem Endlagerstandort für radioaktive Abfälle in der Schweiz.

Grundlage für die Zusammenarbeit ist der Sachplan „Geologische Tiefenlager in der Schweiz“, der unter Einbeziehung der Nachbarstaaten erarbeitet worden war. Darin hatte die Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) im Herbst 2008 Vorschläge für geologische Standortgebiete aufgrund sicherheitstechnischer und geologischer Kriterien eingereicht.

Einige der vorgeschlagenen Standortgebiete liegen in unmittelbarer Grenznähe zu Deutschland, da der in der Nordschweiz vorkommende Opalinuston als Wirtsgestein als besonders geeignet eingeschätzt wird. Eine wichtige Aufgabe der deutschen Expertengruppe ist deshalb auch die Beratung der betroffenen Gebietskörperschaften sowie interessierter Verbände auf deutscher Seite, denen die Begleitkommission Schweiz (BeKo-Schweiz) eine Plattform bietet. „Ziel der Expertengruppe ist es letztlich, über die BeKo-Schweiz die betroffene Bevölkerung in den grenznahen Regionen fachlich unabhängig zu beraten“, so Enste.

Diplom-Geologe Enste ist seit 2009 Leiter des BGR-Fachbereichs „Geologisch-geotechnische Erkundung“. Die Arbeiten des Fachbereichs umfassen die Themen Geologie der Barrieren und Wirtsgesteine, felsmechanisch-felshydraulische In-situ-Untersuchungen sowie die geophysikalische Nahfelderkundung.



*BGR-Wissenschaftler  
Gerhard Enste.*

## Neue verbesserte geologische 3D-Modelle der BGR

Seit Mitte der 1990er Jahre bilden geologische 3D-Modelle u. a. die Grundlage für die Erkundung und Bewertung von Lagerstätten sowie für die Planung von Bergwerken und Kavernen. BGR-Wissenschaftler haben in den letzten Jahren mit Partnern aus der Wirtschaft ein neues Software-Paket entwickelt, das die Erarbeitung und zielgerichtete Nutzung von noch detaillierteren 3D-Modellen in der geologischen Erkundungspraxis und in der numerischen Modellierung ermöglicht.

Zentrales Instrument zur Erarbeitung der 3D-Modelle und zur modellgestützten Auswertung der Erkundungsergebnisse ist das Programmpaket ‚openGEO/GEOravis‘. Dieses speziell für sehr kompliziert aufgebaute Strukturen entwickelte und auf die oftmals sehr unterschiedlichen Ausgangsdaten in geologischen Projekten zugeschnittene Computerprogramm basiert auf Vorgänger-Programmen, die inzwischen seit 10 Jahren in der BGR im Einsatz sind.

„Die ‚openGEO‘-Software bietet im Gegensatz zu anderen Programmen umfassendere Möglichkeiten, geologische 3D-Modelle komplizierter geologischer Strukturen mit sehr hoher Detailtreue georeferenziert darzustellen. Das spart nicht nur Zeit und Geld, sondern lässt auch ein stärker zielgerichtetes, besser auf die konkreten geologischen Bedingungen abgestimmtes Vorgehen bei der Lagerstätten erkundung zu“, erklärt BGR-Wissenschaftler Dr. Jörg Hammer.

Nur in ‚openGEO‘ verfügbare Programmfunktionen ermöglichen eine eindeutige Modellierung von Strukturen, die zu einer Ortskoordinate mehrere Höhen-Koordinaten aufweisen, z. B. Salzdiapire mit sehr engständiger Fließfaltung, engräumig überkippten und stark variierenden Gesteinsmächtigkeiten und Lagerungsbedingungen. „Herkömmliche Programme können solche Verhältnisse entweder gar nicht oder nur mit extremem Aufwand darstellen“, so Hammer.

Die von den BGR-Salzgeologen erarbeiteten 3D-Modelle dienen als Grundlage u. a. für die Planung von Bergwerken oder für geomechanische Berechnungen, z. B. für den Nachweis der Barrierenintegrität von Wirtsgesteinen und der Standsicherheit von untertägigen Hohlräumen. Sie bilden außerdem die Basis für Transportmodellierungen, die wichtig für Langzeitsicherheitsnachweise sind. Die mit Hilfe von ‚openGEO/GEOravis‘ erstellten 3D-Modelle bieten darüber hinaus die Möglichkeit, direkt im 3D-Modell die Ergebnisse komplexer Datenbankabfragen (z. B. zur geochemischen und mineralogischen Zusammensetzung von Gesteinen) in Verbindung mit der gefundenen oder prognostizierten Geologie zu visualisieren bzw. zu interpretieren. Die durch ‚GEOravis‘ gewährleistete Datenbankkoppelung erlaubt eine direkte interaktive Nutzung der 3D-Modelle als Wissensspeicher.

Die unter Einsatz von ‚openGEO‘ in den letzten Jahren vorgenommene integrale Auswertung von Bohrungs- und Kartierungsergebnissen sowie unterschiedlichsten geophysikalischen Daten (z. B. Seismik-Daten oder Bohrloch- und Hubschrauber-geophysikalische Messergebnisse) hat die Erarbeitung zahlreicher geologischer Standortmodelle (z. B. Gorleben, Morsleben, Etzel oder Staßfurt) ermöglicht. Neben der geologischen Erkundung und Bewertung von Endlagerstandorten dienen diese geologischen Modelle auch zur exakten Platzierung von Erdgas-/Erdöl-Speicherkavernen und zur Planung von Solprozessen in Salzstrukturen mit komplizierten Lagerungsverhältnissen.

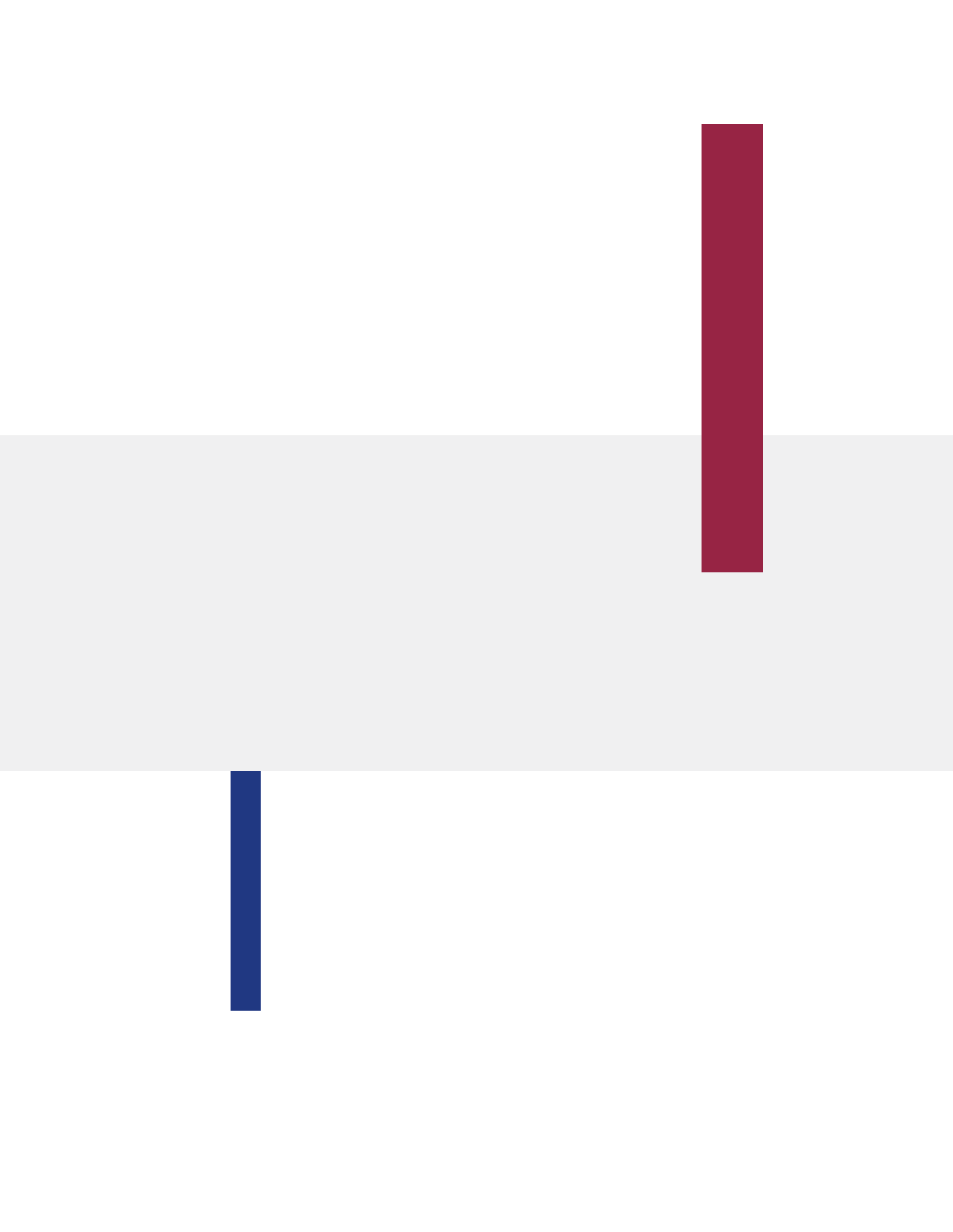
Die geologischen Verhältnisse in Deutschland bieten die Voraussetzungen für eine langzeitsichere Isolation der radioaktiven Abfälle in einem Endlager in tiefen geologischen Formationen. Die Endlagerung soll dabei wartungsfrei, zeitlich unbefristet und ohne beabsichtigte Rückholung erfolgen.

BGR-Wissenschaftler entwickeln den Stand von Wissenschaft und Technik, der bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle berücksichtigt werden muss, durch eigene Forschungsarbeiten aktiv mit. Dies wird häufig im Rahmen von weitreichenden

Kooperationen mit internationalen Partnern und im Verbund mit anderen Forschungseinrichtungen durchgeführt. Sowohl Methoden- und Geräteentwicklungen als auch Know-how-Übertragung stehen dabei im Vordergrund.

Durch geowissenschaftliche Standortuntersuchungen und anwendungsbezogene Forschungsarbeiten trägt die BGR wesentlich zu einer langfristig sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle bei.





# *CO<sub>2</sub>-Speicherung*



# Einführung

**K**ohlendioxid steht im Mittelpunkt der Debatte über den vom Menschen gemachten Klimawandel. Handlungsoptionen zur Verringerung der Emission dieses kleinen Moleküls in die Atmosphäre sind eine bessere Energieeffizienz, eine Verminderung des Energieverbrauchs, ein möglichst schneller Umstieg auf erneuerbare Energien – aber auch die Entwicklung und Anwendung der CCS-Technologie.

Zur Anwendung dieser letztgenannten Option müssen einerseits die Abscheidungs- und Transporttechnologien marktreif gemacht und kostenoptimiert werden, andererseits gilt es, ausreichende und langfristig sichere Speicher zu identifizieren und bereit zu stellen.

Fachleute der BGR beteiligen sich an dieser Aufgabe, indem sie – in der Regel gemeinsam mit Partnern – notwendige Grundlagen zur Beurteilung der geologischen Speichermöglichkeiten in Deutschland erarbeiten und für Politik, Wirtschaft und

Bevölkerung bereit stellen. Unterhalb dieser Ebene ist die BGR in verschiedenen Forschungsvorhaben aktiv um Detailfragen der dauerhaft sicheren CO<sub>2</sub>-Speicherung zu beantworten. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt COORAL beschäftigt sich beispielsweise mit der geologisch-geotechnischen Frage nach der CO<sub>2</sub>- und Begleitstoff-Verträglichkeit von Speicher- und Barrieregesteinen unter Bedingungen des tiefen Untergrundes.

## CO<sub>2</sub>-Speicherpotenziale im tieferen Untergrund

**B**GR-Wissenschaftler untersuchen potenzielle Speicher- und Barrieregesteine in Deutschland und aktualisieren in Abständen die Berechnungen zu möglichen Speicherkapazitäten. In Deutschland kommen nur erschöpfte Erdgasfelder sowie Sole führende Gesteinsschichten, so genannte saline Aquifere, als potenzielle CO<sub>2</sub>-Speicher in Betracht. Während die Speicherkapazitäten in den Erdgasfeldern seit langem aufgrund der bekannten Förderdaten und verbleibenden Reserven nahezu konstant auf 2,75 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> eingeschätzt werden, haben Detailbetrachtungen von Regionen wiederholt zu einer stufenweisen Verbesserung des Kenntnisstandes über die Speichermöglichkeiten in salinaren Aquifere geführt.

Eine wichtige Voraussetzung für die Einführung der dauerhaften Speicherung von CO<sub>2</sub> ist die Verfügbarkeit ausreichender Speicherkapazitäten im tieferen Untergrund. Zur Frage der CO<sub>2</sub>-Speicherung in salinaren Aquifere (in Tiefen größer als 800 Meter) hat die BGR in den vergangenen zehn Jahren zahlreiche Studien durchgeführt. Auf Basis von Regionaluntersuchungen in Nordost- und Südwestdeutschland hatte die BGR im Jahre 2005 die mögliche volumetrische Speicherkapazität für den Festlandsbereich von Deutschland auf 12 bis 28 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> beziffert.

Seither hat sie weitere Studien durchgeführt. Mit den neuen Untersuchungen wurden etwa 75 Prozent der Flächen der drei großen deutschen Sedimentbecken Norddeutsches Becken, Oberrheingraben und Molassebecken (Alpenvorland-Becken) erfasst (Abb., S. 91).

Auch der deutsche Nordseesektor (ohne den so genannten Entenschnabel) ist in die Betrachtung mit einbezogen worden. Innerhalb der Untersuchungsgebiete sind auf Basis von existierenden Kartenwerken (z. B. Geotektonischer Atlas von Nordwestdeutschland) potenzielle Speicherstrukturen hinsichtlich ihrer möglichen Speicherkapazität bewertet worden. Dazu wurden, soweit bekannt und verfügbar, auch standortbezogene Speichereigenschaften berücksichtigt.

Auf Grundlage der neuen Untersuchungen hat die BGR die möglichen CO<sub>2</sub>-Speicherkapazitäten jetzt einheitlich mit Hilfe von so genannten Monte-Carlo-Simulationen neu berechnet. Diese Methode ermöglicht eine standortspezifische Berücksichtigung von Variationen einzelner Parameter und damit eine verbesserte Abschätzung möglicher Speicherkapazitäten. Auf Grundlage dieser aktuellen Untersuchungen konnten in 2010 die möglichen Speicherkapazitäten der tiefen salinaren Aquifer-Strukturen in Deutschland neu berechnet werden. Danach haben die in den untersuchten Gebieten (Norddeutsches Becken, Oberrheingraben und Molassebecken) bewerteten Speicher ein Gesamtspeicherpotenzial von 6,3 bis 12,8 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>.

Neben den rein volumetrischen Speichereigenschaften spielen aber noch weitere geologische Faktoren eine wichtige Rolle,

um die nutzbare Speicherkapazität zu ermitteln. Dazu gehören beispielsweise die regionale Verbreitung, Mächtigkeit und hydraulische Leitfähigkeit der Speichergesteine, die strukturelle Situation und insbesondere entsprechende Kenntnisse über die Barrieregesteine. Einen wichtigen Schritt in diese Richtung geht die BGR, gemeinsam mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer, in dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und Industrieunternehmen geförderten Projekt „Informationssystem Speichergesteine für den Standort Deutschland – eine Grundlage zur klimafreundlichen geotechnischen und energetischen Nutzung des tieferen Untergrundes (Speicher-Kataster Deutschland)“.

Das Projektziel ist eine erste systematische und bundesweit einheitliche Erfassung und Bewertung von Informationen über mögliche Speicherräume des tieferen Untergrundes in Deutschland. Die Projektpartner erarbeiten dazu seit 2008 Karten und Informationen zu speichergeologischen Eigenschaften von Speicher- und Barrieregesteinen. Wichtiges Ziel ist hierbei eine qualifizierte Beratung von Politik, Öffentlichkeit und Wirtschaft. Die Ergebnisse sollen nach Projektabschluss im Jahr 2011 in Berichtsform, als Publikation und auch in Form einer GIS-Anwendung zur Verfügung stehen.

Die Verbreitung möglicher Speicher- und Barrieregesteine ist in Deutschland an tiefe Sedimentbecken, z. B. das Norddeutsche Becken, gebunden. Potenzielle Speicher- und Barrieregesteine treten dabei in unterschiedlichen Stockwerken des tieferen Untergrundes auf.

Die Erstellung der Potenzialkarten mit einer Abgrenzung untersuchungswürdiger Gebiete erfolgt daher in diesem Projekt für stratigraphisch definierte Einheiten, sogenannte Speicher- und Barrierekomplexe, vom stratigraphisch ältesten bzw. tiefsten Speicherkomplex Permokarbon bis zum stratigraphisch jüngsten bzw. höchsten Barrierekomplex Kreide. Für eine Kategorisierung der Speicher- und Barriereigenschaften – und damit für die Ausweisung untersuchungswürdiger Gebiete – wurden international anerkannte Kriterien zur Tiefenlage der Speicher- und Barrierekomplexe sowie zur Mächtigkeit der Speicher- und Barrieregesteine angewendet.

Untersuchungswürdige Speicherkomplexe, z. B. für die Nutzungsoption der dauerhaften geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub>, müssen zunächst eine Mindestdiefe von 800 Metern am Top des Speicherkomplexes und eine Mächtigkeit der aufsummierten Speichergesteine von mindestens 10 Metern aufweisen. Weitere speichergeologische Eigenschaften, z. B. Porositäten und Permeabilitäten, werden, sofern verfügbar, berücksichtigt.

Darüber hinaus liegen bei den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer häufig weitere Informationen, u. a. über speichergeologisch relevante Veränderungen des Porenraumes der Speichergesteine, vor, die ebenfalls Berücksichtigung finden.



Das Projekt Speicher-Kataster Deutschland ist der erste Schritt zur Kompilation der notwendigen Datenbasis und eine erste auf Basis geologischer Kriterien vorgenommene Eingrenzung der untersuchungswürdigen Gebiete. Eine Vielzahl von Daten und Informationen, wie analog vorliegende Bohrlochmessungen, müssen künftig im Rahmen einer weiterführenden und sehr viel umfangreicheren Potenzialanalyse zu den salinaren Aquiferen kompiliert und bewertet werden.

Neben einer Vielzahl von geologischen Faktoren, die die Eignung der Speicher- und Barrieregesteine beeinflussen, spielen zudem wirtschaftliche Aspekte, mögliche Nutzungskonkurrenzen und insbesondere die öffentliche Akzeptanz eine wichtige Rolle. Daher kann letztlich erst im Zuge einer standortbezogenen Detailerkundung und -bewertung die Eignung eines Standortes festgestellt werden.

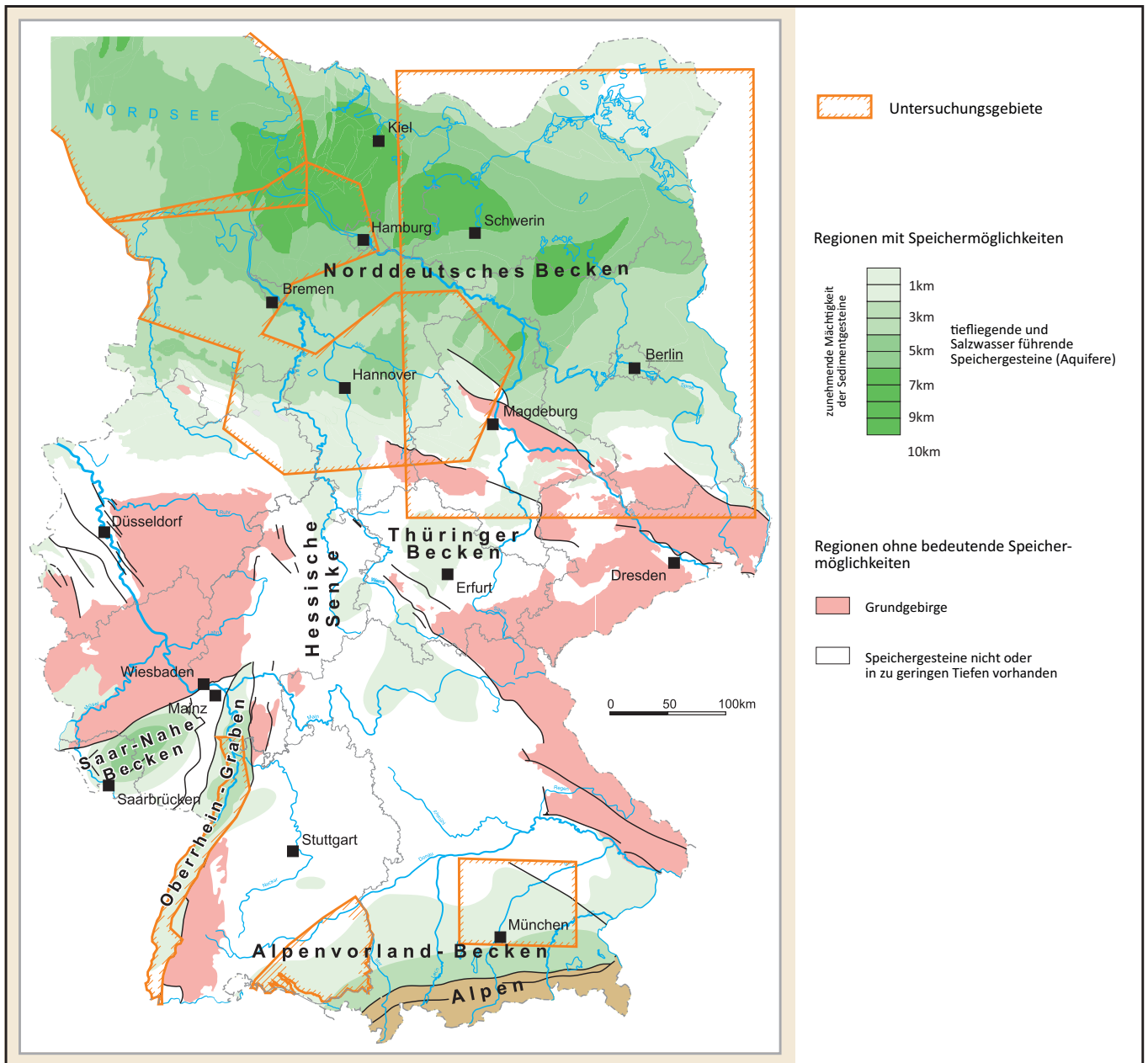


Abb.: Grüne Gebiete kennzeichnen ausreichend tiefe Sedimentbecken, die sich grundsätzlich für eine dauerhafte geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> eignen. Für die orange umrandeten Gebiete liegen Regionalstudien der BGR vor.

## COORAL: Sicherheit ohne Abstriche vom Kraftwerk bis zum Speicher

**D**as in Kraftwerken abgeschiedene CO<sub>2</sub> enthält – je nach Prozessführung und Abscheidetechnik – unterschiedlich hohe Konzentrationen an Schwefeloxiden (SO<sub>x</sub>), Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>), Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), Kohlenmonoxid (CO), Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Staub, Lösemitteln etc. Diese Begleitstoffe können Anlagenteile, Stahlleitungen oder Zemente zum Bohrlochverschluss korrodieren und sie beeinflussen die Phaseneigenschaften des CO<sub>2</sub> und damit sein Transport- und Injektionsverhalten. Zudem sind die Auswirkungen dieser Begleitstoffe auf das Verhalten des Fluidgemisches im Untergrund und seine geochemischen Reaktionen bisher kaum erforscht.

Daher wird im Rahmen des Projektes COORAL (CO<sub>2</sub>-Reinheit für die Abscheidung und Lagerung) der Frage nachgegangen, welches die optimalen Anteile von CO<sub>2</sub> und seinen Begleitstoffen in den Prozessgasen verschiedener Kraftwerkstypen sind, damit die Langzeitsicherheit eines CO<sub>2</sub>-Speichers gewährleistet ist, die Korrosion an den eingesetzten Materialien vermieden wird und die Kosten dieser Technologie volkswirtschaftlich verträglich bleiben. Das Projekt wird seit April 2009 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für 3,5 Jahre gefördert.

Im Projekt COORAL arbeiten Forscher der BGR, der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), der Universitäten Hamburg-Harburg und Halle sowie der DBI-Gas- und Umwelttechnik GmbH aus Leipzig zusammen. Die BGR koordiniert das Projekt und untersucht mögliche geochemische Wechselwirkungen in CO<sub>2</sub>-Speichern.

Um Aussagen über geochemische Reaktionen zwischen CO<sub>2</sub>-reichem Fluid, Formationswasser und Speichergesteinen unter In-situ-Bedingungen treffen zu können, werden an der BGR experimentell Daten zur Reaktionskinetik und zur thermodynamischen Stabilität verschiedener Minerale ermittelt. Hierfür werden u. a. Mineralseparate, die „typisch“ für verschiedene Speicher- und Barrieregesteine sind, mit künstlichem Formationswasser und verschiedenen binären Fluidgemischen (CO<sub>2</sub> und Begleitstoff) in inerten Reaktionsapparaturen gehalten, in denen die Druck- und Temperaturbedingungen des tiefen Untergrundes simuliert werden. Die Zusammensetzungen der Feststoffe und der Fluide werden vor und nach dem Versuch analysiert und verglichen.

Begleitend zur Versuchsplanung werden Simulationsberechnungen durchgeführt. Die experimentell ermittelten Daten werden wiederum dazu verwendet, die Simulationsergebnisse zu überprüfen und die Datengrundlage für geochemische Simulationsberechnungen zu verbessern. So sollen auch die Vorhersagemöglichkeiten zu langsam ablaufenden geochemischen Reaktionen verbessert werden.



Natürliche Gesteinsalteration durch Kohlendioxid.

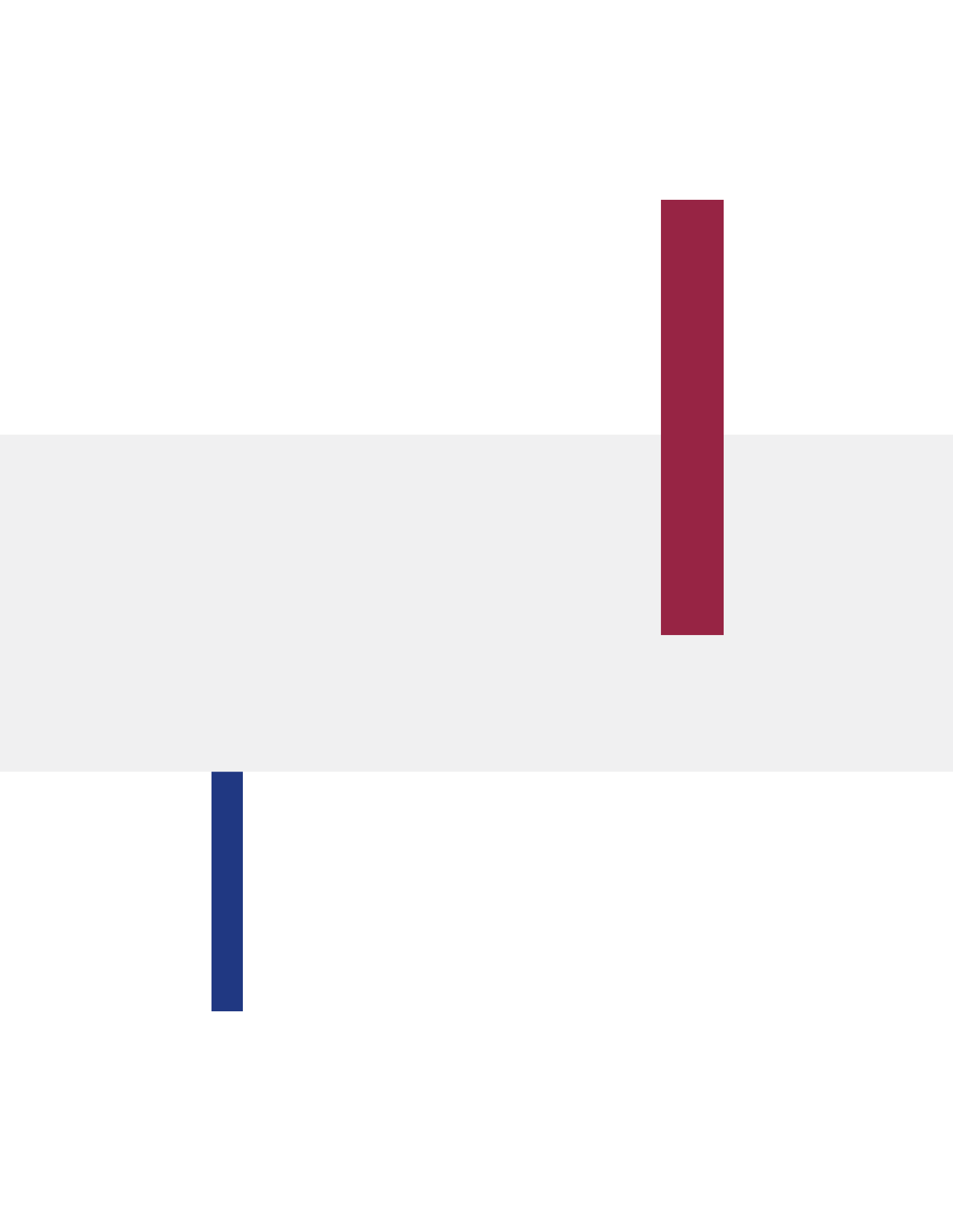


Reaktionsgefäß für geochemische Experimente.

**G**eologische CO<sub>2</sub>-Speicher benötigen viel Raum und beeinflussen zudem infolge der Injektion großer Mengen die Druckverhältnisse im Untergrund. Angesichts der Endlichkeit des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftstraums gilt es, bei der Nutzung dieses Raumes allen Ansprüchen gerecht zu werden. Konkurrierende Interessen existieren bereits heute, beispielsweise durch den konventionellen Bergbau auf Energierohstoffe und Salz, durch die Speicherung von Erdöl und Erdgas, durch die Verbringung toxischer und radioaktiver Abfälle – und zukünftig auch durch die Gewinnung tiefer Geothermie und möglicherweise die Speicherung von Erneuerbaren Energien.

Um für diese potenziellen Nutzungskonflikte fachlich kompetent Lösungsvorschläge unterbreiten zu können, erarbeitet die BGR beispielsweise – gemeinsam mit dem LIAG – in dem Verbundvorhaben Geothermie-Atlas Grundlagen für eine Prüfung der Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Geothermie. Auch sollen laut Entwurf eines deutschen Gesetzes zur dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid mögliche Nutzungskonflikte im unterirdischen Wirtschafts- und Speicherraum im Kontext einer bundesweiten Bewertung der Speicherpotenziale explizit von der BGR berücksichtigt werden.





# *Geowissenschaftliche Informationen und Grundlagen*

---



# Einführung

Die Verfügbarkeit geowissenschaftlicher Daten und Informationen bilden die Basis für die Arbeiten in allen Bereichen der Geowissenschaften von der Erschließung neuer Wirtschaftsräume durch die Erkundung von Georessourcen bis hin zur Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung geogener Gefahren. Durch neue Methoden und Techniken wird die Erfassung der Daten immer effektiver, umfassender und schneller, womit das Volumen der vorhandenen Daten und Information enorm zunimmt. Damit gewinnen auch der Austausch und die Nutzung von Geodaten unterschiedlicher Herkunft zunehmend an Bedeutung. Diese fließen zur Weiterverarbeitung in fachspezifische Geoinformationssysteme ein, wie z. B. in dem Projekt Geopotenzial Deutsche Nordsee (GPDN). Da die Ausgangsdaten meistens auf die Rahmenbedingungen und Arbeitsprozesse der Datenerzeuger zugeschnitten sind, entsteht bei einer Weiterverarbeitung durch Dritte oft ein erheblicher Aufwand bei der Transformation in eigene Formate.

Diese Hemmnisse bei der Nutzung von Geodaten wurden vor einigen Jahren erkannt und haben zu nationalen und internationalen Programmen zur Interoperabilisierung bzw. Standardi-

sierung/Harmonisierung von Geodaten geführt. Die BGR bringt ihr geowissenschaftliches Fachwissen und ihre Erfahrung in der weiterführenden Datenverarbeitung in Geoinformationssystemen aktiv in die Entwicklung entsprechender Standards in mehreren Projekten, wie z. B. INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) oder GDI-DE (Geodateninfrastruktur Deutschland), ein. Ergänzend schließt die BGR Kooperationsverträge zur gegenseitigen Nutzung von Geodaten, z. B. mit dem Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr. Die Einigung auf Standards und die damit verbesserten Nutzungsmöglichkeiten führen zu Synergien in der Aufbereitung sowie erhöhter Produkt-Qualität und gewährleisten kürzere Reaktionszeiten bei Anfragen aus der Wirtschaft oder Verwaltung.

Ein wichtiger Aspekt ist auch die Einbeziehung außereuropäischer Staaten. So besitzen z. B. die afrikanischen Staaten ein großes Potenzial, das durch die Mitarbeit in internationalen Projekten, wie im GIRAF-Projekt (Geoscience Information in Africa), besser erschlossen werden kann. Durch die Initiierung eines panafrikanischen Netzwerks können gezielter Informationen über Rohstoffe oder Georisiken verwertet werden.

## Geoinformationssystem unterstützt nachhaltige Entwicklung der Nordsee

Die Deutsche Nordsee soll als Wirtschaftsraum systematisch erschlossen werden. Eine wichtige Grundlage dafür bilden Geoinformationen. Wichtige wissenschaftliche Grundlagen hierfür liefert das Gemeinschaftsprojekt „Geopotenzial Deutsche Nordsee“ (GPDN), an dem zurzeit die BGR zusammen mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) arbeitet.

Die Ergebnisse der laufenden geowissenschaftlichen Untersuchungen fließen in das ‚Geoinformationssystem Nordsee‘ ein, dessen Produkte ab dem Jahr 2013 auf einer Internet-Plattform Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Behörden und einer interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung stehen sollen. „Das Projekt macht grundlegende Geoinformationen über die Entstehungsgeschichte und den strukturellen Aufbau des Nordseeraumes zugänglich“, erläutert BGR-Projektkoordinator Dr. Lutz Reinhardt. „Auf diese Weise schaffen wir das nötige Wissen, das für eine nachhaltige Entwicklung des Wirtschaftsraumes Nordsee und den Schutz der Natur unerlässlich ist.“

Die im Projekt gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse bilden eine wichtige Grundlage für den weiteren Ausbau von Offshore-Windenergieparks sowie für die Trassenplanung von Pipelines und Seekabeln. Die Informationen helfen sowohl bei der Erkundung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten oder von Sand- und Kiesvorkommen als auch bei der Potenzialabschätzung für künftige Energiespeicher oder mögliche Speicherkapazitäten im tiefen geologischen Untergrund.

Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sowie das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Partner aus Industrie, Forschung und Fachverwaltungen unterstützen das Vorhaben. Das GPDN-Team arbeitet in sechs miteinander vernetzten Projektmodulen, in denen geologische Daten gesammelt und aufbereitet werden. Dazu gehören auch die Recherche in Archiven sowie die Kooperation mit Firmen, Forschungseinrichtungen und Behörden. Auf diese Weise können alle verfügbaren Daten gebündelt und für den Aufbau des neuen Geoinformationssystems genutzt werden.

Auf bisher vier Schiffsexpeditionen wurde u. a. der Meeresboden der Nordsee seismisch vermessen. Die Ergebnisse der Messungen sowie die entnommenen Sedimentproben helfen den Wissenschaftlern, Datenlücken zu schließen und die Sedimentverteilung am Meeresboden flächendeckend abzubilden. Diese Informationen fließen in dynamische 3D-Modelle für einen digitalen ‚Geotektonischen Atlas‘ ein, der eine noch genauere und umfassendere Darstellung des Untergrundes ermöglicht und ebenfalls Bestandteil des Geoinformationssystems Nordsee sein wird. „Mit Hilfe der 3D-Modelle lassen sich geologische Strukturen im Untergrund besser analysieren. Dies erleichtert künftige Planungen im Offshore-Bereich und hilft

auf diese Weise, die vielfältigen Nutzungsansprüche und Überschneidungen mit den Zielen des Umwelt- und Naturschutzes besser miteinander in Einklang zu bringen“, erklärt BGR-Projektkoordinator Reinhardt.



Einsatz des ‚Vibro-Corers‘ zur Gewinnung von bis zu 6 m langen Kernen aus dem Meeresboden.



Kastgreifer-Probe zur Bestimmung der Sedimentverteilung am Meeresboden.



## „Airborne Laser Scanning“ in der Technischen Zusammenarbeit mit Bangladesh

**W**iederkehrende Überschwemmungen in der Monsunzeit und deren Nachwirkungen wie Hungersnot, Epidemien, Verlust von Wohnungen und Arbeitsplätzen beeinträchtigen das Leben der Menschen in Bangladesh. Auch die Hauptstadt Dhaka ist von Überschwemmungen betroffen. In Dhaka drängen sich rund 12 Millionen Menschen auf einer Fläche von ca. 150 Quadratkilometern. Während ursprünglich nur die etwas höher gelegenen und nicht überflutungsgefährdeten Gebiete besiedelt waren, dehnt sich die Stadt seit 1970 weitgehend ohne zentrale Planung sehr schnell auch auf die Überflutungsebenen der großen Ströme Brahmaputra, Padma (Ganges) und Meghna aus. Diese Ströme transportieren nahezu das gesamte Schmelz- und Regenwasser aus dem Indien vorgelagerten Himalaja-Gebirge durch Bangladesh hindurch in den Golf von Bengalen.

Teile der Niederungsgebiete, die in der Monsunzeit regelmäßig überschwemmt sind, werden oft mit Bauschutt und Müll verfüllt und häufig ohne genügende Verdichtung des Untergrundes bebaut. Dabei werden erhebliche, vermeidbare Gefahren und Risiken (u. a. Bauschäden, Überflutungen, Kontamination von Böden und Wasser) in Kauf genommen. Die Areale der verfüllten und überbauten Lagunen stellen aufgrund der geringen Verfestigung und Setzungsgefährdung ein Risiko für mehrstöckige Gebäude (Einsturz) und Infrastruktur dar (Bruch von Gas- und Wasserleitungen). Darüber hinaus führt diese Landgewinnungspraxis zur Einengung der Überflutungsebenen bei gleichzeitiger Erhöhung damit verbundener Gefahren und Risiken.

Für die Minderung der katastrophalen Auswirkungen der jährlich auftretenden, verheerenden Überschwemmungen im Raum Dhaka sowie für die Verbesserung der Katastrophenvorsorge sind hochauflösende Reliefdaten eine wichtige Voraussetzung. Mit diesen Daten können Überschwemmungsgebiete hochgenau modelliert werden. In Verbindung mit parallel aufgenommenen Luftbildern sind darüber hinaus auch die mit Bauschutt und Abfall verfüllten ehemaligen Lagunen ausweisbar. Diese Gebiete stellen heute aufgrund von Absenkungen Risikogebiete für Gebäude und Infrastruktur dar. Die Kenntnis der genauen Lage dieser Risikogebiete ist sowohl für die schon bebauten Gebiete als auch für die Ausweisung neuer Bebauungsgebiete durch die Stadtplanung wichtig.

Die Bereitstellung solcher Daten war eines der Ziele des gemeinsam mit dem Geological Survey of Bangladesh (GSB) durchgeführten Projektes ‚High-resolution terrain modeling for hazard assessment of developed and planned areas in Greater Dhaka City, Bangladesh‘. Dazu wurde für Teile des erweiterten Stadtgebietes von Dhaka ein ‚Laser Scanning Survey‘ in Verbindung mit der Aufnahme hochauflösender digitaler Luftbilder durchgeführt. Das Vorhaben erforderte eine fast zweijährige Vorbereitungszeit. ‚Airborne Laser Scanning‘ – auch als LiDAR

bekannt – gehört heute zu den üblichen Verfahren für topographische Vermessungen. In Bangladesh war dieses Verfahren unbekannt. Es waren daher umfangreiche Aufklärungsarbeiten erforderlich, in erster Linie um darzustellen, dass der im Infrarotbereich arbeitende Laser völlig ungefährlich ist. Darüber hinaus waren Abstimmungen mit den beteiligten Behörden erforderlich, um die für die Georeferenzierung erforderlichen Arbeiten im Gelände zu koordinieren und die Handhabung der ausschließlich in digitaler Form vorliegenden Daten zu regeln.

Der im Flugzeug oder Hubschrauber installierte Scanner tastet die Geländeoberfläche mit einem Laserstrahl in einem sehr engen Raster ab. In Dhaka erfolgte dies mit 7 Punkten pro Quadratmeter. Mit Hilfe der Messung der Zeit, die jeder einzelne Laserstrahl für den Weg vom Scanner bis zur Geländeoberfläche und zurück benötigt, wird die Geländehöhe für jeden dieser Punkte mit höchster Präzision bestimmt. Dies erfordert eine aufwendige Technik, die Laser Scanner und Luftbildkamera mit einem Inertialsystem verbindet, welches die Bewegungen des Flugzeuges für spätere Referenzierungen registriert. Die geforderte hohe Lagegenauigkeit wird durch Anbindung an ein System von GPS-Stationen erreicht. Da der Laserstrahl nicht nur am Boden reflektiert wird, sondern auch an Ästen, Blättern, Dächern und sonstigen Objekten, entstehen Punktwolken, von denen nur die Bodenpunkte für die Ableitung digitaler Geländemodelle verwendet werden.

Die Durchführung der Datenflüge erfolgte im Februar 2009 durch Hansa Luftbild im Auftrag der BGR mit einem von der Bangladesh Air Force bereitgestellten Mi-17 Hubschrauber. Insgesamt wurden etwa 700 Millionen Laser-Bodenpunkte und gleichzeitig 3 750 digitale Orthophotos aufgezeichnet. Dies ergibt Daten im Umfang von mehr als 2 000 GB.

Nach Prozessierung der Rohdaten wurden von Hansa Luftbild digitale Geländemodelle im 25-Zentimeter-Raster und digitale Orthophotos mit einer Pixelauflösung von 10 Zentimeter als primäre Datensätze ausgeliefert, welche im Anschluss in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern aus Bangladesh mit ENVI und ArcGIS weiterverarbeitet und ausgewertet wurden. Im Ergebnis entstanden Karten der Überflutungsgefährdungen, verbesserte topographische Grundlagen für Planungszwecke zur Risikominderung sowie wichtige Informationen über potentielle Baugrundprobleme.

Bei dem Vorhaben handelte es sich um den ersten Einsatz von ‚Airborne Laser Scanning‘ in Bangladesh. Es markiert einen Meilenstein auf dem Weg zur dortigen Einführung modernster Verfahren der Erdbeobachtung. Die Finanzierung des Vorhabens erfolgte durch das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).



◀ Schrägluftbild mit Blick stromaufwärts auf den Fluss Meghna im Osten von Dhaka. Das vom Foto abgedeckte Gebiet ist im Satellitenbild als Winkel eingetragen



▶ Das Landsat 5 Satellitenbild, aufgenommen in der normalen Regenzeit (26. Oktober 2009) zeigt die exponierte Lage von Dhaka in der Überflutungsebene der großen Ströme Brahmaputra, Padma (Ganges) und Meghna

▶ Die Indexkarte zeigt die Lage des im Satellitenbild dargestellten Areals





## Georadarmessungen mit dem Luftschiff

Die BGR setzte in den Jahren 2009 und 2010 weltweit erstmalig Luftschiffe für Messungen mit Georadar zur Untersuchung des Untergrundes ein. Bisher übernahmen Flugzeuge oder Hubschrauber diese Aufgabe. Der Vorteil der neuen Methode: Georadarmessungen mit dem Luftschiff liefern eine bessere Datenqualität von oberflächennahen geologischen Strukturen.

Nun feierte das von der Aachener Firma GEFA-FLUG GmbH im Auftrag der BGR für die Georadarmessungen aufgerüstete Heißluft-Luftschiff vom Typ AS105GD bei der Erkundung von Torfvorkommen in Norddeutschland seine Premiere. Gefüllt mit 3 000 Kubikmetern Heißluft und angetrieben von einem 65 PS starken Zweitakt-Benzinmotor sowie einem Vierblatt-Propeller befuhr das 41 Meter lange Luftschiff drei Tage lang den Luftraum über Hymendorf bei Bremerhaven.

Bei Geschwindigkeiten von etwa 20 Kilometer pro Stunde wurden aus rund 40 Meter Höhe von einer unterhalb der Gondel befestigten großen Antenne elektromagnetische Impulse in den Untergrund abgestrahlt, die BGR-Wissenschaftler auf die Spur der Rohstoffvorkommen im geologischen Untergrund führten. Im Jahr 2010 kam bei weiteren Luftschiff-Messungen über der Colbitz-Letzlinger Heide die 5 000-Kubikmeter-Variante vom Typ AS105GD/6 zum Einsatz.

Ziel der Messungen mit dem Aero-Georadar ist es, oberflächennahe geologische Strukturen abzubilden und dadurch eine nachhaltige Nutzung mineralischer Rohstoffe sowie der Georessourcen Boden und Wasser zu unterstützen. Noch in den 1990er Jahren wurde die Methode ausschließlich zur Erkundung polarer Gletscher eingesetzt. Seit 2004 hat die BGR auch Systeme für geologische Anwendungen entwickelt. Hierbei haben die Geräte zwei wichtige Anforderungen zu erfüllen: eine hohe Auflösung bei gleichzeitig maximaler Eindringtiefe.

Das Aero-Georadar der BGR wurde per Hubschrauber schon mehrmals erfolgreich eingesetzt. So bewährte sich das Verfahren bei der Erkundung eines Salars in der Atacamawüste in Chile, bei der Erfassung von Grundwasserhorizonten in der Lüneburger und der Colbitz-Letzlinger Heide sowie bei der Messung temperierter Gletscher in den Alpen und Patagonien.

Gegenüber den bisherigen Georadarmessungen bietet die Luftschiff-Methode allerdings einen großen Vorteil. Die geringere Geschwindigkeit führt bei Messungen zu einer höheren Datendichte und damit auch zu einer besseren Qualität der Ergebnisse bei oberflächennahen geologischen Strukturen.

Darüber hinaus ist der Einsatz des Luftschiffs auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant. Die aus hochwertigem Kunstfasertextilgewebe hergestellte Hülle und die Gondel können mit Hilfe eines PKW-Anhängers einfach zum Einsatzort transportiert werden. Lediglich 30 Minuten dauert es, um das Heißluft-Luftschiff vor Ort flugtauglich zu machen. Allerdings sind Georadarmessungen mit dem Luftschiff nicht bei jeder Wetterlage möglich, sondern nur zu Tageszeiten, in denen keine Thermik auftritt und die Windgeschwindigkeit gering ist.

Derzeit sind mehrere Georadar-Varianten im Einsatz. Mit der Firma RST Radar System-Technik GmbH (Salem) hat die BGR ein hubschraubergestütztes Georadarsystem nach dem Prinzip des ‚stepped frequency radar‘ entwickelt. Der Vorteil dieses Systems liegt in der flexiblen Wahl der Frequenzbandbreite. Dies ermöglicht je nach Anforderung eine entsprechende Auflösung der geologischen Strukturen. Ein weiteres System wurde nach dem Pulsradarverfahren realisiert. Es zeichnet sich unter anderem durch seine hohe Leistung und Empfindlichkeit im Frequenzbereich um 30 MHz aus und erreicht materialabhängige Eindringtiefen bis zu einigen hundert Metern.



Luftschiff mit ‚stepped frequency radar‘.

## Analyse mikroseismischer Aktivität bei tiefer Geothermie

Für die öffentliche Akzeptanz der Energiegewinnung aus tiefer Geothermie sind Sicherheitsaspekte von zentraler Bedeutung. BGR-Experten entwickeln jetzt gemeinsam mit Wissenschaftlern deutscher Universitäten Methoden zur Begrenzung mikroseismischer Ereignisse beim Aufbau und Betrieb von Geothermiekraftwerken.

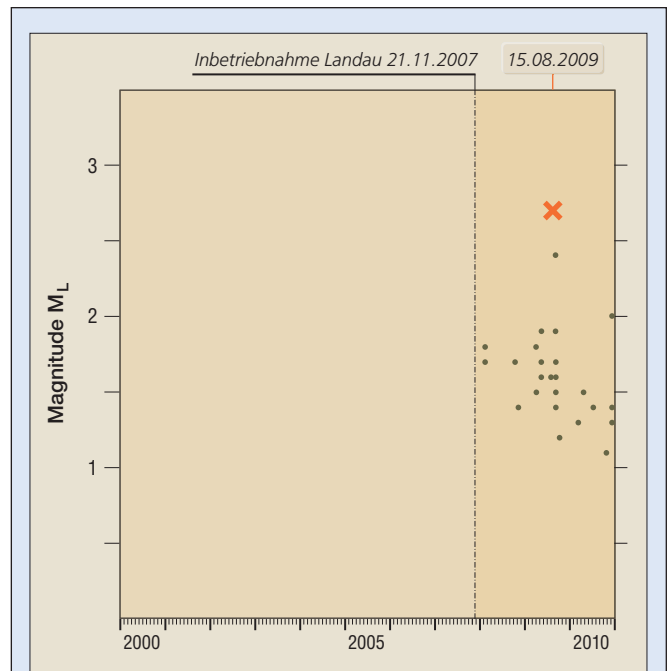
Im Rahmen des Verbundprojekts „Mikroseismische Aktivität Geothermischer Systeme“ (MAGS) werden Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund entwickelt. Hierzu soll die Seismizität an deutschen Standorten der tiefen Geothermie möglichst genau gemessen und charakterisiert werden.

Den zweiten Schritt bildet die Berechnung der seismischen Gefährdung. Diese wird dann mit dem Gefahrenpotenzial durch natürliche Erdbeben am selben Standort verglichen. Außerdem werden Strategien zur Vermeidung spürbarer Seismizität bei hydraulischen Stimulationen und im Dauerbetrieb geothermischer Kraftwerke entwickelt. Schließlich soll das Verbundprojekt zu einem verbesserten Prozessverständnis zum Entstehen fluidinduzierter Erdbeben beitragen. „Ein Ziel von MAGS ist, den Genehmigungsbehörden Daten an die Hand zu geben, mit denen eine noch genauere Gefährdungseinschätzung möglich ist“, erklärt Dr. Ulrich Wegler, der das Verbundprojekt für die BGR koordiniert.

Am Projekt MAGS, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) für drei Jahre gefördert wird, sind die BGR, das Karlsruher Institut für Technologie, die Ludwig-Maximilians Universität München, die Freie Universität Berlin und die Technische Universität Clausthal beteiligt.

Der weltweit weiter anwachsende Energiebedarf wird derzeit vorwiegend aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Hierdurch steigt der CO<sub>2</sub>-Anteil in der Erdatmosphäre mit der möglichen Folge einer Klimaerwärmung. Die Nutzung der tiefen Geothermie soll künftig einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und einer zukunftsfesten Energieversorgung leisten. Der weitere Ausbau dieser Technik ist jedoch durch das Auftreten von Erdbeben in der Nähe geothermischer Anlagen gefährdet.

Nach einem induzierten Erdbeben in Basel (Schweiz) wurde das dortige Geothermieprojekt gestoppt. In Deutschland traten u. a. in der Nähe der Geothermieranlage Landau in Rheinland-Pfalz spürbare Erdbeben auf, die die Bevölkerung beunruhigten. „Für die Akzeptanz der Energiegewinnung aus tiefer Geothermie ist es entscheidend, wissenschaftlich klar darzulegen, ob diese Seismizität auf Mikrobeben begrenzt bleibt oder ob eine Gefahr für Menschen und Gebäude von den seismischen Ereignissen ausgehen könnte“, betont BGR-Physiker Ulrich Wegler.



Von den staatlichen Erdbebenobservatorien in Deutschland im Bereich um Landau beobachtete Seismizität (01.01.2000 – 31.12.2010). Für jedes Erdbeben markiert die Lage eines Punkts den Zeitpunkt des Auftretens und die dazugehörige Lokalmagnitude  $M_L$  als Maß für die Stärke. Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Geothermiekraftwerks Landau am 21.11.2007 ist markiert. Das stärkste der dargestellten Erdbeben trat am 15.08.2009 auf. Das Erdbeben-Cluster wurde von Bönemann et al. (2010) in seiner Gesamtheit als induziert eingestuft.

Aus WEGLER (2011), modifiziert nach BÖNNEMANN et al. (2010)



## Aerogeophysikalische Untersuchungen im Norddeutschen Küstenraum

**W**ährend der Jahre 2008-2010 wurden im Rahmen des „D-AERO“-Projektes der BGR und des Projektes „Flächenhafte Befliegung“ des Leibniz-Instituts für angewandte Geophysik (LIAG) gemeinsam aerogeophysikalische Erkundungen zu Salz- und Süßwasserfragestellungen im Bereich der deutschen Nordseeküste durchgeführt.

In Neudeutschland gewinnt die Problematik der Grundwasserversalzung in der Praxis der Grundwasserförderung und -aufbereitung zunehmend an Bedeutung und ist eine latente Gefahr für die langfristige Nutzung der Grundwasservorkommen.

Eine natürliche Ursache der Küstenversalzungen ist das unterirdische Eindringen von Meerwasser (Meerwasserintrusion). Binnenländische Versalzungen sind auf Ablaugungen der bis in die Nähe der Erdoberfläche aufdringenden Salzstöcke und den Aufstieg von versalzten Tiefenwässern zurückzuführen. Diese natürlichen Ursachen werden durch hydraulische Eingriffe bei der Grundwasserentnahme und durch künstliche Entwässerungen verstärkt.

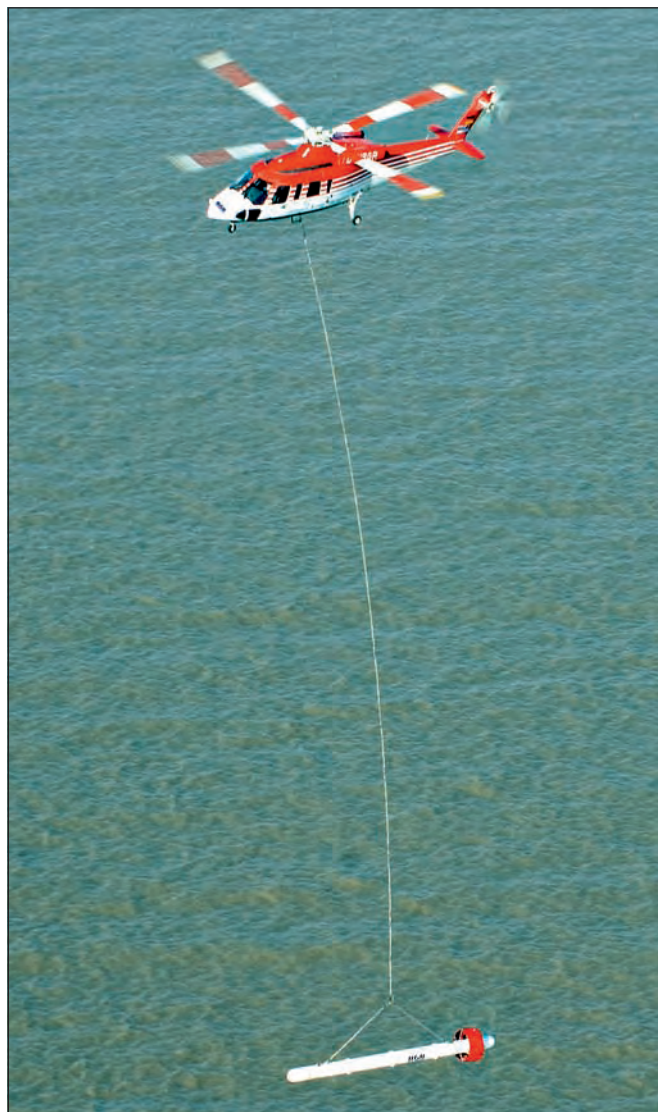
Weitere Aspekte sind Klimawandel und Küstenschutz. Die Nordseinseln, das Wattenmeer und die Deichregionen sind durch einen langfristigen Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten zusätzlich gefährdet. Diese Ereignisse wirken sich auch auf die Verbreitung des Salzwassers im Untergrund aus und können die Trinkwasservorkommen gefährden.

Um den Ist-Zustand des Untergrunds bezüglich der Salz- und Süßwasserverteilung flächendeckend zu erfassen und eine Grundlage für ein zukünftiges Monitoring zu schaffen, wurde der BGR-Messhubschrauber mit einer Flugsonde eingesetzt, in der sich ein elektromagnetisches Sende- und Empfangssystem befand.

Die Messdaten dieser sogenannten hubschrauberelektromagnetischen (HEM) Untersuchungen geben Aufschluss über die elektrische Leitfähigkeitsstruktur der Sedimente der ersten hundert Meter des Untergrundes. Sie sind für hydrogeologische Fragestellungen von großer Bedeutung, da mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit die Verteilung sandiger und tonhaltiger Sedimente sowie Versalzungszone und Süßwasserbereiche ermittelt werden können. Die ermittelten Leitfähigkeitsmodelle werden als Widerstandskarten in verschiedenen Tiefen und als Vertikalschnitte entlang der Fluglinien dargestellt.

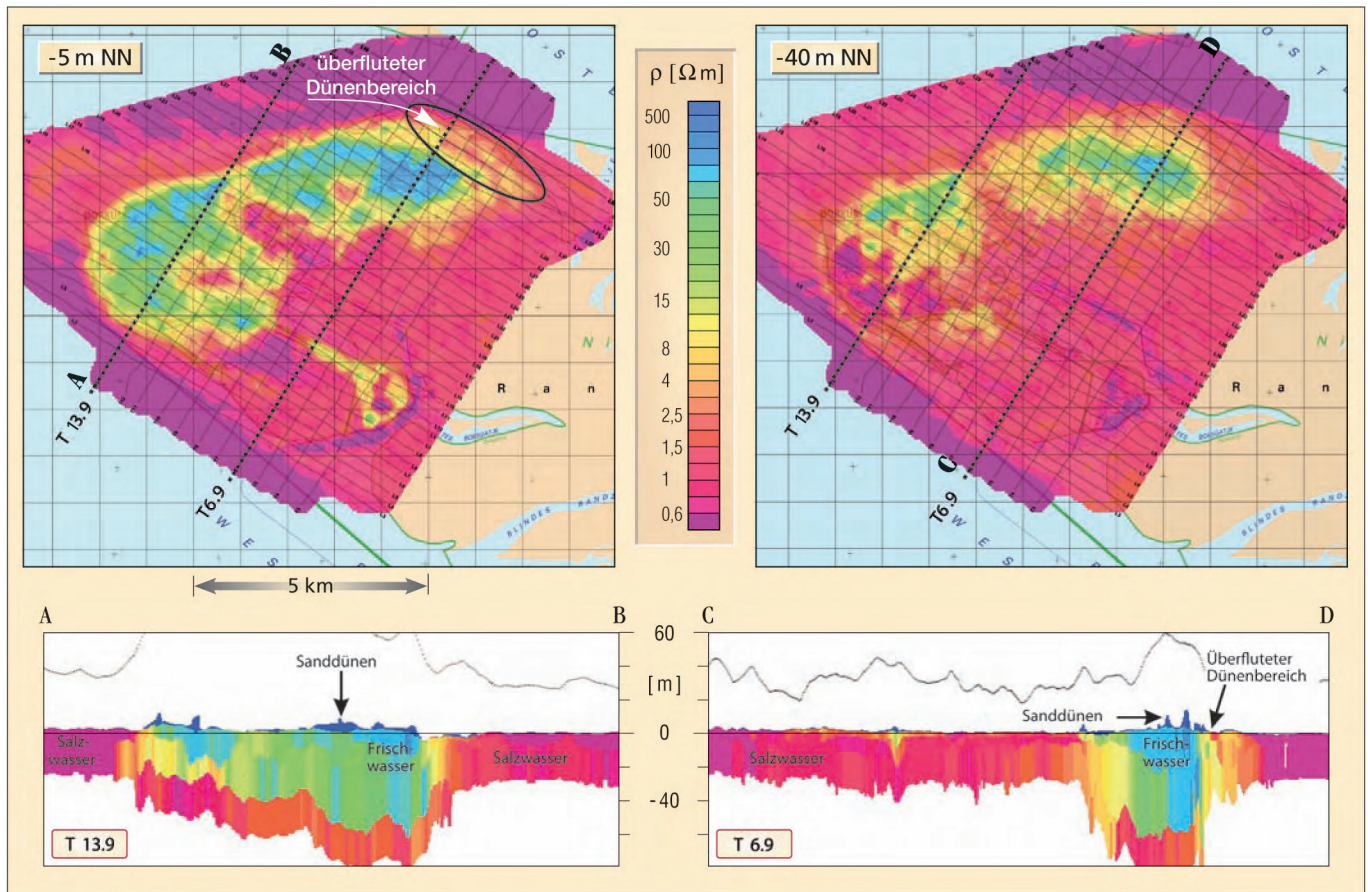
Neben den elektromagnetischen Messungen werden standardmäßig auch das Erdmagnetfeld und die natürliche Oberflächenstrahlung (Gammastrahlen) gemessen. Aus diesen Messungen lassen sich Aussagen über die Struktur der Erdkruste und den Mineralgehalt der obersten Bodenschichten ableiten.

Die Zusammenschau dieser Daten unterstützt die Modellierung der dreidimensionalen Untergrundstruktur. Sie dienen ferner als Grundlage für die Planung und Arbeit in vielfältigen ökonomischen und ökologischen Bereichen, z. B. bei Raumplanungen und der Entwicklung von Wassernutzungs- und Wässerschutzkonzepten. Die Daten werden über das Fachinformationssystem (FIS) Geophysik des LIAG ([www.fis-geophysik.de](http://www.fis-geophysik.de)) abrufbar sein.



BGR-Hubschrauber mit Messsonde über der Nordsee.

## Erkundung der Süßwasserlinsen von Borkum



Karten des spezifischen Widerstands in 5 Meter NN und 40 Meter NN und Vertikalsektionen des Widerstands entlang der Fluglinien T13.9 und T6.9. Die erste Schicht repräsentiert die relativ trockenen Dünenande über dem Grundwasserspiegel (dunkelblau) und die unterste Schicht salzwassergesättigte Sedimente (rot) unter der Süßwasserlinse (blau-grün).



## Jungfernfahrt eines neuen elektromagnetischen Messsystems

**W**ährend einer Ausfahrt auf der ‚RV Poseidon‘ im Schwarzen Meer im Dezember 2010 testete die BGR-Arbeitsgruppe ‚Marine Elektromagnetik‘ ein neues aktives elektromagnetisches (controlled source electromagnetic, CSEM) Messsystem zur Erkundung der elektrischen Widerstandsverteilung im oberen Meeressediment. Das Messsystem wurde in der BGR in den vergangenen zwei Jahren innerhalb des Verbundprojekts SUGAR (Submarine Gashydrat-Lagerstätten: Erkundung, Abbau und Transport) entwickelt und kann u. a. bei der Lagerstätten erkundung von Gashydraten eingesetzt werden.

Gashydrate sind feste, eisförmige Verbindungen aus Methan und Wasser und bilden sich unter hohem Druck und niedrigen Temperaturen im Meeresboden entlang vieler Kontinentalränder, im Permafrost und in tiefen Seen. Sie speichern enorme Mengen an Methan gas und könnten sich in Zukunft zu einer bedeutenden, global vorhandenen Energiequelle entwickeln. CSEM - Methoden eignen sich besonders gut, Gashydratvorkommen auf Grund ihrer elektrischen Eigenschaften nachzuweisen. Gashydrate sind schlechte elektrische Leiter im Gegensatz zum gut leitenden, salzhaltigen Porenwasser. In der offshore Öl- und Erdgasexploration wird CSEM mittlerweile zur Reservoircharakterisierung zusätzlich zu seismischen Verfahren eingesetzt.

Das neue BGR Messsystem HYDRA ist besonders sensitiv zum Gashydratstabilitätsbereich, der sich vom Meeresboden bis einige hundert Meter Tiefe erstreckt. Es besteht aus einem elektrischen Sendedipol (transmitting dipole) und mehreren Empfangsdipolen (receiver dipoles), die über ein bis zu 1 Kilo-

meter langes Datenkabel modular verbunden und hinter dem Forschungsschiff am Meeresboden geschleppt werden.

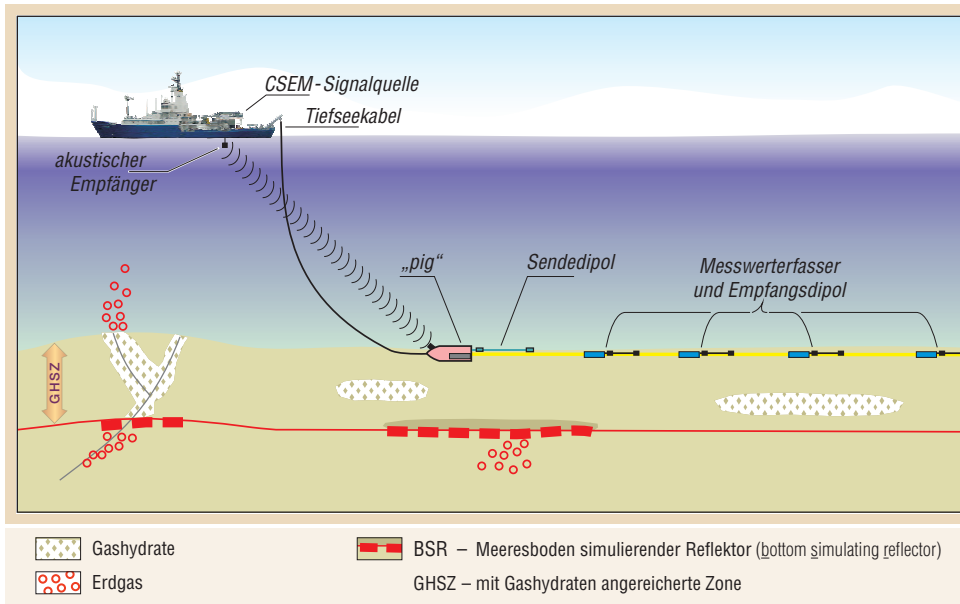
Die zeitliche Synchronisation und Kommunikation erfolgt über das Datenkabel. Die Kette ist über das Tiefseekabel mit dem Schiff verbunden und wird entlang von Profilen am Meeresboden geschleppt. Das rechteckige Sendesignal wird an Bord erzeugt (CSEM – signal source) und über den Koaxialdraht im Tiefseekabel (coaxial tow cable) zum Sendedipol am Meeresboden geschickt. Vom Sendedipol breiten sich elektromagnetische Felder induktiv aus und werden von den Empfangsdipolen registriert. Ausbreitungsgeschwindigkeit und Form der empfangenden Signale hängen von der Leitfähigkeitsstruktur im Meeresboden ab.

Auf der ‚RV Poseidon‘ wurde das komplette System erstmalig im tiefen Wasser über Gashydratvorkommen im Donaudelta vor der rumänischen Küste eingesetzt. Während der einwöchigen Ausfahrt, die unter der Leitung vom IfM-Geomar erfolgte, konnte nach tagelangem Sturm mit bis zu 7 Meter hohen Wellenbergen das System dreimal sicher ausgesetzt und wieder eingeholt werden. Die monatelangen Trockenübungen und Labortests hatten sich bewährt.

Alle Systemkomponenten zeichneten Daten auf und arbeiteten zuverlässig und zufriedenstellend. Eine erste Qualitätskontrolle zeigte jedoch auch überlagerte Störungen, die vom Sendedipol induktiv auf das Datenkabel übersprechen. Diese Störungen können auf dem Trockenen nicht erkannt werden und müssen durch verbesserte Abschirmung beseitigt werden.



*Aussetzen des CSEM-Systems auf der ‚RV Poseidon‘ im Schwarzen Meer. In den Empfangsdipolen befinden sich Druckzylinder mit der Analogelektronik und den Datenloggern zum Aufzeichnen der Signale.*



Konfiguration von **HYDRA**, dem neuen, an der BGR entwickelten CSEM-Messsystem zur Untersuchung von submarinen Gashydraten. Am Meeresboden wird eine Kette bestehend aus dem 'pig', das als Geräteträger und Gewicht fungiert, einem Sendedipol und mehreren elektrischen Empfangsdipolen ausgelegt. Die zeitliche Synchronisation und Kommunikation erfolgt über das Datenkabel. Die Kette ist über das Tiefseekabel mit dem Schiff verbunden und wird entlang von Profilen am Meeresboden geschleppt. Das rechteckige Sendesignal wird an Bord erzeugt und über den Koaxialdraht im Tiefseekabel zum Sendedipol am Meeresboden geschickt. Vom Sendedipol breiten sich elektromagnetische Felder induktiv aus und werden von den Empfangsdipolen registriert. Ausbreitungsgeschwindigkeit und Form der empfangenden Signale hängen von der Leitfähigkeitsstruktur im Meeresboden ab.



## BGR nutzt Synergien mit Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr

Zur Erkundung von Georessourcen, z. B. Grundwasservorkommen, und zur Überwachung von Georisiken entwickelt die BGR Messtechniken und Nachweismethoden. Von der Wirkung und Einsetzbarkeit solcher Methoden und der Qualität detaillierter Kenntnisse über die naturräumliche Ausstattung hängt bei der Bundeswehr maßgeblich der Erfolg von Auslandseinsätzen ab. Gefragt sind insbesondere Informationen über Trinkwasservorkommen, die Verfügbarkeit natürlicher Baumaterialien, aber auch über die Befahrbarkeit und Bausicherheit des Untergrunds. Dabei wird mit modernen Erkundungsmethoden, u. a. der Fernerkundung, gearbeitet, oder es wird auf die jeweils umfangreichen Archive der BGR und des Amtes für Geoinformationswesen der Bundeswehr (AGeoBw) zurückgegriffen.

Um sich bei der Einführung neuer Techniken und der Beschaffung von Informationen zu Einsatzorten künftig besser zu ergänzen, unterzeichneten BGR-Präsident Professor Dr. Hans-Joachim Kümpel und Brigadegeneral Walter Schmidt-Bleker, Leiter des Geoinformationsdienstes und Amtschef des Amtes für Geoinformationswesen der Bundeswehr, anlässlich der 1. Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des AGeoBw einen neuen Kooperationsvertrag. Schwerpunkt der Vereinbarung ist die thematisch ausgeweitete Bereitstellung von Geoinformationen. Diese unterstützen die Arbeit beider Behörden bei ihren Aufgaben, so bei ingenieurgeologischen Standortuntersuchungen, Grundwasserfragen und Hangrutschungsgefährdungen in schwer zugänglichen Gebieten.



*Brigadegeneral Walter Schmidt-Bleker (l.), Leiter des Geoinformationsdienstes und Amtschef des Amtes für Geoinformationswesen der Bundeswehr, und Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel, Präsident der BGR, bei der Unterzeichnung des Kooperationsvertrages.*

Kooperationen sind für beide Ressortforschungseinrichtungen wichtige Bausteine bei der wissenschaftlichen Bearbeitung aktueller Fragestellungen. Für die BGR trifft dies auf die Themenbereiche mineralische und energetische Rohstoffe, Trinkwasserversorgung oder Gefährdungsanalysen zu. Durch die synergetische Zusammenarbeit bei der Beratung der Bundesministerien sowie bei langfristigen Projektarbeiten zur Unterstützung vertraglicher Anforderungen (u. a. Überwachung des Kernwaffenteststopp-Abkommens) können verfügbares Know-how optimal genutzt und Ergebnisse schneller und kostengünstiger verfügbar gemacht werden.

## BGR besitzt Patent auf neuartiges Vektor-Gradientenmagnetometer

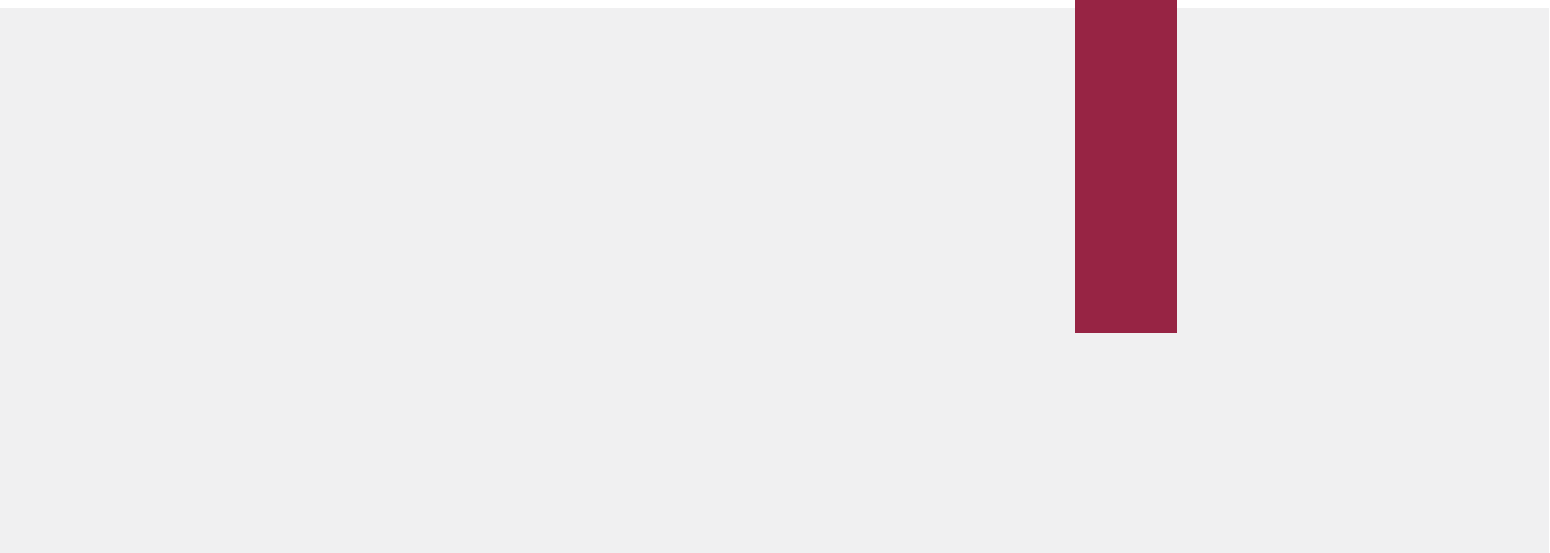
Die BGR hat ein neues Verfahren zur Messung räumlicher Veränderungen des Erdmagnetfeldes entwickelt und sich patentieren lassen. Im Unterschied zu bisherigen Instrumenten ist das neue seetaugliche ‚Vektor-Gradientenmagnetometer‘ der BGR auch in der Lage, die Richtung von Erdmagnetfeldern zu bestimmen. Damit eröffnet die vom Deutschen Patent- und Markenamt in München unter der Nummer 10 2006 059 204 geführte BGR-Erfindung in der Geomagnetik völlig neue Möglichkeiten.

So funktioniert die Messmethode des neuen Vektor-Gradientenmagnetometers auf See: Vom Forschungsschiff aus werden die Vektor-Magnetometersonden an einem Messkabel zu Wasser gelassen. Das insgesamt 850 Meter lange Kabel stellt den nötigen Abstand zum Forschungsschiff her, damit es – da aus Stahl gebaut – die Magnetfeldmessungen nicht stört. Gleichzeitig erfolgen über das Kabel die Stromversorgung der Sonden und die Datenübertragung auf das Schiff. Die Messungen mit dem Vektor-Gradientenmagnetometer können sowohl bei langsamer Fahrt zeitgleich mit Seismik-Messungen als auch bei schneller Fahrt in Verbindung mit Übersichtsvermessungen der Wassertiefe erfolgen.

# Ausblick

**D**ie Fülle der vorhandenen Geodaten und die Bereitschaft, sie zukünftig verstärkt Dritten zur Verfügung zu stellen, bilden wichtige Voraussetzungen insbesondere bei der nationalen und internationalen Zusammenarbeit. Deshalb wird die BGR weiter intensiv an der Standardisierung und Interoperationalisierung der vorhandenen Geodaten arbeiten und hausweit alle GIS-Daten, z. B. zu den Themen Geologie, Bodenkunde, Hydrogeologie und Rohstoffe, zentral vorhalten und ausgewählte Produkte der Öffentlichkeit anbieten.

Für die digitalen Kartendaten werden die technischen und fachlichen Anpassungen entsprechend den Vorgaben von INSPIRE bzw. dem Geodatenzugangsgesetz (GeoZG) durchgeführt. Bei der Produktkonfiguration wird der Bedarf der unterschiedlichen Nutzergruppen in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung berücksichtigt.



# *Kernwaffenteststopp Gefährdungsanalysen*





# Einführung

Seit 1945 wurden weltweit mehr als 2000 Kernwaffentests durchgeführt. Die Bundesregierung setzt sich für das weltweite Verbot dieser Tests ein. So hat Deutschland bereits 1996 den Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (CTBT) unterzeichnet und 1998 ratifiziert. Zur Überwachung der Einhaltung des CTBT werden durch ein weltweites Überwachungssystem Messdaten aus den Bereichen Seismologie, Infraschall, Hydroakustik und Radionuklide erhoben, die bei der CTBT-Organisation in Wien zusammenlaufen. Die BGR spielt bei der Erfüllung der mit dem CTBT verbundenen technischen und wissenschaftlichen deutschen Verpflichtungen eine zentrale Rolle. Sie betreibt in Deutschland und der Antarktis seismologische und Infraschallstationen, betreibt das Nationale CTBT-Datenzentrum und berät die Bundesregierung in allen fachlichen Fragen des CTBT, so auch nach den von Nordkorea 2006 und 2009 vorgenommenen Kernwaffentests.

Für die Überwachung der weltweiten Erdbebenaktivität betreibt die BGR das Seismologische Zentralobservatorium, um die Aufgabe eines Nationalen Erdbebendienstes wahrnehmen zu können. Hierzu gehören hochmoderne Erdbeben-Messstationen, die über ganz Deutschland verteilt sind, und ein Datenzentrum, das in enger Zusammenarbeit mit den Erdbebendiensten der Bundesländer betrieben wird. Im Falle von Erdbeben ist so eine schnelle und umfassende Information der Öffentlichkeit gewährleistet. Die große Datenbasis, die so an der BGR aufgebaut wurde, ist zusammen mit historischen Erdbebenkatalogen die Grundlage für die Abschätzung der seismischen Gefährdung, die an der BGR für nationale und internationale Standorte durchgeführt werden.

Neben Erdbeben gibt es zahlreiche weitere geologische Schadensrisiken wie Landabsenkungen, Hangrutschungen oder Erdfälle. Ein Schwerpunkt liegt auf der Entwicklungszusammenarbeit, wo, aufbauend auf Bedrohungs- und Vulnerabilitätsanalysen, zunehmend ein integriertes Risikomanagement im Vordergrund steht, das auch Frühwarnsysteme umfasst. Mit der erfolgreichen Anwendung einer eigenständigen Methodik zur Georisiko-Expositionsanalyse in Indonesien und Zentralamerika hat die BGR nicht nur die notwendigen Grundlagen für den notwendigen Beratungsprozess der jeweiligen Planungs- und Katastrophenschutz-Institutionen geschaffen; mit ihrem wirkungsorientierten Beratungsansatz unterstützt sie auch die Partnerländer bei der Umsetzung des Hyogo Rahmenaktionsplanes.

Aber auch große Forschungsprojekte zur geogenen und bergbaubedingten Gefährdung in Deutschland werden an der BGR durchgeführt. So koordiniert die BGR Forschungsverbundvorhaben, in dem in der ehemaligen Salzstadt Staßfurt umfangreiche geowissenschaftliche Untersuchungen zu den Folgeschäden des früheren Kalibergbaues durchgeführt werden. Zum Schutz der Bevölkerung wird die Standsicherheit der ersoffenen Grubenbaue mittels seismologischem Monitoring überwacht.

## Untersuchungen von Bergbauschäden in Staßfurt

Im Rahmen des Aufgabenfeldes „Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum – Sicherheit untertägiger Hohlräume“, beteiligte sich die BGR von 2006 bis 2010 an dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsverbundvorhaben „Dynamik abgesoffener und gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerks“.

Hunderte Industrie- und Wohngebäude wurden infolge der vom Kalibergbau in Staßfurt (Sachsen-Anhalt) verursachten Bergschäden in den letzten 110 Jahren abgerissen. Vor 40 Jahren erklärte der zuständige Bezirksrat in Magdeburg weite Teile der Stadt zum „Gebiet der latenten Bruchgefährdung“. Dies machte bereits in der DDR Bauinvestitionen unmöglich. Deshalb prägten unsanierter Altbaubestand und große Industriebrachen lange Zeit das Stadtbild. Die Forschungsergebnisse sollen dazu beitragen, die Entwicklung Staßfurts als Wohn- und Industriestandort nachhaltig zu fördern und Städten mit vergleichbaren Bergschadenbildern Perspektiven aufzuzeigen.

Für dieses Ziel hat der Forschungsverbund insbesondere diejenigen Prozesse erforscht, die zu den Senkungen oder Tagesbrüchen im Bereich der ehemaligen Salzbergwerke am Staßfurter Sattel geführt haben und solche, die auch in Zukunft die Stabilität des Untergrundes beeinflussen können. Die zur Erforschung dieser Prozesse notwendigen Untersuchungsmethoden mussten angepasst und weiterentwickelt werden. Entsprechend der fachlichen Ausrichtung der BGR konzentrierte sich das Engagement auf die geologischen, salzgeologischen, bergbaulichen und geophysikalischen Fragestellungen.

Die BGR hatte die Aufgabe der Koordination des Forschungsverbundvorhabens mit insgesamt zehn Partnern. Dazu zählten das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Hannover (LIAG), die Technische Universität Clausthal, die Brandenburgische Universität Cottbus (BTU), das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) Forschungsstelle Leipzig, die Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, die IHU Geologie und Analytik GmbH Stendal, die DHI-WASY GmbH, Berlin und die K-UTECH Salt Technologies AG, Sondershausen. Das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) ist assoziiertes Mitglied im Forschungsverbund.

### Geologie und Bergbau: 3D-Modelle, Bohrungen, Geophysik

Zu den für die Durchführung des Projekts zentralen Grundlagen gehörten die von der BGR erstellten 3D-Modelle der Schachtanlagen und der Geologie der Nordost- und Südwestflanke des Staßfurter Salzsattels. Die Modelle helfen insbesondere die komplexen Bergwerksstrukturen und die geologischen Verhältnisse in Staßfurt verstehen und analysieren zu können. Dazu wurden die digitalisierten Risswerke des LAGB für die

Staßfurter Gruben zusammen mit recherchierten Archivdaten in 3D-Modelle umgesetzt. Ferner wurden drei Tiefbohrungen geteuft und zahlreiche Altbohrungen revidiert. Diese Daten und diejenigen aus den Flachbohrungen der hydrogeologischen Erkundung, den reflexionsseismischen Messungen des LIAG und der BGR-Aero- und Bodengeophysik flossen ebenfalls in die Modelle ein (Abb. 1).

Durch den Einsatz modernster aero- und bodengeophysikalischer Methoden leistete die BGR einen bedeutenden Beitrag zur Erkundung und Bewertung der hydrogeologischen, hydraulischen und geomechanischen Verhältnisse.

Alte und neu installierte seismische Stationen im Stadtgebiet von Staßfurt sollten von der Oberfläche her seismische Signale aus dem Grubenbereich detektieren, die sich nur wenig vom Hintergrundrauschen der Stadt unterscheiden. Deshalb wurde zur Ergebnisverbesserung gemeinsam mit der Universität Stuttgart ein so genanntes nanoseismisches Monitoring durchgeführt. Seitdem ist es möglich die Größenordnung der kleinen Signale zu bestimmen. Durch die mit Hilfe der in den neuen Tiefbohrungen eingebauten 3-Komponenten-Geophonsysteme deutlich verbesserte Detektionsempfindlichkeit sind jetzt kleinste Signale von Bruchvorgängen in den Grubenbereichen zuverlässig zu erkennen.

Die Kombination gravimetrischer Messungen über den Gruben im Staßfurter Senkungsgebiet aus den Jahren 1977 bis 1981 mit zahlreichen neuen Messpunkten machte ein Monitoring der Veränderungen des Schwerfeldes über rund 30 Jahre möglich. Im Ergebnis zeigt eine Karte Bereiche im Senkungsgebiet, die als gravimetrisch „verdichtet“ und somit als nicht mehr tagesbruchgefährdet angesehen werden können (Abb. 2).

Die roten Bereiche weisen mit „Auflockerung“ auf noch nicht abgeschlossene Senkungsprozesse im Deckgebirge hin. Im Süden von Staßfurt konnte mit der Gravimetrie in Kombination mit hochauflösender Geoelektrik Karst im Hutgestein des Staßfurter Salzsattels nachgewiesen werden.

Mittels bodengeophysikalischer Sondierungen bzw. hochauflösender Geoelektrik und Transientenelektromagnetik (TEM) wurden u. a. die Anomalien hinsichtlich verborgener Strukturen und Grundwasseraufstiegszonen detailliert untersucht.

### Aerogeophysikalische Methoden

Eine flächendeckende Hubschrauber-Elektromagnetik (HEM) über den gesamten Staßfurt-Egelter Salzsattel ermöglicht eine detaillierte Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit und der Geologie in dem ca. 470 km<sup>2</sup> großen Messgebiet. In Kombination mit dem Geologischen- und dem Gruben-3D-Modell können bei entsprechender Datenlage detaillierte geologische Schnitte erzeugt werden (Abb. 3).

Aus den airborne-Lasermessungen der Erdoberfläche (LIDAR) wurde ein Geländemodell zur Interpretation geomorphologischer Phänomene wie Senkungen und Lineationen abgeleitet. Detailreicher als die ebenfalls aufgenommenen Senkrechtfotos zeigen die LIDAR-Auswertungen Strukturen des Untergrundes, die der Lichoptik meist verborgen bleiben.

## Projektergebnisse

Der Bergbau in Staßfurt hat zu erheblichen Beeinträchtigungen der Stadtentwicklung von Staßfurt geführt. Der Forschungsverbund hat den aktuellen Zustand der Gruben im Stadtbereich mit geologischen, geophysikalischen, geochemischen, hydrogeologischen Methoden und Modellen untersucht und analysiert. Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich keine Anzeichen für weiter ablaufende Bruchvorgänge in den tief gelegenen Grubenteilen und ebenso keine Hinweise auf eine Tagesbruchgefahr. Für höher gelegene Grubenteile hat das

hochdynamische hydraulische System weiterhin das Potenzial zu deren Durchströmung und zur Auflösung von Salinargesteinen der Leine- und Staßfurtfolgen. Daraus resultieren die anhaltenden Senkungen im ehemaligen Bergschadengebiet. Zudem haben die Tiefbohrungen keine offenen Grubenhölräume angetroffen.

Für eine künftige Nutzung der alten Industriebrachen und der geschädigten Innenstadtgebiete liegen nunmehr die Argumente vor, mit deren Hilfe die zuständigen Landesbehörden das „Gebiet der latenten Bruchgefährdung“ reduzieren können. Das in Staßfurt erprobte Instrumentarium ist auch auf andere Regionen mit vergleichbaren Bergschäden anwendbar.

Die Ergebnisse der Arbeiten aller Projektpartner wurden vom 18. – 20. November 2010 auf der Abschlusstagung „Staßfurt 2010 – Erkennen, analysieren, bewerten und prognostizieren der zukünftigen Entwicklung der Bergbaufolgeschäden“ präsentiert und publiziert.

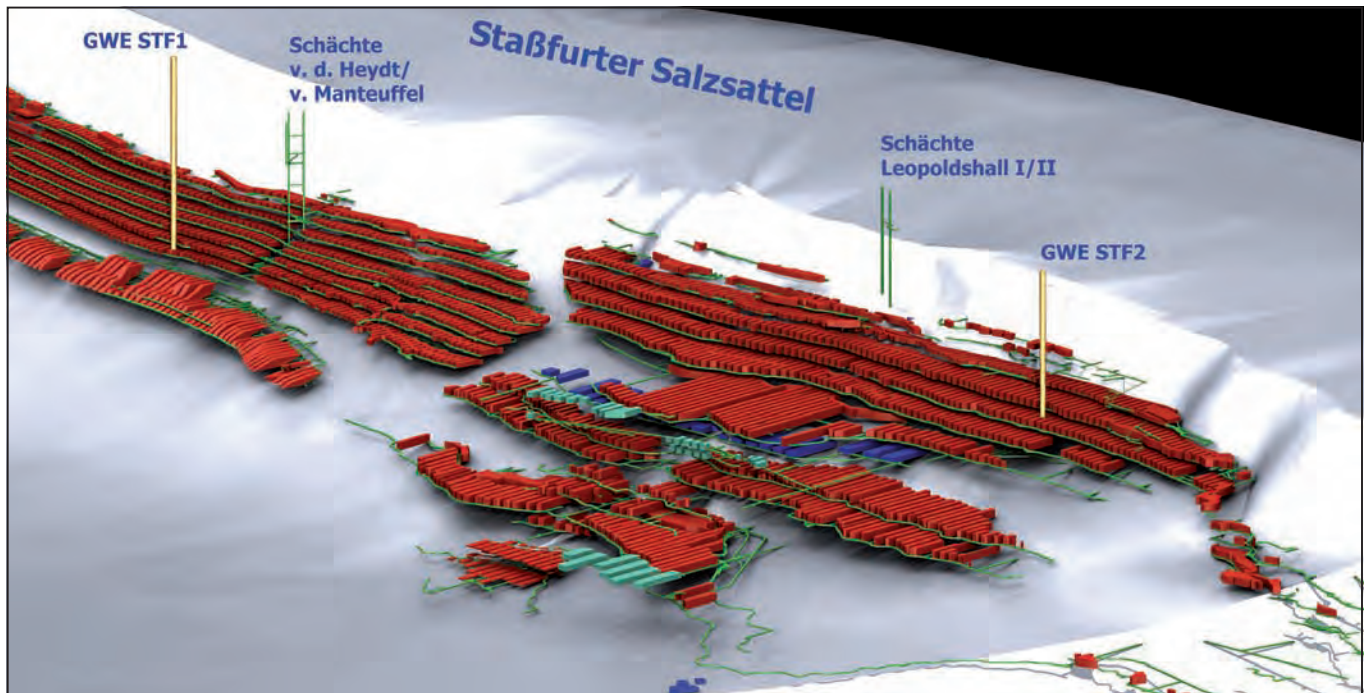


Abb. 1: 3D-Darstellungen der Grubengebäude „v. d. Heydt/v. Manteuffel“ und „Leopoldshall III“ mit ihren Schächten und Strecken (grün), den Abbauen im Kalilager (rot) und im Leine-Steinsalz (türkis) sowie den so genannten Bergemühlen im Zechstein Steinsalz (dunkelblau).

Quelle: BGR

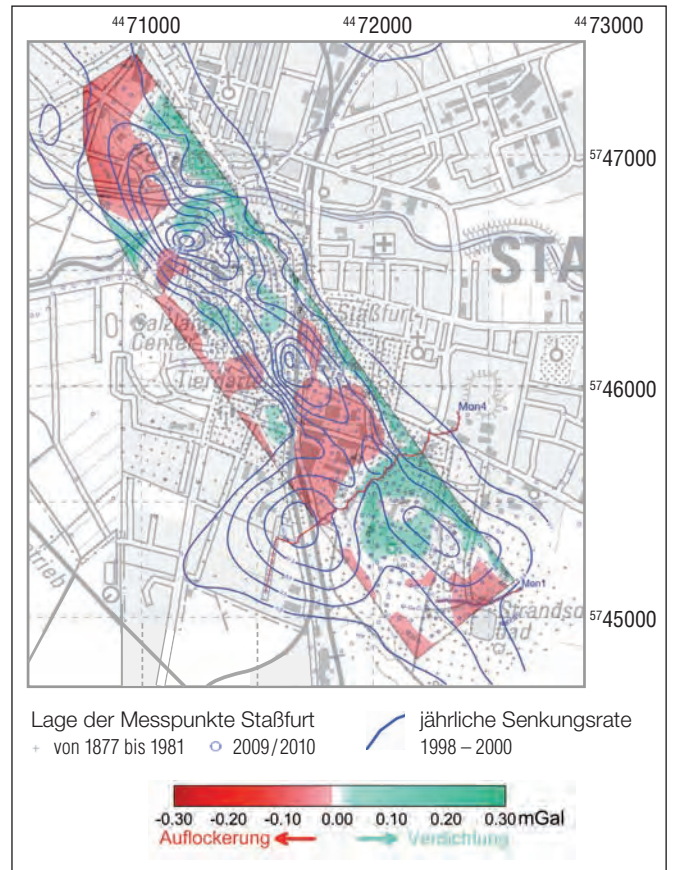


Abb. 2: Karte des Differenzfeldes zwischen den alten und neuen Messungen. Grüne Bereiche gelten als gravimetrisch „verdichtet“, rote Bereichen weisen auf eine „Auflockerung“ hin.  
 (Quelle: BGR/GGL)

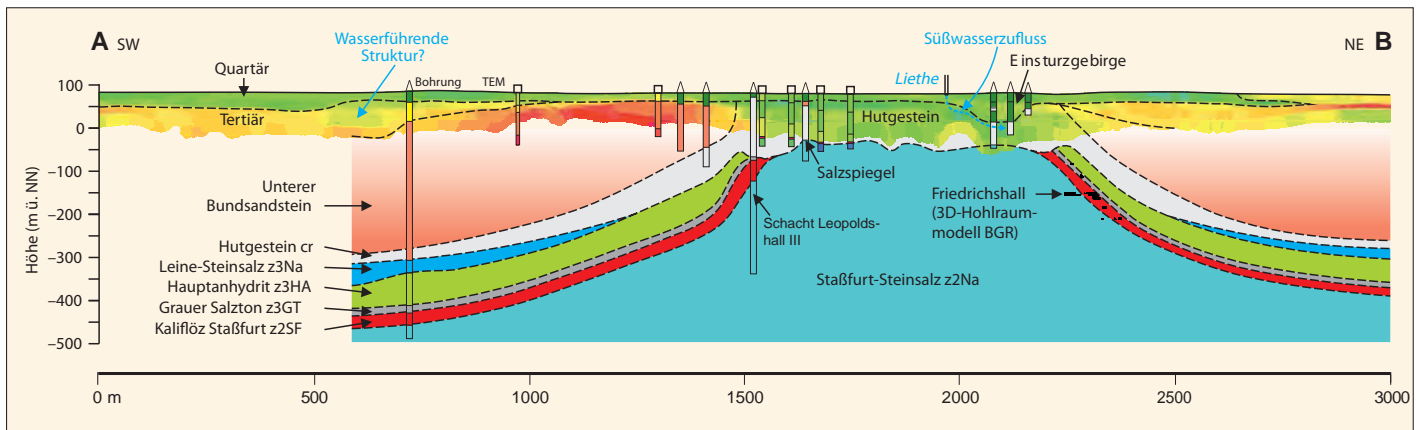


Abb. 3: Profilskizze am südlichen Teil des Staßfurt-Egeln Sattels. Die Grundlage liefern die Daten aus der Hubschrauber- und Transientenelektromagnetik, die Bohrungen sowie die geologischen 3D- und Grubenmodelle Staßfurt.



## Katastrophensicherheit in Zentralamerika

### BGR führt Risikoexpositionsanalyse durch

Zentralamerika ist in besonderer Weise Naturgefahren ausgesetzt und in entsprechender Regelmäßigkeit wird die Region von Naturkatastrophen heimgesucht, die durch Erdbeben, Vulkanausbrüche aber auch durch die jährlich wiederkehrenden Überschwemmungen und Hangrutschungen im Verlauf der Hurrikan-Saison ausgelöst werden. Neben den direkten Folgen für Leib und Leben der Bewohner haben diese Naturereignisse enorme negative Auswirkungen auf die regionale wirtschaftliche Entwicklung und die damit verbundene Armutsbekämpfung.

Dem globalen Trend folgend nehmen auch die volkswirtschaftlichen Verluste durch die zunehmende Vulnerabilität der anwachsenden Bevölkerung und deren Migration in Ballungszentren sowie die Konzentration ökonomisch-infrastruktureller Zentren in Hochrisiko-Gebieten beständig zu und erfordern da her besondere Anstrengungen zur Verminderung des Katastrophensikos.

Die weltweiten Aktivitäten zur Reduktion des Katastrophensikos haben mittlerweile zu einem Strategiewechsel in der Risikovorsorge geführt. Mit der Abkehr von der technisch orientierten Gefahrenabwehr und der Krisenreaktion (disaster response) hin zur Krisenprävention durch vorsorgliches Risikomanagement (disaster prevention) haben sich neue Prioritäten in der Katastrophenvorsorge ergeben, die im Rahmenaktionsplan von Hyogo 2005 festgeschrieben wurden. Darin verständigte sich die Weltgemeinschaft auf einen global abgestimmten Aktionsplan zur Reduzierung von Katastrophensikos und den damit verbundenen Verlusten gesellschaftlicher, ökonomischer und umweltspezifischer Ressourcen.

Es wird dabei eine Risiko-Kultur auf allen gesellschaftlichen und politischen Ebenen angestrebt, die unter anderem auf Analysen des Katastrophensikos und der verbesserten Vorbereitung auf den Krisenfall, z. B. mit der Entwicklung von Frühwarnsystemen, basiert.

Hierbei werden die risiko-sensitive Raum- und Entwicklungsplanung, wie auch die Integration von Maßnahmen zur Risiko-Reduktion in vorhandene gesetzliche Vorschriften und Regulierungen, als Schlüsselaktivitäten genannt.

Entsprechend haben sich damit auch die Anforderungen in der Entwicklungszusammenarbeit gewandelt, denn die nachhaltige, pro-aktive Verminderung von Georisiken sowie vorbeugender Katastrophenschutz erfordern ganzheitliche und interdisziplinäre Sicht- und Arbeitsweisen.

Aus geowissenschaftlicher Sicht umfasst dies neben der fachlichen Beratungsleistung auf der wissenschaftlich-technischen Seite, wie z.B. Bedrohungs- oder Vulnerabilitätsanalysen, nun auch verstärkte Aktivitäten in der Umsetzung und Anwendung der Ergebnisse im Rahmen eines integrierten Risikomanagements.

Somit müssen die im Sinne der Prävention gewonnenen Erkenntnisse in eine risiko-sensitive Raum- und Entwicklungsplanung einmünden, die auf wissenschaftlich fundierten (validierten) Basis-, Gefährdungs- und Vulnerabilitätsdaten und reproduzierbaren Analysen basiert, die die räumliche Verteilung möglichst aller in einem Gebiet auftretenden Risiken beinhalten. In diesem Zusammenhang liegt der geowissenschaftliche Beitrag außerdem auf der verständlichen Aufbereitung der Daten und dem interdisziplinären Diskurs mit den zuständigen Raumplanungs- und Katastrophenschutzbehörden.

Auf der Grundlage dieser interdisziplinären Betrachtung und Diskussion lassen sich dann risiko-sensitive Entscheidungsgrundlagen für die nachhaltige Raumordnung und Bauleitplanung im lokalen und regionalen Maßstab erstellen, die schließlich in Handlungsempfehlungen und gesetzlichen Vorschriften münden sollten.

Gleichzeitig sollten die Ergebnisse der Georisiko-Analysen Entscheidungsträgern, Kommunen und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden, damit die möglichen Konsequenzen von eintretenden Naturereignissen abgeschätzt und zielorientierte, präventive Maßnahmen zu deren Minderung getroffen werden können.

### Analyse der Georisikoexposition

Im Rahmen des regionalen Kooperationsprojektes ‚Verminderung von Georisiken in Zentralamerika‘ (2002 – 2010) unterstützte die BGR die mandatierten staatlichen Behörden der vier Projektländer El Salvador, Guatemala, Honduras und Nicaragua bei der Erfassung, Bewertung und Beobachtung von geogenen Bedrohungen und deren Umsetzung in Georisiko-Analysen. Das Projekt förderte die soziale und politische Bewusstseinsbildung hinsichtlich des Katastrophensikos und zielte auf die Integration der Georisikobetrachtungen in die regionale Raum- und Entwicklungsplanung und die Katastrophenvorsorge ab.

Der regionale Ansatz trägt der Tatsache Rechnung, dass die Naturkatastrophen in der Region oft keine isolierten lokalen oder nationalen Ereignisse sind. Vielmehr stellen Erdbeben, vulkanischer Aschenfall oder Hurrikane oft regionale, grenzübergreifende Ereignisse dar, die somit auch transnationale Planungsinstrumente und Mitigationsstrategien erfordern. Durch den Beratungsansatz auf unterschiedlichen Ebenen (lokal bis regional) werden dabei wichtige Beiträge zu einem integrierten Georisikomanagement in den vier Partnerländern geleistet.

In diesem Zusammenhang hat das Projekt erstmals flächendeckend nationale und transnationale Analysen der Georisikoexposition in den vier Projektländern durchgeführt, die auf der Basis einer einheitlichen Methodik und vergleichbaren harmonisierten Datensätzen gründet.

Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Entwicklung einer praktikablen und reproduzierbaren Standardmethodik, die mittels regional verfügbarer Grundlagendaten die Erarbeitung von vergleichbaren Georisikoinformationen zur Anwendung in der regionalen Raumplanung und Katastrophenprävention ermöglicht. Die ausschließliche Nutzung wissenschaftlich fundierter, offizieller Datensätze und die Festlegung auf vergleichbare administrative Einheiten (Munizipien) gewährleistet eine regionale Vergleichbarkeit der Analyse-Ergebnisse.

Hierzu wurde eine spezielle Anwendung, die „Central American Risk Analysis-GIS“ (CARA-GIS), entwickelt, deren Methodik auf einer vergleichbaren, bereits in Indonesien angewandten Applikation basiert. „CARA-GIS“ ermöglicht die Analyse, Kartierung und Visualisierung der Risikoexposition für die vier Bedrohungen Erdbeben, Vulkaneruptionen (Asche-fall), Hangrutschungen und Überschwemmungen im nationalen und transnationalen Maßstab. Als Indikatoren der Vulnerabilität wurden die Bevölkerungsexposition, die Exposition des Straßennetzes sowie das bedrohte ökonomische Potential betrachtet.

Durch die offene Architektur der GIS-Anwendung können weitere Naturgefahren integriert werden und der Auswertmaßstab ist einzig von der Qualität und Auflösung der Eingabedaten begrenzt. Gemäß der bekannten Korrelation Risiko = Gefahr x Vulnerabilität wurde die flächenhafte Verbreitung der jeweiligen Gefährdungszonen und der betrachteten bedrohten Elemente in eine räumliche Beziehung gesetzt und die entsprechende Risikoexposition szenarienbasiert bestimmt.

Neben der Betrachtung einzelner Gefahren ermöglicht das System auch die Analyse von Multi-Gefahren, also Eintrittsszenarien möglicher, gleichzeitig auftretender Bedrohungen, wie dem Auftreten von Überschwemmungen und Hangrutschungen im Zusammenhang mit Starkniederschlägen. Erst durch diesen Raumbezug zwischen Bedrohung und Vulnerabilität und die Betrachtung von Multi-Risikoanalysen steht ein wichtiges Instrument für die vorbeugende Raumplanung und die Verringerung des raumbezogenen Risikos zur Verfügung.

## Ergebnisse

Mit der Entwicklung von CARA-GIS wurde ein regionaler Standard zur Analyse der Georisikoexposition geschaffen, der über die Grenzen der vier Partnerländer hinaus auch in den angrenzenden Ländern Mittelamerikas anwendbar ist. Grundvoraussetzung dafür war die Definition nutzbarer und länderübergreifend verfügbarer Methoden zur Gefährdungsanalyse und eine GIS-gestützte Aufarbeitung der verfügbaren Datensätze samt zugehöriger Metadaten. Nunmehr steht ein qualifizierter Datensatz der vorhandenen Basis-, Gefährdungs- und Vulnerabilitätsinformationen für jedes Land zur Verfügung, der

aufgrund eines festgelegten zugrunde liegenden Codesystems direkt vergleichbar ist, aber den jeweiligen Entwicklungen/Prioritäten der Länder folgend auch separat aktualisiert und erweitert werden kann.

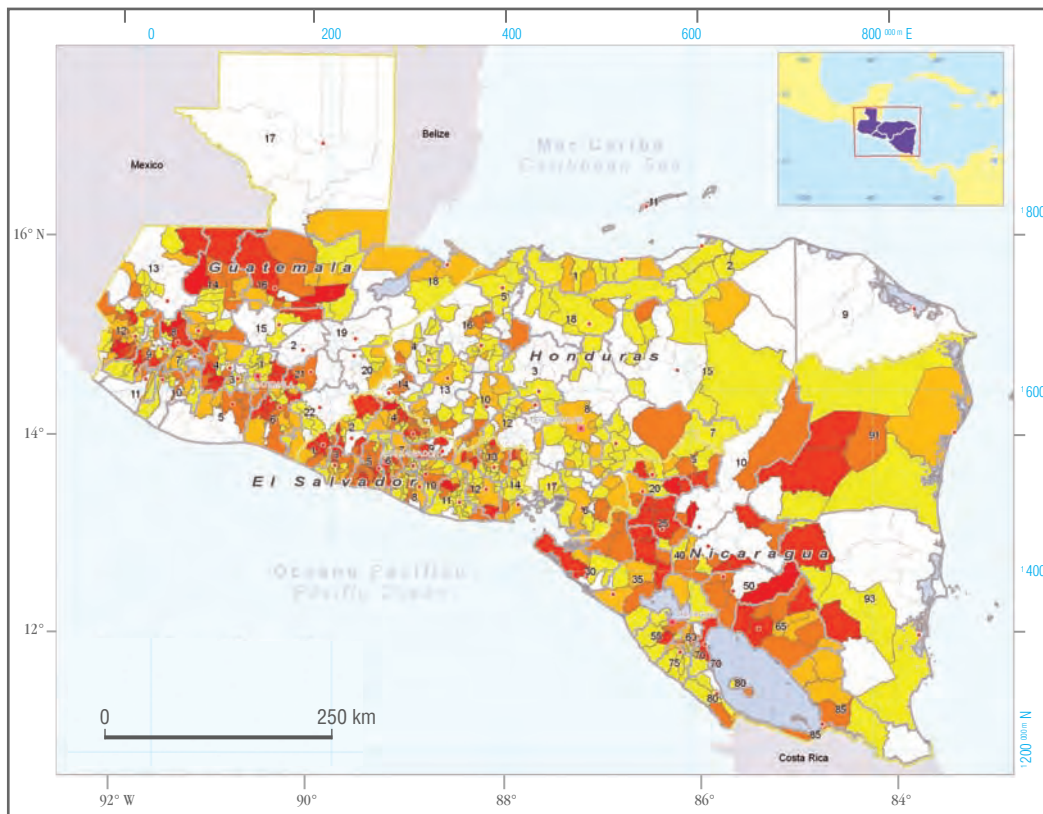
Als Resultate der initialen Entwicklungsphase der ‚CARA-GIS‘-Anwendung liegen allein für Nicaragua 27 thematische Karten und zugehörige Statistiken vor, die sich inhaltlich in Grundlagendaten (administrative Grenzen, Landnutzung, Infrastruktur, Gefährdung, Suszeptibilität), Vulnerabilitäts- und Kapazitätsbetrachtungen sowie die eigentlichen Risikoexpositionskartierungen gliedern lassen.

Im gleichen Verfahren wurden die Georisikoanalysen auf die angrenzenden Länder der Projektregion ausgeweitet. Hierzu wurden 35 regionale Kartenprodukte erzeugt, die aber nur eine exemplarische Auswahl von möglichen bedarfsorientierten Kartenprodukten darstellen (Szenarien).

Besonders wertvoll sind hierbei die Analysen des möglichen Schadenspotenzials beim Eintritt von Naturgefahren, die aus den Landnutzungsdaten und Statistiken zur Wirtschaftsleistung (Economic Commission for Latin America and the Caribbean, ECLAC) verschiedener Produktionszweige (Landwirtschaft, Handel, Produzierendes Gewerbe etc.) abgeleitet wurden. Sie ermöglichen Projektstudien im Vorfeld von Investitionsvorhaben und sind auch für die Versicherungswirtschaft von Interesse.

Die Kartierung der Risikoexposition auf der Munizipal-Ebene erlaubt einen flächendeckenden internationalen Vergleich der betrachteten administrativen Einheiten. Diese Art der Darstellung ermöglicht einen raschen Überblick über die gegebene Situation, hebt aufgrund der Farbgebung die Hot Spots hervor, die einer intensiveren Untersuchung bedürfen und unterstützt somit die faire und transparente Ressourcen-Zuweisung für Mitigationsmaßnahmen in hochvulnerablen Zonen.

Die ‚CARA-GIS‘-Anwendung mitsamt den erarbeiteten Produkten wurden den Partnern übergeben und Counterpart-Personal, bestehend aus GIS-Experten und Landesplanern, wurde an dem System geschult. Die Karten und Statistiken stehen somit den verschiedenen wissenschaftlich-technischen Fachbehörden und den Raumplanungs- und Katastrophenschutzbehörden zur Verfügung und werden der Öffentlichkeit auch über die Projekthomepage zur Verfügung gestellt. Außerdem wurden die Methodik und die Ergebnisse der Risikoexpositionsanalyse sowie deren Anwendung im Kontext Naturkatastrophen-Management in einem Buch zusammengefasst, das in englischer und spanischer Sprache (Auflage: 750 Stück) erschienen ist.



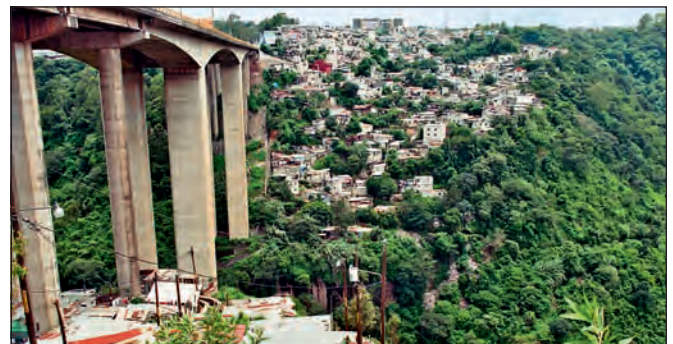
Beispiel einer Risikokarte für Zentralamerika: Dargestellt ist die Exposition von km-Straßenlänge pro Municipio (Landkreis) gegenüber einem hohen bis sehr hohen Bedrohungspotenzial durch Massenbewegungen (Rutschungen); die Farbcodierung repräsentiert die exponierte Straßenlänge (von gelb < 5 km bis dunkelrot > 50 km; weiße Flächen bedeuten entweder keine exponierten Straßen oder keine Bedrohung je Landkreis).



Titelbild des „Guidebook for Assessing Risk Exposure to Natural Hazards in Central America – El Salvador, Guatemala, Honduras and Nicaragua“.



Aktiver Vulkanismus in Nicaragua: Wiederkehrende Eruptionen des Concepción (Ometepe) erfordern risiko-sensitive Planungsstrategien.



Guatemala Stadt: Ungeplante Wohnsiedlungen ohne Konstruktionsstandards an rutschgefährdeten Hängen stellen Hochrisikobereiche dar.



## BGR-Infraschallstation in der Antarktis wacht wieder über Atomversuche

Seit 1996 überwacht die BGR für die Bundesrepublik Deutschland die Einhaltung des Kernwaffenteststoppvertrages (CTBT). Neben ihren Stationen im Bayerischen Wald betreibt sie zur Erfüllung der Aufgabe auch Messsysteme in der Antarktis. Anfang des Jahres 2009 musste die polare Infraschallstation umziehen. Seitdem ist sie wieder am Netz des internationalen CTBT-Überwachungssystems.

Der Umzug der antarktischen Messstation war durch die Errichtung der neuen Forschungsstation Neumayer III erforderlich geworden. Mit der Aufgabe von Neumayer II konnte auch die BGR-Infraschallstation IS27 nicht mehr an ihrem bisherigen Standort betrieben werden. Von dort aus hatte die Messanlage seit 2003 als Bestandteil des internationalen Überwachungssystems gearbeitet und mit einer Zuverlässigkeit von mehr als 99 Prozent rund um die Uhr atmosphärische Druckwellen registriert.

Die vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) ganzjährig betriebene antarktische Forschungsstation Neumayer III wurde am 20. Februar 2009 etwa 6 Kilometer südlich von Neumayer II offiziell eingeweiht. Bis zur feierlichen Eröffnung hatten auch die beiden eigens angereisten Mitarbeiter des BGR-Fachbereichs „CTBT, Seismologisches Zentralobservatorium“ reichlich Arbeit, um den Umzug von IS27 in die neue Forschungsstation zu realisieren.

Die inzwischen mit WLAN-Technik zur Datenübertragung ausgerüsteten Feldstationen

wurden 2,5 Kilometer südwestlich von Neumayer III wieder aufgebaut. Für die Stromversorgung der im Umkreis von einem Kilometer liegenden Messpunkte mussten 10 Kilometer Kabel neu verlegt werden. Die zentrale Datenerfassungsanlage zog in das neue Rechenzentrum von Neumayer III ein. Sie dient dazu, die mit 20 Werten pro Sekunde kontinuierlich registrierten Daten aller neun Feldstationen zusammenzufassen und die vollständige Datenübertragung sowohl an das internationale Datenzentrum der CTBT-Organisation in Wien als auch zur BGR zu gewährleisten.

Stürmische Wetterbedingungen verzögerten fast zwei Wochen lang die Durchführung der Außenarbeiten. Allein die Zeit zwischen Richtfest und Fertigstellung des neuen Stationsgebäudes betrug dadurch weniger als sechs Wochen. Parallel zu den unter Zeitdruck am Innenausbau arbeitenden Bauleuten wurden von den einzelnen Wissenschaftsbereichen die neuen Observatorien installiert. In guter Kooperation mit dem Logistikteam und den Geophysikern des AWI konnten letztlich alle Arbeiten an IS27 termingerecht abgeschlossen werden.

Am 11. September 2009 war es dann soweit: Die Zertifizierungsgruppe der CTBT-Organisation bestätigte die erfolgreiche Revalidierung offiziell. Seitdem ist IS27 als eine von drei in Verantwortung der BGR betriebenen Messstationen wieder ein zuverlässiger Bestandteil des internationalen Überwachungssystems.



BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel bei der Einweihung von Neumayer III.



## Wiener Diplomaten besichtigen Messstation im Bayerischen Wald

Rund 40 Botschafter und Repräsentanten von ständigen Vertretungen der Staaten bei den internationalen Organisationen in Wien besichtigen am 27. und 28. Mai 2010 die von der BGR im Bayerischen Wald betriebenen Stationen zur Überwachung des internationalen Kernwaffenteststoppabkommens.

Die nahe Freyung gelegenen Anlagen der CTBTO (Vorbereitungskommission für die Atomteststoppbehörde) umfassen sowohl eine seismische Station (GERES) als auch eine Infraschallstation. Beide sind Teil eines im Aufbau befindlichen Netzwerks aus 337 Messeinrichtungen, mit dem die Kommission künftig die Einhaltung des Atomtestverbots überwachen will. Die von der BGR betriebene seismische Station gehörte zu den CTBTO-Anlagen, die 2006 und 2009 die von Nordkorea durchgeführten Atomtests registrierten.

GERES ist eine der ersten seismischen Stationen in Europa zur Überwachung des Atomtestverbots. In ihrer Nachbarschaft befindet sich eine ebenfalls von der BGR betriebene Infraschallstation, mit der Schallwellen im extremen Niederfrequenzbereich in der Atmosphäre entdeckt werden können.

Der BGR wurde nach Beitritt der Bundesrepublik zum Kernwaffenteststoppabkommen im Jahre 1996 die Funktion des nationalen Datenzentrums (NDC) innerhalb des internationalen Überwachungssystems übertragen. Neben den Repräsentanten der Ständigen Vertretungen bei den Vereinten Nationen in Wien hatten auch Medienvertreter die Gelegenheit, an der Besichtigung teilzunehmen.

## Globale Erdbebendaten 2009 und 2010

Datum	Uhrzeit	Stärke [Magnitude]	Lokation	Bemerkungen
25. Mai 2009	2:54 Uhr (MESZ)	4,7	Nordkorea	2. unterirdischer <b>Atomwaffentest</b>
05. Mai 2009	3:39 Uhr (MESZ) 1:39 Uhr (UTC)	4,5	Schwarzwald	<b>Erdbeben.</b> Das Epizentrum lag 5 km östlich von Kandern und 5 km nordwestlich von Schopfheim nahe der Ortschaft Tegernau (Baden-Württemberg)
29. September 2009	19:48 Uhr (MESZ) 17:48 Uhr (UTC)	8,2	Samoa	<b>Erdbeben im Pazifik nahe den Samoa-Inseln.</b> Das unterseeische Erdbeben erzeugte einen Tsunami, der nach ersten Pressemeldungen auf den Samoa-Inseln zu Verwüstungen und zahlreichen Toten führte.
30. September 2009	12:16 Uhr (MESZ) 10:16 Uhr (UTC)	7,9	Sumatra	<b>Erdbeben im Indischen Ozean unmittelbar vor der Westküste Sumatras.</b> Nach ersten Pressemeldungen kamen dabei über 100 Menschen ums Leben, zahlreiche Häuser stürzten ein, insbesondere in der Küstenstadt Padang. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Zahl der Opfer noch erheblich erhöht.
12. Januar 2010	22:53 Uhr (MEZ) 21:53 Uhr (UTC)	7,1	Haiti	<b>Erdbeben in der Karibik auf Haiti nahe der Hauptstadt Port-au-Prince.</b> Nach ersten Pressemeldungen kam es dabei zu einer großen Anzahl von Toten und Verletzten, zahlreiche Gebäude stürzten ein. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Zahl der Opfer in den folgenden Tagen noch erheblich erhöht.
27. Januar 2010	07:34 Uhr (MEZ) 06:34 Uhr (UTC)	8,8	Chile	<b>Erdbeben etwa 10 Kilometer vor der Küste von Chile.</b> Das Epizentrum lag etwa 300 Kilometer südwestlich von der Hauptstadt Santiago. Bei einem Erdbeben dieser Stärke besteht die Möglichkeit, dass sich ein Tsunami bildet. In den Ortschaften der Küstenregion war mit erheblichen Schäden zu rechnen.
08. März 2010	03:32 Uhr (MEZ) 02:32 Uhr (UTC)	5,9	Türkei	<b>Erdbeben im Osten der Türkei.</b> Das Epizentrum befand sich etwa 40 km westlich von Bingöl. Der Erdbebenherd lag nur wenige Kilometer unter der Oberfläche. Dadurch musste in der Umgebung des Epizentrums mit erheblichen Schäden gerechnet werden.
13. April 2010	07:49 Uhr (Ortszeit) 23:49 Uhr (UTC)	6,9	Tibet	<b>Erdbeben im Tibetischen Hochland im Süden der Provinz Qinghai.</b> Nach ersten Pressemeldungen kamen dabei über 400 Menschen ums Leben, zahlreiche Häuser stürzten ein. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Zahl der Opfer noch erhöht.

**D**er im Mai 2009 von Nordkorea vorgenommene zweite Kernwaffentest stellte das weltweite System zur Überwachung des Kernwaffenteststopp-Vertrags (CTBT) auf eine Probe, die es mit Bravour bestand. Das an der BGR angesiedelte deutsche CTBT-Datenzentrum konnte Bundesregierung und Öffentlichkeit bereits wenige Stunden nach dem Test sicher darüber informieren, dass hier kein Erdbeben stattfand, sondern das Äquivalent von etwa 10 000 Tonnen TNT zur Explosion gebracht wurde.

Der Neubau der deutschen Neumayer-Station in der Antarktis machte auch die Umsetzung der von der BGR betriebenen Infrashallstation des CTBT-Netzes erforderlich. In der bemerkenswert kurzen Zeit von 54 Tagen bewerkstelligten die BGR-Experten den Umbau einschließlich der Re-Zertifizierung durch die internationale CTBT-Behörde in Wien.

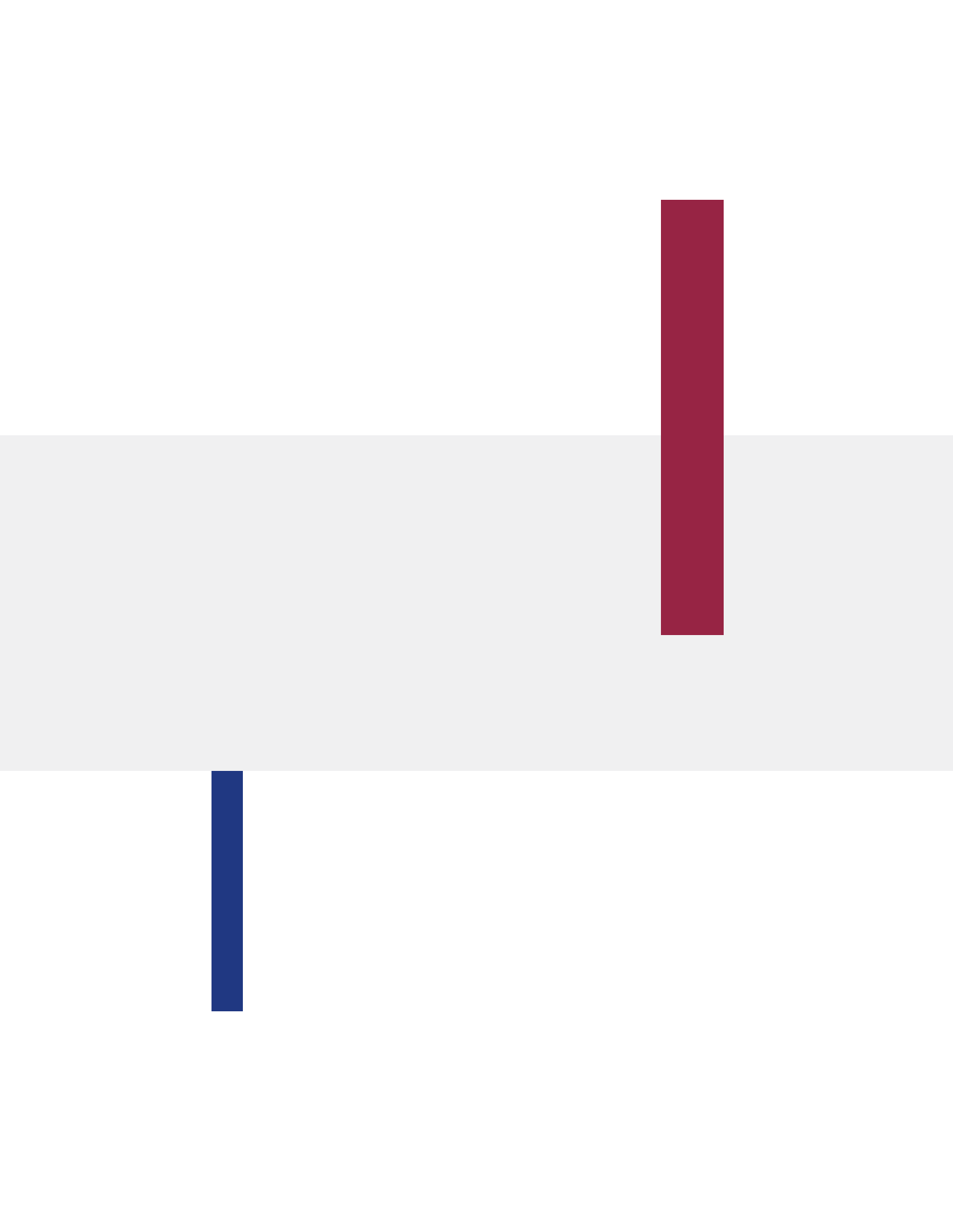
Die im Bayerischen Wald von der BGR betriebenen CTBT-Stationen sind aufgrund Ihrer Nähe zu Wien ein gern von Diplomaten besuchtes Ziel. Im Mai 2010 empfing die BGR besonders hohen Besuch. Auf Einladung der Bundesregierung kam neben zahlreichen Botschaftern auch Tibor Tóth, Exekutivsekretär der CTBT-Behörde, um seismologische und Infrashall-Stationen im Betrieb zu erleben. Er hob hervor, dass Deutschland durch den sehr zuverlässigen Betrieb seiner Stationen eine Vorbildrolle einnimmt.

Die BGR informierte die Öffentlichkeit zu zahlreichen Beben, von denen eins auch in Deutschland auftrat. Im ersten Quartal des Jahres 2010 fanden nacheinander drei große Schadensbe-

ben statt: auf Haiti, in Chile und in der Türkei. Die oft gestellte Frage nach einem ursächlichen Zusammenhang zwischen diesen Beben wird von den BGR-Experten verneint. Die von der Öffentlichkeit als Zunahme wahrgenommene Erdbebenaktivität der letzten Jahre ist – so zeigt es die Erdbebenstatistik – eigentlich nur eine Zunahme der Schadenswirkung durch die immer dichtere Besiedlung in erdbebengefährdeten Regionen.

In der Entwicklungszusammenarbeit (EZ) wird das Thema einer risiko-sensitiven Raum- und Entwicklungsplanung weiter an Bedeutung gewinnen, da der globale Trend einer zunehmenden Vulnerabilität durch stetig anwachsende Bevölkerungszahlen sowie der Konzentration von Wirtschaftlicher Aktivität und kritischer Infrastruktur in Ballungsgebieten und Megacities ungebrochen ist. Auch der Klimawandel wird sich mit bislang unvorhersehbaren Konsequenzen auf die Georisiko-Exposition auswirken. Ein verbessertes Georisiko Management zur Vermin-derung des Katastrophenrisikos ist somit geboten.

Die große Nachfrage an fundierten Georisikoinformationen und der zunehmende Beratungsbedarf hinsichtlich einer nachhaltigen Raumplanung und Katastrophenvorsorge wird auch die Weiterentwicklung der BGR eigenen Methodik zur Risikoanalyse unterstützen, damit diese als Standardanwendung der BGR in zukünftigen Projekten der EZ angewendet werden kann.



# *Nationale/ Internationale geowissenschaftliche Zusammenarbeit*





# Einführung

**G**eoressourcen wie mineralische Rohstoffe, Energierohstoffe, Wasser und Boden bilden entscheidende Lebensgrundlagen für jetzige und zukünftige Generationen weltweit. In vielen Ländern führen Übernutzung oder falscher Umgang mit diesen Ressourcen einerseits sowie mangelnder Zugang armer Bevölkerungsschichten zu ihnen andererseits zu Versorgungsmangel und damit zu vielschichtigen, sozialen und ökologischen Problemen. Die BGR unterstützt daher Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung von Georessourcen und leistet wichtige Beiträge zur Armutsminderung und wirtschaftlichen Entwicklung, zum Umwelt- und Ressourcenschutz sowie zum nachhaltigen Ressourcenmanagement und damit letztlich zur sozialen Gerechtigkeit und zur Konfliktprävention.

Aufbauend auf der breiten fachlichen Expertise und auf den Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung, bearbeitet die BGR ganzheitliche entwicklungspolitische Fragestellungen im Geo-Bereich. Damit besitzt die BGR ein Alleinstellungsmerkmal. Zusätzlich kann die BGR durch die weitere internationale Zusammenarbeit (u. a. EuroGeoSurveys, Wissenschaftlich-Technische Zusammenarbeit) frühzeitig Geothemen in EU-Richtlinien etc. einbringen bzw. durch die Wissenschaftlich-Technische Zusammenarbeit international aktuell Geowissen und Geodaten austauschen.

Die BGR ist seit 1958 im Bereich Geowissenschaften und Bergbau für das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) tätig. Sie berät das BMZ und

führt derzeit in rund 30 Partnerländern weltweit Vorhaben zum Management von Georessourcen durch. Die fachlichen Schwerpunkte Grundwasser, Umweltgeologie, Bergbau, Georisiken, Energie / Geothermie, Mineralische Rohstoffe und weitere fachliche Sektoren reflektieren dabei insbesondere die politischen Schwerpunkte, die zur Erreichung der entwicklungspolitischen, stabilitätspolitischen und wirtschaftlichen Ziele notwendig sind.

So unterschiedlich die Partnerländer in ihrer Entwicklung sind, so unterschiedlich sind auch die Beratungsinstrumente, die zur Anwendung kommen. Viele unserer Partnerländer sind (immer noch) wenig entwickelt. Daneben berät die BGR aber auch Länder, die Schwellenlandcharakter haben. Von unseren Kooperationspartnern erwarten die jeweiligen Gesellschaften Antworten auf Fragen, die sie heute betreffen und in Zukunft dringlicher werden. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Anforderungen an unsere Partner im Allgemeinen in der Reihenfolge beschrieben werden können: Geologische Erkundung, Ressourcenbewertung, Ressourcenschutz, Regionalplanung, Partizipation und gute Regierungsführung. Je nach Entwicklungsstand verändern sich die Aufgaben immer mehr hin zur Übernahme regionaler und sozialpolitischer Entscheidungsfindung. Folglich werden auch von der BGR Beiträge zu diesen Themenfeldern geleistet.

## BGR unterstützt Geo-Netzwerk in Afrika

Die BGR unterstützt den Aufbau eines afrikanischen Netzwerkes für geowissenschaftliche Informationen. Sein Name: ‚Geoscience Information in Africa (GIRAF)‘. Ziel des Projekts ist es, den Kontinent als Teil der internationalen geowissenschaftlichen Gemeinschaft in alle weltweiten Aktivitäten einzubinden.

Beim internationalen Workshop ‚GIRAF 2009‘, den die BGR gemeinsam mit dem ‚Geological Survey of Namibia (GSN)‘ im März 2009 in der namibischen Hauptstadt Windhuk veranstaltete, verabschiedeten führende Wissenschaftler und Experten aus 26 afrikanischen und vier europäischen Staaten ein Strategiepapier mit Empfehlungen für die künftige Projektarbeit.

„Darin werden Wege aufgezeigt, wie wichtige Informationen über Rohstoffe und Georisiken gezielter verwertet werden können. Dabei geht es um Verfahren, die das Informationsmanagement in Afrika unter Einsatz aller weltweit zur Verfügung stehenden geologischen Daten zu verbessern helfen“, so Dr. Kristine Asch, BGR-Expertin für geologische Informationen und Organisatorin des Workshops.

Im Einzelnen verfolgt das Projekt u. a. das Ziel, Mitarbeiter afrikanischer Behörden, nationale Experten und Vertreter von Interessengruppen, die im Bereich geowissenschaftlicher Informationen tätig sind, zusammenzuführen. Künftig sollen alle relevanten Behörden und nationalen Experten Afrikas im GIRAF-Projekt vertreten sein. Ein weiteres Ziel ist die Initialisierung eines panafrikanischen Netzwerkes für den Austausch und die gemeinsame Nutzung geowissenschaftlicher Informationen und bewährter Verfahren. Die afrikanischen Behörden und Experten sollen in globale Geoinformationsvorhaben eingebunden werden. Schließlich ist ein strategischer 15-Punkte-Plan entwickelt worden, um konkrete Schritte für den Bereich geowissenschaftlicher Informationen in Afrika zu planen.

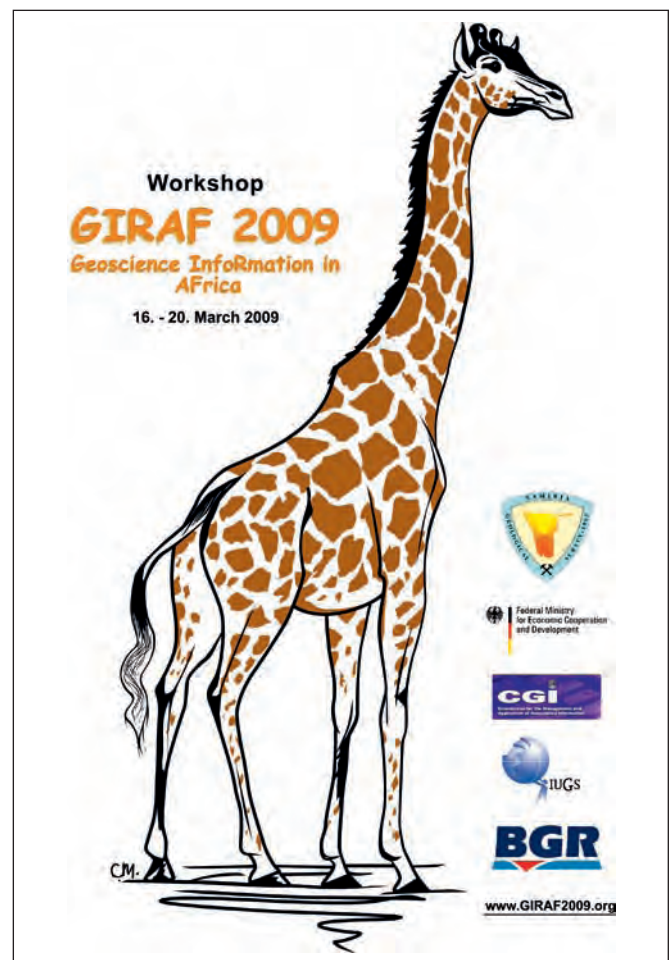
Der Workshop wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) finanziert. Unterstützung gab es auch von der IUGS Commission for the Management and Application of Geoscience Information (CGI). An der knapp einwöchigen Veranstaltung im Namibian Ministry for Mines and Energy (MME) nahmen 100 Wissenschaftler und internationale Experten teil, darunter auch Vertreter der UNESCO.

Begrüßt wurden die Teilnehmer des Workshops durch den Minister für Bergbau und Energie von Namibia, Erkki Nghimtina, GSN-Direktorin Dr. Gabi Schneider und den deutschen Botschafter in Namibia, Egon Kochanke. Zur Veranstaltung gehörten Diskussionsforen und Präsentationen, in denen die Teilnehmer die geologischen Dienste ihrer Heimatländer vorstellten.

„Afrika ist ein Kontinent voller Reichtümer – Bodenschätze, ein reiches kulturelles Erbe, schöne Landschaften. Aber es gibt auch große Probleme: Armut, Wasser- und Gesundheitsversorgung. Der Workshop zielte auf die Frage, welche Rolle

geowissenschaftliche Informationen bei der Maximierung von Möglichkeiten und der Minimierung von Risiken spielen kann“, so BGR-Organisatorin Dr. Kristine Asch. „Wir hoffen, dass der GIRAF-Workshop 2009 der Anfang einer sehr wichtigen internationalen afrikanischen Initiative sein wird.“

Seit 2009 ist das GIRAF-Netzwerk aktiv und drei weitere Organisationen sind als ‚associated members‘ beigetreten: die Geological Society of Africa (GSAF), die African Association of Women Geologists (AAWG) und die UNESCO-unterstützte Commission of the Geological Map of the World (CGMW). Ein zweiter GIRAF-Workshop wird im Dezember 2011 in Daressalaam/Tansania stattfinden. Das Programm enthält u. a. die Diskussion einer stärkeren Integration afrikanischer Partner in internationale Projekte und die Vorstellung von aktuellen Projekten der GIRAF Mitglieder. (Anmeldung unter: [www.GIRAF2011.org](http://www.GIRAF2011.org)). Der Workshop wird wieder von der BGR und der CGI organisiert und der UNESCO begleitet. Einige Kurzfortbildungen sind geplant.



## BGR unterstützt Entwicklungsländer bei Erweiterung maritimer Souveränitätsrechte

Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) hilft die BGR seit 2007 erfolgreich Entwicklungsländern bei der Festlegung der äußeren Grenzen ihrer Festlandsockel gemäß dem Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen. Das Projekt trägt dazu bei, die Rechtsgrundlage für eine spätere exklusive Nutzung der Rohstoffe des Meeresbodens durch die Länder in den Erweiterungsgebieten zu schaffen. Damit leistet Deutschland einen wichtigen Beitrag zur künftigen wirtschaftlichen Entwicklung dieser Staaten.

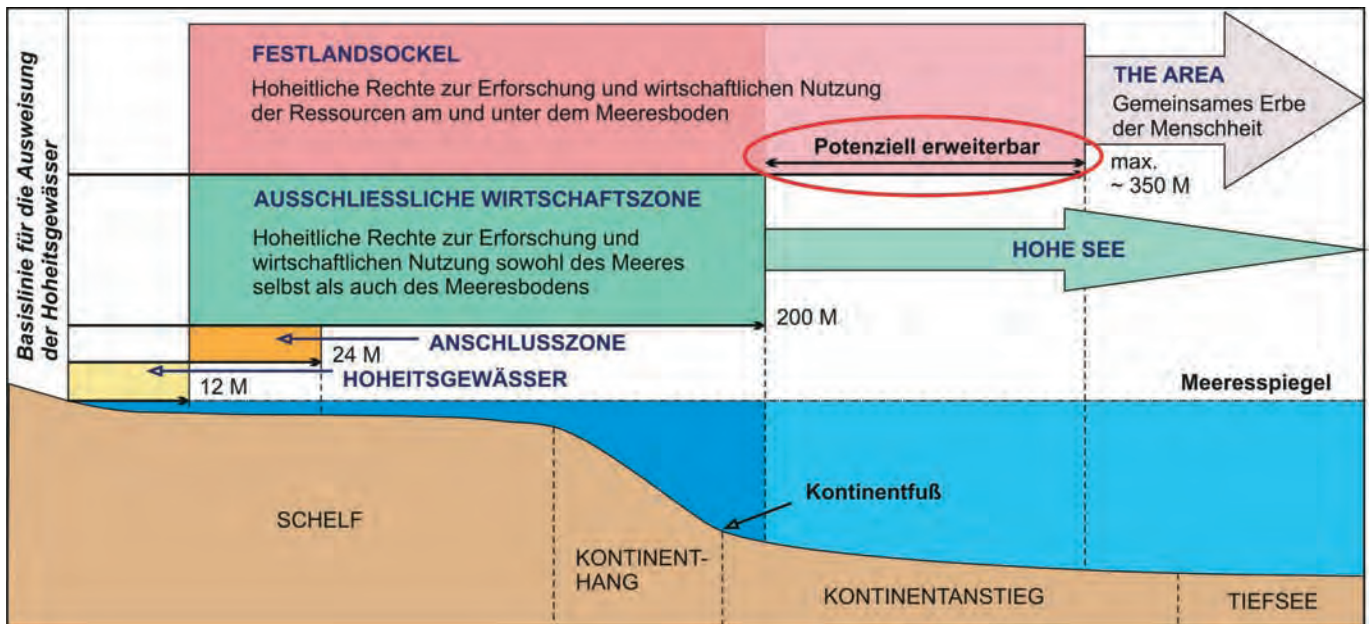
Das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (UNCLOS – United Nations Convention on the Law of the Sea) definiert u. a. verschiedene maritime Zonen mit abgestuften Nutzungs- und Souveränitätsrechten. Gemäß Artikel 76 haben Küstenstaaten unter bestimmten geologischen Bedingungen Anspruch auf einen erweiterten Festlandsockel jenseits der 200 Seemeilen-Grenze. „Zum Nachweis seiner Ansprüche muss der jeweilige Küstenstaat eine umfangreiche Dokumentation zur Geologie und Geophysik seines Kontinentrandes mit detaillierten meeresgeowissenschaftlichen Daten zur Wassertiefe und zur Stärke der Sedimentschichten bei der zuständigen Expertenkommission zur Prüfung vorlegen“, erklärt BGR-Projekt Koordinatorin Dr. Snježana Žarić. „Erst nach erzieltm Konsens kann der jeweilige Staat diese Seegebiete völkerrechtlich bindend ausweisen“, betont Geologin Žarić.

„Viele Entwicklungsländer sind allerdings aufgrund mangelnder finanzieller und technischer Möglichkeiten sowie fehlender Expertise allein nicht in der Lage, die erforderlichen Eingaben an die Kommission auszuarbeiten“, sagt die BGR-Projekt Koordinatorin. Bereits 12 Länder haben deshalb im Rahmen des Sektorvorhabens „Umsetzung der Seerechtskonvention (UNCLOS)“ die von der BGR angebotene Beratung und Unterstützung in Anspruch genommen: Angola, Bangladesch, Chile, Côte d'Ivoire, Ghana, Guyana, Kap Verde, Komoren, Mosambik, Philippinen, Tansania und Vietnam.

Ausmaß und Art der Unterstützung durch die BGR sind auf den spezifischen Beratungsbedarf der einzelnen Länder ausgerichtet. Partner sind hierbei die zuständigen Ministerien und Fachinstitutionen, z. B. staatliche Erdölgesellschaften. Die Maßnahmen reichen von der Beratung in wissenschaftlich-technischen Angelegenheiten über die Hilfe bei der Zusammenstellung, Erhebung und Auswertung relevanter Daten bis zur Durchführung spezialisierter Trainingskurse und der Unterstützung bei der Ausarbeitung der bei der Kommission einzureichenden Dokumentation. Hierzu nutzt die BGR ihre in über 40 Jahren Meeresforschung erworbene Expertise bei der Untersuchung der Kontinentränder und bei der Gewinnung und Auswertung seegeophysikalischer Daten.

Darüber hinaus wurden im Rahmen des Sektorvorhabens Aus- und Fortbildungsmaßnahmen der Kooperationspartner des Projekts, der Abteilung für Meeresangelegenheiten und Seerecht der Vereinten Nationen (UN Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea, DOALOS) sowie des UNEP Shelf Programmes (GRID-Arendal, Norwegen), personell und finanziell unterstützt. Dabei wurden insgesamt rund 150 Teilnehmer aus 35 Entwicklungsländern in 5 sub-regionalen Trainingskursen (südliches und westliches Afrika, Südost-Asien und Karibik) umfassend über die rechtlichen und wissenschaftlich-technischen Voraussetzungen und die zur Ausarbeitung der Eingabe notwendigen Fachaufgaben informiert.

Derzeit ist eine Laufzeitverlängerung des Projektes bis Ende 2013 geplant. „Damit würde die BGR auch in den kommenden Jahren einen Beitrag zu einer gerechten Umsetzung des Seerechtsübereinkommens und damit zu mehr Chancengleichheit unter den Ländern leisten können“, so BGR-Projekt Koordinatorin Žarić.



Schematischer Querschnitt vom Schelf bis zur Tiefsee. Die einzelnen, durch die Seerechtskonvention festgelegten, maritimen Zonen sind farblich unterschieden.



BGR-Experte Michael Schauer mit ghanaischen Partnern bei der Auswertung von Daten.



## BGR und Paraguay: 20 Jahre geowissenschaftliche Partnerschaft

Die BGR und Paraguay haben im Jahr 2010 das 20jährige Jubiläum ihrer Technischen Zusammenarbeit (TZ) gefeiert. Zum Festakt in Paraguays Hauptstadt Asunción waren mehr als 100 Vertreter aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Gesellschaft eingeladen. In ihren Festreden würdigten Paraguays Umweltminister Oscar Rivas, Deutschlands Botschafter Dietmar Blaas und BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel die erfolgreiche geowissenschaftliche Kooperation.

Die langjährige Zusammenarbeit zwischen den Geowissenschaftlern der BGR und den Experten in Paraguay sei ein wegweisendes Beispiel für eine moderne Partnerschaft zwischen zwei Ländern, erklärte Umweltminister Rivas. BGR-Präsident Kümpel verwies in seiner Festrede auf das Ziel der Entwicklungszusammenarbeit: „Wir wollen unsere Partnerländer bei ihrer ökonomischen und sozialen Entwicklung mit technischen Kenntnissen und modernen Instrumenten unterstützen. Dies ist in Paraguay in den vergangenen 20 Jahren sehr gut gelungen.“

Zum Festakt waren auch viele ehemalige Weggefährten aus TZ-Projekten der vergangenen 20 Jahre gekommen. Seit 1990 arbeiten Geowissenschaftler der BGR im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit in Paraguay. Sie unterstützen ihre paraguayischen Kollegen vor allem bei der geologischen Landesaufnahme, der Erkundung von Rohstoffvorkommen sowie bei der Bearbeitung umweltgeologischer Fragestellungen. Aktuell engagieren sich die BGR-Fachleute in Projekten zum Wasserschutz und in der Raumplanung.

So führten die Wissenschaftler gemeinsam mit der zuständigen Wasserbehörde im paraguayischen Chaco Untersuchungen zum Grundwasserschutz und zur Verbesserung der Trinkwasserversorgung, insbesondere der indianischen Urbevölkerung durch. Sie berieten ihre südamerikanischen Projektpartner bei der Anlage kleiner Wasserreservoirs, so genannter Tajamare, beim Bau von Zisternen und bei der Verlegung von Wasserleitungen in Trockengebiete.

Im Mittelpunkt der gegenwärtigen Projekte mit dem paraguayischen Umweltministerium steht eine umweltgerechte Raumplanung sowie ein nachhaltiger Ressourcenschutz. Schwerpunkt der Zusammenarbeit ist eine Verbesserung des Gewässer-, Boden- und Landschaftsschutzes. So helfen die drei aktuell in Paraguay beschäftigten BGR-Experten bei der Identifizierung von Standorten für Mülldeponien und unterstützen ihre südamerikanischen Partner bei der Ausarbeitung der erforderlichen Genehmigungs- und Betriebsverfahren. Beteiligt an diesem Vorhaben, das bis Ende 2011 läuft, sind die paraguayischen Städte Coronel Oviedo, Caaguazú, Villarrica und Areguá sowie die beiden Regionalregierungen von Guairá und Caaguazú.



*Festakt in Paraguays Hauptstadt Asunción.*



**Die kürzlich erschienene CD-ROM „Paraguay – Deutschland: Technische Zusammenarbeit auf dem Geo-Sektor“ ist kostenlos zu beziehen bei Franca Schwarz, Fachbereichsleiterin „Internationale Zusammenarbeit“: [Franca.Schwarz@bgr.de](mailto:Franca.Schwarz@bgr.de)**

## Studie zur Rohstoffsituation in Russland

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat anlässlich der 2. Deutsch-Russischen Rohstoffkonferenz am 27. und 28. März 2009 in St. Petersburg eine Kurzstudie mit dem Titel ‚Die Rohstoffindustrie der Russischen Föderation‘ vorgelegt. In der Studie werden das Rohstoffpotenzial, die Bergbauindustrie, der Rohstoffhandel und deren Entwicklungen analysiert. Mineralische Rohstoffe und Energierohstoffe nehmen in Russland eine wirtschaftliche Schlüsselstellung ein.

Bereits seit Anfang der 1990er Jahre arbeiten Experten der BGR mit russischen Geologen auf dem Gebiet der Lagerstättenforschung zusammen. So untersuchten Wissenschaftler beider Länder während mehrerer Expeditionen in die Laptev-See und in angrenzende Regionen Ostsibiriens die geologische Entwicklungsgeschichte, um daraus Rückschlüsse über lagerstättenbildende Prozesse, insbesondere zu Erdöl und Erdgas, ziehen zu können.



[www.bgr.bund.de/rohstoffindustrie-russ-foederation](http://www.bgr.bund.de/rohstoffindustrie-russ-foederation)

## BGR und Jordanien: 50 Jahre geowissenschaftliche Zusammenarbeit

Die BGR und das Haschemitische Königreich Jordanien feierten im Jahr 2009 das 50-jährige Jubiläum der Internationalen Zusammenarbeit. Aus diesem Anlass fand am 11. Mai 2009 in der jordanischen Hauptstadt Amman ein Festakt mit rund 100 Repräsentanten aus Politik, Wissenschaft, Gesellschaft sowie Vertretern der Internationalen Zusammenarbeit statt. Begrüßt wurden die Gäste von Seiner Majestät Prinz Faisal von Jordanien.

An der Festveranstaltung nahmen neben dem Präsidenten der BGR, Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel, auch der jordanische Minister für Wasser und Bewässerung, Raed Abu Soud, und der Deutsche Botschafter in Jordanien, Dr. Joachim Heidorn, teil.

„Das Jubiläum markiert einen wichtigen Meilenstein in der Geschichte der Internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Rohstoffforschung und angewandten Beratung. Rohstoffgeologische Arbeiten in Jordanien waren das erste Projekt auf diesem Gebiet, das die damals neu gegründete Bundesanstalt im Auftrag der Bundesregierung übernahm. Daraus entwickelte sich eine dauerhafte Partnerschaft, die zur Erfolgsgeschichte wurde“, so BGR-Präsident Kümpel. So wird im Rahmen der Jubiläumsveranstaltungen in Amman am 12. Mai 2009 ein neues Projektabkommen unterzeichnet, das die deutsch-jordanische Zusammenarbeit fortsetzt. Finanziert wird es – wie die meisten der bisherigen Vorhaben – vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

„Die Kooperation zwischen der BGR und Jordanien ist auch ein Beispiel dafür, wie sich die Internationale Zusammenarbeit der BGR im Verlauf der vergangenen 50 Jahre verändert hat“, so Kümpel. „Zu Beginn standen vorrangig Interessen zur Versorgung Deutschlands mit industriell nutzbaren Rohstoffen im Vordergrund.“ BGR-Experten bauten gemeinsam mit ihren jordanischen Kollegen in den ersten beiden Jahrzehnten die Jordan Natural Resource Authority (NRA) auf. Bei Kartierungsarbeiten zur geologischen Landesaufnahme wurden u. a. bedeutende Phosphat-Lagerstätten erkundet. Noch heute exportiert Jordanien Phosphate und andere Düngemittel nach Deutschland.

Mit zunehmender Fachexpertise auf jordanischer Seite veränderte sich die Art der Zusammenarbeit. Heute liefert die BGR in erster Linie Beratungsleistungen. Doch auch bei geowissenschaftlichen Projektinhalten gibt es inzwischen Schwerpunkte: Grundwassererkundung, Grundwasserschutz und effizientes Grundwasserressourcenmanagement sind die zentralen Themen der Zusammenarbeit der BGR mit dem im Jahr 1992 gegründeten (jordanischen) Ministerium für Wasser und Bewässerung (MWI).

## **„OneGeology“-Projekt: Europas Geologie hat eine gemeinsame Sprache**

Weiterer wichtiger Meilenstein für ‚OneGeology‘, die erste geologische Weltkarte im Internet: Die BGR hat gemeinsam mit 20 nationalen geologischen Diensten für die digitale Europa-Karte im Maßstab 1:1 000 000 eine einheitliche „Sprache“ zur Beschreibung der Geologie erarbeitet.

„Geologie kennt keine politischen Grenzen. Die gemeinsame Sprache sorgt dafür, dass wir in Europa überall die gleichen Begriffe verwenden – quasi Esperanto für Geologen“, erklärt Dr. Kristine Asch, BGR-Expertin für geologische Informationen und Karten und beim ‚OneGeology-Europe‘-Projekt (1G-E) Leiterin des Normungsprozesses.

Das Vokabular von 1G-E hilft, Unstimmigkeiten bei den geologischen Kartendaten zu vermeiden, z. B. an den Kartenrändern im Grenzbereich, den so genannten „Blattrandverschiebungen“. Es ist in 15 Kategorien aufgeteilt und umfasst insgesamt 516 Begriffe, Hierarchiekennungen, Definitionen, Quellen und Uniform Resource Names (URN). 1G-E ist zunächst in englischer Sprache abgefasst. Das Fachvokabular soll mittelfristig im Internet auch in anderen Sprachen zur Verfügung stehen.

Die umfangreichste Kategorie ist die Stratigraphie mit 197 Begriffen. Sie wurde nach dem weltweit etablierten ICS-Standard (International Commission on Stratigraphy) zusammengestellt. Das Zeitalter des Präkambriums (4,6 Milliarden bis 542 Millionen Jahre) wurde durch 27 neue Epochen ergänzt. Dies ist insbesondere für den skandinavischen Raum von Bedeutung, da hier aufgrund einer besonders großen Verbreitung präkambrischer Gesteinseinheiten eine feinere Unterteilung zum besseren Verständnis der Entwicklungsgeschichte nötig ist.

Weitere 163 Begriffe stehen für die Lithologie (Gesteine) zur Verfügung. Insgesamt 82 Begriffe dienen der Beschreibung der Genese (Entstehung), wobei dieses Vokabular in zwei Kategorien zur Abgrenzung von Ablagerungsbedingungen und Bildungsprozessen aufgeteilt ist. Für die Beschreibung von Metamorphiten (Umwandlungsgesteine) stehen Fazies (charakteristische Mineralassoziationen, die auf die Bildungsbedingungen schließen lassen) und Metamorphose-Grade (charakteristische Druck- und Temperatur Bereiche) zur Verfügung. Außerdem erfasst das neue Vokabular u. a. Strukturen, Störungen, Orogenesen (Gebirgsbildung) und Kontakttypen wie Eisrandlagen oder den Umriss einer vulkanischen Einbruchszone (Caldera).

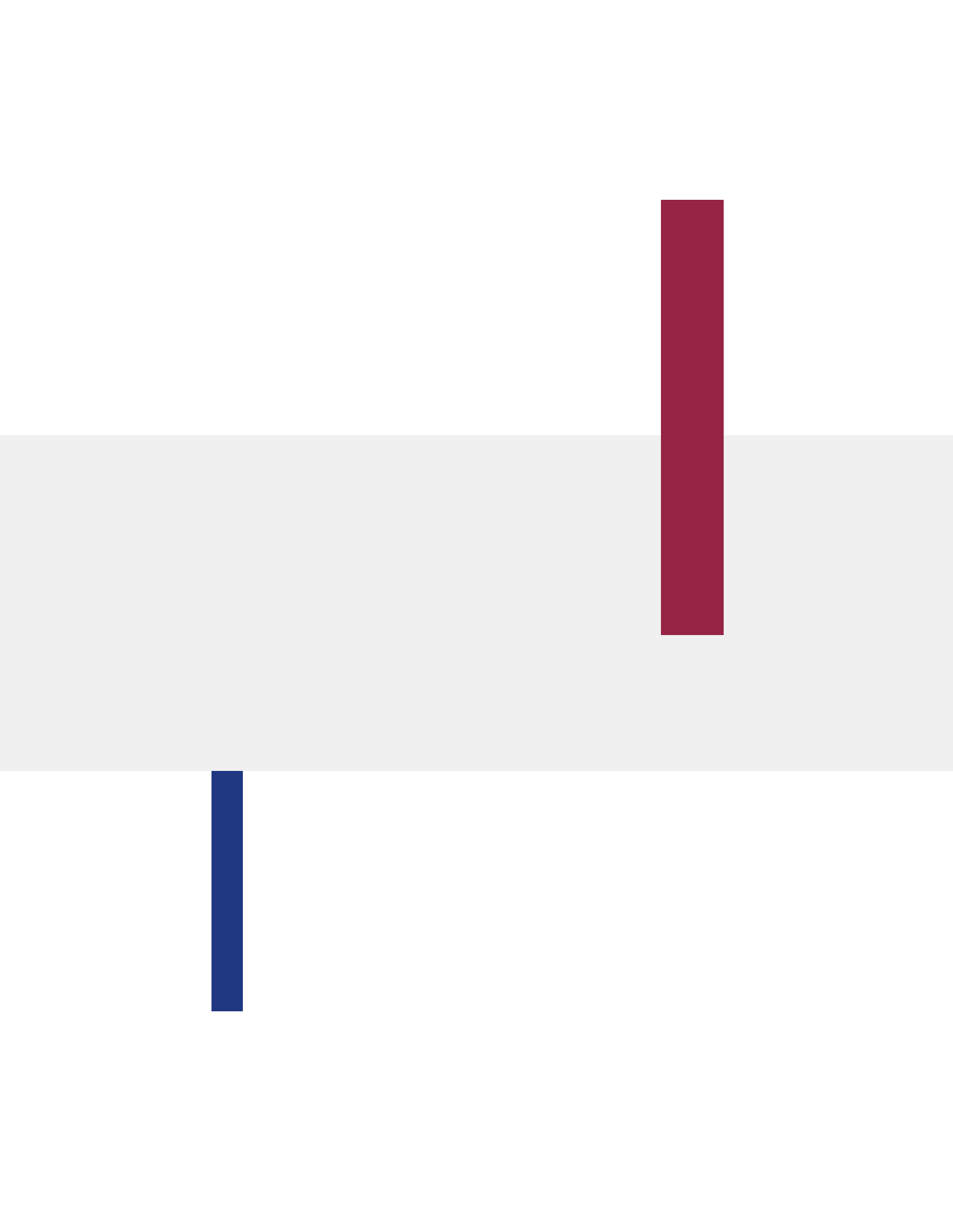
Das Normungsprojekt wird von der EU gefördert. Neben den 20 nationalen geologischen Diensten liefern auch 9 Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen als Projektpartner digitale Daten. 1G-E ist der erste Schritt auf dem Weg zu einer digitalen Weltkarte unter dem Titel ‚OneGeology‘. Das Internet-Projekt soll erstmals einen globalen Blick auf die Geologie des gesamten Planeten ermöglichen.

# Ausblick

**D**ie BGR bekennt sich zu den internationalen Entwicklungszielen und strebt die nachhaltige Reduzierung von Armut und Strukturdefiziten im Sinne der Millenniumserklärung der Vereinten Nationen an. Zentrale Bestimmungselemente der internationalen Zusammenarbeit der BGR werden weiterhin die Stärkung guter Regierungsführung, der Eigenverantwortung und der Selbsthilfekräfte in den Entwicklungsländern sein. Dies geschieht sowohl durch eine fach-

gerechte Bewertung der Ressourcenpotenziale, durch Schaffung der Voraussetzungen für eine Teilhabe der Gesellschaft an den Entwicklungsentscheidungen als auch durch eine institutionelle Stärkung und fachliche Kompetenzerweiterung staatlicher Entscheidungsstrukturen in den Sektoren Grundwassermanagement, Bodenschutz, Regionalentwicklung und Raumplanung, Energieressourcen, Nutzung mineralischer Rohstoffe, etc.





# *Polarforschung*



# Einführung

Die Polargebiete der Erde sind Schlüsselregionen für die Erforschung des Systems Erde. Ihre Bedeutung für die gesamte Menschheit hat nicht zuletzt das Internationale Polarjahr 2007-09 eindrucksvoll unterstrichen. Aufgrund ihrer Eisbedeckung und des extremen Klimas ist der Zugang zu den Polargebieten auch in unserer heutigen, hoch technisierten Welt nach wie vor schwierig. Aus diesem Grund stellen weite Teile der Polargebiete noch immer „weiße Flecken“ auf der geologischen Weltkarte dar.

Die Polargebiete haben eine weltweit einzigartige Entwicklungsgeschichte hinter sich, die dort ablaufenden geologischen, biologischen und klimatologischen Prozesse nehmen einen entscheidenden Einfluss auf das heutige Erdsystem. Wie diese Prozesse ineinander greifen ist jedoch nach wie vor nicht ausreichend bekannt. So bleibt die Erkundung der Polargebiete notwendig für ein Gesamtbild der Entwicklung und des geologischen Baus der Erdkruste einschließlich ihres Nutzungspotenzials sowie für das Verständnis des Zusammenwirkens von fester Erde, Ozeanen, Vereisung, Atmosphäre, orbitalen Veränderungen und Lebewelt. Nur wenn wir diese Zusammenhänge verstehen, lassen sich fundierte Prognosen erstellen, um wissenschaftlich und gesellschaftspolitisch auf zukünftige Veränderungen im globalen System reagieren zu können.

Die BGR betreibt seit 1979 festlandsgeologische Forschung in den Polargebieten. Damals startete sie ihre erste Landexpedition GANOVEX I (German Antarctic North Victoria Land Expedition), der bis heute neun weitere Expeditionen folgen sollten. Damals waren dort weite Gebiete im wahrsten Sinne des Wortes noch „weiße Flecken“ auf der geologischen Weltkarte. Manche heute gültige Modellvorstellung existierte damals noch nicht und wurde erst durch viele Einzeluntersuchungen und detaillierte Kartierungen entwickelt. Auf internationalen Kar-

tenblättern des nördlichen Victoria Landes haben so viele neue geographische Namen mit Bezug auf die Antarktisforschung der BGR (z.B. BGR Nevé, GANOVEX Range) Einzug gehalten. Als Reaktion auf die veränderten politischen Verhältnisse nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion führt die BGR außerdem seit 1992 das international erfolgreiche Programm CASE (Circum-Arctic Structural Events) in der bis heute noch weitgehend wenig erforschten Arktis durch. Aufgrund der nationalen Aufgabenteilung, bei der die BGR vor allem die terrestrische Komponente der geowissenschaftlichen Polarforschung übernommen hat, arbeitet die BGR verlässlich und dauerhaft mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) und den deutschen Hochschulen zusammen. Mit ihrer Polarforschung unterstützt die BGR die Bundesregierung bei der Verfolgung politischer Ziele wie der Sicherung des Konsultativstatus Deutschlands innerhalb des Antarktis-Vertragssystems und der Stärkung des Mitspracherechts Deutschlands bei wirtschafts-, umwelt- und forschungspolitischen Entscheidungen für die Arktis.

Mit der Planung, Organisation und Durchführung von geowissenschaftlichen Expeditionen, die auf breiter fachlicher Basis und in Kooperation mit in- und ausländischen Institutionen durchgeführt werden, liefert die BGR einen wichtigen Beitrag für die vornehmlich grundlagenorientierte geowissenschaftliche Polarforschung, zu der sich die Bundesrepublik Deutschland aus ihrer Mitverantwortung der globalen Umwelt gegenüber bekannt hat. Durch die Einbindung von geowissenschaftlichen Projekten der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in die BGR-Polarprogramme konnte über die Jahre eine interdisziplinäre Forschung aufgebaut werden, die international anerkannte Ergebnisse hervorgebracht hat. Dies wird auch in künftigen Jahren die Arbeit der BGR-Polarforschung entscheidend prägen.

## AGAP und GANOVEX X: Geowissenschaftliche Spurensuche in der Antarktis

Seit 1979 untersuchen Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler der BGR in Zusammenarbeit mit deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie ausländischen Institutionen Aufbau und Entwicklung der Antarktis.

Der geographische Schwerpunkt der Antarktisaktivitäten der BGR liegt im Nord-Viktoria-Land und der Rossmeer-Region der Westantarktis im Rahmen des Forschungsprogramms GANOVEX („German Antarctic North Victoria Land Expedition“). Daneben organisierte die BGR Expeditionen in den Bereich der Ostantarktis, in die Shackleton Range oder das zentrale Transantarktische Gebirge. Gemeinsames Ziel dieser Aktivitäten ist die Untersuchung der Kontinente und ihrer Ränder, um Aufschlüsse über die Frühgeschichte der Erde zu erhalten, insbesondere über die Bildung des Superkontinents Gondwana und dessen Vorläufer Rodinia, aber auch über deren Zerfall und die Herausbildung des heutigen antarktischen Kontinents mit seinen Schelfgebieten. Die BGR trägt damit wesentlich zu den angestrebten wissenschaftlichen Hauptzielen der deutschen Antarktisforschung bei.

Die Forschungsaktivitäten der BGR in der Antarktis sind in zum Teil langfristige internationale Kooperationsverträge und Abkommen eingebunden. Gemeinsam mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) hält die BGR den Konsultativstatus Deutschlands innerhalb des Antarktisvertrages und ist damit verpflichtet, regelmäßige Forschungsexpeditionen in die Antarktis durchzuführen. Es existiert hier eine Aufgabenteilung zwischen AWI und BGR. Der BGR fällt insbesondere die terrestrische geowissenschaftliche Komponente der Antarktisforschung zu. Durch Nutzung der BGR-Logistik konnten zudem zahlreiche geowissenschaftliche Programme von universitären Gruppen, die über das Schwerpunktprogramm „Antarktisforschung und vergleichende Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurden, überhaupt erst realisiert werden.

### Das internationale AGAP-Projekt

Gemeinsam mit Kollegen aus insgesamt sechs Nationen waren Wissenschaftler der BGR zwischen Dezember 2008 und Februar 2009 an der internationalen Expedition AGAP („Antarctica's Gamburtsev Province“) beteiligt, die zu den zentralen Forschungsprojekten im Internationalen Polarjahr zählte. AGAP fand in einer der am schwersten erreichbaren Regionen der Antarktis statt, gelegen am höchsten und vermutlich kältesten Ort der Ostantarktis unweit des „Pols der Unzugänglichkeit“. Dort liegt unter der polaren Eiskappe das über 300 000 km<sup>2</sup> große Hochgebirge der Gamburtsev Mountains, die seit ihrer Entdeckung während des Internationalen Geophysikalischen Jahr es 1957–58 kaum untersucht worden sind. Ob sie ein einfaches Hochland darstellen oder alpinen Charakter haben und

aus welchen Gesteinen sie bestehen war bisher vollkommen unklar. Auch warum an dieser Stelle überhaupt ein derartiges Hochgebirge existiert: Denn aufgrund des hohen Alters der ostantarktischen Kruste würde man eher eine wenig ausgeprägte Morphologie erwarten, so wie dies vom Kanadischen Schild bekannt ist. Hat vielleicht ein so genannter „Heißer Fleck“, wie unter der Hawaii-Vulkankette, zu ihrer Entstehung beigetragen? Die Erforschung der geologischen Struktur der „Gamburtsev Mountains“ war deshalb eines der herausragenden Ziele für das Internationale Polarjahr.

Auch die Verbindung mit anderen Strukturen, wie den subglazialen Seen oder Grabenbruchsystemen, war unbekannt. Seit Mitte der 1990er Jahre sind zahlreiche Seen unter dem antarktischen Eispanzer entdeckt worden. Deren bekanntester Vertreter ist der Lake Vostok, dessen Ursprung und Entwicklung Gegenstand intensiver Diskussionen sind. Die Beziehung der Gamburtsev Mountains zum benachbarten Lambert-Grabenbruchsystem und den tektonischen Strukturen in der Prydz Bay an der antarktischen Küste war ein weiteres Ziel des AGAP-Projekts. Der Lambert-Graben erstreckt sich über eine Länge von über 1000 km von den Gamburtsev Mountains bis zum Amery Eisschelf und in die Prydz Bay und wird als inaktiver Ast eines Tripelpunktes der Antarktischen Platte angesehen. Er beherbergt außerdem das weltweit größte Glazialsystem: den 40-50 km breiten und 500 km langen Lambert-Gletscher.

Aber nicht nur geologische Aspekte waren bei AGAP von grundlegendem Interesse. So wurden viele wichtige Daten gesammelt, die Aufschluss über die Entwicklung des ostantarktischen Eisschildes geben können. Es wird vermutet, dass in den Gamburtsev Mountains die große Vereisung der zentralen Antarktis vor etwas mehr als 30 Millionen Jahren ihren Ausgang nahm: Von besonderem Interesse ist hier der zeitliche Zusammenhang zwischen der Hebung der Gamburtsev Mountains und der Bildung des Inlandeises. Hatte also der ostantarktische Eisschild dort tatsächlich seinen Ursprung?

Das AGAP-Projekt war aufgrund der großen Entfernungen zu den Küstenstationen sowie der auch im antarktischen Sommer extremen Temperaturen von bis zu -35 Grad Celsius eine logistische Herausforderung. Möglich war die Realisierung des Projekts nur durch die gemeinsame Anstrengung der beteiligten Länder. Zunächst wurde das Personal mit Großflugzeugen zur Südpol-Station „Amundsen-Scott“ gebracht. Der Aufenthalt hier diente der Akklimatisierung an die großen Höhen im Zielgebiet. Das Hauptcamp „AGAP S“, von dem die BGR-Wissenschaftler aus operierten, lag in 3500 m Höhe und 630 km vom Südpol entfernt. Das zweite Basislager „AGAP N“ befand sich in 3000 m Höhe weitere 800 km nördlich. Eine besondere Leistung war die Versorgung mit Treibstoff, die per Schlitten vom Südpol nach „AGAP S“ erfolgte, während C17-Transportmaschinen die Treibstoffässer mit Fallschirmen am Ort des später dort eingerichteten „AGAP N“ abwarfen.



Das Team aus den USA, Großbritannien, Australien, China, Japan und Deutschland nahm im Untersuchungsgebiet des AGAP-Projekts umfassende geophysikalische Vermessungen vor – sowohl am Boden als auch aus der Luft. Dabei wurden das Magnetfeld und das Schwerfeld sowie die Eismächtigkeit untersucht. Außerdem gehörten seismologische Beobachtungen zum Forschungsprogramm.

Für die aerogeophysikalischen Untersuchungen – Schwerpunkt der BGR-Arbeiten bei diesem Projekt – wurden vom „US Antarctic Program“ und vom „British Antarctic Survey“ zwei Flugzeuge vom Typ „Twin Otter“ eingesetzt. Bei den insgesamt 110 Messflügen wurden über 100.000 Kilometer zurückgelegt, also praktisch mehr als zweimal um die Welt. Die Untersuchungen deckten rund 240.000 Quadratkilometer ab – das entspricht etwa zwei Drittel der Fläche Deutschlands.

Erste Hinweise aus den gewonnenen Radardaten lassen bei den Gamburtsev Mountains auf ein relativ junges Gebirge wie die Alpen schließen, das relativ schnell vergletschert worden ist. Während die größten Eisdicken am südlichen Rand des Messgebietes bei 3 500 bis 4 000 m liegen, nehmen die Mächtigkeiten des Eises über den Gebirgsspitzen im nördlichen Untersuchungsgebiet auf unter 500 m ab. Im Zusammenhang mit der Auswertung des gewonnenen Datenmaterials erhofft sich das Team auch neue Aufschlüsse über den Klimawandel. Das Projekt bündelt auf einzigartige Weise das wissenschaftliche Know-how eines internationalen Forschungsteams mit dem Ziel, Antworten auf grundlegende Fragen zur Natur und zur Entwicklung des südlichsten Kontinents zu erhalten.

## GANOVEX X: Von Gondwana zum heutigen Südkontinent

Im Südsommer 2009/10 führte die BGR im Rahmen des Forschungsprogramms GANOVEX geologische und geophysikalische Untersuchungen zur Krustenstruktur und tektonischen Entwicklung des Nord-Viktoria-Landes durch. Die Expedition war nicht nur die zehnte des weltweit anerkannten GANOVEX-Programms, sondern fand im dreißigsten Jahr nach der ersten Expedition und des Beitritts der Bundesrepublik Deutschland zum Antarktisvertrag im Jahre 1979 statt. Übergeordnetes Ziel war es, detaillierte Erkenntnisse über die geodynamischen Prozesse zu gewinnen, die zur Entwicklung des heutigen antarktischen Kontinents geführt haben und die uns helfen, auch heutige Prozesse während der weiterhin andauernden Veränderungen der antarktischen Platte besser verstehen zu lernen..

In der Frühzeit des Gondwana-Kontinents existierte im Nord-Viktoria-Land ein den heutigen Anden vergleichbares Hochgebirge, das in der Fachsprache als Ross-Orogen bezeichnet wird. Es entstand wie die rezenten Anden dadurch, dass sich die schwerere pazifische Platte unter die leichtere Kontinentalplatte Gondwanas geschoben hat. Dieses 500 Millionen Jahre alte Hochgebirge, war nach seiner Entstehung intensiver Abtragung ausgesetzt und wurde innerhalb geologisch relativ kurzer Zeit wieder vollständig eingeebnet. Das Erscheinungsbild Gondwanas war daraufhin über beinahe 300 Millionen Jahre

durch ausgedehnte, flache und von weit verzweigten Flusssystemen durchzogene Becken gekennzeichnet. In diesen Becken haben sich immer wieder auch kleinere und größere Seen gebildet. Die zugehörigen Ablagerungen werden im Nord-Viktoria-Land als Beacon-Formation bezeichnet. Sie findet ihr Ende in der Jurazeit, als Gondwana vor 180 Millionen Jahren Sprünge und Risse bekam und in allen Gondwana-Teilen großflächige vulkanische Schmelzen hervortraten, so genannte Flutbasalte. Diese werden im Nord-Viktoria-Land als Ferrar-Vulkanite bezeichnet.

Insgesamt 18 Wissenschaftler sowie Techniker und Logistikkräfte waren an der Expedition beteiligt. Bei der Untersuchung der eis- und schneebedeckten Gebiete wurden geologische und geophysikalische Arbeitsmethoden kombiniert. Hierzu gehörten Einzelprojekte aus den Bereichen Sedimentologie, Geobiologie, Geochemie, Petrologie, Strukturgeologie und Thermochronologie sowie aerogeophysikalische und gravimetrische Messungen. Neben dem BGR-Personal nahmen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universitäten Bremen, Düsseldorf, Jena, München und Newcastle (Australien) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt teil. Logistisch wurde die Expedition in Kooperation mit dem italienischen Antarktisprogramm durchgeführt. Aufgrund der Begleitung der Expedition durch ein Medienteam war GANOVEX X in Fernsehen, Hörfunk, Printmedien und im Internet über die gesamte Expeditionsdauer und darüber hinaus präsent. Dadurch bot sich die einmalige Gelegenheit, die Aktivitäten und das erworbene Wissen aus der Polarforschung in die Gesellschaft zu tragen.

Die Expedition beinhaltete ein ambitioniertes und logistisch aufwendiges Programm und wurde über die gesamte Dauer von vier verschiedenen Lokationen aus durchgeführt. Hauptbasis war die Gondwana-Station der BGR in der Terra Nova Bucht des Rossmeeres, nicht weit entfernt von der italienischen Mario Zucchelli-Station. Von dort aus wurden die verschiedenen Programme aus logistisch koordiniert und einzelne Forschungsprojekte durchgeführt. Die Gondwana-Station ist eine reine Sommerstation und besteht in ihrer heutigen Form seit GANOVEX V (1988/89).

Etwa 300 km weiter nördlich, inmitten der einsamen Berg- und Gletscherwelt des Transantarktischen Gebirges, bearbeiteten Sedimentologen von mehreren kleinen Zeltlagern aus 300 bis 200 Millionen Jahre alte Sandsteinfolgen der Beacon-Formation. Diese entstanden in einer Zeit, als die Antarktis schon einmal von einem massiven Eispanzer bedeckt war, der aufgrund einer nachfolgenden globalen Erwärmung wieder vollständig abgeschmolzen ist. Eine große Anzahl an stratigraphischen Profilen wurde im Zentimeter- bis Dezimeterbereich sehr detailliert aufgenommen. Die Ergebnisse werden insgesamt zu einer völlig neuen Interpretation der bisher gültigen Stratigraphie und zu einem neuen Bild der geologischen und paläoklimatischen Entwicklung im späten Paläozoikum und im frühen Mesozoikum des Nord-Viktoria-Landes führen.

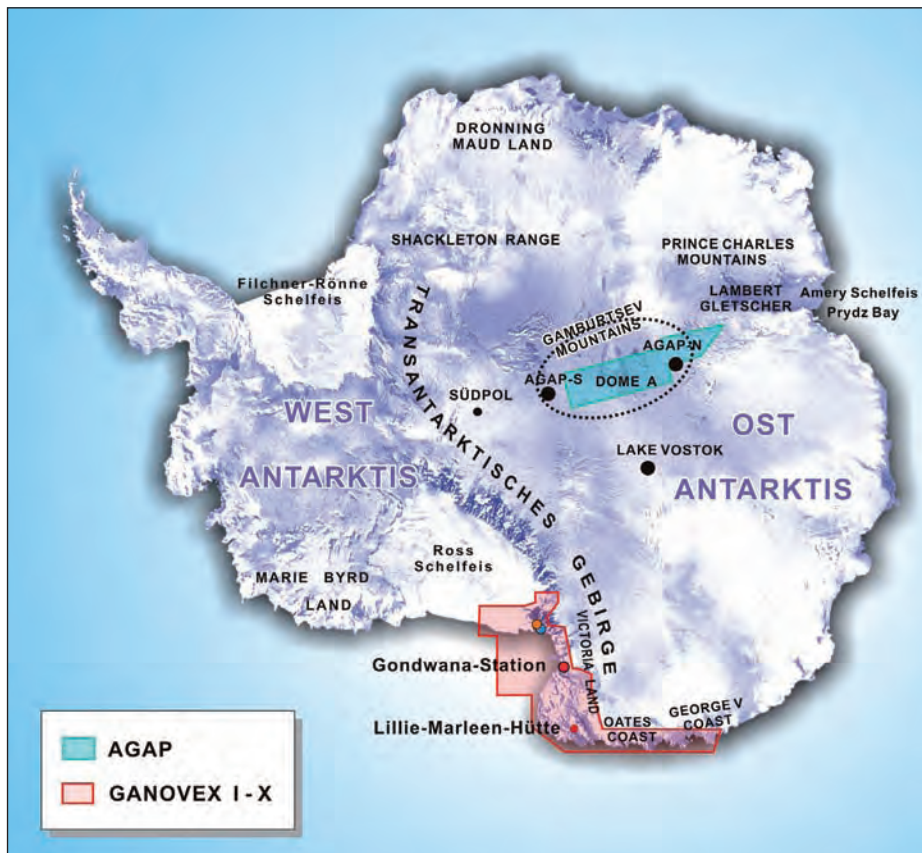
Die Geophysik operierte von einem größeren Basislager in der Mesa Range, 150 km nördlich der Gondwana-Station. Vor allem diente das Basislager als Ausgangspunkt für eine detaillierte aerogeophysikalische Befliegung des Gebietes, um die

Strukturen der unter dem Eis verborgenen Gesteine zu „scannen“. Bei 26 Messflügen mit insgesamt 56,5 Stunden Flugzeit wurden rund 7400 Profilkilometer über einem Gebiet von 3300 km<sup>2</sup> abgedeckt. Um gezielt geologische Feinstrukturen bestimmen zu können, hatten die Wissenschaftler den Fluglinienabstand diesmal auf 500 m reduziert. Mit Hilfe dieses engmaschigen Messnetzes sind Gesteinsschichten und Störungszonen unter dem Eis auszumachen. Das Ergebnis dieser Befliegung ist eine hochauflösende Karte des magnetischen Feldes. Die magnetischen Muster unterstützen die Annahme, dass es sich bei der Mesa Range um die Reste einer ehemals größeren Flutbasalt-Ebene der jurassischen Ferrar-Vulkanite handelt. Es konnten keinerlei Hinweise auf vulkanische Zufuhrschlote gefunden werden, die nach einer älteren Befliegung aufgrund zirkulärer Anomalien an einigen Stellen vermutet worden waren. Danach sind die Quellen der Vulkanite nicht lokal zu suchen, sondern liegen weit außerhalb des Untersuchungsgebietes.

Ebenfalls in der Mesa Range wurden paläomagnetische Untersuchungen an den dortigen jurassischen Ferrar-Flutbasalten durchgeführt. Diese dienen der Bestimmung der Paläopolage der Antarktis vor etwa 180 Millionen Jahren. Die massive Eruption der basaltischen Magmen und die damit verbundene Freisetzung von Klimagasen und Staub in die Atmosphäre könnte mit einer Ursache für eines der größeren Aussterbe-Ereignisse im Laufe der Erdgeschichte gewesen sein, welchem der Ferrar-Vulkanismus zeitlich unmittelbar vorausgegangen wäre. Schließ-

lich wurden strukturgeologische, petrologische und thermochronologische Arbeiten von der Gondwana-Station und vom Expeditionsschiff „M/V Italica“ aus im Inland und entlang des nördlichen Abschnitts der Rossmeer-Küste durchgeführt. Das Forschungsschiff war gemeinsam mit dem italienischen Antarktisprogramm gechartert worden. Das Nord-Viktoria-Land ist von extremen landschaftlichen Gegensätzen geprägt. Einer ausgeprägten Plateau- und Hügellandschaft stehen hochalpine Gipfel gegenüber. Die Entstehung dieser Landschaftsformen und welche Prozesse dabei ineinandergreifen war eines der Hauptziele von GANOVEX X: Welchen Einfluss hatte die Vereisung des antarktischen Kontinents, welche Rolle spielte die Heraushebung des Transantarktischen Gebirges, und wie wirkte sich Art und Beschaffenheit der Gesteine aus? Klimatische Entwicklung und Tektonik hängen im Nord-Viktoria-Land eng zusammen. Erst durch die vor etwas mehr als 30 Millionen Jahren einsetzende vollständige Abtrennung Australiens und Südamerikas von Antarktika konnte sich der zirkumantarktische Ring kalter Ozeanströmungen ausbilden. Gerade diese Isolierung des Südkontinents aber hatte einen entscheidenden Einfluss auf das globale Klimasystem.

Mit diesen Arbeiten in der Antarktis leistet die BGR einen bedeutenden Beitrag zur Klärung der Rolle der Polarregionen bei globalen Veränderungen des Systems Erde von der Vergangenheit bis in die Zukunft und deren Auswirkungen auf die Lebensbedingungen der Menschen.



Lage der Arbeitsgebiete von GANOVEX I-X und AGAP.

## Antarktika: Entstehung eines Kontinents

Im Laufe seiner Entwicklung war Antarktika nicht immer ein eigenständiger Kontinent, sondern Teil größerer Landmassen. So lag Antarktika im zentralen Teil des Superkontinents Rodinia, der sich vor etwa 1,1 Milliarden Jahren während eines globalen Großereignisses bildete und vor etwa 800-700 Millionen Jahren wieder zu zerfallen begann. Im Rahmen dieses Zerfallsprozesses löste sich damals das direkt an die Antarktis angrenzende Nordamerika aus dem Rodiniaverband heraus, zunächst durch die Bildung eines kontinentalen Grabenbruchs. Dieser erweiterte sich später zu einem Ozean, dem Paläo-Pazifik.

Ebenso bildete Antarktika das Kernstück des Gondwana-Kontinents, der vor etwa 600-500 Millionen Jahren durch die Kollision mehrerer Kontinentalschollen entstand und sämtliche heutige Südkontinente in sich vereinte. Gondwana existierte bis vor etwa 180 Millionen Jahren, als es – angezeigt durch gewaltige Basaleruptionen – wieder aufzubrechen begann. Nacheinander lösten sich Afrika, Indien, Australien und Südamerika von Antarktika ab, was letztendlich zu der heute isolierten Position des Kontinentes am Südpol und der Einstellung der gegenwärtigen globalen ozeanischen Strömungssysteme und klimatischen Bedingungen führte.



Die italienische ‚MIV Italica‘, Expeditionsschiff von GANOVEX X, vor Anker in der Terra Nova Bay des Rossmeeres.



Geologische Probennahme im Transantarktischen Gebirge.



Satelliten-Camp der Sedimentologen von GANOVEX X im Neall Massiv, ungefähr 300 km nördlich der Gondwana-Station.



Das bis über 4000 m hohe eisbedeckte Transantarktische Gebirge im Nordviktoraland, Hauptziel der Geowissenschaftler von GANOVEX X.



## Wissenschaftler untersuchen Geologie von Spitzbergen

**A**uch in unserer hoch technisierten Zeit gehört die Arktis noch zu den unzureichend erforschten Gebieten unseres Planeten. Die Abgelegenheit der Expeditionsgebiete, die vielen logistischen Probleme und die finanziellen Anforderungen sind nach wie vor große Herausforderungen für die Organisation von Expeditionen und die Untersuchung der Geologie rings um das Nordpolarmeer. Alles, was für das Leben auf einer Arktis-Expedition und für die Mobilität im Arbeitsgebiet gebraucht wird, muss je nach der Situation bis zu 1 000 km vom nächstgelegenen Hafen oder Flugplatz in das Untersuchungsgebiet transportiert werden.

Es wird viel davon gesprochen, dass in der Arktis etwa ein Viertel der verbliebenen Kohlenwasserstoffe der Welt liegen. Allerdings beruhen diese Annahmen auf statistischen Berechnungen – über weite Bereiche der Arktis, z. B. das breiteste Schelfgebiet der Erde vor der eurasischen Küste, gibt es bisher jedoch nur Mutmaßungen und kaum direkte geologische Daten. Das BGR-Projekt CASE setzt genau an dieser Stelle an: Ziel ist es, durch umfangreiche, detaillierte und vor allem von vielen Teildisziplinen der Geowissenschaften unterstützte Untersuchungen in den zirkum-arktischen Landgebieten diese Lücke zu schließen. Dazu gehört nicht nur die Erforschung des Status-Quo, also des derzeitigen Aufbaus der Erdkruste, sondern besonders die Erforschung der Entwicklung dieser Areale im Laufe der letzten 1 000 Millionen Jahre. Wenn beispielsweise über die Kohlenwasserstoffpotenziale der arktischen Sedimentbecken spekuliert wird, muss die plattentektonische Konstellation bekannt sein, als sich die Sedimente in diesen Becken ablagerten. Denn im Verlauf der Kreide und besonders im Tertiär sind diese Sedimentbecken durch den Zerfall des Superkontinents Laurasia ebenfalls auseinander gerissen worden und bilden heute scheinbar isolierte Beckensysteme rund um das Nordpolarmeer. Aus diesem Grund ist es von großer Wichtigkeit, auch die geologische Entwicklung der älteren und tieferen Erdkruste zu studieren. Diese Entwicklung bildet die Grundlage für das Puzzle, das die Voraussetzungen für die Bildung möglicher Erdöl- und Erdgaslagerstätten widerspiegelt.

### Little CASE 2009 Spitzbergen: Nordaustlandet

Das Hauptziel der Arbeiten während der Expedition nach Nordaustlandet lag in der geologischen Kartierung dieses Gebiets im Rahmen des norwegischen Kartier-Programms NOMAP für Svalbard. Die bisher publizierten geologischen Karten haben zu falschen bzw. lückenhaften Interpretationen der Entwicklungsgeschichte dieses Raumes und seiner Korrelation mit anderen Gebieten in der Arktis geführt. Dieses Beispiel zeigt exemplarisch, wie wichtig auch heute noch eine sorgfältig geführte Kartierung unzureichend bekannter Gebiete ist. Erst eine möglichst genaue geologische Karte kann mit den begleitenden



*Mit russischen Geologen in der ertümlichen Landschaft an der Nordküste von Nordaustlandet unterwegs. Die Rumpfberge werden von 550 bis 1000 Millionen Jahre alten Sedimenten aufgebaut.*

strukturgeologischen Untersuchungen und der Ermittlung der geologischen Verbandsverhältnisse und der Altersbeziehungen die Basis für plattentektonische Interpretationen und Rekonstruktionen eines überregionalen Raumes wie der Arktis bilden.

Die BGR-Arbeiten, die in engem Zusammenhang mit früheren BGR-Expeditionen CASE 10 nach Spitzbergen (2007) und CASE 11 nach Pearya (2008) an die Nordküste von Ellesmere Island stehen, haben gezeigt, dass die Auswirkungen der kaledonischen Gebirgsbildung vor etwa 450 Millionen Jahren das prägende Ereignis im Nordosten des Svalbard-Archipels darstellt. Hier sind neoproterozoische Sedimentbecken und kaledonische Magmatite aufgeschlossen, die während der Spätphase der Kaledoniden von großräumigen Seitenverschiebungen erfasst wurden. Ähnliche Zusammenhänge sind während der BGR-Expedition „CASE 10“ auf Pearya erkannt worden. Damit steigen die Möglichkeiten, die plattentektonischen Konstellationen zu rekonstruieren, die zur Bildung des Superkontinents Laurussia bzw. Laurasia geführt haben. Auf diesem lagerten sich dann die karbonisch-alttertiären Sedimentbecken ab, die die wichtigsten Kandidaten für mögliche Erdöl- und Erdgaslagerstätten der Arktis darstellen.

### Little CASE 2009 Spitzbergen II: Isfjorden

Etwa 70 Sedimentproben wurden in den Aufschlüssen der Nebentäler des Isfjorden und der südlichen Adventdalen gesammelt und geochemisch untersucht. Die bisherigen Analysen zeigen, dass besonders triassische Tonsteine und Mergel der Vikinghøgda und Botneheia Formationen, die hohe Gehalte an organischem Material aufweisen und sich besonders in der Botneheia Formationen durch marines Material auszeichnen,





*Geologencamp auf der einsamen Tundra am Ende des Wahlenbergfjorden auf Nordaustlandet.*

als potentielle Muttergesteine der Region gelten müssen. Auch die im Jura marin abgelagerte Agardhfjellet Formation weist ein deutliches Muttergesteinspotenzial auf, während speziell jüngere Sedimente eher durch organisches Material von Landpflanzen geprägt sind.

Die thermische Reife des organischen Materials erreicht in der Unteren Trias bereits die Hauptbildungsphase für Erdöl, während sie in aufliegenden jüngeren jurassischen Sedimenten nur geringfügig niedriger ist. Sedimente der unteren Kreide (Helvetiafjellet Formation) erreichen den Beginn des so genannten Ölfensters im Isfjorden-Umfeld. Südlich des Adventdalen weisen Sedimente der unterkretazischen Carolinefjellet Formation sowie des Paläogen (Firkanten Formation) deutlich höhere Inkohlungswerte auf, die auf die tiefere Versenkung dieser Region zurückzuführen sind.

Neben der Probenahme für geochemische Analysen hinsichtlich der Kohlenwasserstoff-Potenziale der mesozoischen bis tertiären Sedimente des Spitzbergen-Beckens, wurden strukturgeologische Geländeaufnahmen durchgeführt. Während der Umstrukturierung der plattentektonischen Konstellation der Arktis und der Bildung des Nordpolarmeeres vor der Trennung von Grönland und des Barentsschelfs wurde die Westküste von Spitzbergen im Alttertiär vor etwa 40 Millionen Jahren von einer intensiven Deformation erfasst (West Spitzbergen Fold-and-Thrust Belts), die in geringerem Ausmaß auch das Innere des Spitzbergen Beckens betraf. In den während der Expedition „Little CASE 2009“ untersuchten triassisch-tertiären Sedimenten an der Nordküste des Nordenskiöld Landes sind Faltenstrukturen und Störungen entwickelt, die auf die alttertiäre Deformation zurückzuführen sind. Daneben sind Kluft- und Scherflächensysteme entwickelt, die die Falten und Störungen schneiden und spätere Seitenverschiebungen abbilden, die in Zusammenhang mit der Trennung Grönlands und Spitzbergens stehen. Damit könnte indirekt eine Datierung der Kohlenwasserstoff-Systeme in diesem Gebiet ermöglicht werden: die Schichten nahe der Störungen riechen nach Petroleum und bilden möglicherweise eine Wegsamkeit für die Migration von Kohlenwasserstoffen. Da die Deformation während der Entstehung des West Spitzbergen

Fold-and-Thrust Belts höchstwahrscheinlich im Eozän vor 40 Millionen Jahren stattfand, kann die Bildung möglicher Migrationssysteme als post-Eozän datiert werden.

Tatsächlich konnten anhand der geochemischen Untersuchungen Hinweise auf die Migration von Kohlenwasserstoffen gefunden werden, etwa in Sedimenten der Botneheia Formation, in deren Geländeaufschlüssen bereits Petroleumgerüche wahrgenommen wurden.

## Little CASE 2010: Ellef Ringnes Island

Aus Sicht der BGR hatte die Teilnahme an der kanadischen Expedition zwei Ziele: erstens, die strukturgeologische Untersuchung NNE-SSW und etwa E-W verlaufender Störungssysteme im Nordteil von Ellef Ringnes Island und zweitens, die Probenahme für geochemische Untersuchungen des KW-Potenzials mesozoischer Sedimente für einen Vergleich mit gleichaltrigen Sedimenten auf Spitzbergen und im Khatanga-Anabar-Gebiet in Sibirien.

Der strukturgeologische Teil der Expedition hing eng mit der Kinematik von Störungen zusammen, die Geologen der BGR auf Expeditionen nach Pearya am Nordrand von Ellesmere Island entdeckt haben („CASE 6, 7 und 11“). Dort sind großräumige Störungssysteme aufgeschlossen, die parallel zum heutigen passiven Kontinentrand Nordamerikas verlaufen. Vor den Geländeuntersuchungen erwarteten die BGR-Geologen



*Das feste Eis der Nordenskiöldbukta am Rande von Nordaustlandet Mitte Juli 2009. Der Blick geht von dieser einsamen Küste auf 80° nördlicher Breite ungehindert Richtung Nordpol, der nur noch 1 100 km entfernt ist.*

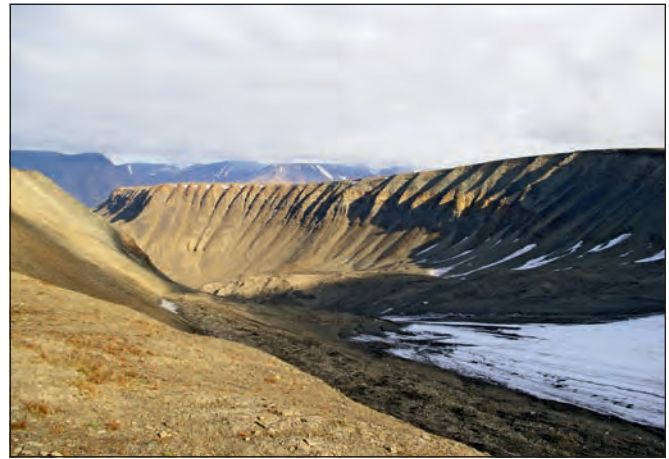
Linksseitenverschiebungen, allerdings zeigten die Untersuchungen auf Pearya, dass sämtliche Störungen ausschließlich rechtsseitige Bewegungen anzeigen, die im Widerspruch zu dem überregionalen tektonischen Regime stehen.

Aus diesem Grund waren die Störungen im Norden von Ellef Ringnes Island ein Ziel von „Little CASE 2010“, um festzustellen, ob die Tektonik in Pearya lediglich lokaler Natur ist. Die strukturgeologischen Arbeiten auf Ellef Ringens Island haben trotz der schlechten Aufschlussverhältnisse deutlich gezeigt, dass auch hier die Störungssysteme durch Rechtsseitenverschiebungen geprägt sind. Sie stellen die dominierenden Strukturen dar und müssen für die Entwicklung des heutigen passiven Kontinentalrands Nordamerikas während der Öffnung des Amerasischen bzw. Eurasischen Beckens eine bedeutende Rolle darstellen, obwohl die Ursache für diese „entgegen gesetzte“ Bewegungsrichtung nach wie vor völlig ungeklärt ist.

Die Insel Ellef Ringnes ist dadurch entstanden, dass Salzstöcke wie in Norddeutschland bei ihrem Aufstieg Gesteine aus der Tiefe an die Erdoberfläche herausgehoben haben. Diese mesozoischen Gesteine bilden in den umgebenden Meeresgebieten die Füllung des Sverdrup Beckens, in dem sehr große Erdgasvorkommen bekannt sind. Ellef Ringnes ist somit ein geologisches Fenster zum Aufbau und der Rohstoffgeologie des tiefen Sedimentbeckens. Während der Expedition 2010 wurden daher Gesteinsproben möglicher Muttergesteine von Erdöl und Erdgas gewonnen. Diese werden im Labor auf ihr Potenzial zur Erdöl- und Erdgasbildung und mögliche Spuren von Kohlenwasserstoffmigration hin untersucht. Die Ergebnisse aus diesen Messungen von Ellef Ringnes sind ein weiteres Puzzleteil in der Datenbank der BGR zum zirkumarktischen Muttergesteinspotenzial.

## Polarexpeditionen Little CASE 2009 und 2010

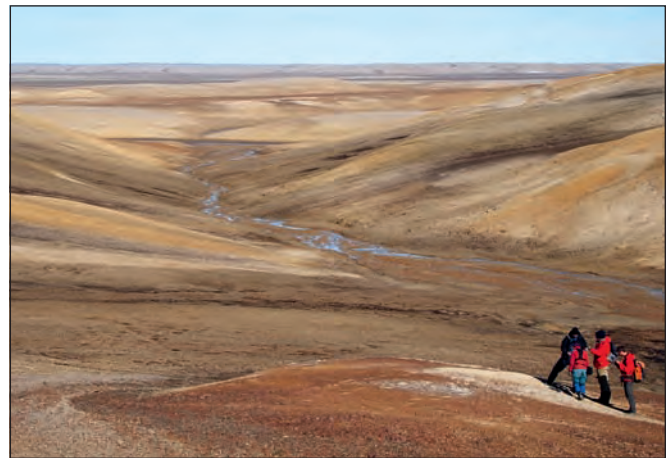
In den Sommern 2009 und 2010 waren Geologen der BGR im Rahmen des Projekts „Circum-Arctic Structural Events CASE“ auf drei Geländekampagnen in der Arktis unterwegs. Im Juli 2009 nahm die BGR an einer dreiwöchigen, vom Norsk Polarinstitut (NPI Tromsø) organisierten, Expedition auf die entlegene, nordöstlichste Insel des Svalbard-Archipels, Nordaustlandet, teil („Little CASE 2009 Spitzbergen I“). Im August desselben Jahres führte die BGR in Kooperation mit dem Karpinsky Geological Research Institut St. Petersburg (VSEGEI) Geländearbeiten an der Südküste des Isfjorden im Zentrum Spitzbergens östlich von Longyearbyen durch („Little CASE 2009 Spitzbergen II“). Im Juli 2010 war die BGR auf Einladung des Geological Survey of Canada (GSC Calgary) drei Wochen an einer Expedition auf Ellef Ringnes Island an Rande des Nordpolarmeeres in die kanadische Arktis beteiligt („Little CASE 2010 Ellef Ringnes Island“).



*Etwa 45 Millionen Jahre alte, horizontal geschichtete Sandsteine aus dem Tertiär am Larsbreen oberhalb der norwegischen Siedlung Longyearbyen (Spitzbergen).*

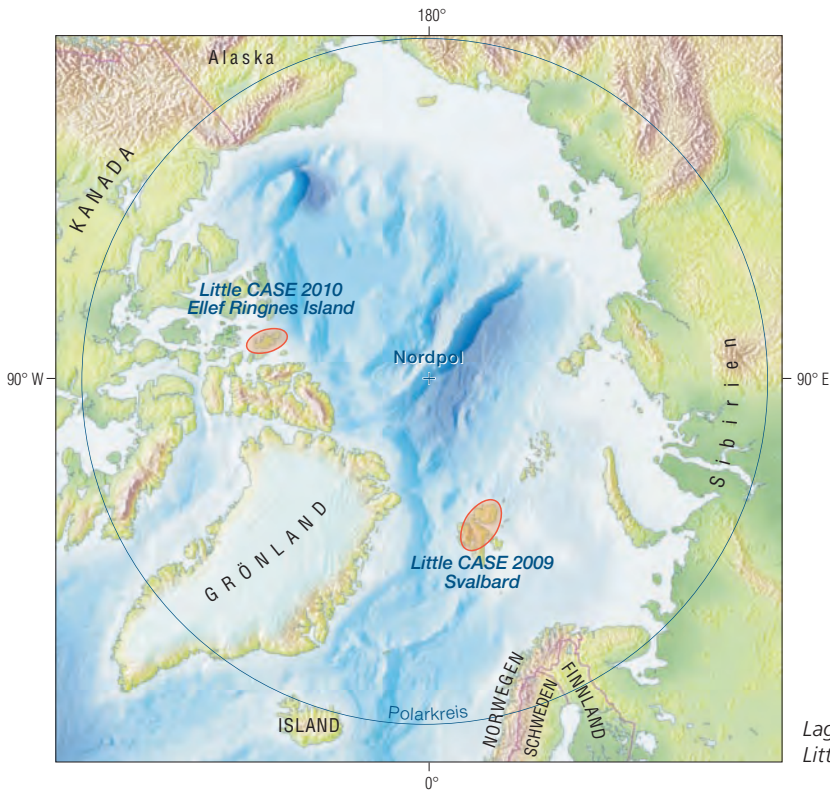


*Kanadische Geologen in etwa 200 Millionen Jahre alten Sandsteinen in der typisch eintönigen Landschaft von Ellef Ringnes Island am Rande des Polarmeeres im kanadisch-arktischen Archipel.*

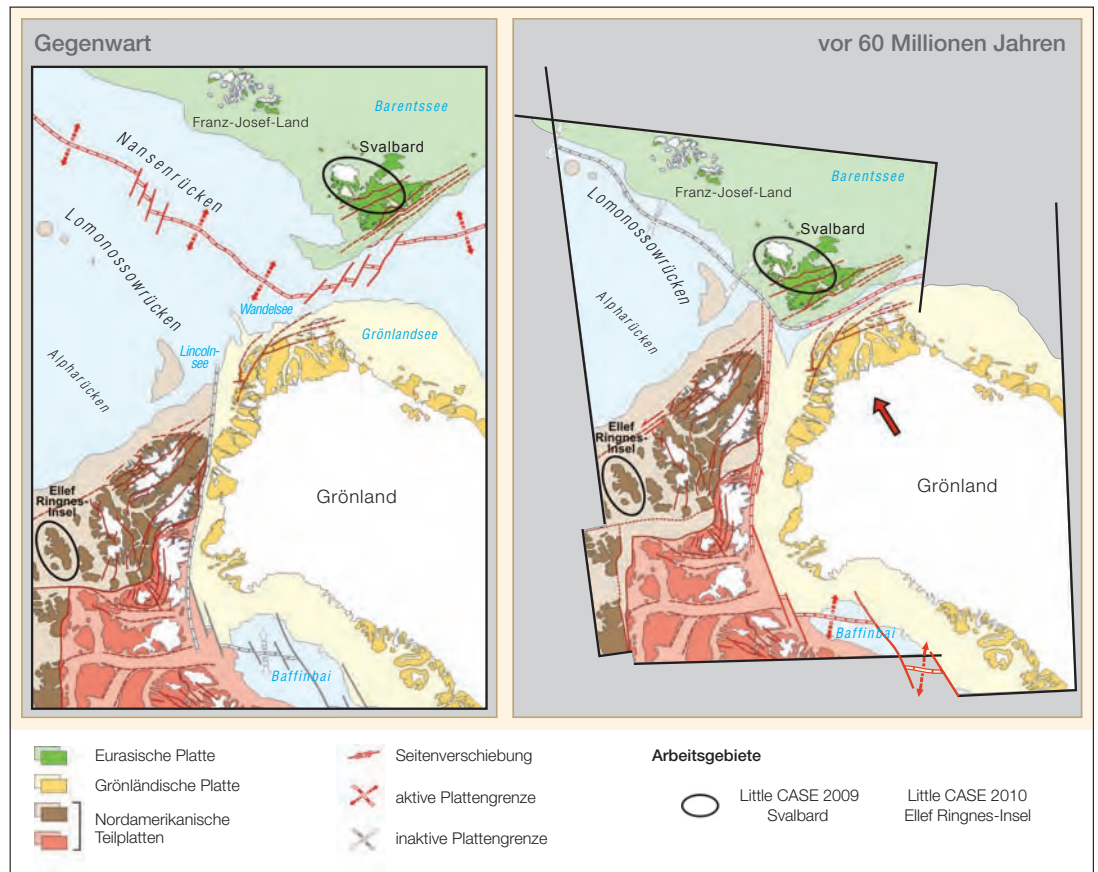


*Erosionsreste, so genannte Hoodoos, ehemals zusammenhängender mächtiger Sandsteinlagen im Norden von Ellef Ringnes Island.*





Lage der Arbeitsgebiete von Little Case 2009 und 2010.



# Ausblick

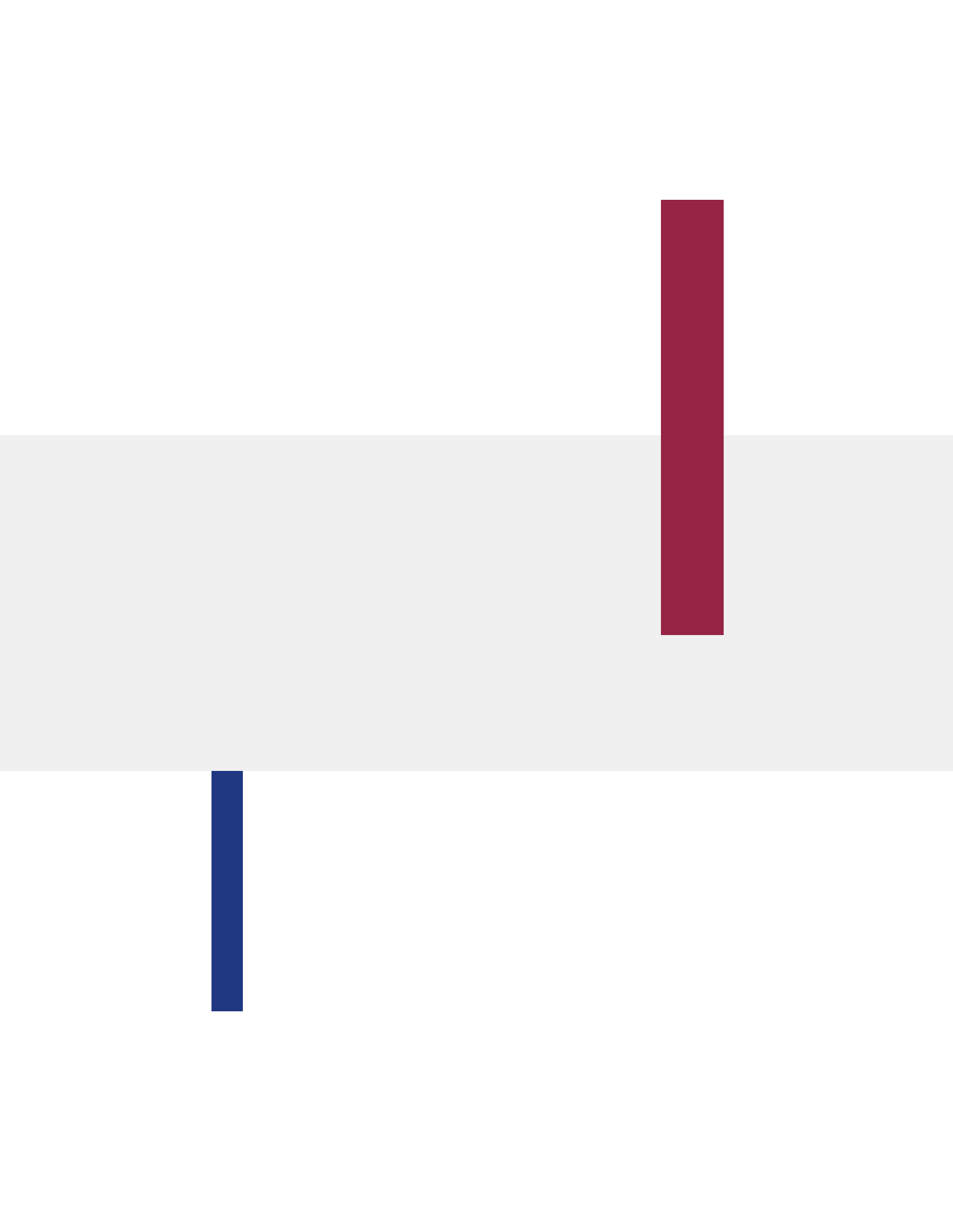
**B**ereits in der Südsaison 2010/11 organisierte die BGR in enger Kooperation mit dem Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) und dem Belgischen Antarktisprogramm die erste Expedition des längerfristig ausgelegten Projektes GEA (Geodynamic Evolution of East Antarctica). Dieses Projekt untersucht durch einen kombinierten geologisch-geophysikalischen Ansatz den Krustenaufbau und die geodynamische Entwicklung der Ostantarktis bzw. die Entstehung der heutigen Landschaftsformen. Im Rahmen von GEA wird in der Antarktissaison 2011/12 von der belgischen Princess-Elisabeth-Station im östlichen Dronning Maud Land aus ein multidisziplinäres geowissenschaftliches Forschungsprogramm mit Helikopter- und Flugzeugunterstützung durchgeführt werden. Abhängig von den Ergebnissen dieser Expedition ist eine weitere, dritte Saison geplant. Ihr genauer Zeitpunkt steht allerdings noch nicht fest.

Nach nun insgesamt zehn Expeditionen des GANOVEX-Programms plant die BGR gegenwärtig für den Südsommer 2012/13 mit GANOVEX XI ihre elfte Expedition in das nördliche Victoria Land und die angrenzende Rossmeer-Region. Die Arbeiten werden wiederum ein umfangreiches, multidisziplinär ausgerichtetes geologisches und geophysikalisches Forschungsprogramm beinhalten. Ähnlich der beiden Vorläuferexpeditionen wird die BGR-eigene Gondwana-Station an der Terra Nova Bucht des Rossmeeres Hauptbasis der Expedition sein. Logistischer und wissenschaftlicher Hauptkooperationspartner ist voraussichtlich

das Korean Polar Research Institute, welches in den kommenden Jahren verstärkt in der Rossmeer-Region tätig werden wird und als neues Partnerinstitut der BGR gewonnen werden konnte.

Mittlerweile kann das im Jahre 1992 gestartete CASE-Programm auf elf größere und einige kleinere Expeditionen in beinahe allen arktischen Ozean umgebenen Staaten zurückblicken. Im arktischen Sommer 2011 wird die BGR drei Expeditionen in der Arktis durchführen. Zusammen mit dem AWI wird eine aero-geophysikalische und gravimetrische Vermessung im Rahmen des Projektes NOGRAM (Northern Gravity and Aeromagnetics) über der Nordküste Grönlands durchgeführt, um diese Daten direkt mit den Erkenntnissen der CASE Landexpeditionen zu vergleichen. Hauptaufgabe ist die wissenschaftliche Deutung und Interpretation des Morris Jessup Plateaus und die Aufnahme der Struktur des passiven Kontinentalrandes im Übergangsbereich Land/See. Auf der Grönland gegenüber liegenden Ellesmere Insel in der kanadischen Arktis wird ebenfalls 2011 mit CASE 12 eine kombinierte geologisch-aerogeophysikalische Expedition an den Vendom Fjord durchgeführt. Und schließlich soll – vorbehaltlich der endgültigen Genehmigungen – in Kooperation mit dem VSEGEI (A. P. Karpinsky All-Russian Geological Research Institute) in St. Petersburg die schiffsbasierte Expedition CASE 13 durchgeführt werden. Ziel werden die Neusibirischen Inseln in der russischen Arktis sein.





# *Sonderthemen*

---




## „Resource“: Neue Broschüre informiert über aktuelle BGR-Projekte

Die BGR entwickelt ihr Informationsangebot konsequent weiter. „Resource“ heißt eine neue Broschüre, die einen Überblick über die wichtigsten Forschungsvorhaben der BGR in den nächsten vier Jahren gibt.

„Die Broschüre richtet sich an einen breiten Kreis von Kunden und Nutzern sowie an die interessierte Öffentlichkeit“, so BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel. „Inhalt und Aufmachung unterscheiden sich deutlich von den früheren Forschungsberichten, die ausschließlich für eine Fachleserschaft erstellt wurden. ‚Resource‘ informiert anschaulich und lebensnah über aktuelle Fragestellungen, Herausforderungen und Lösungsansätze der spannenden Aufgaben, denen sich die BGR widmet“, beschreibt Kümpel die neue Broschüre. Darin sind auf knapp 50 Seiten zentrale Projekte der Jahre 2010 bis 2014 aus den Themenbereichen Energie- und Mineralische Rohstoffe, Boden, Aerogeophysik, CCS, Endlagerung radioaktiver Abfälle, Erdwärme, Seismizität, Polarforschung und Kartierung dargestellt.

Die Broschüre kann kostenlos per E-Mail unter [info@geozentrum-hannover.de](mailto:info@geozentrum-hannover.de) bestellt werden oder steht als Download im Internet zur Verfügung unter:

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



„Resource“ informiert über aktuelle Forschungsprojekte.

## Neues Informationsangebot: BGR startet Newsletter

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) erweitert ihr Informationsangebot. Am 21. Juli 2009 erscheint der erste digitale „BGR-Newsletter“ mit zehn spannenden Beiträgen aus der Welt der Geowissenschaften.

Der „BGR-Newsletter“ erscheint künftig vierteljährlich. „Mit dem neuen Angebot möchten wir Vertreter aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Medien noch aktueller, noch gezielter und umfassender über unsere vielfältigen Aufgaben und die aktuellen Ergebnisse unserer Forschung informieren“, so BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel. „Der Newsletter ist die Visitenkarte der BGR. Er soll einer breiten Öffentlichkeit einen Überblick über die Leistungen unserer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie die Qualität unserer Geo-Produkte geben“, erklärt der BGR-Präsident.

Die Newsletter-Beiträge spiegeln die Aufgabenfelder der BGR wider. Als geowissenschaftliches Kompetenzzentrum der Bundesregierung berät und informiert die BGR Politik und Wirtschaft seit mehr als 50 Jahren in allen geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragen. Kernthemen sind sowohl Energie- als auch mineralische Rohstoffe, die Themen Grundwasser und Boden, der Untergrund als Speicher- und Wirtschaftsraum sowie Geowissenschaftliche Informationen und Internationale Zusammenarbeit. „Die BGR hat den Auftrag, mit Forschung und Beratung dazu beizutragen, die Lebensbedingungen durch verantwortliche Nutzung der Geopotenziale zu erhalten oder zu verbessern. Damit nimmt die BGR Aufgaben von hoher öffentlicher Relevanz wahr“, so Kümpel.

Die erste Newsletter-Ausgabe enthält einen Beitrag zur neuen Organisationsstruktur der BGR. Außerdem gibt es Berichte über neue Projekte und Produkte, vertiefende Analysen zu geowissenschaftlichen Fragen und Ereignissen sowie einen Beitrag über den Festakt zum 50-jährigen Jubiläum der Zusammenarbeit zwischen der BGR und dem Haschemitischen Königreich Jordanien.

Interessenten können den „BGR-Newsletter“ ab sofort unter Angabe ihrer E-Mail-Adresse abonnieren. Der „Newsletter“-Link ([www.bgr.bund.de/newsletter](http://www.bgr.bund.de/newsletter)) befindet sich im Internet auf der Startseite der BGR. Abonnenten haben die Wahl zwischen einer HTML- und einer Textversion. Nach der Bestellung erhalten sie eine automatisch generierte E-Mail, die einen Link zur Bestätigung der Bestellung enthält. Erst wenn dieser Link aufgerufen wird, wird die Bestellung wirksam.

Der Versand des Newsletters erfolgt per E-Mail. Jeder Beitrag enthält einen Link, der den Abonnenten direkt mit der Homepage der BGR verbindet. Dort finden sich zu jedem Thema weiterführende Informationen.

## Hans-Joachim-Martini-Preis 2008 und 2009

Die Hans-Joachim-Martini-Stiftung, zum Gedächtnis an den langjährigen Präsidenten der damaligen Bundesanstalt für Bodenforschung (heute BGR), Prof. Dr. Hans-Joachim Martini, 1987 gegründet, fördert die geowissenschaftliche Arbeit in der BGR. Der Hans-Joachim-Martini-Preis ist mit 3 000 Euro, der Nachwuchspreis der Stiftung mit 1 500 Euro dotiert.

### 2008

Auszeichnung für zwei Wissenschaftler der BGR: Dem Diplom-Mineralogen Dr. Kristian Ufer wurde für seine wegweisenden Arbeiten der Modellentwicklungen und Publikationen zur Mineralanalyse der Preis der Hans-Joachim Martini-Stiftung verliehen. Diplom-Mikrobiologin Dr. Dagmar Kock erhielt den Nachwuchs-Preis der Stiftung für ihre Dissertation, in der sie eine neue Methodik zur biologischen Metall-Laugung präsentiert. „Die Auszeichnungen unterstreichen das hohe wissenschaftliche Niveau, mit dem die BGR-Forschung im Vorfeld der Industrie betreibt“, so BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel, der die Stiftungspreise im Namen der Hans-Joachim-Martini-Stiftung überreichte.

Dr. Kristian Ufer forscht in der BGR als Gastwissenschaftler der TU BA Freiberg im Bereich Technische Mineralogie und Tonmineralogie zum Thema „Entwicklung von Strukturmodellen für die Rietveld-Quantifizierung von quellfähigen Illit/Smektit-Wechsellagerungsmineralen in Gesteinen“. Seine Arbeit wurde ausgezeichnet, weil sie ein jahrzehntelang als unlösbar angesehenes Problem praktikabel löst. So hat Dr. Ufer Strukturmodelle entwickelt, die mit Hilfe einer auch für Nicht-Spezialisten anwendbaren Software eine richtige Quantifizierung von Mengenanteilen bei typischen mineralreichen Sedimentgesteinen ermöglicht. Bemerkenswert ist dabei die Präzision, mit der die eingewogenen Mineralanteile von Modellgemischen auch mit völlig unterschiedlichen Startwerten für kristallographische Parameter wiedergefunden werden. Der Software-Benutzer muss nach Start der Verfeinerung nicht mehr eingreifen, wodurch Fehlerquellen wegfallen. Auf diese Weise hat Dr. Ufer mit innovativen wissenschaftlichen Ansätzen ein äußerst leistungsfähiges Analysewerkzeug geschaffen, das z. B. der Erdölindustrie helfen kann, Prognosen über den Untergrund bei der Erkundung von Lagerstätten zu verbessern.

Frau Dr. Kock ist in der BGR im Bereich Geomikrobiologie tätig und hat an der Leibniz Universität Hannover promoviert. In ihrer Dissertation mit dem Titel „Investigations for the quantification of microorganisms in sulfidic mine waste dumps“ hat sie erstmals erfolgreich molekularbiologische Methoden zur quantitativen Analyse von mikrobiellen Lebensgemeinschaften in drei verschiedenen Bergbauhalden eingesetzt. Weltweit werden Wertmetalle, insbesondere Kupfer, zunehmend mit Hilfe umweltschonender biologischer Haldenlaugung gewonnen. Die von Frau Dr. Kock etablierten Methoden lassen sich zum Monitoring sowie zur Optimierung der biologischen Laugenprozesse nutzen. Die Methoden erlauben innerhalb weniger Stunden die Zahl der aktiven Mikroorganismen zu bestimmen. Eine hohe Bakterienzahl gewährleistet eine hohe Effizienz der biotechnologischen Metallgewinnung.

### 2009

Für das Jahr 2009 wurde der Geophysikerin Dr. Katrin Schwalenberg für ihre wegweisenden Arbeiten bei der Entwicklung neuer Verfahren auf dem Gebiet der marinen Elektromagnetik der Preis der Hans-Joachim Martini-Stiftung verliehen. Der Geologe Dennis Lemke erhielt den Nachwuchs-Preis der Stiftung für seine fachlich herausragende Diplomarbeit, in der er Vorschläge für eine bessere Methodik bei der Bestimmung der Grundwasserneubildung unterbreitet.

„Die Arbeiten beider Preisträger sind ein Beleg für das hohe wissenschaftliche Niveau, mit dem die BGR Forschung im Vorfeld der Industrie betreibt“, erklärte BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel bei der Verleihung der Auszeichnungen.

So lieferte Dr. Schwalenberg mit ihrer Forschungstätigkeit einen zentralen Beitrag zur Entwicklung marin-elektromagnetischer Messmethoden. Ihre Arbeiten sind auch Teil des Verbundvorhabens SUGAR-A, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelt die BGR ein am Meeresboden geschlepptes Messsystem (HYDRA), das die elektrischen Eigenschaften im Meeresuntergrund abbildet. Mit diesem Verfahren können submarine Gashydrate exploriert, aber auch konventionell gewinnbare Kohlenwasserstoffe wie Öl und Gas nachgewiesen werden. Dieser Anwendungsbereich hat das Interesse der Offshore-Öl- und Gasindustrie für die elektromagnetischen Methoden geweckt

Das Messsystem wird vom Forschungsschiff entlang von Profilen am Meeresboden gezogen. Es besteht aus einem elektrischen Sendedipol und mehreren Empfangsdipolen, die über ein Datenkabel (max. 1 Kilometer lang) verbunden sind. Vom Sendedipol breitet sich das elektromagnetische Signal radial aus und verändert sich je nach Beschaffenheit des



Untergrundes. Schlechte elektrische Leiter, wie z. B. Öl und Gashydrate, bilden sich bei der Auswertung der gesammelten Daten deutlich ab. Das System ist modular aufgebaut und kann flexibel an unterschiedliche Aufgabenstellungen angepasst werden.

Die Diplomarbeit von Lemke liefert praxisorientierte Empfehlungen für qualitativ bessere Verfahren zur Bestimmung der Grundwasserneubildung. Sie entsteht, wenn Wasser aus Niederschlägen oder Oberflächengewässern in den Untergrund sickert und auf diese Weise das Grundwasser speist. Kenntnisse über die Grundwasserneubildung sind eine wichtige Voraussetzung für die Ermittlung nutzbarer Grundwassermengen und damit für die Festlegung von Trinkwasserschutzgebieten. In seiner Arbeit, die in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) an der Leibniz Universität Hannover entstand, verglich Lemke bestehende Verfahren miteinander und entwickelte daraus Handlungsempfehlungen für die wasserwirtschaftliche Praxis.

### Internationales Geosport-Treffen im GEOZENTRUM Hannover

Mit einem Sieg des Geologischen Dienstes von Tschechien (CGS) endete das Internationale Geosport-Treffen 2010 in Hannover. Gastgeber BGR, gemeinsam mit den sportlichen Kolleginnen und Kollegen aus dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) als Team GEOZENTRUM Hannover (GZH) am Start, landete auf Platz 2.

Über 120 Wissenschaftler und Techniker aus vier Ländern kämpften in fünf Disziplinen um Punkte, Tore und Sekunden. Neben dem siegreichen tschechischen Team und der Mannschaft des Gastgebers nahmen Kolleginnen und Kollegen der Geologischen Dienste von Frankreich (BRGM) und Polen (PGI) am viertägigen Geosport-Treffen teil, das alle zwei Jahre abwechselnd von den vier nationalen Diensten und ihren angeschlossenen Sportvereinen durchgeführt wird.

Als Organisator des diesjährigen Treffens hatte die am GEOZENTRUM ansässige Sportgemeinschaft SBL-Bodenforschung e. V. neben den vier klassischen Disziplinen Fußball, Tennis, Volleyball und Badminton ein Drachenbootrennen als besondere Herausforderung ins Wettkampfprogramm aufgenommen. Das Rennen auf dem Maschsee, bei dem die Teilnehmer von Hannovers Bürgermeisterin Ingrid Lange begrüßt wurden, bildete den spektakulären Höhepunkt des sportlichen Kräftemessens. Mit einer Bootsspitze Vorsprung siegte das tschechische Team bei dieser ersten Disziplin hauchdünn vor dem Gastgeber und legte damit den Grundstein für den späteren Gesamterfolg.

Nach den Wettkämpfen feierten die sportbegeisterten Mitarbeiter der geowissenschaftlichen Institutionen umso ausgelassener bei der Siegerehrung im Casino des GEOZENTRUMS. Die tschechischen Gäste hatten Bier mitgebracht, ihre französischen Kollegen spendierten den Wein. Stürmisch beklatscht wurde im Beisein von BRGM-Direktor Jacques Varet, PGI-Vizedirektor Dr. Grzegorz Pienkowski und BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kumpel die Ankündigung des tschechischen Delegationsleiters Zdenek Novotny das Internationale Geosport-Treffen 2012 in Prag ausrichten zu wollen.

Die Idee zu den inzwischen schon traditionellen Sportbegegnungen hatte der frühere Präsident der BGR und des damaligen Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Prof. Dr. Hans-Joachim Martini. Mit einem Fußballspiel zwischen tschechischen und deutschen Mitarbeitern der Institutionen rief Martini das Geosport-Treffen 1968 ins Leben. Seit 1978 finden die Begegnungen regelmäßig statt. „Mit den Jahren sind viele freundschaftliche Kontakte entstanden“, so Hajo Schnier, Hauptorganisator des diesjährigen Treffens. Dazu trägt auch die familiäre Atmosphäre der Begegnungen bei. So war ein Teil der Gäste aus Prag, Orléans und Warschau traditionell bei so genannten Gasteltern aus dem Mitarbeiterkreis des Geozentrums untergebracht worden. Schnier: „Auf diese Weise liefert das Geosport-Treffen einen kleinen Beitrag zur Völkerverständigung und zum Zusammenwachsen Europas.“

## Zukunftstag: Mädchen und Jungen auf Entdeckungsreise im Geozentrum

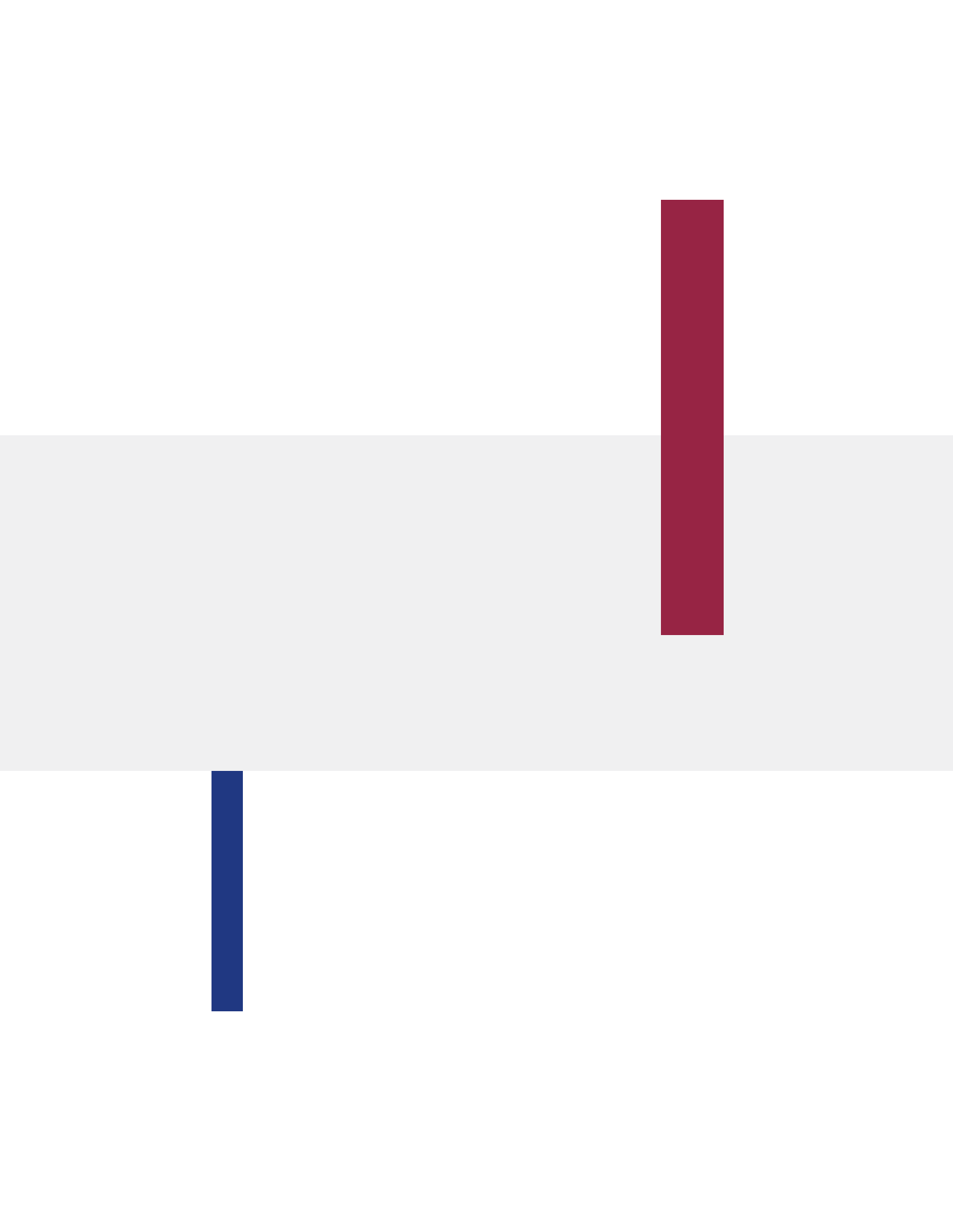
Was erzählen uns die Steine über das Leben auf der Erde? Warum gibt es Erdbeben? Welche Rohstoffe benötigen wir zur Herstellung von Computern und Handys? Antworten auf diese und viele andere spannende Fragen erhielten Schülerinnen und Schüler beim Zukunftstag 2009 und 2010 im GEOZENTRUM Hannover.

Von den Experten der BGR, dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) erfuhren sie, wie wichtig die Geowissenschaften für unser tägliches Leben sind. Auf diese Weise leisten die Geo-Experten einen wichtigen Beitrag bei der Suche nach neuen Rohstoffquellen, engagieren sich für den Schutz von Boden und Grundwasser oder halten wichtige Informationen in geowissenschaftlichen Datenbanken bereit.

Ihr neues Wissen konnten die Mädchen und Jungen bei einigen kleinen Aufgaben gleich selbst anwenden. So lernten die Schülerinnen und Schüler, dass Forscher an Hand von Fossilien auf das Klima vor einigen Millionen Jahren schließen können, dass in einem Computer so wertvolle Bodenschätze wie Gold, Kupfer und Zinn stecken oder dass Salzgestein tonnenschwere Lasten aushalten kann.



*BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel empfing die Jungen und Mädchen beim Zukunftstag 2009 im großen Sitzungssaal des GEOZENTRUMS.*



# Anhang





# Literatur



## Endlagerung radioaktiver Abfälle

HOTH, P., WIRTH, H., REINHOLD, K., BRÄUER, V., KRULL, P. & FELDRAPPE, H. (2007): Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands. Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen.– Bundesanstalt f. Geowiss. u. Rohstoffe: 118 S., 44 Abb., 5 Tab.; Berlin.

STAKEBRANDT, W., LUDWIG, A. O. & OSTAFICZUK, S. (2001): Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas (map 2).– In: GARETSKY, R. G., LUDWIG, A. O., SCHWAB, G. & STACKELBRANDT, W. (Hrsg.): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. Results of IGCP Project 346.– Brandenburgische Geowiss. Beitr., 8, 1: 13–19, 2 Abb.; Kleinmachnow.

## Kernwaffenteststopp; Gefährdungsanalysen

BALZER, D., JÄGER, S. & KUHN, D. (2010): Guidebook for Assessing Risk Exposure to Natural Hazards in Central America - El Salvador, Guatemala, Honduras, and Nicaragua.– Project of Technical Cooperation 'Mitigation of Georisks in Central America': 26 Abb.; 44 Tab.; 35 Kart.; San Salvador, Guatemala-City, Tegucigalpa, Managua, Hannover.

BÖNNEMANN, C., SCHMIDT, B., RITTER, J., GESTERMANN, N., PLENEFISCH, T. & WEGLER, U. (2010): Das seismische Ereignis bei Landau vom 15. August 2009 – Abschlussbericht der Expertengruppe „Seismisches Risiko bei hydrothermales Geothermie“.– Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz; Mainz.

GERARDI, J. (Hrsg.) (2010): Staßfurt 2010 – Erkennen, analysieren, bewerten und prognostizieren der zukünftigen Entwicklung der Bergbaufolgeschäden.– EDGG 244: 264 S.; Hannover.

## Autoren



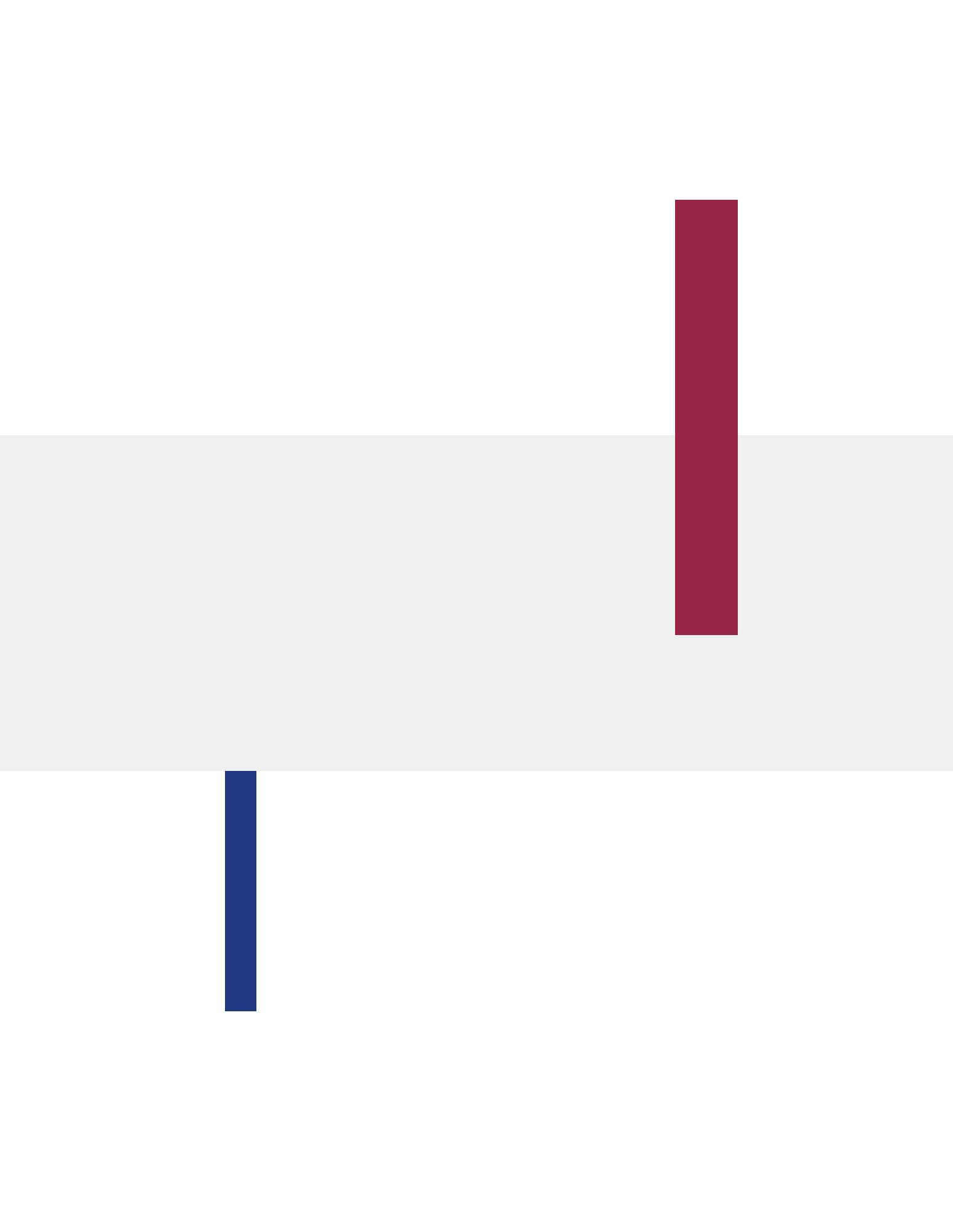
Dr. Kristine Asch  
Dr. Dirk Balzer  
Dr. Ulrich Berner  
Dr. Manfred Birke  
Dr. Norbert Blindow  
Dr. Volkmar Bräuer  
Dr. Christian Bönnemann  
Prof. Dr. Bernhard Cramer  
Prof. Dr. Wilhelmus Duijnisveld  
Dr. Wolf Eckelmann  
Dr. Axel Ehrhardt  
Dr. Christoph Gaedicke  
Johannes Gerardi  
Dr. Johannes Peter Gerling  
Dr. Jürgen Hesser  
Dr. Georg Houben  
Dr. Siegfried Keller  
Dr. Michael Kosinowski  
Dietmar Krug  
Klaus Kruse  
Dr. Friedrich Kühn  
Bettina Landsmann  
Dr. Andreas Läufer  
Dr. Armin Margane  
Dr. Frank Melcher  
Dr. Christian Müller  
Dr. Karsten Piepjohn  
Lily Reibold-Spruth  
Dr. Lutz Reinhardt  
Dr. Carsten Rühlemann  
Dr. Heike Rütters  
apl. Prof. Dr. Axel Schippers  
Dr. Kristof Schuster  
Philip Schütte  
Dr. Katrin Schwalenberg  
Franca Schwarz  
Dr. Annika Steuer  
Dr. Torsten Tischner  
Dr. Mathias Toll  
Dr. Frank Wagner  
Dr. Ulrich Wegler  
Dr. Michael Wiedicke-Hombach  
Dr. Snježana Žarić

## Bildnachweis



Geopotenzial Deutsche Nordsee (GPDN)	Seite 96
W. Hake	Seite 105
P. Schütte	Seite 37, 39
S. Mrugalla	Seite 79
U.S. Geological Survey (Glovis)	Seite 98
A. Schippers	Seite 40, 41
F. Wagner	Seite 57
U. Berner	Seite 137–139
B. Cramer	Seite 137–139
W. K. Dallmann	Seite 137–139
K. Piepjohn	Seite 137–139
A. Läufer	Seite 136
N. John (Uni Jena)	Seite 136

Fotografien, zu denen keine Quelle genannt ist, stammen von – zum Teil auch ehemaligen – Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Geozentrums Hannover.





# Impressum



© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2011)

## **Redaktion**

Dr. Thomas Schubert mit Janine Seibel  
Hans-Joachim Sturm  
Siegfried Pietzok

## **Druck und Herstellung**

MHD – Druck und Service GmbH  
Harmsstraße 6  
29320 Hermannsburg