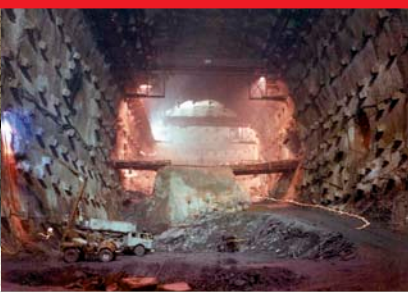
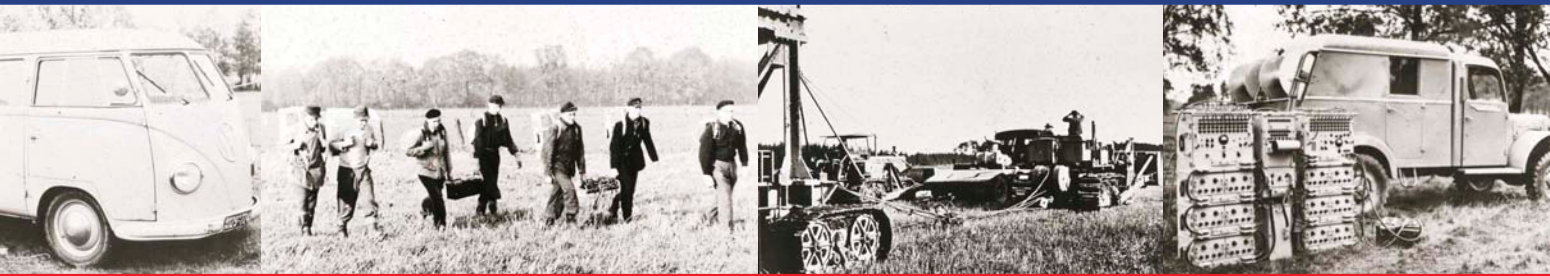




50 Jahre BGR *ein Tätigkeitsbericht*

der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



1958
2008



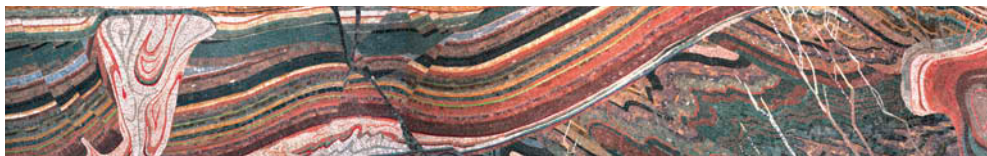
50 Jahre **BGR**

ein Tätigkeitsbericht
der Bundesanstalt für
Geowissenschaften und Rohstoffe



1958 - 2008

Hannover,
November 2008



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

Telefon (0511) 643 – 22 49

Telefax (0511) 643 – 23 04

E-Mail info@bgr.de

Internet <http://www.bgr.bund.de>

Info.

Vorwort des Präsidenten der BGR



Liebe Leserin, lieber Leser,

mit dem vorliegenden Band halten Sie einen Tätigkeitsbericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in den Händen, der nicht nur besonders Erwähnenswertes aus dem Zeitraum 2007 und 2008 enthält, sondern auch Glanzpunkte aus den vergangenen 50 Jahren. Der Grund hierfür ist das 50-jährige Bestehen der BGR.

Die BGR wurde auf Initiative und per Erlass des damaligen Bundesministers für Wirtschaft, Prof. Dr. Ludwig Erhard, zum 1. Dezember 1958 als Bundesanstalt für Bodenforschung (B.f.B.) gegründet. Damals, dreizehn Jahre nach Ende des Zweiten Weltkriegs, hatte die Bevölkerung schon einigen Abstand zu der Zeit, die unsägliches Leid über viele Menschen brachte; der Wirtschaftsaufschwung hatte begonnen. Im Rückblick von heute erscheint der Abstand zu den Kriegswirren eher kurz.

Die drei Hauptaufgaben, die der Bundesanstalt mit ihrer Gründung übertragen wurden, gelten in bemerkenswerter Weise noch heute. Sie umfassen:

- die Durchführung und Auswertung von Untersuchungen auf dem Gebiet der Bodenforschung im Ausland, soweit solche Aufgaben auf Grund zwischenstaatlicher Beziehungen anfallen,
- die Beratung der Bundesministerien in Fragen der Bodenforschung,
- wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenforschung.

Ihren Namenswechsel zur heutigen Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat die Jubilarin 1975 vollzogen. Der Begriff Bodenforschung hat sich nie auf den Boden im engeren Sinne bezogen, sondern auf den Untergrund und insbesondere auf Bodenschätze in einem breiten Kontext. Die Umbenennung wurde vorgenommen, weil für Außenstehende die umfänglichen Aufgabenbereiche der Bundesanstalt nicht angemessen erkennbar waren.

Von der Vielfalt der Tätigkeitsfelder der heutigen BGR, aber auch von der gleichbleibenden Bedeutung ihrer Arbeitsgebiete während der letzten Jahrzehnte, können Sie sich mit diesem Band ein Bild machen. Dabei wünsche ich Ihnen viel Freude.

Mein Dank gilt Herrn Bundeswirtschaftsminister Michael Glos, Herrn Präsident Lothar Lohff, Herrn Direktor Prof. Dr. Ugur Yaramanci und dem Vorsitzenden des Kuratoriums der BGR, Herrn Prof. Dr. Kurt M. Reinicke, für ihre Grußworte; außerdem allen, die bei der Erstellung dieses Bandes mitgewirkt haben. Ich möchte mich weiterhin bei allen

ehemaligen und jetzigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR bedanken, die durch ihre hervorragende Arbeit in den vergangenen 50 Jahren die BGR zu dem gemacht haben, was sie heute ist: Das geowissenschaftliche Kompetenzzentrum der Bundesregierung für die Georessourcen Energierohstoffe, mineralische Rohstoffe, Grundwasser, Boden sowie den Untergrund als Speicher- und Wirtschaftsraum.

Ein freudiger Umstand ist, dass die BGR ihr Jubiläum im Kernjahr des von der UNESCO proklamierten International Year of the Planet Earth feiern darf. Daher finden Sie auch das Logo des IYPE an prominenter Stelle in diesem Band.

Sollten Sie – angeregt durch die Lektüre – Fragen haben zu unseren Aufgaben oder zu den hier näher beschriebenen Projekten, rufen Sie mich an oder schicken mir gern eine Mail.

Ihr



Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel
Präsident der BGR



Inhaltsverzeichnis



Grußworte ■

- 9 Der Bundeswirtschaftsminister
- 11 Der Präsident des LBEG
- 12 Der Direktor des GGA-Instituts
- 13 Der Vorsitzende des Kuratoriums der BGR
- 15 Die BGR – ein Blick nach vorn

Kuratorium ■

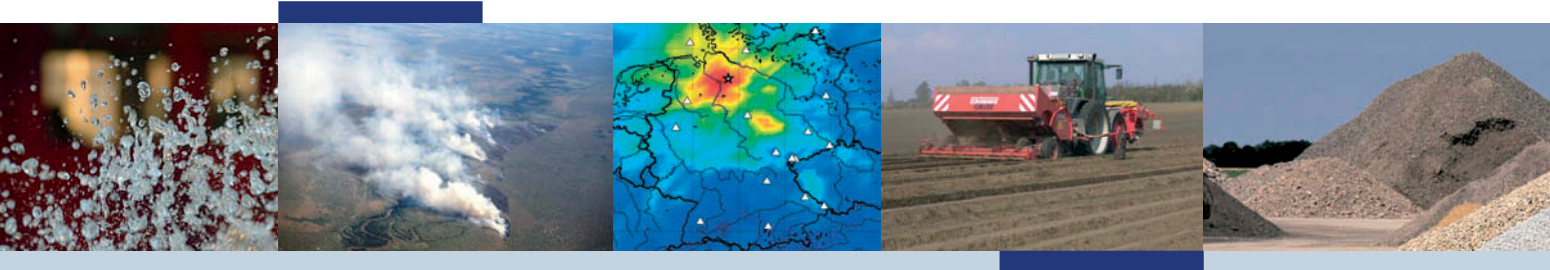
- 19 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Rohstoffe und Georessourcen ■

Energierohstoffe

- 22 50 Jahre Energierohstoffe
- 26 Forschungsarbeiten zur Abschätzung des Kohlenwasserstoffpotenzials der arktischen Randmeere Sibiriens
- 29 Das Grubengas Methan – Gefahren- oder Energiequelle?

Inhaltsverzeichnis



Mineralische Rohstoffe

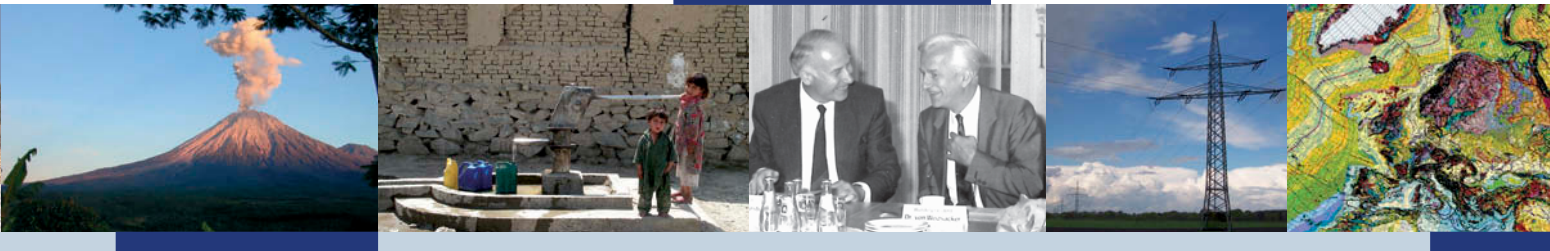
- 33 50 Jahre mineralische Rohstoffe
- 38 Zertifizierung von mineralischen Rohstoffen
- 42 Bergbauhalden – Potenzial und Risiko

Geoessource Grundwasser

- 49 50 Jahre Geoessource Grundwasser in der BGR
- 54 Nachhaltige Nutzung der grenzüberschreitenden Grundwasservorkommen des Guarani-Aquifer-Systems (SAG)
- 57 Trinkwasser für die Südprovinz Sambias

Geoessource Boden

- 64 50 Jahre Boden
- 69 Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands
- 72 Wasserschutz fängt im Boden an: Hintergrundkonzentrationen von Spurenstoffen im Bodensickerwasser



Geosicherheit ■

Geotechnische Sicherheit/Endlagerung

- 76 Die Entdeckung der Langsamkeit: Warum kriecht Salz?
Die Salzmechanik – Anfang und Entwicklung eines neuen
Forschungszweiges
- 82 Dreidimensionale geologische und geomechanische Modellierung
des Endlagers Morsleben
- 85 Die „Tonstudie“ der BGR – das Medien-Highlight

Geologische Schadensrisiken

- 90 Geologische Schadensrisiken: Überblick
- 98 Küstenabbrüche an der Steilküste der Insel Rügen:
Ein Beitrag zur geogenen Gefährdungsabschätzung von Massenbewegungen
- 104 Projekt „Verminderung von Georisiken in Zentralamerika“

Seismologische Überwachung/Kernwaffenteststoppabkommen

- 110 Die Rolle der BGR in der Erdbebenforschung
- 114 Das Schwarmerdbebengebiet Vogtland/NW-Böhmen
- 116 Nachweis eines Atomtests in Nordkorea

Klimaentwicklung

- 120 Tragen Geowissenschaftler zum Verständnis der Klimaentwicklung bei?

Inhaltsverzeichnis



Geowissenschaftliche Querschnittsfunktionen ■

Geologische Grundlagen

- 126 Was haben Karten, geowissenschaftliche Fachinformationssysteme und Expeditionen gemeinsam?
- 132 Geodaten für die Umwelt – die neue EU-Richtlinie INSPIRE
- 134 Arktis-Expedition „CASE 10“ nach Spitzbergen

Geowissenschaftliche Zusammenarbeit

- 140 50 Jahre BGR sind auch 50 Jahre Technische Zusammenarbeit
- 145 Konferenz zur Transparenz im Rohstoffsektor, Weltwasserwoche in Stockholm, Seerechtskonvention der Vereinten Nationen

Fachtechnische Infrastruktur

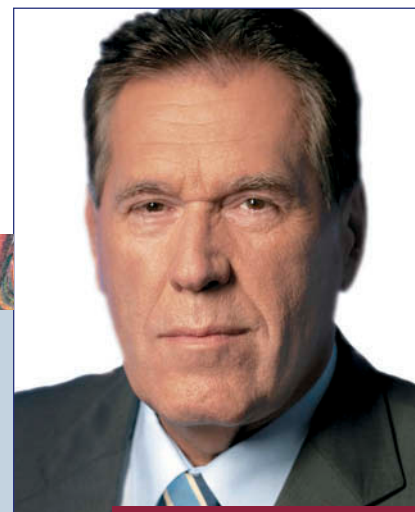
- 148 50 Jahre Fachtechnische Infrastruktur
- 155 Geowissenschaften für die Gesellschaft
- 159 Einsatz neuer Satellitenmethoden zur Beobachtung von Landabsenkungen auf Java, Indonesien

Anhang ■

- 166 Die Präsidenten
- 169 Literaturverzeichnis

Grußworte

Der Bundeswirtschaftsminister



Liebe Leserin, lieber Leser!

Die BGR feiert bald einen runden Geburtstag. Das ist nicht nur guter Grund für einen Glückwunsch, sondern bietet zugleich Gelegenheit, einen Blick in die Vergangenheit und in die Zukunft zu richten. Ludwig Erhard, der erste Bundesminister für Wirtschaft, hat die BGR vor 50 Jahren mit Erlass vom 26. November 1958 als zentrale geowissenschaftliche Beratungseinrichtung der Bundesregierung gegründet. 50 Jahre sind für ein Menschenleben ein recht langer, wenn auch überschaubarer Abschnitt, Geowissenschaftlern hingegen muss dieser Zeitraum eher kurz erscheinen. Auf einer erdgeschichtlichen Zeitskala von mehreren Milliarden Jahren bedeuten 50 Jahre nicht viel mehr als ein Lichtblitz.

Heute wie damals vor 50 Jahren leistet die BGR für die sichere Versorgung Deutschlands mit Rohstoffen einen wichtigen Beitrag. In den vergangenen Jahren sind die Preise vor allem für Energie- und Metallrohstoffe drastisch gestiegen. Deutschland ist bei diesen Rohstoffen weitgehend von Importen abhängig. Unsere Volkswirtschaft benötigt diese Rohstoffe, damit Wohlstand und Arbeitsplätze erhalten bleiben. Deshalb brauchen wir weiter die Arbeit der BGR bei Prospektion und Exploration von bisher verborgenen Rohstoffvorkommen. Sie können uns helfen, die Versorgung unserer Wirtschaft mit Rohstoffen zu sichern.

Die BGR kann auf dem Gebiet der Kohlenwasserstoffexploration auf langjährige Erfahrungen aufbauen. Ein Beispiel dafür sind die Forschungsarbeiten

in der russischen Arktis. Auf der Grundlage von in den 80er und 90er Jahren gewonnenen Hinweisen auf Erdöl-/Erdgassysteme in der Laptewsee führt die BGR derzeit in enger wissenschaftlicher Kooperation Forschungsarbeiten gemeinsam mit dem russischen All Russian Research Geological Institute (VSEGEI) in St. Petersburg durch. Ergebnisse derartiger Untersuchungen tragen dazu bei, die Rohstoffmärkte mittelfristig zu entspannen. Ich würde es sehr begrüßen, wenn auch deutsche Industriepartner diese Forschungsarbeiten frühzeitig begleiten würden.

Für die Bundesregierung ist die BGR darüber hinaus ein wichtiger und kompetenter fachlicher Ansprechpartner bei der internationalen seismologischen Überwachung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT). Unser gemeinsames Ziel ist es, darauf hinzuwirken, dass Atomtests weltweit dauerhaft nicht mehr durchgeführt werden. Mit dem Betrieb von vier der weltweit insgesamt 321 geplanten Überwachungsstationen und der Unterhaltung eines nationalen seismologischen Datenzentrums unterstützt uns die BGR dabei, dieses Ziel zu erreichen. Sie leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Friedenssicherung.

Die Bedeutung der BGR zeigt sich nicht nur in rohstoffwirtschaftlichen, außen- und verteidigungspolitischen Fragen, sondern auch bei Fragen der Wirtschafts- und Technologiepolitik im weiteren Sinn. Beispielhaft möchte ich die Rolle der BGR beim INSPIRE1-Prozess hervorheben (INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe). Durch ihre aktive Beteiligung an der am 15. Mai 2007 in Kraft getretenen EU-Richtlinie zur Errichtung einer EU-weiten Geodaten-Infrastruktur wirkt die BGR auch hier dabei mit, diese Richtlinie fachlich auszugestalten.

Auch für die Entwicklung von Kraftwerken, die zwar fossile Brennstoffe nutzen, doch wenig CO₂ ausstoßen, ist die Kompetenz der BGR unverzichtbar. Diese Arbeit ist aktiver Klimaschutz. In diesem Zusammenhang sind die von der BGR durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur sicheren und umweltverträglichen Speicherung von CO₂ im geologischen Untergrund für die deutsche Energiewirtschaft und die Energiepolitik insgesamt von großer Wichtigkeit.

Besonders erfreut hat mich das gute Ergebnis der Evaluierung der BGR durch den Wissenschaftsrat.

Die BGR gehört nach Auffassung des Wissenschaftsrates zu den hervorragend aufgestellten und geführten wissenschaftlich-technischen Bundesanstalten des BMWi. Das entspricht auch dem hervorragenden Eindruck, den die Geoforscher bei meinem Besuch am 5. Juli 2007 in der BGR auf mich gemacht haben. Die Empfehlungen des Wissenschaftsrates haben wir aufgegriffen. Gemeinsam mit der neuen Amtsleitung und unserem Kuratorium werden wir daran arbeiten, die BGR weiterzuentwickeln und strategisch optimal zu positionieren.

Ich wünsche mir, dass es der BGR gelingt, ihre herausragende Position in der deutschen und internationalen geowissenschaftlichen Fachwelt weiterhin zu behaupten und auszubauen. Wir werden die BGR dabei tatkräftig unterstützen.

Glückauf!
Ihr



Michael Glos
Bundesminister für Wirtschaft und Technologie

Der Präsident des LBEG



Sicherlich hat der Club of Rome mit seinem Bericht über die Grenzen des Wachstums seit seinem Erscheinen im Jahr 1972 die Aufmerksamkeit der Menschheit auf die Rohstoffe als einen begrenzenden Faktor unserer Zivilisation gelenkt. Und sicherlich hat der Club of Rome später mit den jeweils neuen Erkenntnissen über unsere Rohstoffbasis unsere Blicke erneut auf diese wichtige Grundlage der Entwicklung unserer Menschheit richten wollen. Und sicherlich hat unsere Menschheit heute weder das Wissen noch die Erfahrung, wie und wann sie das Rohstoffzeitalter beenden muss.

Aber eines wissen wir genau:

Die Geologen und Ingenieure haben weltweit die Rohstoffbasen durch unermüdliche Suche immer wieder dann mit großer Energie ausgedehnt, wenn die Rohstoffpreise dies ermöglichten. Andere Erfindungsgeister haben Technologien entwickelt, die bei steigenden Rohstoffpreisen eine stetige Entwicklung weg von z. B. Energierohstoffen hin zu neuen Energiegewinnungs- oder Einspartechnologien bewirken.

In enger Zusammenarbeit von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft werden die klügsten Köpfe die Wege frei machen, das Ende des Rohstoffzeitalters als weichen Übergang aus unserem Rohstoffreichtum zu ermöglichen.

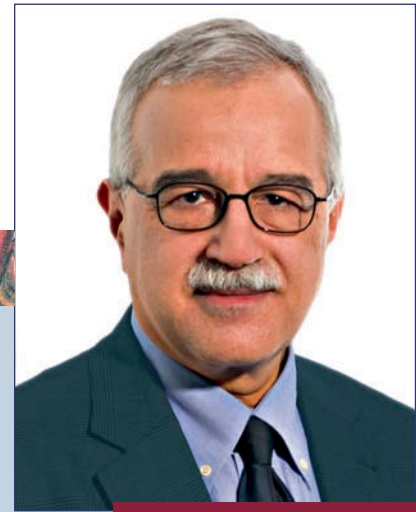
Die Arbeit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe trägt insbesondere auf der wissenschaftlichen Schiene wesentlich dazu bei, diesen Weg zu finden. Sie unterstützt erfolgreich Bundesregierung und Wirtschaft, den richtigen Entschei-

dungsrahmen zur Gestaltung der Zukunft zu finden. Dabei steht nicht nur die Rohstoffbasis unserer Erde im Blickfeld, sondern auch ein Teil der sogenannten „Neuen Technologien“. Sie tut das heute in derselben international anerkannten Weise, wie sie es in den letzten 50 Jahren getan hat, als die Herausforderungen ganz anderer Art waren.

Ich wünsche uns und den Kolleginnen und Kollegen der BGR, dass sie auf der Höhe der Zeit ihren Anteil an den Zukunftsthemen sachgerecht lösen helfen.

Lothar Lohff
Präsident des Landesamtes
für Bergbau, Energie und Geologie

Der Direktor des GGA-Instituts



50 Jahre Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe – nicht nur eine Zeitmarke in der Existenz einer Behörde! Diese Behörde allein als ein juristisches Konstrukt anzusehen, ist zu kurz gefasst. In Wirklichkeit stehen hinter diesem Jubiläumsdatum die Arbeit, der Gestaltungswille, der Forschergeist, die Ordnungskraft und der ganz persönliche Einsatz von Menschen, die in dieser wissenschaftlichen Behörde und für sie in den vergangenen 50 Jahren gewirkt haben. Daher kann ein Grußwort zu diesem Anlass nur an die Frauen und Männer gerichtet sein, die ihre Arbeits- und Gestaltungskraft für die BGR und deren Aufgaben zum Wohle der Bundesrepublik und darüber hinaus eingebracht haben.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ebenso wie die Technikerinnen und Techniker des GGA-Instituts arbeiten seit vielen Jahren unter einem Dach mit ihren Kolleginnen und Kollegen von der BGR. Die große kollegiale Wertschätzung untereinander ist ein nicht hoch genug einzuschätzendes Gut für beide Einrichtungen. Vielfältig sind die Synergieeffekte, die an manchen Stellen offensichtlich, im Wesentlichen aber unspektakulär und dennoch wirkmächtig sind.

Das Geozentrum in Hannover ist durch die große Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe geprägt. Gemeinsam mit den Einrichtungen LBEG und GGA-Institut stellt sie ein Kompetenzzentrum für Geowissenschaften und Geotechnologie dar, deren Stärke nicht in kurzlebiger Aufsehenserregung, sondern in der fundierten, langfristig und nachhaltig ausgerichteten Wissenschafts- und Beratungsleistung liegt.

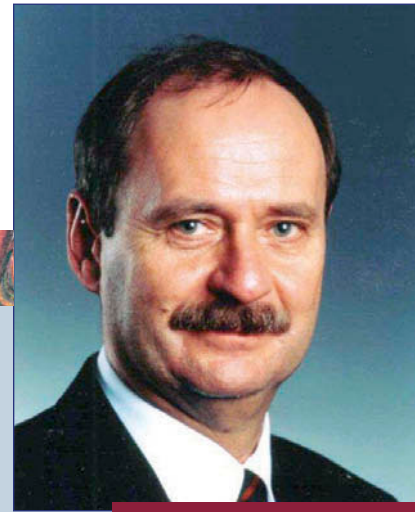
Der BGR und damit ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie gleichermaßen ihren Verantwortlichen in Ministerien, Aufsichts- und Beratungsgremien ist für diese 50 Jahre Kompetenz- und Kontinuitätsleistung zu danken und höchster Respekt auszusprechen.

Für die Zukunft bleibt zu wünschen, dass dieses gute Schiff BGR weiter auf dem präzisen Kurs gehalten werden kann, der sich an den Notwendigkeiten zum Wohl der Bundesrepublik Deutschland, Europas und längst auch darüber hinaus orientiert, und dass es die wissenschaftliche und fachliche Redlichkeit auch bei kontroversen Themen weiterhin hoch hält. Dass dieser Wunsch kein Selbstläufer ist, sondern ständig neu verwirklicht werden muss und daher kontinuierliche Anstrengung erfordert, bedarf keiner weiteren Erklärung. Dazu wünscht das GGA-Institut allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR sowie ihren Verantwortlichen allzeit eine glückliche Hand.

Glückauf

Prof. Dr. Ugur Yaramanci
Direktor des Instituts
für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben

Der Vorsitzende des Kuratoriums der BGR



Liebe Leserin, lieber Leser!

Das Kuratorium beglückwünscht die BGR und ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum 50. Geburtstag.

In den zurückliegenden fünf Jahrzehnten hat sich die BGR zu einem unentbehrlichen Berater in allen geowissenschaftlichen und rohstoffpolitischen Angelegenheiten entwickelt und zu einem weltweiten Botschafter für deutsches geowissenschaftliches Können. Ihre Arbeit für die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft ist unverzichtbar und hat zunehmende Bedeutung. Wenn es die BGR nicht schon gäbe, müsste man sie heute erfinden und unverzüglich einrichten.

Die Arbeit der BGR dient der Sicherung unserer Lebensbedingungen durch Erweiterung unserer Kenntnisse im Bereich der Rohstoffe, bei der Nutzung von Wasser, Boden und unterirdischen Speichern. Die weltweit wirksamen Veränderungen auf den Märkten für energetische und mineralische Rohstoffe und die damit verbundenen Verschiebungen von Produktions- und Lieferstrukturen, die Zunahme der Weltbevölkerung und die damit einhergehenden Verbrauchszuwächse, absehbare Engpässe in der Wasserversorgung und viele andere global wirksame Einflüsse haben unmittelbar auch für Deutschland Bedeutung. Die Analyse dieser Faktoren in Verbindung mit der Durchführung eigener Forschungsarbeiten zu diesem Thema verschafft der BGR aufgrund der Kompetenz ihrer Mitarbeiter und der Qualität ihrer Arbeit national und international eine Spitzenstellung.

Die Anfangsjahre der BGR waren bis in die 70er Jahre hinein geprägt durch den Wiederaufbau im Nachkriegsdeutschland. Die Wachstumsraten der Wirtschaft waren hoch und Fragen der Sicherung von Rohstoff- und Energieressourcen im In- und Ausland standen im Vordergrund, um weiteres Wachstum zu ermöglichen. In diesem Bereich erbrachte Pionierleistungen sind die Erkundung des tiefen Untergrundes in der Bundesrepublik Deutschland und seine Kartierung sowie wegweisende Arbeiten im Vorfeld industrieller Aktivitäten weltweit, z. B. die geophysikalischen Messkampagnen in der Nordsee, in Nord-Norwegen, vor Westafrika, in der Arktis und Antarktis, grundlegende Arbeiten zur Lagerstättenkunde mineralischer Rohstoffe und Untersuchungen zum Meeresbergbau.

Zunehmende Umweltschäden und spektakuläre Unfälle in den 70er und 80er Jahren (Seveso, Amoco Cadiz, Tschernobyl) führten zu einer steigenden Bedeutung von Umweltthemen und bei der BGR zur Aufnahme neuer Bearbeitungsschwerpunkte im Bereich Wasser und Boden mit dem Ziel, einen Beitrag zu leisten zum aktiven und vorbeugenden Umweltschutz. Deshalb übernahm die BGR zunehmend auch Arbeiten im Rahmen einer nachhaltigen Befriedigung der Grundbedürfnisse Wasser und Boden, insbesondere in Entwicklungs- und

Schwellenländern. Die Endlagerung radioaktiver Abfälle wurde Bearbeitungsgegenstand, ein Thema, das die BGR trotz bereits erfolgter grundlegender Arbeit noch lange beschäftigen wird.

Das Überangebot an Rohstoffen in den späten 80er und 90er Jahren als Folge von Energie- und Rohstoffeinsparungen und Erfolge in der Rohstoffaufsuchung führten zu Preiseinbrüchen und einem deutlichen Rückgang von Aufsuchungs- und Entwicklungsaktivitäten. Konsequenzen hatte dies insbesondere für den geowissenschaftlichen Bereich. Der in der Industrie vollzogene Abbau von Personal wurde begleitet durch stetes Bemühen, durch besseres Management effektiver und effizienter zu werden. Viele der in diesem Zusammenhang in der Industrie entwickelten Management-Praktiken wurden mit Unterstützung des Kuratoriums durch die BGR übernommen. Beispiele sind die Einführung eines festen Planungszyklus mit Forschungsplan und Programmbudget, Kosten- und Leistungsverrechnung, regelmäßige Reviews zur Überprüfung der eigenen Leistungsfähigkeit etc.

Bei der Bearbeitung ihrer Themen hat die BGR zu Recht von Anfang an eine enge Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft und der Scientific Community sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene gepflegt und so auf breiter Basis ein hohes Maß an Erkenntnisgewinn erzielt.

Die veränderten Umfeldbedingungen in jüngster Zeit, gekennzeichnet u. a. durch hohe Rohstoffpreise, Entwicklung erneuerbarer Energien, Klima-

diskussion und CO₂-Problematik, Europäisierung und Globalisierung sowie die steigende Weltbevölkerung schlagen sich, wie auch in der Vergangenheit, in der Ausrichtung der BGR-Arbeit nieder. Durch kontinuierliche Anpassung hat die BGR es verstanden, solche Veränderungen aufzunehmen und damit ihre Spitzenstellung zu halten und auszubauen. Dieser Kurs wird fortgesetzt. Wichtig hierbei sind Konzentration auf die Kernaufgaben und Kernkompetenzen und die immer wieder neue Justierung der Balance zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Arbeiten.

Das Kuratorium ist auch in Zukunft gerne bereit, die BGR-Leitung zu begleiten und den Bundesminister für Wirtschaft und Technologie in diesen Fragen ebenso zu beraten wie bei der Weiterentwicklung der Organisation, der weiteren Steigerung der Effizienz und der Verzahnung mit der Wirtschaft.

Die Kuratoren freuen sich mit der BGR-Leitung und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern über die Leistungen in den vergangenen fünf Jahrzehnten. Für die Zukunft wünschen wir weiter viel Erfolg und Anerkennung.

Für das Kuratorium mit herzlichem Glückauf



Prof. Dr. Kurt M. Reinicke

Die BGR – ein Blick nach vorn



Eine Rückschau auf Glanzpunkte der vergangenen 50 Jahre, wie sie in diesem Band gegeben wird, fordert auch den Blick in die Zukunft heraus. Wohin geht die BGR? Welche Entwicklungen bestimmen ihre Aufgaben? Wo liegen die besonderen Herausforderungen?

Obwohl die der BGR im Gründungserlass übertragenen Aufgaben nichts von ihrer Aktualität eingebüßt haben, hat sich das gesellschaftliche und wissenschaftspolitische Umfeld in Deutschland – wie auch in der Welt – seither stark verändert. Dies verdeutlichen drei Sachverhalte:

1. In Deutschland wurden, insbesondere seit den 80er Jahren, mehrere bedeutende außeruniversitäre Forschungseinrichtungen gegründet oder grundlegend reformiert. Sie erbringen seither exzellente Forschungsleistungen auf verschiedenen Gebieten der Geowissenschaften: das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, das GeoForschungsZentrum Potsdam in der Helmholtz-Gemeinschaft (GFZ), das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig, das Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IfM-GEOMAR) in Kiel, das Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) in Hannover und auch die geowissenschaftlich ausgerichteten Institute des Forschungszentrums Jülich seien als Beispiele genannt.

Mit allen Einrichtungen betreibt die BGR heute arbeitsteilig gemeinsame Projekte oder stimmt sich in der Planungsphase neuer Vorhaben mit ihnen ab. Ihre Leitungen sind gegenseitig vielfach Mitglieder in den wissenschaftlichen Beiräten oder den Kuratorien der Einrichtungen.

2. Die Geowissenschaften selbst haben sich in den vergangenen 50 Jahren enorm weiterentwickelt. Die bahnbrechenden Erkenntnisse der Plattentektonik – verbunden mit dem Paradigmenwechsel, dass das Erscheinungsbild der Erde weniger von Vertikal- als von Horizontalbewegungen ganzer Erdteile geprägt ist – setzten sich erst Ende der 1960er Jahre durch. Viele der früher an den Universitäten getrennt forschenden Disziplinen Geologie/Paläontologie, Geophysik, Mineralogie/Kristallographie, Bodenkunde, Geodäsie, Geochemie u. a. erkannten spätestens jetzt, dass sie gefordert sind, die großen Fragen in den Geowissenschaften gemeinsam anzugehen.

Diese Entwicklung hat zu einem starken Anwachsen respektive Entstehen neuer, meist themenbezogener Forschungsfelder geführt, die in ihrer Gesamtheit das System Erde betrachten. Beispiele sind die Georisikoforschung, die Klimaforschung, die Ökosystemforschung und die Nachhaltigkeitsforschung. Eine klare Abgrenzung dieser Forschungsfelder untereinander – und das ist geradezu kennzeichnend für die modernen Geowissenschaften – ist nicht möglich. Das Erkennen der Zerbrechlichkeit unserer Existenz und ihrer alternativlosen Abhängigkeit vom Zustand unseres Planeten und vom Verlauf der vielfältigen und dynamischen Vorgänge auf ihm verlangt wesentlich umfangreichere, breiter angelegte Forschungsanstrengungen, als man vor 50 Jahren geglaubt hat.

3. Und schließlich ist der Grad der Globalisierung heute ungleich höher als in den 1950er Jahren. Waren früher beispielsweise Auslandsreisen hoher Staatsbeamter noch relativ seltene Ereignisse, so gehören sie heute zum Tagesgeschäft. Der Umfang des grenzüberschreitenden Warenverkehrs zu Lande, zu Wasser und in der Luft ist um Größenordnungen gestiegen – und ist Rückgrat unserer Wirtschaft und unseres Wohlstandes. Rohstoffe spielen dabei eine maßgebliche Rolle.

Das Ausmaß der Beratungstätigkeit von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR für Ministerien und Industrie hat sich infolgedessen in den letzten Jahrzehnten vervielfacht. Zahlreiche international agierende wissenschaftliche Organisationen und Institutionen wurden gegründet. In einigen von ihnen nimmt die BGR wichtige Koordinierungsfunktionen wahr, so in der International Union of Geological Sciences (IUGS), der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), im Integrated Ocean Drilling Programme (IODP) bzw. seinem Vorläufer, dem Ocean Drilling Programme (ODP), und bei EurGeoSurveys, dem Zusammenschluss der staatlichen Geologischen Dienste Europas.

Der Blick in die Zukunft der BGR war vor diesem Hintergrund auch Gegenstand der jüngst erfolgten Evaluierung durch den Wissenschaftsrat. In dem Abschlussbericht vom 9. November 2007 wird anerkannt, dass die BGR mit ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und ihren wissenschaftsbasierten Dienstleistungen, die die dauerhafte Versorgung der Wirtschaft sowie der Bevölkerung mit Energierohstoffen und mineralischen Rohstoffen sicherstellen, Aufgaben von großer öffentlicher Relevanz wahrnimmt. Den Leistungen der Bundesanstalt wird in diesem Zusammenhang ein hohes wissenschaftliches Niveau bescheinigt und die BGR als eines der international führenden geologischen Staatsinstitute bezeichnet.

Zu den Aussagen des Wissenschaftsrates über die Tätigkeitsfelder der BGR gehört auch die Aufforderung, den Forschungsanteil von bisher 40 % beizubehalten – als Grundlage für qualifizierte Beratung von Politik und Wirtschaft. Im Selbstverständnis der BGR handelt es sich dabei um Vorlauf- und Zweck-

forschung, deren Ergebnisse in überschaubaren Zeiträumen, d. h. in Jahren bis wenigen Jahrzehnten, eine Umsetzung erwarten lassen. Die BGR unterstützt damit auch Initiativen von verschiedenen Seiten, die geowissenschaftliche Forschung noch stärker als bisher in den Dienst drängender Bedürfnisse der Gesellschaft zu stellen. Diese Absicht kommt auch in dem Programm 2007 – 2017 des Geologischen Dienstes der Vereinigten Staaten von Amerika, dem United States Geological Survey (USGS) zum Ausdruck. Als wichtigstes übergeordnetes Ziel sieht der USGS die Bewahrung bzw. Wiederherstellung von Lebensräumen an, in denen sich der Mensch wohl fühlt und ein gesundes Dasein führen kann. Unter Berücksichtigung der Versorgung unserer Gesellschaft mit notwendigen Ressourcen schließt dies ausdrucksstark den Aspekt der Nachhaltigkeit ein und damit auch den Erhalt von Ökosystemen, die die Zonen geologischer Untergrund, Hydrosphäre, Boden, Erdoberfläche und Lufthülle einschließlich der dort existierenden biologischen Vielfalt umfassen.

Innerhalb der Geowissenschaften liegen die Kompetenzfelder der BGR klar im Bereich der Georessourcen. Hierunter sind die mineralischen Rohstoffe und die Energierohstoffe zu verstehen, ebenso Grundwasser und Böden, aber auch der unterirdische Raum, der u. a. Möglichkeiten zur Speicherung von CO₂ oder der Endlagerung radioaktiver Stoffe bietet. Weiterhin weist die BGR große Expertise im Bereich der Geosicherheit auf. Nicht zuletzt sind Geodaten und Informationssysteme ein „Rohstoff“, der bei den Arbeiten der BGR seit ihrer Gründung eine wichtige Rolle einnimmt und weiterhin einnehmen wird.

Die Bedeutung von Georessourcen für die Daseinsfürsorge ist angesichts der aktuellen drastischen Preisentwicklungen bei den mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen sowie der vielfach dramatischen Verknappung von sauberem Wasser und fruchtbaren Ackerböden bei gleichzeitig weiterwachsender Weltbevölkerung und voranschreitender Industrialisierung bevölkerungsreicher Länder in Asien, Afrika und Südamerika offensichtlich. Georessourcen werden deshalb zukünftig verstärkt die sichtbare Klammer für die originären Arbeiten der BGR sein. In bewährter Arbeitsteilung mit den Geologischen Diensten der Bundesländer, die ihre

Aufgaben innerhalb Deutschlands wahrnehmen, werden die Arbeitsbereiche Grundwasser und Boden sowie Rohstoffe von der BGR vornehmlich im Ausland betrieben, überwiegend im Rahmen von Projekten der technischen Zusammenarbeit. Eine Profilschärfung der Tätigkeiten der BGR in diesem Sinne kommt einer der Hauptempfehlungen des Wissenschaftsrates nach, dessen Mitgliedern ich an dieser Stelle noch einmal für ihre wertvolle Arbeit danken möchte.

Zur Umsetzung der Empfehlungen des Wissenschaftsrates hat die BGR Ende 2007 mehrere Projektgruppen eingerichtet, deren Arbeiten durch ein Projektteam koordiniert werden. Ziel der nun anstehenden Maßnahmen ist es, die Leistungsfähigkeit der BGR weiter zu steigern und ihre anerkannte gesellschaftlich-wissenschaftspolitische Stellung zu festigen. Dies gilt für den Forschungssektor, der im Fokus des Berichtes des Wissenschaftsrates steht, und den Service-orientierten Bereich gleichermaßen. Eine der Maßnahmen wird ein stärkeres Monitoring der vielfältigen Leistungen der BGR-Angehörigen sein. Besondere Beachtung werden zudem neue geowissenschaftliche Aufgabenfelder zur Verbesserung der Lebensbedingungen und Daseinvorsorge, interne Aufgabenkritik und Flexibilität erhalten. Nach außen hin wird die BGR verstärkt Möglich-


keiten der Vernetzung mit anderen Institutionen suchen, um als unabhängige Behörde auch zukünftig weiterhin ein breites Spektrum an geowissenschaftlicher Beratung erbringen zu können.

Die Zusammenarbeit mit Universitäten soll ausgebaut werden, zum gegenseitigen Nutzen der Hochschulen, der BGR und des wissenschaftlichen Nachwuchses. Und schließlich wird die BGR zusätzliche Anstrengungen unternehmen, ihre Arbeiten in der wissenschaftlichen Gemeinschaft und in der breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Dies schließt auch ein, dass wir der Bevölkerung die für sie so hohe Bedeutung der Themenfelder, die in der BGR bearbeitet werden, vermitteln.

Diese Ziele im Auge, kann die BGR als geowissenschaftliches Kompetenzzentrum der Bundesregierung mit Zuversicht in die Zukunft schauen.



Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel



Das Haupthaus des Dienstgebäudes der BGR wurde nach einem ihrer ehemaligen Präsidenten benannt. Eine Innenwand im Foyer des ALFRED-BENTZ-Hauses ist mit einem prächtigen Mosaik ausgestattet, das die beeindruckenden Maße von etwa 16 mal vier Meter aufweist.

GERHARD RICHTER - BERNBURG, ein anderer BGR-Präsident, hat das geologische Kunstwerk konzipiert und den Entwurf von der renommierten FR. MAYER'SCHEN HOF-KUNSTANSTALT aus München vor Ort in Hannover anfertigen lassen. Für die Abertausende von Teilchen wurden dabei fast ausschließlich Natursteine verwendet. Dargestellt ist ein geologisches Profil durch Nordwestdeutschland, dem damaligen wissenschaftlichen Kenntnisstand bewundernswert exakt nachempfunden und meisterlich umgesetzt.

Dem Leser dieses Tätigkeitsberichtes werden immer wieder Ausschnitte dieses Mosaiks als Schmuck- und Gestaltungselement begegnen.

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

Prof. Dr. K. M. REINICKE
TU Clausthal
Abteilung Erdöl/Erdgasgewinnung
und Erdgasversorgung
Clausthal-Zellerfeld

Prof. Dr. Dr. h. c. R. EMMERMANN
p. A. GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)
Potsdam

G. GRIMMIG
Mitglied des Vorstandes
K+S Aktiengesellschaft
Kassel

Mitglieder

Dr. K. ÅKER
Director, Espoo Unit
Geological Survey of Finland
Espoo, Finnland

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

Dr.-Ing. D. BÖCKER
Brühl

Dr. G. KALKOFFEN
Technischer Geschäftsführer
ExxonMobil Production Deutschland GmbH
Hannover

Dr. N. KLOPPENBURG
Mitglied des Vorstandes
Kreditanstalt für Wiederaufbau
Frankfurt

Prof. Dr. I. KÖGEL-KNABNER
TU München
Lehrstuhl für Bodenkunde
Freising-Weißenstephan

Prof. Dr.-Ing. K.-U. KÖHLER
Vorsitzender des Vorstandes
Thyssen Krupp Steel AG
Duisburg

Prof. Dr. V. MOSBRUGGER
Direktor
Senckenberg Forschungsinstitut
und Naturmuseum
Frankfurt/Main

Professor Dr. G. TEUTSCH
Wissenschaftlicher Geschäftsführer
Umweltforschungszentrum (UFZ)
Leipzig-Halle GmbH
Leipzig

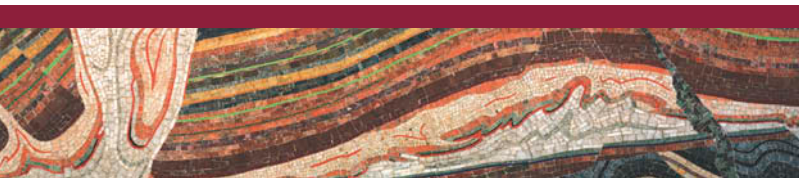
Prof. Dr. J. THIEDE
Direktor
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für
Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven

Dr. B. THOMASKE
Schwülper

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

P. VOS
Sprecher des Vorstandes
Basalt-Actien-Gesellschaft
Linz/Rhein

R. ZWITSERLOOT
Mitglied des Vorstandes
Wintershall AG
Kassel



Rohstoffe und Georessourcen



Erdgasbohrung Lilienthal-Süd.

Energie-
Rohstoffe

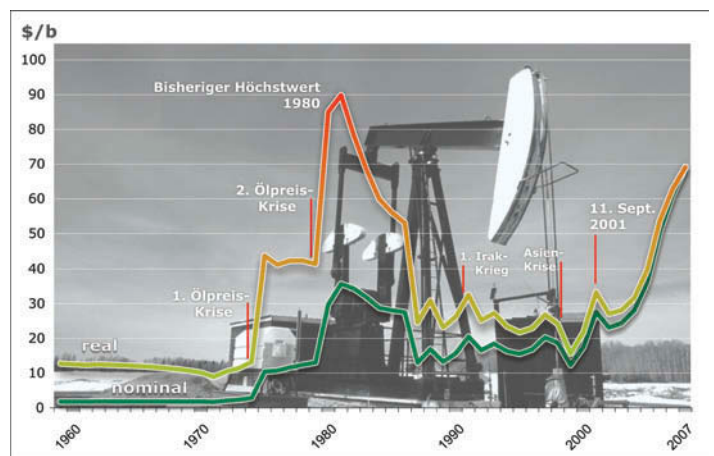


Energierohstoffe

50 Jahre Energierohstoffe

Auf dem Sektor Energierohstoffe waren die letzten 50 Jahre von starken Veränderungen geprägt. Während 1958 das Barrel Erdöl nur 2 US\$ kostete, lag der Preis Anfang März 2008 bei über 100 US\$. Dazwischen gab es ein Auf und Ab des Ölpreises, der von vielen einschneidenden Ereignissen bestimmt wurde, von denen die wichtigsten waren:

- Herbst 1973: Erste Ölpreiskrise
- 1978/79: Zweite Ölpreiskrise
- Ölpreisverfall nach Ausweitung der saudi-arabischen Erdölförderung
- 1998/99: Weiterer Ölpreisverfall teilweise bis unter 10 US\$/Barrel im Gefolge der Asienkrise
- Ab 2003: Starker Ölpreisanstieg.



Die Ölpreisentwicklung in den vergangenen 50 Jahren.



reichen Erdgas- und Erdölfelder in der Nordsee führten. Andererseits riefen die hohen Ölpreise in dieser Zeit auch verstärkte Forschungsaktivitäten zur Nutzung nicht-konventioneller, d. h. nur zu hohen Kosten gewinnbarer Energierohstoffe wie Ölsande und Ölschiefer sowie auf dem Gebiet der alternativen Energien hervor. Dagegen führte der Ölpreisverfall Mitte der 1980er und Ende der 1990er Jahre zu einem deutlichen Rückgang dieser Aktivitäten.

Auch die Ausrichtung der entsprechenden Arbeiten in der BGR wurde von diesen Entwicklungen beeinflusst. Allerdings gelang es uns, trotz teilweise starken Personalabbaus, die Kontinuität der Arbeiten aufrecht zu erhalten und damit ein kompetenter Partner für die Beratung der Politik und Wirtschaft zu bleiben.

Ein wichtiger Aspekt der Beratungstätigkeit für die Bundesregierung war die Erarbeitung von Energiestudien zur weltweiten Situation bei den nicht-erneuerbaren Energierohstoffen Erdöl, Erdgas, Kohle und Kernbrennstoffe sowie zur Geothermie. Diese umfangreichen Studien bildeten die Grundlage für die Energieprognosen für Deutschland. Eine erste Studie dieser Art wurde 1976 gemeinsam mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung DIW erarbeitet. Weitere Studien folgten in Abständen von etwa fünf Jahren. Eine wichtige Basis für die Erstellung dieser Studien bildet unsere umfangreiche weltweite Datenbank. Diese Studien sind auch eine wichtige Informationsquelle für Hochschulen, Industrie und eine breite Öffentlichkeit.

Diese Entwicklungen blieben nicht ohne Folgen auf die Aktivitäten internationaler Ölgesellschaften, aber auch für andere Energierohstoffe, da deren Preise indirekt an die Erdölpreise gekoppelt sind. So initiierten die hohen Ölpreise Mitte der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre verstärkte Aktivitäten einerseits in die Exploration und Forschung von Energierohstoffen, die u. a. zum Nachweis der

BGR-Publikationen: Energiestudien

- 1976 Die künftige Entwicklung der Energienachfrage und deren Deckung
– Perspektiven bis zum Jahr 2000 –
Teil III: Das Angebot von Energie-Rohstoffen
- 1980 Survey of Energy Resources 1980
(für 11. Weltenergiekonferenz in München)
- 1989 Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
- 1995 Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
- 1998 Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
- 2003 Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
- ab 2005 Jährliche Aktualisierung als Kurzstudie:
Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen
(Titelseite rechts abgebildet)



Zur Verbesserung der Erdölversorgung Deutschlands legte die Bundesregierung 1969 ein Bundesförderprogramm auf, das insbesondere Aktivitäten deutscher Firmen im Ausland zur Exploration und Gewinnung von Erdöl und Erdgas unterstützte. Das Programm führte zur Gründung der Deutschen Erdölversorgungsgesellschaft mbH DEMINEX. Bis 1989 wurden Fördermittel in Höhe von fast 2,4 Milliarden DM als Darlehen und Zuschüsse ausgezahlt, von denen bis Ende 1997 (Auflösung bzw. Firmenteilung der DEMINEX) ca. 760 Millionen DM getilgt wurden. Die BGR begleitete dieses Programm als Gutachter für die Bundesregierung. Im Rahmen der Arbeiten der DEMINEX wurden Reserven von über 200 Millionen t Öläquivalent nachgewiesen und über 100 Millionen t Erdöl und 16 Milliarden m³ Erdgas gefördert. Die erste Förderung im Rahmen dieses Programms erfolgte 1978 aus dem Erdölfeld Thistle in der britischen Nordsee. Arbeiten liefen auf fast allen Kontinenten mit Schwerpunkten in der Nordsee, dem Nahen Osten, Nordafrika und Indonesien.

Einen breiten Raum nahm auch die Technische Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern ein. Hier war in den letzten Jahren ein starker Wandel zu verzeichnen. Während in den Anfangsjahren die unmittelbare Arbeit mit den Partnern in der Prospektion und Exploration teilweise mit eigenen, im Rahmen der finanziellen Zusammenarbeit finanzierten Explorationsaktivitäten, die u. a. in Bangladesch zum Nachweis von Erdgaslagerstätten führten, im Vordergrund stand, verschob sich der Schwerpunkt in den letzten Jahren auf die Bereiche Ausbildung von Fachkräften sowie Beratung und Aufbau von geologischen Institutionen. Entsprechend der Umorientierung in der Entwicklungshilfe ging dabei das Gewicht des Rohstoffsektors deutlich zurück. Erst in jüngster Zeit wird der Beratung in diesem Sektor wieder größere Bedeutung beigemessen und die BGR hier erneut aktiv.

In ihrer fast 50-jährigen Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern haben die Spezialisten der BGR einen wichtigen Beitrag für den Aufbau der Rohstoffbasis in vielen Ländern auf fast allen Kontinenten geleistet. So wurden in Ländern wie Bangladesch, Pakistan und Myanmar die Grundlagen für den Nachweis von bedeutenden Erdgaslagerstätten gelegt, auf den Philippinen, in der Türkei und

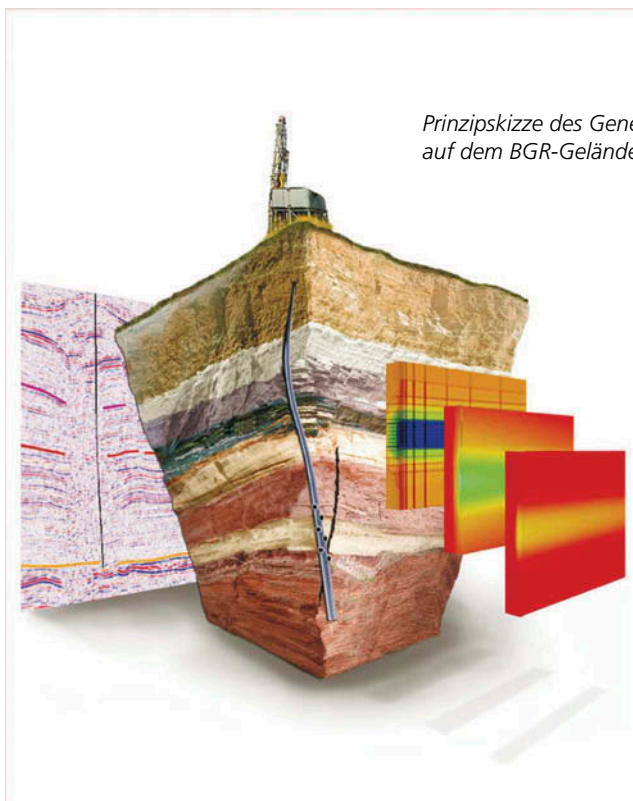
Malaysia wurden Kohlefelder entdeckt und in zahlreichen Ländern die Uranprospektion unterstützt. Auch nicht-konventionelle Energierohstoffe waren Gegenstand der Untersuchungen. So führte die BGR in den 1980er Jahren umfangreiche Arbeiten zur Untersuchung der Ölschiefervorkommen in Jordanien durch, deren Ergebnisse heute die Grundlage für zahlreiche Industrieaktivitäten bilden. In den letzten Jahren war die Geothermie ein wichtiges Arbeitsfeld. So wurden im Rahmen des GEOTHERM-Programms ostafrikanische Länder und Chile bei der Erschließung und Nutzung der geothermischen Energie unterstützt. Diese Arbeitsrichtung wird auch zukünftig von Bedeutung sein.

Zur Unterstützung dieser Arbeiten führte die BGR umfangreiche Forschungsaktivitäten durch. Sie umfassten geophysikalische Untersuchungen hauptsächlich im Offshorebereich der Weltmeere, Laboruntersuchungen und deren gemeinsame Auswertung und Interpretation. Diese Arbeiten profitierten von den vielen, in der BGR vertretenen Fachdisziplinen und ihren Verflechtungen sowie der intensiven Zusammenarbeit mit Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie. Die Forschungsarbeiten waren sowohl auf deutschlandbezogene Themen wie die Prospektion auf Uran und Thorium (1960er Jahre), Erdgas-Tiefenaufschlussprojekte (1970er Jahre) und Tiefengas (1990er Jahre) in enger Kooperation mit Industrie und Hochschulen gerichtet als auch auf viele internationale Aktivitäten. Dazu gehörten die Bewertung verdeckter Gräben in Afrika hinsichtlich ihres Kohlenwasserstoffpotenzials (1980er Jahre) und umfangreiche seeseismische Arbeiten im Vorfeld der Industrie zur Untersuchung der Kontinentalränder in den großen Weltmeeren als zukünftige Gebiete für die Exploration auf Erdöl und Erdgas. Das große Interesse der Industrie an den Ergebnissen dieser Arbeiten – wie gegenwärtig an den Ergebnissen aus der Laptevsee – unterstreicht die Bedeutung derartiger Untersuchungen. Die BGR ist eng in das Netz internationaler Kooperationen eingebunden. Sie arbeitet in internationalen Gremien mit und war maßgeblich an der Erstellung des Gasatlases für NW-Europa beteiligt. Zurzeit wirkt sie mit am Atlas für das südliche Permbecken.

Neben der Untersuchung auf traditionelle Energierohstoffe befasst sich die BGR auch mit

der Nutzung geothermischer Energie. So ist sie an einem Forschungsprojekt in Sultz im Elsass beteiligt, das die Möglichkeiten der Erdwärmennutzung für die Stromerzeugung untersucht. Am Standort der BGR in Hannover sollen die Möglichkeiten für eine breitere Nutzung der Geothermie zu Heizungszwecken an beliebigen Standorten demonstriert werden. Mit dem Projekt GeneSys werden neue Verfahren getestet. Voruntersuchungen zum Test der Verfahren wurden an einer alten Erdgasbohrung durchgeführt. Noch in diesem Jahr ist vorgesehen, mit dem Abteufen der Bohrung am Standort Hannover zu beginnen.

Mit ihren Arbeiten auf dem Gebiet Energierohstoffe leistet die BGR einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Rohstoffversorgung Deutschlands und trägt zur Information einer breiten Öffentlichkeit zu aktuellen Fragen der Verfügbarkeit von Energierohstoffen bei, u. a. durch ihre Beteiligung an der Diskussion um „Peak Oil“ und andere heiße Themen. Zur zukünftigen Sicherung der Energieversorgung befasst sie sich mit Untersuchungen zu perspektivischen Energiequellen wie Gashydrate, Flözgas und Verfahren zur verbesserten Ausbeute vorhandener Erdöl- und Erdgaslagerstätten, aber auch mit der Nutzung geothermischer Energie.



Forschungsarbeiten zur Abschätzung des Kohlenwasserstoffpotenzials der arktischen Randmeere Sibiriens

Die Polargebiete der Arktis gelten als rohstoffreiche „Frontier-Gebiete“. Das wahrscheinlich beträchtliche Rohstoffpotenzial ist jedoch bisher relativ wenig erschlossen.

Speziell für die Schelfgebiete der Arktis wird das Potenzial an Erdöl und Erdgas aufgrund ausgedehnter Sedimentbecken mit mächtigen Sedimentfüllungen als sehr hoch eingeschätzt. Die Vorerkundung und wirtschaftliche Nutzung unter arktischen Bedingungen stellen jedoch eine hohe technische Herausforderung dar und setzen enorme Investitionen voraus, die von der Entwicklung der Weltmarktpreise für Energierohstoffe beeinflusst sind.

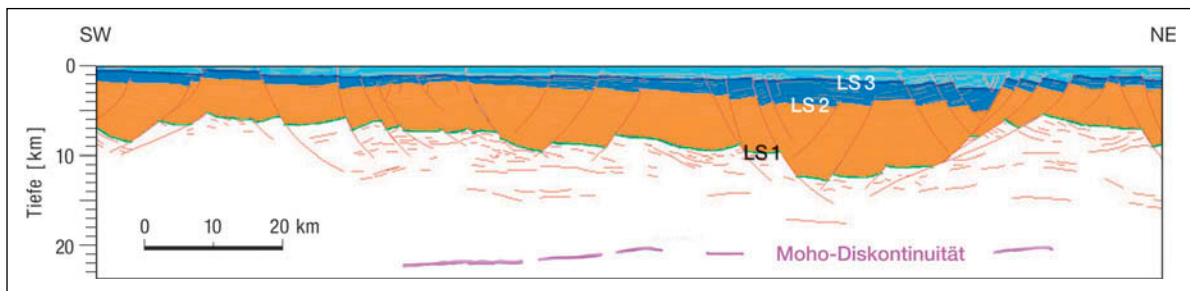
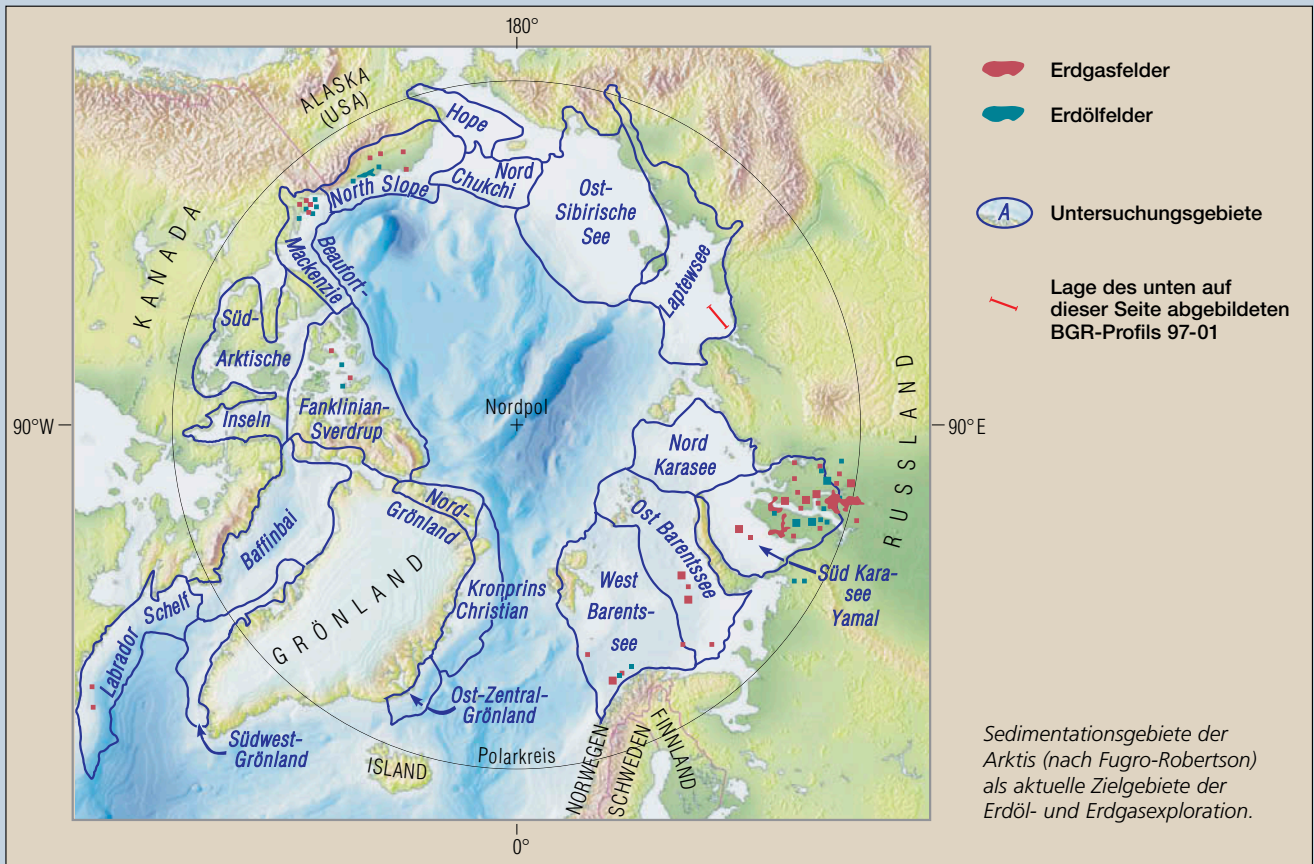
Klimaänderungen und ein prognostizierter Eisrückgang könnten sich jedoch für die zukünftige Erschließung und Nutzung arktischer Rohstoffe vorteilhaft auswirken, da sich die Bedingungen für die Öl- und Gasförderung im bislang weitgehend eisbedeckten arktischen Ozean verändern und sich die arktischen Seewege (wie z. B. die Nordost-Passage) aufgrund zukünftig abnehmender Eisführung als nutzbare Transportwege für sibirische Rohstoffe entwickeln könnten.

Die Arktis umfasst das Gebiet nördlich des Polarkreises (Geographische Breite 66°33' Nord) und schließt eine Fläche von rund 21 Millionen km² ein. Die Schelfgebiete haben mit 7 Millionen km² (Wassertiefe < 500 m) etwa die gleiche Ausdehnung wie die Landgebiete. Nach Abschätzungen des USGS (United States Geological Survey) liegt ein Viertel aller bislang unentdeckten Erdöl- und Erdgasvorkommen in der Arktis. Die potenziell vorhandenen Vorkommen an Erdöl und Erdgas auf den Schelfbereichen befinden sich fast vollständig in der 200-Seemeilen-Zone (Ausschließliche Wirtschaftszone) der jeweiligen Anrainerstaaten.

Dabei wird nach einer Studie von Fugro Robertson (Future of the Arctic, November 2006) postuliert, dass Erdgas (85 %) wesentlich wahrscheinlicher anzutreffen sein wird als Erdöl (15 %). Von den geschätzten Gasvorkommen befinden sich 69 % in Russland. Mehr als 550 Öl- und Gasfelder (15 % der weltweit bekannten Erdöl- und Erdgasvorkommen) wurden in der Arktis bereits entdeckt, davon die meisten in Russland. Nach russischen Angaben vom April 2007 werden Ressourcen von über 62,5 Billionen m³ Gas und 9 Milliarden t Erdöl auf dem russischen Schelf erwartet.

Forschungsschiff im Packeis der Laptewsee.





Seismischer Schnitt durch den westlichen Teil der Laptevsee. Die regionalen Haupthorizonte sind: LS1 - Kreide/Tertiär-grenze, LS2 - Frühes Oligozän, LS3 - Spätes Miozän. Die interpretierte Lage der Moho-Diskontinuität kennzeichnet die Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel.

Bislang konzentriert sich die arktische Offshoreförderung vorrangig auf die Flachwassergebiete vor den Küsten von Alaska, Kanada und Norwegen. In der russischen Arktis gibt es Offshoreförderung derzeit nur in der Barentssee und südlichen Karasee. Neben diesen Gebieten mit nachgewiesener Erdgasführung sind auch die nördliche Karasee, die Laptewsee und die Ostsibirische See als Frontier-Gebiete von ihrem generellen geologischen Bau her als prospektiv einzuschätzen.

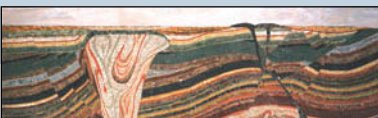
Die BGR führt im Vorfeld industrieller Exploration als Informations- und Entscheidungsgrundlage für die langfristige deutsche Energiepolitik geowissenschaftliche Untersuchungen in derartigen Frontier-Gebieten durch.

In die weit östlich gelegenen Meere Laptewsee und Ostsibirische See hat die BGR bereits drei marin-seismische Expeditionen zusammen mit russischen Partnern in den Jahren 1993, 1994 und 1997 unternommen, um den Aufbau und die Entstehungsgeschichte des geologischen Untergrundes wissenschaftlich zu untersuchen und damit die Grundlagen für eine Abschätzung des Kohlenwasserstoffpotenzials zu schaffen. Obwohl inzwischen weitere Messkampagnen durch russische Institutionen in diesen Gebieten stattgefunden haben, stellen die BGR-Daten immer noch einen einmaligen Wert dar.

Durch das gestiegene Interesse von Energiefirmen an den Forschungsergebnissen der BGR zeichnet sich ab, dass mit steigenden Weltmarktpreisen für Erdöl und Erdgas auch diese überwiegend packeisbedeck-

ten Schelfregionen der sibirischen Arktis verstärkt in das wirtschaftliche Blickfeld gelangen. Aufbauend auf dem erzielten Kenntnisstand, besteht eine Forschungsübereinkunft mit mehreren staatlichen Institutionen, u. a. auch Russlands, zur Untersuchung der arktischen Sedimentbecken Sibiriens und ihres Erdöl- und Erdgaspotenzials. Forschungsprojekte im Zusammenwirken mit weltweit operierenden Unternehmen der Ölindustrie ermöglichen es, die vorliegenden Erkenntnisse zu vertiefen, weitere Bausteine für das Verständnis der geologischen Entwicklung dieses Frontiergebietes bereitzustellen und, darauf aufbauend, zuverlässige Höffigkeitsabschätzungen für die Laptewsee und Ostsibirische See vorzunehmen.

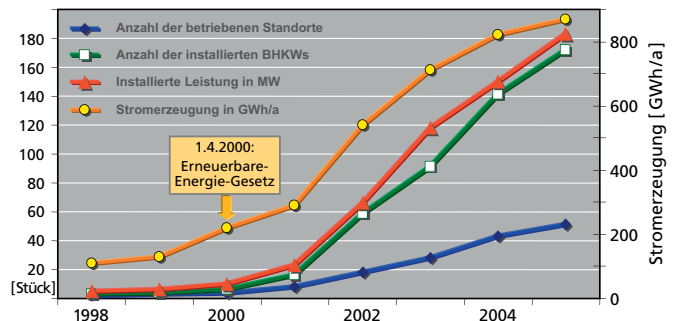
Derzeit läuft eine Forschungskoooperation mit einem Unternehmen der Ölindustrie zur detaillierten Neuinterpretation des bei der BGR vorhandenen Datenmaterials. Mit VSEGEI, der russischen Schwesterorganisation der BGR in St. Petersburg, werden derzeit Ergebnisse einer gemeinsamen Landexpedition des VSEGEI und der BGR an die Mündungen des Khatanga und des Anabar in der südwestlichen Laptewsee ausgewertet, um geochemische und strukturgeologische Befunde aus dem Küstenbereich in die Untersuchungen einzubeziehen. Die BGR leistet mit diesen Arbeiten wesentliche Beiträge zum Verständnis der geologischen Entwicklung der arktischen Kontinentränder und Grundlagenforschung für eine künftige Explorationstätigkeit in den sibirischen Schelfgebieten. Für eine verlässliche Abschätzung des Kohlenwasserstoffpotenzials dieser bislang weitgehend unerforschten Region bedarf es jedoch noch weiterer Erkundungsarbeiten mit 2/3D-Seismik und Probebohrungen.



Das Grubengas Methan – Gefahren- oder Energiequelle?

Methangas kommt weltweit in vielen Bergwerken vor. Insbesondere in Kohlegruben leben die Bergleute auch heute noch mit der Gefahr von Schlagwetterexplosionen. Der Grund dafür ist das Methan (CH_4), das sich bei einem bestimmten Mischungsverhältnis entzünden kann. Dies kann zu verheerenden Explosionen mit hohen Schäden führen, bei denen es sogar Tote und Verletzte geben kann. Auch im Erzbergbau und im Abbau auf Salz kann dieses Grubengas auftreten.

Inzwischen ist das Grubengas aber nicht mehr nur als tödliche Gefahr bekannt, sondern wird auch als Energielieferant genutzt. Infrage kommen sowohl im aktiven Abbau befindliche Lagerstätten als auch stillgelegte Bergwerke, in denen noch immer Methan frei gesetzt wird. In den USA wird das Gas schon seit langem gewonnen und zur Energieproduktion eingesetzt. Und auch Europa (z. B. Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Polen, Tschechische Republik) nutzt diese Energieressource. Häufig entstehen an den Standorten der Bergwerke – wie z. B. im Ruhrgebiet – regional bedeutsame Klein-kraftwerke, die zur Stromerzeugung, aber auch zur



Entwicklung der Grubengasnutzung in Deutschland.

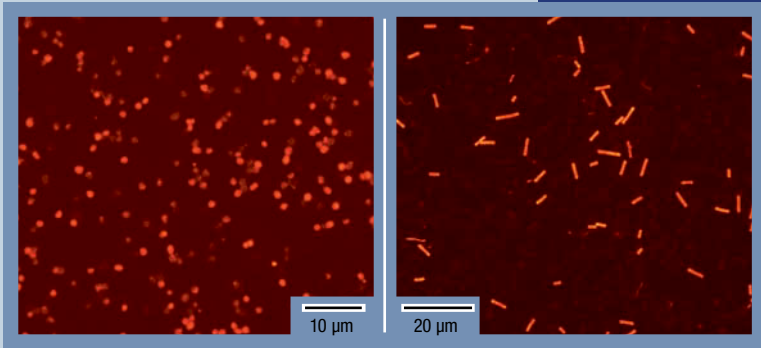
Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden. Diese Kraftwerke haben aber eine unsichere Laufzeit, weil über das vorhandene nutzbare Gasvolumen und die Entstehung des Methans bisher nicht genügend bekannt war.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat sich daher mit der Frage beschäftigt, wie das Gas entsteht. Hauptanliegen war es zu erforschen:

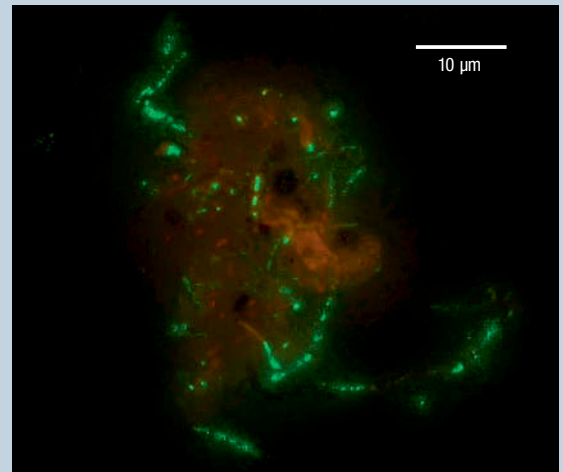


Impressionen der Probenahmen unter Tage in stillgelegten Kohleschächtanlagen im Ruhrgebiet.





Nachweis verschiedener Zelltypen methanogener Archaeen in Inkubationen mit Grubenholz (links) und Kohle mittels fluoreszenz-markierter Gensonden (FISH) (Mitte) sowie über ihre Autofluoreszenz auf Grubenholzpartikeln (rechts, Bild: Universität Oldenburg).



- Wird das Methan ausschließlich durch Erhitzung der Kohle in den Tiefen der Erdkruste gebildet?
- Welche Rolle spielen Mikroben bei der Entstehung des Gases?
- Wie ausdauernd ist Methan aus Bergwerken als Energielieferant?
- Wie groß ist die aktuelle Bildung?

Die BGR hat dazu exemplarisch verschiedene Schachtanlagen im Ruhrgebiet untersucht und dabei als Quelle der Methanentstehung nicht nur die Kohle selbst, sondern auch das zum Ausbau benutzte Grubenholz ermittelt. Diese schon seit längerem anhand des „Fingerabdrucks“ in den Isotopenverhältnisse der Gase und der Quellmaterialien vermutete rezente Bildung von Methan durch Mikroorganismen konnte erstmalig sowohl in den Laboren der BGR als auch vor Ort in den Kohleschächten nachgewiesen werden. Dabei zeigte sich, dass, anders als bisher vermutet, nicht nur die hohen Temperaturen unter Tage (thermische Bildung)

zum Auftreten von Methan führen, sondern dass Mikroben – ein umgangssprachlicher Begriff für eine Vielzahl von Mikroorganismen – deutlich und kennzeichnend zur Methanbildung beitragen.

Auf der Grundlage dieser Arbeitsergebnisse können künftig unter anderem besser beurteilt und abgeschätzt werden:

- die weitergehende, zukünftige Nutzung,
- weltweit übertragbare Erkenntnisse über Bildungsbedingungen,
- der Anteil des Grubengases am gesamten Methanvorkommen auf der Erde (ca. 7 %).

Damit liefert die BGR wichtige Grundlagen für die weltweite Beurteilung der Nutzungspotenziale, die im Methan aus Bergwerken stecken. Schon jetzt ist absehbar, dass die lokale Nutzung dieses Energieträgers trotz des weiter bestehenden Gefahrenpotenzials auch zukünftig eine interessante Form der Energiegewinnung sein wird.



Kalksteingewinnung im Tagebau Elbingerode.

Mineralische

Rohstoffe



Bearbeitung und Verkauf von Rhyolith als Mauerstein am Straßenrand in Äthiopien.



Gewinnung von Quarzsand im Raum Quedlinburg in Sachsen-Anhalt.

Mineralische Rohstoffe

Mineralische Rohstoffe bilden eine Säule unserer modernen Zivilisation. Aus ihnen werden nicht nur alle Metalle gewonnen, sondern z. B. auch Baumaterialien sowie eine Vielzahl technischer Produkte gefertigt. Der Abbau von mineralischen Rohstoffen zur Versorgung der Menschen ist daher unumgänglich.



Aufbereitung von Cobalt-Arsen-Erzen in Bou Azzer in Marokko.



Kalksteinbruch mit Kalkwerk in Rheinland-Pfalz.



Der Canstätter Travertin wird gern zu Naturwerksteinplatten verarbeitet.



Platin-Palladium-Bergbau im Zwartfontein Tagebau (Platreef, Bushveld-Komplex in Südafrika).

50 Jahre mineralische Rohstoffe

Mineralische Rohstoffe umfassen einen weiten Bereich von nutzbaren Gesteinen, die in der Natur vorkommen. Mineralische Rohstoffe sind sowohl Kies, Sand, Kalk und Ton, aus denen meist Baustoffe für Gebäude und Straßen hergestellt werden, als auch jene, oft unscheinbar wirkenden Gesteine, die wertvolle Metalle wie Gold, Silber und Kupfer sowie Nichtmetalle wie Graphit, Fluorapatit und Baryt enthalten. Solche Gesteine bezeichnet man als Erze. Nicht zu den mineralischen Rohstoffen zählen solche Rohstoffe, die zur Gewinnung von Energie verwendet werden wie z. B. Erdöl oder Kohle.

Unsere moderne, technisierte Gesellschaft ist in zunehmendem Maße auf die ständige Verfügbarkeit dieser Rohstoffe angewiesen. Oft wird davon berichtet, dass ein Rohstoff in absehbarer Zeit nicht mehr verfügbar sein wird. Dies stimmt so nicht. Richtiger ist, dass es immer schwieriger wird, neue Vorkommen zu finden, bei denen sich ein Abbau

wirtschaftlich lohnt. Diese immer schwieriger werdende Suche zu unterstützen und eine, in diesem Zusammenhang stehende Bewertung der Vorkommen vorzunehmen, ist eine der Aufgaben, die die BGR seit ihrer Gründung auf verschiedene Art und Weise verfolgt.

Zu den Aufgaben der BGR zählen aber auch die Durchführung von Projekten im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit (TZ) in Entwicklungsländern und die Beratung der deutschen Politik und Wirtschaft. Die 50-jährige Geschichte der BGR hat gezeigt, dass sich diese Aufgaben oft mit der Suche nach Rohstoffen verbinden lassen.

Im Rahmen eines TZ-Projektes mit mineralischen Rohstoffen als Schwerpunkt ist es oftmals die Aufgabe der BGR, in weitgehend unerforschten Gebieten der Erde potenzielle Lagerstätten zu finden. Ist ein rohstoffgeologisch interessantes Gebiet

identifiziert worden, muss in der Regel eine Vielzahl von Proben genommen werden. Diese Proben werden in den BGR-Laboren untersucht. Hier wird die Analytik von Spezialisten begleitet, die aus den Ergebnissen wiederum wissenschaftliche Schlüsse ziehen können. Dies trägt dazu bei, die Kenntnis über die Bildung von Lagerstätten zu erweitern, was ein grundlegendes Hilfsmittel bei der Suche nach neuen Lagerstätten ist. Denn wenn verstanden ist, wie sich eine Lagerstätte gebildet hat, kann die Suche nach vergleichbaren Gesteinen oder geologischen Verhältnissen begonnen werden. Während des Forschungsprojektes „Metallogenese von Gold- und Platinlagerstätten“ (Ende 80er bis Anfang 90er Jahre) konnten so die für die Bildung von abbauwürdigen Lagerstätten notwendigen Bedingungen aufgeklärt werden. Neue Ansätze für die optimierte Suche nach neuen Lagerstätten wurden entwickelt. So hat die BGR im Laufe der letzten 50 Jahre bedeutende Erkenntnisse über die Bildung von z. B. Chrom-, Kupfer- und Gold-Erzen gewonnen sowie eine Vielzahl neuer Lagerstätten entdeckt. Herauszuheben sind hier die Cu-Lagerstätte „La Granja“ in Peru (siehe nachfolgenden Beitrag), die Goldlagerstätte Yamfo in Ghana sowie die zur größten Pb-Mine Thailands herangewachsene Lagerstätte Song Toh.

Die BGR ist nicht nur im Bereich metallischer Erze, sondern auch im Bereich nichtmetallischer Rohstoffe tätig. Herausragende Neufunde sind hier etwa die enormen Phosphatvorkommen in Jordanien, Gips in Guatemala sowie diverse Marmor-, Ton- und Kalk-Lagerstätten auf allen Erdteilen. In einigen Fällen wurden die Projekte bis zur Erstellung einer Produktionsstätte (Kalkbrennofen, Ziegelei o. ä.) begleitet.

Spätestens dann, wenn interessante neue Vorkommen gefunden werden, wird die deutsche Wirtschaft eingeschaltet, die das wirtschaftliche Potenzial mitbewerten und ggf. nutzen kann. Positive Bewertungen führten so in verschiedenen Ländern zu langfristigen Engagements deutscher Firmen. Hervorzuheben sind Aktivitäten der Knauf GmbH und der Süd-Chemie AG in Argentinien sowie der Schaeferkalk GmbH in Malaysia. Eine im Jahr 2006 erschienene Studie der BGR hat gezeigt, dass sich die wenigen großen deutschen, Metallergbergbau betreibenden Firmen in den letzten Jahrzehnten aus dem Auslandsbergbau zurückgezogen und auf das Einkaufen von Erzen beschränkt haben. Anders

verhält es sich im Bereich der nichtmetallischen mineralischen Rohstoffe, wo sich die Mehrheit der deutschen Firmen seit 1991 verstärkt im Ausland engagiert. Einige kleinere Firmen aber, meist Familienbetriebe, nutzen das Potenzial von Metallerglagerstätten im Ausland gewinnbringend. Daher, und aufgrund der derzeit stark steigenden Rohstoffpreise, ist es zumindest denkbar, dass auch bei den großen deutschen Firmen ein Umdenken stattfinden könnte. Die BGR unterstützt derartige Vorhaben mit breit gefächertem Know-how und Kenntnis der besonderen Situationen in den verschiedenen Ländern. Im Bezug auf mineralische Rohstoffe ist es hierbei wichtig, die weltweite Rohstoff-Situation mit ihren Möglichkeiten und Risiken zu kennen, um den Firmen die richtigen Empfehlungen geben zu können.

Aufgrund der Vielzahl von verschiedenen Typen mineralischer Rohstoffe und der Fülle der verfügbaren Daten ist es zweckmäßig, Informationen in Datenbanken zu sammeln. Seit vielen Jahrzehnten arbeitet die BGR hier mit anderen bedeutenden geologischen Diensten zusammen, wie etwa seit 1975 mit dem geologischen Dienst der USA (USGS). Die BGR ist in Deutschland die einzige Institution, die umfassende Datenbanken zu nahezu allen mineralischen Rohstoffen pflegt und in der Lage ist, diese Daten im richtigen Zusammenhang zu interpretieren. Herauszuheben sind hier die Rohstoffdatenbank, die Förder-, Vorrats- und Verbrauchszahlen von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen enthält sowie die Preisdatenbank für ausgewählte Rohstoffe.

Diese Datenbanken sind zur Beratung der Politik unerlässlich. Die BGR veröffentlicht u. a. auf den Daten basierende Studien, die Überblicke über spezielle Rohstoffe (Rohstoffberichte) und/oder Rohstoffsituationen in einzelnen Ländern (Rohstoffwirtschaftliche Länderberichte) liefern. Für Deutschland werden seit 1997 jährlich die Rohstoffwirtschaftlichen Länderstudien „Bundesrepublik Deutschland – Rohstoffsituation“ herausgegeben. Seit 1979 werden die Preise von 38 verschiedenen Rohstoffen veröffentlicht und sind heute monatlich über das Internet abrufbar.

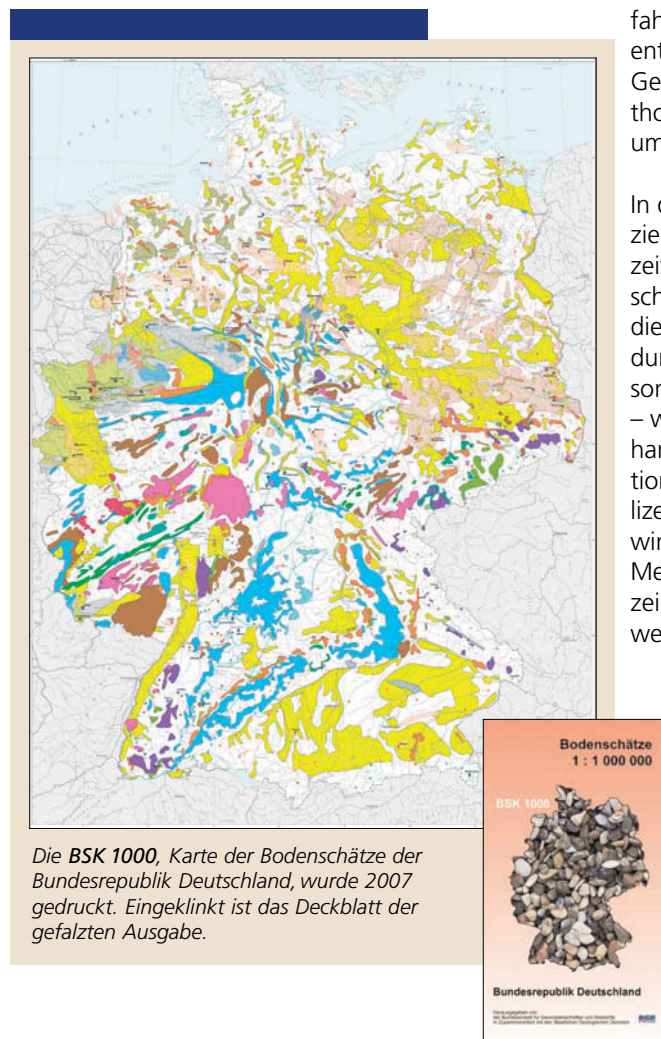
Geodaten können wiederum für die Erstellung von Rohstoffkarten verwendet werden. So wurde bereits 1964 eine Eisenerzrohstoffkarte für Deutschland

erstellt. Viele bedeutende Kartenwerke folgten wie etwa das Kartenwerk „Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1:200000 (KOR 200)“ und im Jahr 2007 die Karte „Bodenschätze der Bundesrepublik Deutschland 1:1 000 000 (BSK 1000)“.

Aber auch im Ausland beteiligt sich die BGR aktiv an der Erstellung von Rohstoffkarten. Ende der 80er Jahre erarbeitete die BGR im Rahmen der TZ die Karte „The Lake Victoria goldfields, Tanzania“, eine Karte, die Firmen als Grundlage für eigene Explorationstätigkeiten nutzen und die noch heute sehr nachgefragt, leider aber vergriffen ist.

Für die Erfüllung der oben dargestellten Aufgaben ist ein hohes Maß an Know-how, insbesondere auch zu aktuellen Entwicklungen notwendig. Dieses ist vor allem durch die BGR-eigene Rohstoffforschung vorhanden. In Kooperation mit dem Bereich Geophysik werden seit 50 Jahren innovative Methoden getestet, mit denen immer schneller und genauer nach neuen Lagerstätten gesucht werden kann. Die BGR-eigene Forschung beschäftigt sich aber nicht nur mit der Suche, sondern auch mit der Optimierung der Gewinnung der Metalle aus den Erzen. Ein modernes, umweltfreundliches Verfahren ist die sogenannte Biolaugung, bei der gezielt spezielle Bakterien oder Pilze eingesetzt werden, um das wertvolle Metall aus den Erzen herauszulösen. Dieses Konzept wird in der BGR bereits seit mehr als 20 Jahren verfolgt. Dementsprechend wurden Verfahren zur Laugung von Ni-, Cu-, Au- und Mn-Erzen entwickelt. Nicht zuletzt wird kontinuierlich an der Genauigkeit und Neuentwicklung von Analysemethoden gearbeitet und somit die Basis für neue, umsetzbare Entwicklungen geliefert.

In diesem Sinne arbeitet die BGR auch an potenziellen Rohstoffen der Zukunft und untersucht zurzeit beispielsweise ein Mn-Vorkommen im Persischen Golf. Bereits in den frühen 80er Jahren hat die BGR grundlegende Erkenntnisse über die Bildung dieser speziellen Erze erlangt, die nun – insbesondere hinsichtlich einer möglichen Abbaubarkeit – weiter untersucht werden. In diesem Zusammenhang hat die BGR im Jahre 2005 von der Internationalen Meeresbergbaubehörde eine Erforschungslizenz im Pazifik erworben. Derzeit ist zwar eine wirtschaftliche Förderung der Mn-Knollen aus dem Meer noch nicht möglich, die Zukunft wird aber zeigen, ob eine derartige Technologie entwickelt werden kann.



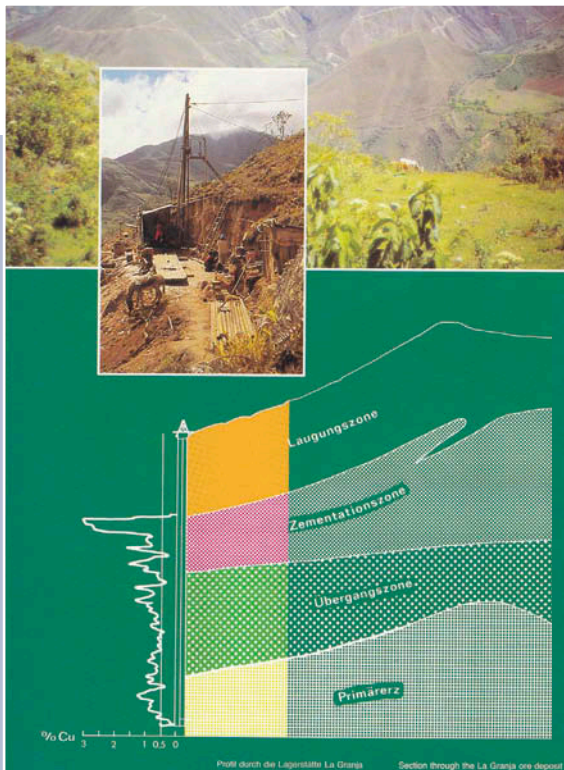
Die BSK 1000, Karte der Bodenschätze der Bundesrepublik Deutschland, wurde 2007 gedruckt. Eingeklinkt ist das Deckblatt der gefalteten Ausgabe.

La Granja

Eine der spektakulärsten Lagerstättenentdeckungen der BGR war die Lagerstätte „La Granja“ in Peru in den 70er Jahren. Kupfer ist eines der wichtigsten Metalle für die hochtechnisierte Gesellschaft. Aufgrund seiner guten elektrischen Leitfähigkeit wird es hauptsächlich in der Elektroindustrie eingesetzt. Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit werden z. B. LötKolben, Braukessel sowie Heiz- und Kühlschlangen aus reinem Kupfer oder aus Kupferlegierungen hergestellt. Weiterhin wird Kupfer zur Herstellung von Statuen, Schiffsbeschlägen, Kleinmünzen, Dachdeckungen, Patronenhülsen, Zündkapseln usw. verwendet. Kupfer kommt zwar in der Natur auch als reines Metall (gediegen) vor, für die Kupferproduktion spielt dies aber eine untergeordnete Rolle. Die bei weitem größte Kupfermenge wird aus natürlichen Kupfermineralen (meist Verbindungen mit Schwefel oder Karbonat) gewonnen. Diese Cu-Erze können oftmals anhand ihrer deutlichen grünen bis blauen Farbe erkannt werden. Große Kristalle dieser Minerale kommen in den mächtigen Gängen vor,

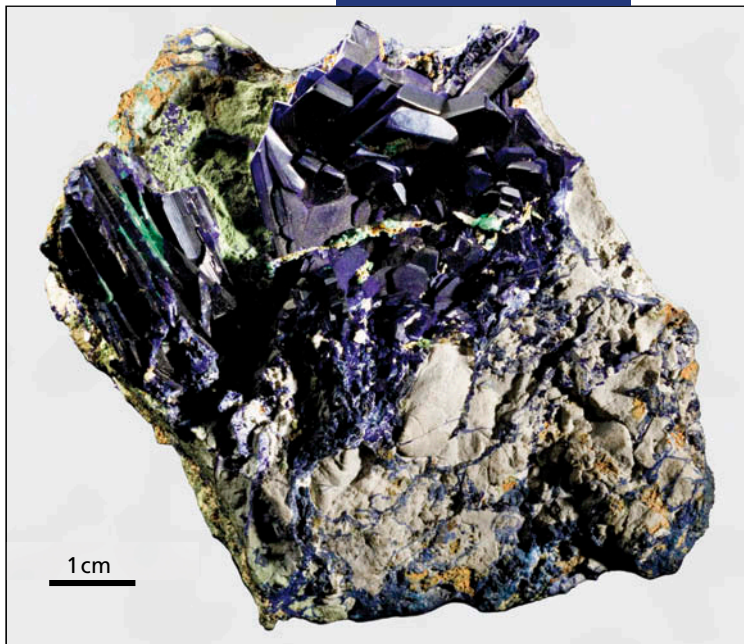
die früher zur Gewinnung von Cu abgebaut wurden. Dies hat sich im Laufe der Zeit geändert, und heute baut man fast ausschließlich fein verteiltes Kupfer (disseminiertes Kupfer) aus granitischen Gesteinen ab.

Die Lagerstätte „La Granja“ ist eine porphyrische Kupferlagerstätte. Ihre bewegte Geschichte wird hier kurz dargestellt: Ende der 60er Jahre entdeckten englische und peruanische Geologen eine ausgedehnte Kupferanomalie in einem Bach und stellten eine Theorie auf, woher das Kupfer in dem Bach kommen könnte. 1978 begann die BGR, im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit mit Peru eine Bewertung der dortigen Rohstoffvorkommen und nahm sich in diesem Zusammenhang u. a. der Kupferanomalie bei La Granja an. Durch Spezialkartierungen, geochemische Untersuchungen und eine, auf deren Ergebnissen aufbauende Bohrungstätigkeit war 1980 die Existenz einer reichen Kupfervererzung sicher, sodass die Lagerstätte noch im selben Jahr in Kooperation mit einer deutschen Explorationsfirma weiter untersucht wurde, insbesondere auch in Hinblick auf die wirtschaftliche Ausbeute. Allerdings fiel 1982 der Kupferpreis derart, dass die Exploration eingestellt werden musste.



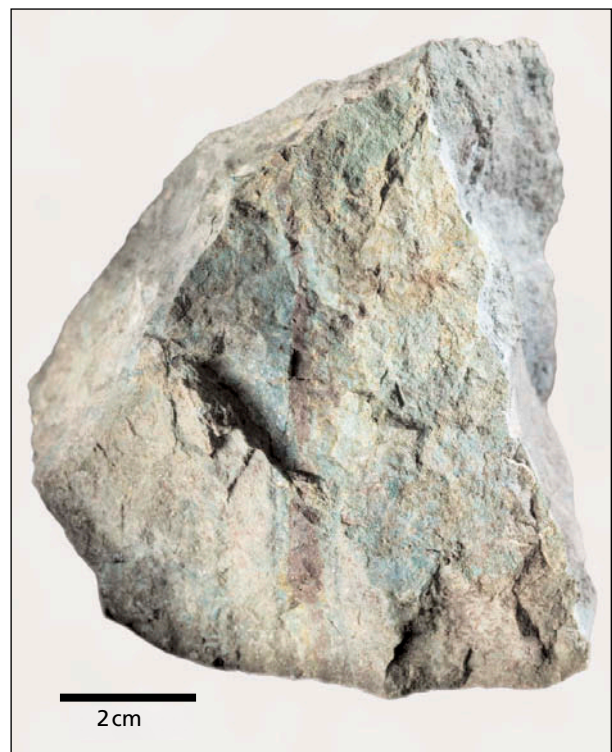
Bereits im Tätigkeitsbericht 1981/82 der BGR wurde dem Untersuchungsgebiet La Granja ein umfassender Beitrag gewidmet. Das Bild oben zeigt die verkleinerte, im Original ganzseitige Abbildung. Eine Teilansicht des Areal vermittelt das Landschaftsbild rechts. Das Foto darunter entstand während der damaligen Expedition.





Azuritkristall.

Nachdem sich der Kupferpreis erholt und keine deutsche Firma mehr Interesse an der Lagerstätte hatte, wurde sie schließlich von der kanadischen Firma Cambior erworben und weiter untersucht. Im Jahre 2000 kaufte BHB Billiton die Lagerstätte von der kanadischen Firma Cambior, gab das Projekt aber bereits 2002 wieder auf. Ende 2005 erwarb die Firma Rio Tinto die Lagerstätte La Granja für letztendlich 22 Millionen US\$ und einem erwarteten Investitionsvolumen von 60 Millionen US\$ von der peruanischen Regierung. Die Reserven betragen zurzeit mehr als 3 Milliarden t Erz mit einem Kupfergehalt von durchschnittlich 0,6 %. Rio Tinto hat mittlerweile erfolgreiche Tests zur Gewinnung des Kupfers mit der Biolaugung durchgeführt. Dieses Verfahren ist besonders umweltfreundlich, wird allerdings noch nicht flächendeckend eingesetzt. La Granja hat durch den nachhaltigen Bergbau eine Art Vorreiterrolle erhalten. Wie der General Manager von Rio Tinto feststellte, verfügt La Granja zwar nicht über herausragend hohe Kupfergehalte (durchschnittlich 0,6 %), gehört aber aufgrund der enormen Reserven wahrscheinlich zu den weltweit größten Kupferlagerstätten, sodass es sicherlich in vielen Jahren noch Kupfer für den Weltmarkt liefern wird.



Typisches Kupfer-Erz aus porphyrischer Lagerstätte.

Zertifizierung

von mineralischen Rohstoffen

Die Gewinnung mineralischer Rohstoffe beeinflusst sowohl die wirtschaftliche und soziale Entwicklung einer Region als auch ihre Umwelt, wobei die Auswirkungen meist weit über die unmittelbar betroffenen Abbaugelände hinaus spürbar werden. Zwar erwirtschaftet der Bergbau nur ca. 1,5 % des weltweiten Mehrwerts, seine Erzeugnisse bilden aber die unverzichtbare Grundlage für die industrielle Produktion. Der Bergbau kann auf dieser Grundlage eine nachhaltige Entwicklung auslösen und fördern, jedoch auch wiederholt als Ursache für Umweltzerstörung oder für die Fortsetzung bewaffneter Konflikte identifiziert werden.

Bislang existiert in der Rohstoffwirtschaft kein allgemein akzeptierter Mechanismus, der eine Produktdifferenzierung auf der Grundlage der Einhaltung von Nachhaltigkeits- und Entwicklungsstandards in der Produktion gestattet – etwa vergleichbar mit den Gütesiegeln der Forstwirtschaft und Fischerei. Die Zertifizierung von Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe ist ein neues Instrument der Rohstoffpolitik, das versucht, diese Lücke zu schließen.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie im Vorfeld des G8-Gipfels in Heiligendamm (Juni 2007) ein Konzept erarbeitet, das die Einhaltung von sozialen und ökologischen Mindeststandards bei der Gewinnung mineralischer Rohstoffe in Entwicklungsländern sicherstellen will. In der Gipfelerklärung der G8-Staaten von Heiligendamm wurde das Thema unter Artikel 86 an prominenter Stelle aufgenommen.

86. ...Um die Entwicklung einer nachhaltigen Existenzgrundlage und positiver Auswirkungen auf die Entwicklung im Zusammenhang mit der mit einfachen Mitteln betriebenen Rohstoffgewinnung in kleinem Umfang besser zu unterstützen, ...

- unterstützen wir die Durchführung einer Pilotstudie in Zusammenarbeit mit der Weltbank und deren Initiativen zur Machbarkeit eines eigens entworfenen Zertifizierungssystems für ausgewählte Rohstoffe. ... Auf der Grundlage bestehender Grundsätze und Leitlinien zielt die Pilotstudie auf die Einhaltung international anerkannter Mindeststandards durch Überprüfung des Prozesses der Ausbeutung von Bodenschätzen und des Handels damit ab.

(Auszug aus Gipfelerklärung des G8-Gipfels Heiligendamm am 7. Juni 2007)

Der regionale Schwerpunkt der von der BGR vorgeschlagenen Pilotmaßnahme liegt in Afrika. Einerseits ist hier die Bedeutung von mineralischen Rohstoffen für die Entwicklung besonders groß. Andererseits sind Steuerung und Regierungsführung in diesem Sektor in vielen Ländern so defizitär, dass Transparenz und Nachhaltigkeit in der Rohstoffproduktion oftmals nicht erreicht werden. Im Fokus steht der Kleinbergbau, der unter den Aspekten der Regionalentwicklung und Armutsbekämpfung eine wachsende Bedeutung erlangt hat und bereits heute 10–30 % der Weltproduktion einiger Rohstoffe erzeugt. Mögliche Objekte einer Pilotstudie sind die Erze der Metalle Tantal (Coltan), Zinn und Wolfram. Für Tantalerze entwickelt die BGR derzeit im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung ein Laborverfahren zur eindeutigen Herkunftsbestimmung (fingerprinting, footprinting), das im Zweifelsfall eine Nachprüfung von Handelsketten ermöglicht.

Der analytische Herkunftsnachweis von Tantaliten (Coltan-Fingerprinting)

Das Metall Tantal wird wegen seiner hohen Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit vielfältig in der Industrie eingesetzt. Ganz besonders aber ist Tantal aus der modernen Mikroelektronik nicht mehr wegzudenken, da es als unverzichtbarer Vorstoff für die Produktion von kleinsten Kondensatoren mit hoher elektrischer Kapazität verwendet wird, ohne die moderne Mobiltelefone, Laptops und Flachbildschirme nicht hergestellt werden könnten.

Der Weltbedarf an Tantal von etwa 1 400 t jährlich wurde 2006 durch die Bergbauproduktion in Australien (61 %), Brasilien (18 %), Kanada (5 %) und afrikanischen Ländern (16 %) gedeckt. Da das Angebot der industriellen Tantalproduzenten in Australien, Brasilien und Kanada wenig flexibel ist, kommt der Produktion der in kleinsten Einheiten zerstreut arbeitenden Kleinproduzenten in Afrika eine besondere Rolle bei der Versorgung des Weltmarktes zu, denn der Kleinstbergbau ist in der Lage, sehr schnell auf Nachfrageänderungen zu reagieren. Diese Flexibilität wird allerdings durch geringe Durchschaubarkeit bei der Herkunft der Produkte, bei der Verwendung der Einkünfte aus der Produktion sowie die mangelhaften Produktionsbedingun-

gen erkaufte. Es wurde nachgewiesen, dass die kongolesische Tantalproduktion den Bürgerkrieg im Ostkongo mitfinanziert und dass trotz Ächtung durch die UNO kongolesisches Coltan durch benachbarte Länder geschleust wird und auf den Weltmarkt gelangt. Für die Versorgung der westlichen Industrie mit afrikanischem Tantal ist aber Grundvoraussetzung, dass die Legalität der Herkunft eindeutig festgestellt werden kann. Hierzu soll der analytische Herkunftsnachweis des Tantals dienen.

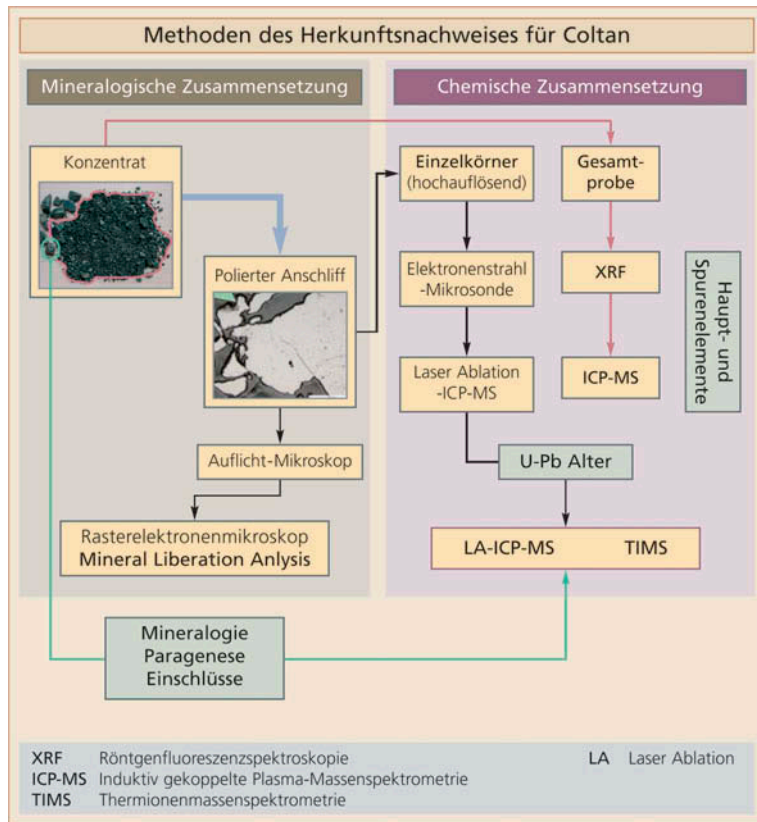
Coltan

Bezeichnung für Erzkonzentrate mit hohen Gehalten an Columbit-Tantalit-Mineralen – Mischkristalle der chemischen Formel $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$, aus denen das Metall Tantal gewonnen wird.

Coltan-Konzentrate enthalten eine Vielzahl von Mineralen, die wiederum unterschiedliche chemische Zusammensetzungen haben. Hierauf beruht der Herkunftsnachweis für Coltan: Die Variationen innerhalb der Konzentrate sollten einen möglichst eindeutigen Hinweis auf ihren Ursprung geben, in der Regel ein Pegmatitkörper oder ein Teil davon. Dies wird als sog. „Fingerabdruck“ (fingerprint, footprint) bezeichnet.



Coltan-Abbau in Mutala, Mosambik, im Jahr 2007.



Verfahren zum Fingerprinting von Coltan. Die derzeit als besonders wichtig erachteten Parameter sind die mineralogische Zusammensetzung der Konzentrate, die Haupt- und Spurenelementverteilungen in Columbit-Tantalit-Kristallen und deren radiometrische Alter. Schon die mineralogische Zusammensetzung der Konzentrate erlaubt in der Regel eine grobe Voreinstufung nach Lagerstättenprovinzen.

Von der BGR werden hierzu alle, nach dem Stand der Technik erhältlichen und vielversprechenden mineralogischen und chemischen Parameter gemessen, die signifikante Trennungen von einzelnen Liefergebieten erlauben. Diese Trennung geht vom überregionalen Bereich („Lagerstättenprovinzen“) bis hin in den lokalen Bereich einzelner Pegmatitkörper. Die Kombination verschiedener Informationen soll hierbei eine Trennschärfe erreichen, durch die künftig Proben unbekannter Herkunft eindeutig bestimmten Lagerstättenprovinzen, -distrikten und sogar -lokalitäten zugeordnet werden können.

Das Alter kann bestimmt werden, da die Minerale bestimmte Gehalte an Uran enthalten, das im Laufe der Zeit zu Blei zerfällt. Die gemessenen Uran/Blei-Verhältnisse geben den Entstehungszeitpunkt an. So können bislang in Afrika vier wesentliche Altersgruppen unterschieden werden: > 2 500, ~ 2 000, ~ 1 000 und < 600 Millionen Jahre. Material aus den konfliktbeladenen Lagerstätten der kongolesischen Kivu-Provinz kann nur 900 bis 1 000 Millionen Jahren alt sein. Findet man solche Alter in Konzentraten, die angeblich aus West- oder Ostafrika stammen sollen, so liegt der Verdacht auf Zumischung von „Konfliktrohstoffen“ nahe.

Es sind jedoch vor allem die Spurenelemente, die eine weitere, genauere Unterscheidung ermöglichen. Selbst Vorkommen, die ähnliche Bildungsalter aufweisen – wie solche in der Region der Großen Seen in der östlichen Demokratischen Republik Kongo, in Ruanda, Burundi und Uganda – unterscheiden sich in der Art ihrer Seltenen Erd-Elementspektren und anderer Spurenelemente, sodass letztlich eine Zuordnung zu bestimmten Erzlagerstätten möglich erscheint.

Zertifizierung von Handelsketten mineralischer Rohstoffe

Das von der BGR vorgestellte Konzept zur Zertifizierung verfolgt in einem ersten Schritt das Ziel der Einhaltung von Minimalstandards in Rohstoffgewinnung und -handel innerhalb einer beleg- und kontrollierbaren Handelskette. Die Verbreitung dieser Handelsketten kann schrittweise zu einem weltweit wirkenden Netzwerk der verantwortungsvollen Rohstoffnutzung in der verarbeitenden Industrie führen. Dieser Ansatz der Förderung einer nachhaltigen Entwicklung in ausgewählten Projekten er-

scheint kurzfristig pragmatischer zu sein als der Anspruch einer Überregulierung der weltweiten Rohstoffwirtschaft.

Zertifiziert wird nicht das Bergbauprodukt, sondern die Rohstoffgewinnung, was die Anwendbarkeit des Verfahrens erhöht und die Kostenbelastung der Rohstoffproduktion durch aufwändige Untersuchungen und Analysen erheblich reduziert. Vor Ort bezieht sich die Prozessverifizierung auf Betriebsprüfungen und den Abgleich von Produktions-, Liefer- und Vorratsmengen, wobei der industrielle Partner eine Art Patenschaft für die Rohstoffgewinnung übernimmt.

Durchführung der Pilotstudie

Das Pilotprojekt zur Studie konzentriert sich auf die Zertifizierung der Gewinnung der Rohstoffe Tantal (Coltan), Wolfram und Zinn in der Republik Ruanda. Ruanda – insbesondere die militärische Elite des Landes – ist in den vergangenen Jahren wiederholt beschuldigt worden, maßgeblich an der illegalen Ausbeutung und dem Handel von Rohstoffen aus den Ostgebieten der DR Kongo beteiligt gewesen zu sein. Ruanda verfügt aber durchaus über eigene Rohstoffvorkommen. Der Ausbau der nationalen Rohstoffgewinnung bietet Ruanda die Möglichkeit zur lokalen Wirtschaftsentwicklung. Derzeit sind in Ruanda ausschließlich Kleinbergleute, davon schätzungsweise 50 bis 100 Tausend zumindest saisonal, im Bergbau aktiv. Dies entspricht etwa einer halben Million Menschen, also ca. 15 % der Gesamtbevölkerung, die indirekt vom Bergbau als Erwerbsgrundlage abhängig sind. Damit leistet das Pilotvorhaben einen Beitrag zur Erhöhung der Transparenz und Stabilisierung der Rohstoffwirtschaft der Region der Großen Seen.



Projektpartner auf Produzentenseite sind vor Ort ansässige Unternehmen, die 2006 im Rahmen der Neustrukturierung des Bergbausektors Bergbaukonzessionen von der staatlichen Gesellschaft Régie des Mines du Rwanda (Redemi) übernommen haben. Das generelle Geschäftskonzept geht von einer Weiterbeschäftigung der derzeit aktiven Belegschaft aus, deren Aktivitäten durch kontinuierliche Verbesserungen in den Betriebsmitteln und Ausrüstungen allmählich in einen planmäßigen Abbau mit entsprechenden Produktivitätssteigerungen überführt werden sollen. Auf Kundenseite der Handelskette beteiligen sich metallproduzierende Unternehmen in Industrienationen, die – auch vor dem Hintergrund einer global gewachsenen Ressourcenkonkurrenz – das strategische Ziel des Rohstoffbezugs aus Zentralafrika verfolgen. Gegenstand der Vertragsvereinbarung zwischen Rohstoffproduzenten und -verarbeitern wäre die Lieferung von Konzentraten der entsprechenden Erze von Zinn, Wolfram und Tantal (Coltan) aus ethisch vertretbarer Produktion aus Ruanda nach Europa.

Die Grundlage für die Bewertung der Handelskette stellen die Integritätsinstrumente der OECD für multinationale Unternehmen, welche an die Rahmenbedingungen des Kleinbergbaus adaptiert wurden. Die Ausgangslage der geplanten Lieferbeziehungen wurde von unabhängigen Gutachtern untersucht. Auf dieser Basis wird die BGR ein Maßnahmenpaket schnüren, dessen Umsetzung die Einhaltung der vereinbarten ethischen Mindeststandards sicherstellt. Der analytische Herkunftsnachweis soll innerhalb der Handelskette eine Positiv-Zertifizierung (Produktion aus anerkanntem oder registriertem Betrieb) ermöglichen. Daneben kann die Methode, wenn sie als forensischer Nachweis eingesetzt wird, auch zweifelhafte Lieferungen aus möglichen Konfliktregionen identifizieren.

Bergbauhalden – Potenzial und Risiko

Einführung

Mineralische Rohstoffe, insbesondere die, aus denen Metalle gewonnen werden, kommen in der Natur nicht vollständig rein vor. In der Regel wird daher ein Gestein abgebaut, aus dem die Wertstoffe in aufwändigen Arbeitsschritten gewonnen werden müssen. Das verbleibende (taube) Material wird auf sogenannten Bergbauhalden entsorgt. Dabei wird zwischen Abfällen aus dem Bergbau selber (Abraumhalden) und aus der Erzaufbereitung (Bergehalden) unterschieden.

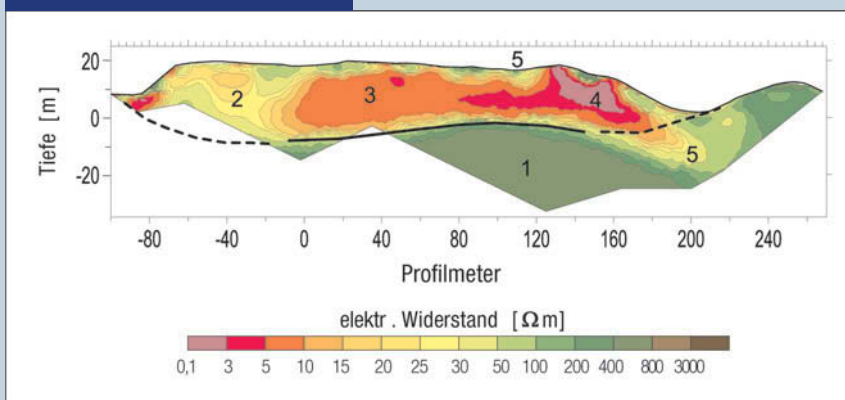
Die Abtrennung des Wertstoffs von unbrauchbarem Gestein erfolgt selten vollständig. So enthält das Haldenmaterial neben toxischen Stoffen oftmals noch nutzbare Elemente und Minerale. Demzufolge besitzen Halden zwar ein wirtschaftliches Potenzial, stellen aber auch ein Risiko für die Umwelt dar. Einerseits könnten die Elemente im Falle der Entwicklung verbesserter Aufbereitungsmethoden noch gewonnen werden, andererseits können durch das Eindringen von Regenwasser und Luftsauerstoff auch Minerale gelöst und somit Schadstoffe freigesetzt werden. Letztere können auch in das Grundwasser gelangen.

Haldencharakterisierung: Aufbau und Zusammensetzung

Bergbau und Aufbereitungsprozesse führen zu einer Zerkleinerung, Umlagerung und Aufhaltung großer Mengen von Gestein und mineralischer Aufbereitungsrückstände. Diese von Menschen gestalteten Landschaften haben standortbedingte Charakteristika. Zum einen variiert die Art des jeweiligen abgelaagerten Materials, zum anderen unterliegen Form und Struktur einer Halde der Art der Aufschüttung durch den Menschen.

Für die Bewertung sowohl des wirtschaftlichen Potenzials als auch des umweltrelevanten Risikos von Halden sind fundamentale Kenntnisse zu deren Aufbau bzw. Struktur zwingend. Die Struktur einer Halde kann zerstörungsfrei mittels geoelektrischer Verfahren untersucht werden. Aufgrabungen und Bohrungen sowie die Analyse der Minerale und Elemente dienen der Interpretation der geophysikalischen Daten.

Internstrukturen in der Halde eines aufgelassenen Kupferbergbaus im Iberischen Pyritgürtel, dargestellt durch die Kontraste der elektrischen Materialeigenschaften (= Vertikaler Schnitt durch ein 3dimensionales Widerstandsmodell).



- 1) Festgesteinsbasis der Halde (rhyolitische Schiefer), ursprüngliches Relief
- 2) aufgehaldete Berge (taubes Gestein)
- 3, 4) vulkanische Tuffe, Blockmaterial mit hohen Gehalten an unverwittertem Pyrit, hoch mineralisiertes Porenwasser, pH < 2
- 4) vermutete Schwächezone, in der hochmineralisierte Wässer über Klüfte ins Basisgestein eindringen
- 5) partielle Krustenbildung an der Haldenoberfläche.

Krustenbildung

Prinzipiell wird angenommen, dass wesentliche Anteile wasserlöslicher Schadstoffe aus dem Haldenkörper leicht ausgewaschen werden können. Das Material ist gut zugänglich und kann folglich leicht mit eindringendem Regenwasser und Luftsauerstoff reagieren. Überraschenderweise zeigt sich jedoch, dass viele Halden im Laufe der Jahre eine interne Reorganisation erfahren, die zu einer Veränderung der Zugänglichkeit bis hin zu einer oberflächennahen Versiegelung auf natürlichem Wege führen kann. Dies geschieht durch eine partielle oder vollständige Auflösung spezieller reaktiver Minerale, wobei die freigesetzten Ionen Mineralneubildungen begünstigen. Aus der Halde treten die gelösten Stoffe teilweise als saure Minenwässer an der Basis aus. Ein Teil der gelösten Stoffe wird jedoch auch entlang kleinster Kanäle, sogenannter Kapillaren, entgegen der Gravitationsrichtungen transportiert. Im Grenzbereich zwischen Kapillarrand (Festkörper) und freie Reagenzien (Flüssigkeit, Gas) kommt es zur Verdunstung und damit zu Ausfällungen sowie zur Kristallisation von sekundären Mineralphasen. Der kapillare Porenraum wird somit in bestimmten Lagen sukzessiv verschlossen und es entstehen Verkrustungen. Diese sind jedoch nicht nur auf den kapillaren Porenraum beschränkt, sondern bilden sich ebenfalls an chemischen Grenzflächen oder an der Haldenoberfläche.

Die Krusten weisen gegenüber dem Ausgangsmaterial deutliche Unterschiede in der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung sowie im hydraulischen Verhalten auf. Sie sind in der Lage, Windverfrachtung des Lockermaterials zu unter-

binden, den Zutritt von Regenwasser in die Halde zu reduzieren, den Luftaustausch zu limitieren und beträchtliche Mengen an Schad- oder Wertstoffen anzureichern. Letztlich werden auch Menge und chemische Fracht der Minenwässer reduziert. Dieser natürlich ablaufende Prozess der Krustenbildung kann beispielsweise durch Wiederaufbringung ausgetretener Haldenwässer unterstützt werden. Krustenbildung tritt in allen Klimazonen auf. Semiaride Bedingungen und Reaktivität des Materials selbst können diesen Prozess jedoch deutlich beschleunigen.

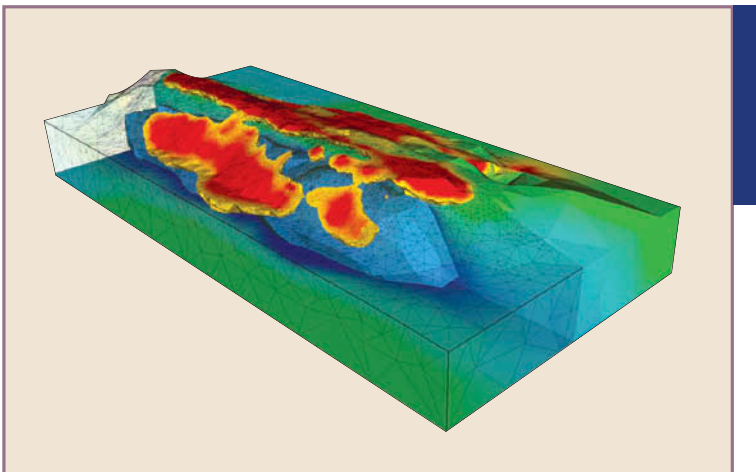
Im Rahmen einer Kooperation der BGR mit dem Grundwasserforschungsinstitut Dresden und SARBC-Consulting (Norwegen) wurden ein Leitfaden sowie ein interdisziplinärer Ansatz zur Abschätzung des langzeitstabilen Krustenpotenzials und zur künstlichen Förderung der Krustenbildung entwickelt. Der Leitfaden richtet sich an Haldenbetreiber und -sanierer (z. B. Behörden, Ingenieurbüros).

Interdisziplinärer Ansatz zur Problemlösung:

Verknüpfung der Forschungsergebnisse aus

- Hydrogeochemie
- Mineralogie
- Geophysik
- Mikrobiologie

zur zeitaufgelösten reaktiven Transportmodellierung auf der Basis geochemischer und geophysikalischer Prozessparameter in Haldenkörpern. Eine solche Modellierung bildete die Grundlage der Prognose zukünftiger Entwicklung von Halden.



Halbtransparentes geoelektrisches 3D-Modell einer Eisenschlackenhalde: Die in rot gehaltenen Zonen hohen elektrischen Widerstands zeigen die durch Krustenbildung beeinflussten Bereiche an der Oberfläche des Haldenkörpers an. Das Innere ist durch sehr niedrige Widerstände (blau) gekennzeichnet, die auch in der ungesättigten Zone vom hohen alkalischen Mineralisierungsgrad der Porenwässer verursacht werden (pH > 12).

Metallgewinnung aus Halden

Die eleganteste Lösung zur Reduzierung des Schadstoff-Risikos von Halden ist die Gewinnung der restlichen Wertstoffe (Metalle). Im Rahmen einer Kooperation der BGR mit der TU Clausthal wurde am Beispiel einer Bergehalde in Peru ein Verfahren entwickelt, das klassische Aufbereitungsmethoden mit modernen biotechnologischen Methoden kombiniert. Zunächst wird dabei der gold- und silberreiche Feinanteil der Bergehalde mechanisch abgetrennt. Zur Auflösung der goldreichen Minerale werden spezielle Mikroorganismen eingesetzt. Abschließend werden Gold und Silber aus der Lösung chemisch extrahiert. Dieses Verfahren ist großtechnisch wirtschaftlich umsetzbar, da aufgrund des Anstiegs der Rohstoffpreise in den letzten Jahren eine ökonomische Gewinnung der verbliebenen Wertstoffe der Halden möglich geworden ist.

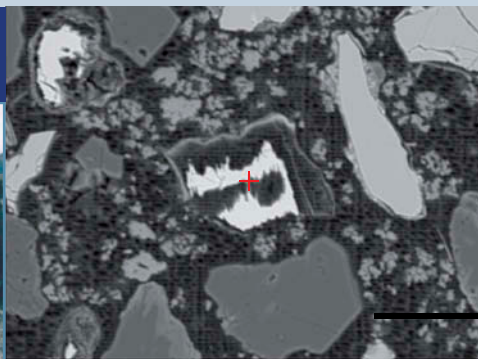
Die Auflösung von Mineralen mit Mikroorganismen ist nicht nur neuerdings für Berge- und Abraumhalden interessant, sondern wird bereits seit Jahren mit steigender Tendenz zur Kupfergewinnung aus Erz-

halden kommerziell eingesetzt (Metall-Biolaugung oder Biomining). Hierbei werden Erzhalden gezielt angelegt und natürlich vorhandene oder gezielt eingebrachte Mikroorganismen bringen die Kupferminerale im Haldeninneren in Lösung. Eine durch den Haldenkörper sickende Lösung wird wiederum auf die Haldenoberfläche aufgebracht. Durch diese Kreislaufführung kommt es zur Anreicherung des Kupfers in der Lösung, welches dann elektrochemisch abgetrennt und angereichert werden kann.

Die Optimierung und Kontrolle der Metall-Biolaugung erfordert die Bestimmung der Zahl der Mikroorganismen in den Halden. Hierfür wurden in der BGR im Rahmen einer Doktorarbeit molekularbiologische Methoden etabliert, die es erlauben, die Zahl verschiedener spezieller Bakterien und Archaeen in einer Haldenprobe innerhalb kurzer Zeit zu bestimmen. Bei einer der Methoden werden dazu die Mikroorganismen mit spezifischen Gensonden markiert und im Mikroskop sichtbar gemacht. Weitere Arbeiten an der BGR befassen sich mit der Beschreibung neuer, Metalle laugender Bakterienarten, die weltweit aus zahlreichen Bergbauhalden isoliert worden sind.

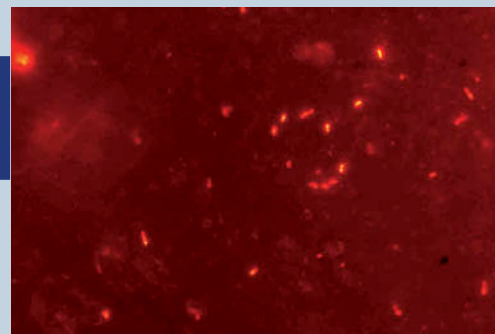


Bergehalde mit saurem, metallreichem Sickerwasser (acid mine drainage) in Peru.



100 μm

Durch Bakterien teilweise aufgelöstes goldhaltiges Mineral (in der Bildmitte markiert mit rotem Kreuz; Aufnahme mittels Mikrosonde).



20 μm

Mikroskopisches Bild von, mit Gensonden markierten, Bakterien in einer Haldenprobe.



Zusammenfassung

Die BGR hält gemeinsam mit ihren Kooperationspartnern ein breites Know-how auf dem Gebiet der Rohstoffsicherung bereit. Sowohl die starke, interdisziplinäre wissenschaftliche Ausrichtung hinsicht-

lich Wertstoff- und Schadstoffinventar einer Halde als auch die Betrachtung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten liefern die Grundlage zu einer nachhaltigen Nutzung dieser Georessource.



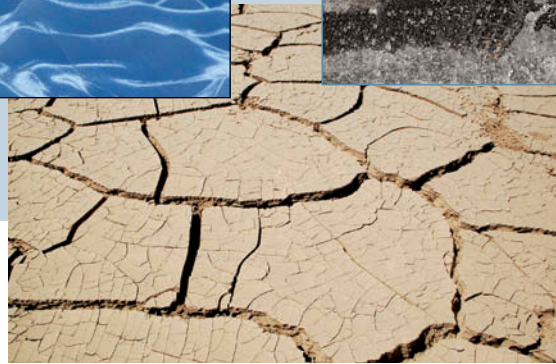




Wasser – Lebensspender!

Georessource

Grundwasser



Grundwasser

Grundwasser ist weltweit der verbreitetste und am meisten genutzte Rohstoff. Mit geschätzten 10,5 Millionen Kubikkilometern stellt es gleichzeitig die bedeutendste verfügbare Süßwasserreserve dar. Vor allem in den Trockenzonen der Erde ist Grundwasser von unschätzbarem Wert, denn es ist die einzige verlässliche Wasserressource. Über 1,5 Milliarden Menschen versorgen sich heute auf

der Erde mit Grundwasser. Wegen des Bevölkerungswachstums und des Klimawandels wird die weltweite Bedeutung des Grundwassers als qualitativ hochwertige Grundlage der Wasserversorgung in Zukunft erheblich wachsen. Bei vernünftiger, nachhaltiger Nutzung kann Grundwasser einen wichtigen Beitrag zur Lösung regionaler Wasserkrisen leisten.





50 Jahre Georessource Grundwasser in der BGR

Ein Rückblick auf die Geschichte des bundesdeutschen geologischen Dienstes veranschaulicht die nationale und internationale Bedeutung der Georessource Grundwasser innerhalb des Arbeitsspektrums der BGR. Zwar ist Wasser in Deutschland „Ländersache“, doch übernimmt die Arbeitsrichtung Grundwasser bei der BGR auch nationale Aufgaben wie die Erstellung länderübergreifender Themenkarten oder Wasserforschung mit Endlagerrelevanz. International unterstützt die Arbeitsrichtung Grundwasser schwerpunktmäßig Projekte der Technischen

Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

Wasserprojekte im Wandel

Schon kurz nach Gründung der BGR wurden die Aktivitäten im Grundwassersektor auf nahezu alle Kontinente ausgedehnt. Dabei wurden anfangs große Teams in sogenannten „Missionen“ entsandt,

in denen Hydrogeologen zusammen mit anderen Geowissenschaftlern und Technikern Fragen der Grundwassererkundung gemeinsam mit anderen Aufgaben, wie der Exploration von Energie- und mineralischen Rohstoffen, bearbeiteten. Dies gründete in dem Ansatz, dass strukturschwachen Ländern eher mit einem umfassenden Konzept als mit Einzelvorhaben zu helfen ist.

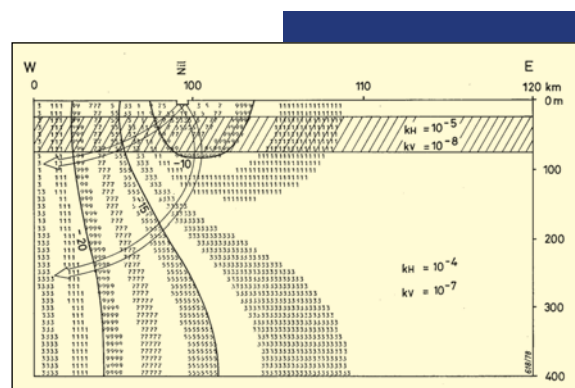
Die Weiterentwicklung verwandter Naturwissenschaften wie der analytischen Chemie und Geophysik leitete in den 1960er Jahren einen Wandel in der hydrogeologischen Forschung und Arbeitsweise ein: Die Einrichtung neuer Wasserlabors verbesserte nicht nur die Analytik der Wasserinhaltsstoffe. Neue isotopehydrologische Untersuchungen erlaubten die Altersdatierung von Grundwasser und Aussagen über Neubildung und Strömungswege. Durch die Entwicklung und Anwendung neuer geophysikalischer Verfahren in der Grundwassererkundung wurde es möglich, Grundwasserleiter ohne kostenaufwändige Bohrungen in der Tiefe zu orten oder auch die Grenze zwischen Süß- und Salzwasser zu bestimmen. Diese bereits in den 1960er Jahren initiierten modernen wasserchemischen und geophysikalischen Methoden werden bis heute angewendet und weiterentwickelt. Die fachübergreifende Zusammenarbeit besitzt damit in der Arbeitsrichtung Grundwasser der BGR eine lange Tradition.

Obwohl in den 1970er Jahren aus ökonomischen Gründen die Rohstoffversorgung im Vordergrund stand, war die langfristige Sicherung der Wasserversorgung weiterhin ein grundlegendes Bedürfnis der Menschen, vor allem in den trockenen Regionen der Erde. Besonders aus niederschlagsarmen Ländern im europäischen und außereuropäischen Ausland kam der Wunsch nach einer Zusammenarbeit mit Hydrogeologen der BGR, sodass die Zahl der Auslandseinsätze stetig anstieg. Nationale Forschungsprojekte, in Kooperation mit der Arbeitsrichtung Boden, zeigten die Bedeutung der wasserungesättigten Zone für Umweltschutz und Wasserhaushalt auf. Die in Zusammenarbeit mit den Landesämtern entwickelten hydrogeologischen Themenkarten im Maßstab 1:1 Million dienten als erste Grundlage für Raumplanung und Wasserschutzmaßnahmen. Wegweisend war der beginnende Einsatz der EDV, der die Erstellung erster numerischer Strömungsmodelle ermöglichte, die sich in den folgenden Jahren zu einem wichtigen Planungsinstrument entwickelten.

Ein Computerausdruck aus den späten 70er Jahren zeigt die Ergebnisse einer Modellsimulation zu einem Forschungsprojekt aus dem Sudan.

Die hydrogeologischen Aktivitäten mit Schwerpunkt im Ausland wurden zu Beginn der 1980er Jahre durch einen wichtigen nationalen Aufgabenschwerpunkt erweitert: Die Frage nach der Endlagerung radioaktiver Abfälle rückte zunehmend in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Die umfangreiche hydrogeologische Erkundung und Bewertung möglicher Standorte, insbesondere der Standorte Gorleben und Schacht Konrad, war bis in die 90er Jahre hinein eine nationale Kernaufgabe der Arbeitsrichtung Grundwasser. Darüber hinaus wurden hydrogeologische Spezialfragestellungen, wie etwa zum Verhalten von Süß-/Salzwassersystemen, im Rahmen der Endlagerforschung bearbeitet. Insgesamt expandierten die Grundwasseraktivitäten in dieser Periode nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Umweltschutzes. Umweltrelevante Fragestellungen fanden auch in Auslandseinsätzen zunehmend Beachtung.

Die 1990er Jahre standen auch in der Arbeitsrichtung Grundwasser im Zeichen politischer Umwälzungen. Mit der Wiedervereinigung Deutschlands galt es auch, vorhandene hydrogeologische Daten zu sichern. Dazu gewann das Problem der Verschmutzung von Boden und Grundwasser durch Altlasten nicht nur in den neuen Bundesländern an Bedeutung. Die BGR stand den geologischen Diensten der einzelnen Länder in diesen umweltrelevanten Fragen beratend zur Seite. In Auslandseinsätzen wurden erstmals vom Hubschrauber aus geophysikalische Methoden zur Grundwassererkundung angewandt, so etwa in Pakistan und Namibia. Dieses Verfahren wird seitdem im In- und Ausland zur flächendeckenden Grundwassererkundung eingesetzt. In Projekten der Technischen Zusammenarbeit gewann die Beratung weiter an Bedeutung: Vermehrt wurde der Aufbau von Institutionen und Fachkompetenz in Partnerländern gefördert. Neben der Erkundung rückten das nachhaltige Management und der Schutz von Grundwasserressourcen in den Mittelpunkt von Wasserprojekten im Ausland.



Das Partnerland Jordanien als Fallbeispiel

Wie wirken sich der zeitliche Wandel und die Änderung der Rahmenbedingungen auf die hydrogeologischen Aktivitäten in einem Partnerland aus? Als Beispiel ist hier das Königreich Jordanien genannt, mit dem die BGR eine lange und erfolgreiche Kooperation in der Technischen Zusammenarbeit verbindet. Sie begann im Jahr 1959 und ist damit nahezu ebenso alt wie die BGR selbst.

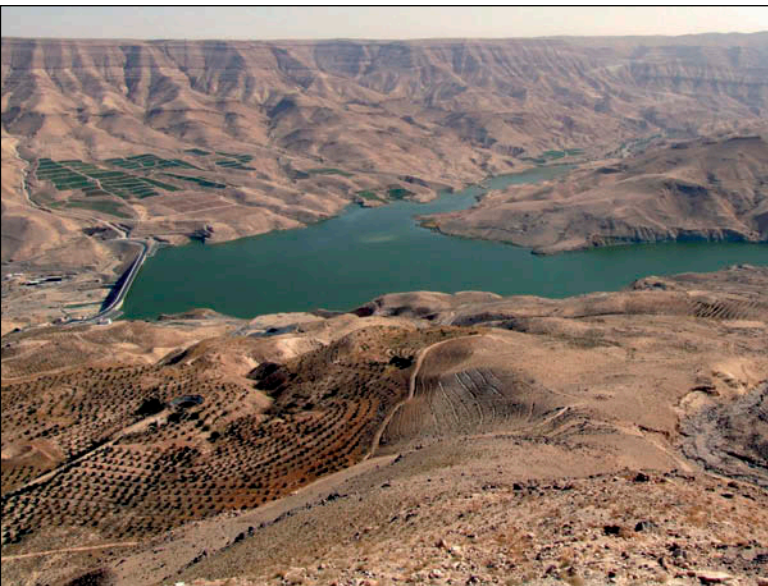
Das ehemalige Transjordanien hatte im Jahr 1946 das britische Mandat abgelegt und seine vollständige Unabhängigkeit erlangt. Da zu Beginn der Staatsgründung noch keine behördliche Infrastruktur bestand und Jordanien gleichzeitig keine ausreichenden Einnahmequellen hatte, war es auf Unterstützung von außen angewiesen. Die Zusammenarbeit mit der BGR hat viel zum Aufbau der erforderlichen Behörden im Bereich Geowissenschaften beigetragen.

Während beim ersten Projekt – eine hydrogeologische Untersuchung im Raum Irbid – noch keine jordanische Partnerbehörde zur Verfügung stand, lag der Schwerpunkt der folgenden Projekte immer auf der Schaffung und Stärkung geeigneter Behörden bzw. der Qualifizierung ihrer Mitarbeiter. So wurde beim ersten Großprojekt (1960–1967) der geologische Dienst Jordaniens (heute: Natural Resources Authority, NRA) aufgebaut. Die dabei landesweit erstellten geologischen Karten halfen dem Land bei der Erkundung und Erschließung des bedeutendsten, natürlich vorkommenden Rohstoffes, dem Phosphat, der seitdem eine wesentliche

Einnahmequelle des Staates darstellt. Die NRA blieb bis Mitte der 1980er Jahre der wichtigste Partner der BGR und war neben den mineralischen Rohstoffen auch für den Rohstoff Wasser zuständig.

Ende der 1960er Jahre begann die eigentliche Zusammenarbeit im Bereich Grundwasser. Im Wadi Arja Projekt (1968–1976) wurden die Möglichkeiten erkundet, den in SüdJordanien anzusiedelnden Beduinen ausreichende Mengen Grundwasser für die landwirtschaftliche Nutzung bereitzustellen. Anfang der 1970er Jahre wurde die BGR gebeten, sich an der Erstellung des ersten Wasserrahmenplanes (National Water Master Plan, NWMP) zu beteiligen, der 1973 fertig gestellt wurde. Dieser war über lange Jahre das wichtigste Planungsinstrument für die Wasserversorgung Jordaniens. Anfang der 1980er Jahre führten erste geoelektrische Sondierungen im Wadi Araba zur Erschließung weiterer Grundwasservorkommen in diesem extrem trockenen Landesteil.

Im Jahre 1984 wurde die Water Authority of Jordan (WAJ) gegründet, die fortan für alle Fragen der Wasserversorgung und des Wasserressourcenmanagements zuständig war. Da sich gleichzeitig die Schwerpunkte der deutschen Technischen Zusammenarbeit mit Jordanien auf den Bereich Wasser verlagerten, wurde die WAJ und später das Ministry





of Water and Irrigation (MWI, gegründet 1994) wichtigster Kooperationspartner für die BGR. Die für das Land wohl bedeutendste Arbeit, die im Zeitraum von 1986–2001 durchgeführt wurde, war die umfassende Beschreibung und Bewertung der nationalen Grundwasserressourcen. Dabei wurden auch moderne Methoden der Grundwassererkundung und des -managements wie Grundwassermodellierung, EDV-gestützte Kartenerstellung und Datenbankanwendungen eingesetzt und vermittelt.

Während die Maßnahmen zu Beginn dieses Zeitraums überwiegend auf den Bereich Grundwassererschließung und -ressourcenmanagement ausgerichtet waren, rückten in den 1990er Jahren zunehmend auch Fragen des Grundwasserschutzes in den Fokus der Zusammenarbeit. Dies war notwendig, da durch die zunehmende landwirtschaftliche Nutzung und beginnende Industrialisierung Verschmutzungsquellen entstanden, die die bereits knappen Wasserressourcen in steigendem Maße gefährdeten. Thematische Karten der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers dienten bei der Landesplanung dazu, mögliche negative Folgen für das Grundwasser bereits im Planungsstadium zu vermeiden. Sie wurden deshalb vorrangig für sich rasch entwickelnde Gebiete erstellt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten flossen später in die Erstellung eines landesweiten, dreidimensionalen Grundwassermodells und in den zweiten National Water Master Plan von 2004 ein.

Der Grundwasserschutz ist in den letzten Jahren zu einem wichtigen Thema der Technischen Zusammenarbeit mit Jordanien geworden, da zum einen die Grundwasservorkommen seit langer Zeit stark übernutzt sind und zum anderen die Verschmutzung durch die rasante Entwicklung des Landes in den letzten zehn Jahren stark zugenommen hat. Wasser ist daher immer mehr zu einem begrenzten



den Faktor für die Entwicklung Jordaniens geworden. Im aktuellen Projekt wird deshalb versucht, durch die Ausweisung von Schutzgebieten für Grund- und Oberflächenwasser etwa die Hälfte der für die Trinkwasserversorgung genutzten Brunnen und Quellen vor Kontamination zu schützen. Neben der technischen Abgrenzung der Schutzgebiete kommt es dabei vor allem auf die Schärfung des Bewusstseins der lokalen Bevölkerung und die Umsetzung dringend erforderlicher Baumaßnahmen an.

Inzwischen hat sich Jordanien grundlegend verändert und ist zu einem modernen Staat geworden. Durch das starke Bevölkerungswachstum haben sich die Lebensbedingungen für Teile der Bevölkerung jedoch nur unwesentlich verbessert, und der Bedarf an sauberem Trinkwasser hat sich vervielfacht. 50 Jahre Technische Zusammenarbeit mit Jordanien haben durch vielfältige fachliche, aber auch persönliche Kontakte nicht nur zur Völkerverständigung beigetragen, sondern auch einen Beitrag zur Stabilisierung dieser wasserarmen und politisch labilen Region des Nahen Ostens geleistet.

Aktuelle Lage und Ausblick

Die umfassende hydrogeologische Beratung von Partnerländern, insbesondere in Wasserhaushaltsfragen, setzt sich auch im neuen Jahrtausend fort. Dabei wird der interdisziplinäre Ansatz im Sinne eines integrierten Wasserressourcenmanagements

ausgeweitet, um den politischen, sozialen und ökonomischen Herausforderungen bei Wasserprojekten zu begegnen.

In Zusammenarbeit mit den geologischen Diensten Europas und der UNESCO entstehen länderübergreifende hydrogeologische Kartenwerke von Europa und der Welt. In enger Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer Deutschlands (SGD) werden länderübergreifende Daten erzeugt, die die Grundlage für die Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland (HÜK 200) bilden. Dieser Trend der Vernetzung mit nationalen und internationalen Organisationen wird weiter intensiviert, um den zunehmenden überregionalen Anforderungen, wie etwa der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie sowie der Nutzung grenzüberschreitender Grundwasservorkommen, zu

begegnen. Genauso wird die bewährte Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsrichtungen Grundwasser, Geophysik und Bodenkunde in der BGR weiter verstärkt.

In den letzten 50 Jahren haben sich zahlreiche Wissenschaftler und Techniker der BGR in rund 70 Wasserprojekten in mehr als 35 Ländern engagiert. Die ersten Länder, die in Wasserfragen beraten wurden, sind auch heute noch wichtige Länder hinsichtlich politischer und wirtschaftlicher Interessen Deutschlands. Namentlich genannt seien beispielsweise Afghanistan, Dschibuti, Indonesien, Jordanien, Namibia, Pakistan, Paraguay und der Sudan. Durch die langjährige Tätigkeit in diesen Ländern hat die BGR eine umfassende Kompetenz auf dem Wassersektor erworben und wird auch zukünftig ein verlässlicher Partner sein.



Nachhaltige **Nutzung** der grenzüberschreitenden **Grundwasservorkommen** des **Guaraní-Aquifer-Systems (SAG)**

Das Guaraní-Aquifer-System (Sistema Acuífero Guaraní, SAG) belegt mit einer Fläche von fast 1,2 Millionen km² den Großteil des Paraná-Beckens in Südamerika und besteht aus Sandstein-Grundwasserleitern, die regional von Basalten überlagert werden. Mit einem geschätzten Volumen von 25 000 km³ birgt das Guaraní-Aquifer-System im weltweiten Vergleich eines der größten zusammenhängenden Vorkommen an frischem Grundwasser. Teilhaber an diesem Grundwassersystem sind Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay.

Zurzeit wird das Guaraní-Aquifer-System nur in den Gebieten für die Trinkwasserversorgung genutzt, in denen das Grundwasser relativ nah zur Oberfläche erschlossen werden kann. Bereits jetzt ist dieses weitgehend ungeschützte Grundwasser durch menschliche Einflüsse in seiner Qualität bedroht. Infolge der schnellen Entwicklung urbaner Siedlungsräume und des ansteigenden Wasserbedarfs ist ein verstärkter Zugriff auf die länderübergreifende Grundwasserressource vorhersehbar. Deshalb sind eine gemeinsame Bewirtschaftung und der Schutz des Guaraní-Aquifers-Systems unter Beteiligung aller Anrainerstaaten notwendig, bevor sich negative Folgen durch unkontrollierte Nutzung einstellen.

Das Guaraní-Aquifer-System besitzt für die zukünftige Wasserversorgung der Region strategische Bedeutung. Aus diesem Grund hat die GEF (Global Environment Facility – Globale Umweltfazilität) ein Projekt initiiert, das die Schaffung der institutionellen und technischen Voraussetzungen für ein gemeinsames Management und eine angemessene, nachhaltige Nutzung der Grundwasservorkommen unterstützt. An dem Projekt sind die Weltbank, die Organisation Amerikanischer Staaten und die nationalen Durchführungsorganisationen beteiligt. Während das Generalsekretariat (SG) in Montevideo die Koordination des Projektes innehat, obliegt dem Steuerungskomitee (CSDP) die Kontrollfunktion.

Die BGR berät das GEF-Projekt sowohl bei der Strategieentwicklung als auch durch das Einbringen der wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse aus der Pilotstudie in Paraguay. Weiterhin arbeitet die BGR im fachlich-technischen Steuerungskomitee mit und unterstützt das grenzüberschreitende Management durch die Verbreitung von methodischen Kenntnissen.

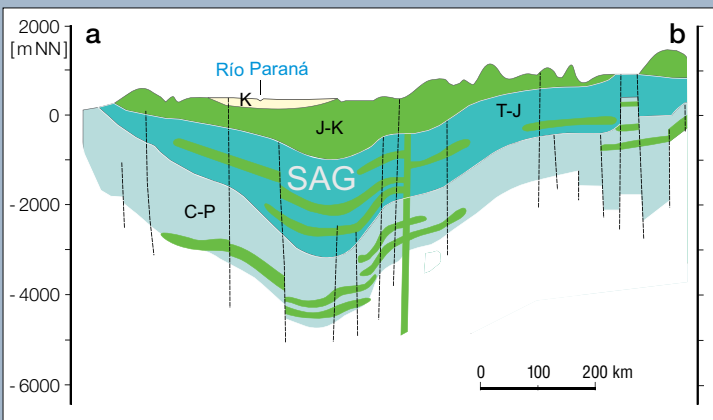
Der am GEF-Projekt beteiligte Staat Paraguay wird durch Beratung, Technologie- und Know-how-Transfer im Umweltministerium SEAM unterstützt beim Projekt „SAG-PY“, was insgesamt zu einer Stärkung der Position Paraguays im Verbund der Guaraní-Anliegerstaaten führt. Dazu wird für den in Paraguay gelegenen Teil des Guaraní-Aquifer-Systems eine Methodik für das Grundwassermanagement erarbeitet. Die Projektergebnisse sind Paraguays nationaler Pflichtbeitrag zum GEF-Projekt. Die Ausweitung des Pilotgebietes auf angrenzende Bereiche in Brasilien und Argentinien dient dem notwendigen Übertragbarkeitsnachweis.




Holztransport (Entwaldung) in der Ostregion Paraguays.



Das internationale SAG-Projekt (Sistema Acuífero Guaraní) erarbeitet die Basis für eine nachhaltige Nutzung der grenzüberschreitenden Grundwasservorkommen des Guaraní-Aquifer-Systems.

Der Anteil Paraguays am Guaraní-Aquifer-System ist mit 71 700 km² auf die östliche Hälfte der Ostregion beschränkt und macht somit 18 % der Landesfläche aus.



- | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|
|  | Formación Alto Paraná | Basalt (Jura+Kreide) |
|  | Formación Misiones | Sandstein (Trias+Jura) |
|  | Grupo Independencia | Sandstein (Perm+Karbon) |



(Maßstab für beide Karten)

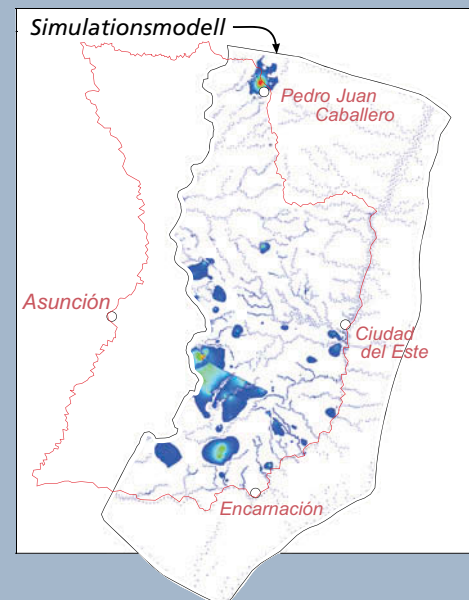
Die Sandsteinformationen des SAG wurden während der Erdperioden Trias und Jura (T-J) gebildet und in der Jura- und Kreidezeit (J-K) weitgehend mit vulkanischem Ergussmaterial überdeckt.

Neben den Sandsteinen (T-J) des eigentlichen Guaraní-Aquifers ist auch die Gruppe der Perm-Sandsteine (P) aufgrund der relativ guten hydraulischen Leitfähigkeiten im oberflächennahen Bereich des Grundwassersystems von wasserwirtschaftlicher Bedeutung für die Versorgung des Landes. Dementsprechend berücksichtigt das Simulationsmodell sowohl den Basaltkomplex als auch die Sandsteine aus Perm und Karbon (C-P) als Leiter des Grundwassersystems in Paraguay.

Das im Simulationsmodell nachgebildete Grundwassersystem beschreibt eine Fläche von mehr als 190 000 km² und schließt grenzüberschreitend Teile Brasiliens und Argentinens mit ein. Zukünftige Grundwasserentnahmen werden zu Absenkungen des Wasserspiegels im oberen Bereich des Sandstein- und Basaltsystems führen. Diese Absenkungen sind als Beispiel für Prognoseergebnisse in der unteren Karte als blaue Flächen dargestellt.

Weitere Informationen zum SAG und den Projektarbeiten befinden sich im Internet unter

www.sag-py.org und www.sg-guarani.org





Aus der Ostregion Paraguays: Viehwirtschaft nach Brandrodung.



Ruinen einer Jesuiten-Siedlung.

Neben der Erstellung digitaler Grundkarten und thematischer Blätter zur Ostregion war die Auswertung der, im Lande vorhandenen hydrogeologischen Daten Teil der basis-orientierten Projektarbeiten in Paraguay. Eigene Feldkampagnen haben den Kenntnisstand zum Guaraní-Aquifer-System ergänzt und deutlich verbessert. Auf der Grundlage des daraus abgeleiteten konzeptionellen Modells konnte ein numerisches Grundwassermodell entwickelt werden, das die regionale Grundwasserströmung unter Einschluss von Teilgebieten der Nachbarstaaten Argentinien und Brasilien simuliert und dabei das Wasserdargebot quantifiziert. Die Modellergebnisse aus Kalibrierungs- und Prognoserechnungen bilden die Grundlagen für die Entwicklung nationaler Bewirtschaftungs- und Schutzstrategien.



Artesischer Brunnen in Ciudad del Este.

Sandsteinkomplex im Departamento Amambay.



Darüber hinaus hat das Projekt SAG-PY mannigfaltig zur landesweiten Information und Aufklärung über die Lebensressource Grundwasser, insbesondere aus dem „Guaraní“, beigetragen.

Mit verschiedenartigen Aktivitäten wird im internationalen Rahmen ein bedeutender Beitrag zum Schutz des Guaraní-Aquifer-Systems geleistet, wobei Ansätze zum grenzüberschreitenden Ressourcen-Management einvernehmlich der abgesicherten Wasserversorgung nachfolgender Generationen dienen.

Trinkwasser für die Südprovinz Sambias

Motivation

Extreme Trockenheit und Dürreperioden sind immer wiederkehrende Phänomene in der Südprovinz Sambias. Das tropische kontinentale Hochlandklima führt in der 85 500 km² großen Provinz zu einer von Mai bis Oktober zunehmend heißen Trockenzeit und von November bis April zu einer Regenzeit. Dabei sind mittlere Regenmengen von 650–800 mm pro Jahr das landesweite Minimum, und erschwerend kommt eine stark variierende Verteilung des Niederschlags auf wenige Regenereignisse hinzu. So stellt der Regenfeldbau für die Bevölkerung eine nur unzuverlässige Versorgungsquelle dar.

Die Südprovinz fällt in die Einzugsgebiete zweier großer, zeitweise wasserführender Flüsse, dem Sambesi im Süden und Osten und dem Kafue im Norden. Während der lang anhaltenden Trockenzeit versiegen jedoch die meisten Zuflüsse, sodass die große Mehrheit der Bevölkerung auf alternative Ressourcen wie kleinere Staubecken oder das Grundwasser angewiesen ist. Da Grundwasser das ganze Jahr über verfügbar ist, stellt es die einzige verlässliche und sichere Wasserressource dar. Trotz seiner großen Bedeutung ist die Nutzung von Grundwasser in Sambia bisher nicht reguliert. Gesetzliche Vorschriften zum Grundwassermanagement existieren zwar seit kurzem, wurden aber vom Parlament bisher nicht ratifiziert.

GIS als Planungsgrundlage

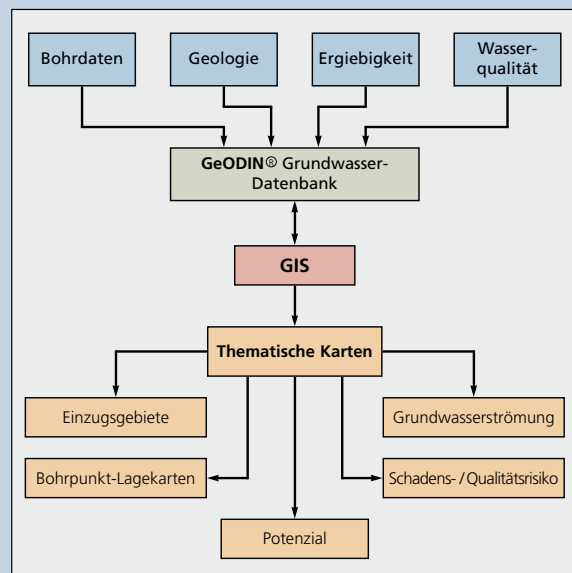
Das im Mai 2005 begonnene Grundwasserprojekt der BGR soll ein effektives Management der Grundwasserressourcen ermöglichen und die administrativen sowie technischen Fähigkeiten im sambischen Wassersektor stärken. Dies ist nur mit korrekten und flächendeckenden Informationen über Oberflächen-

und Grundwasser und deren kontinuierliche Aktualisierung möglich. Eine umfassende Bestandsaufnahme des Wassers unter der Oberfläche schließt im Wesentlichen folgende Punkte ein:

- die Erkundung der Grundwassersysteme und ihrer einzelnen Grundwasserleiter,
- die Untersuchung der Wechselwirkung der Grundwasserleiter mit den Oberflächengewässern,
- die kontinuierliche Beobachtung der unterirdischen Strömungsverhältnisse und der Wasserqualität,
- die Überwachung der Nutzung der Grundwasserressourcen und
- die Ermittlung von Ergiebigkeit und Gefährdung der Grundwasserleiter.

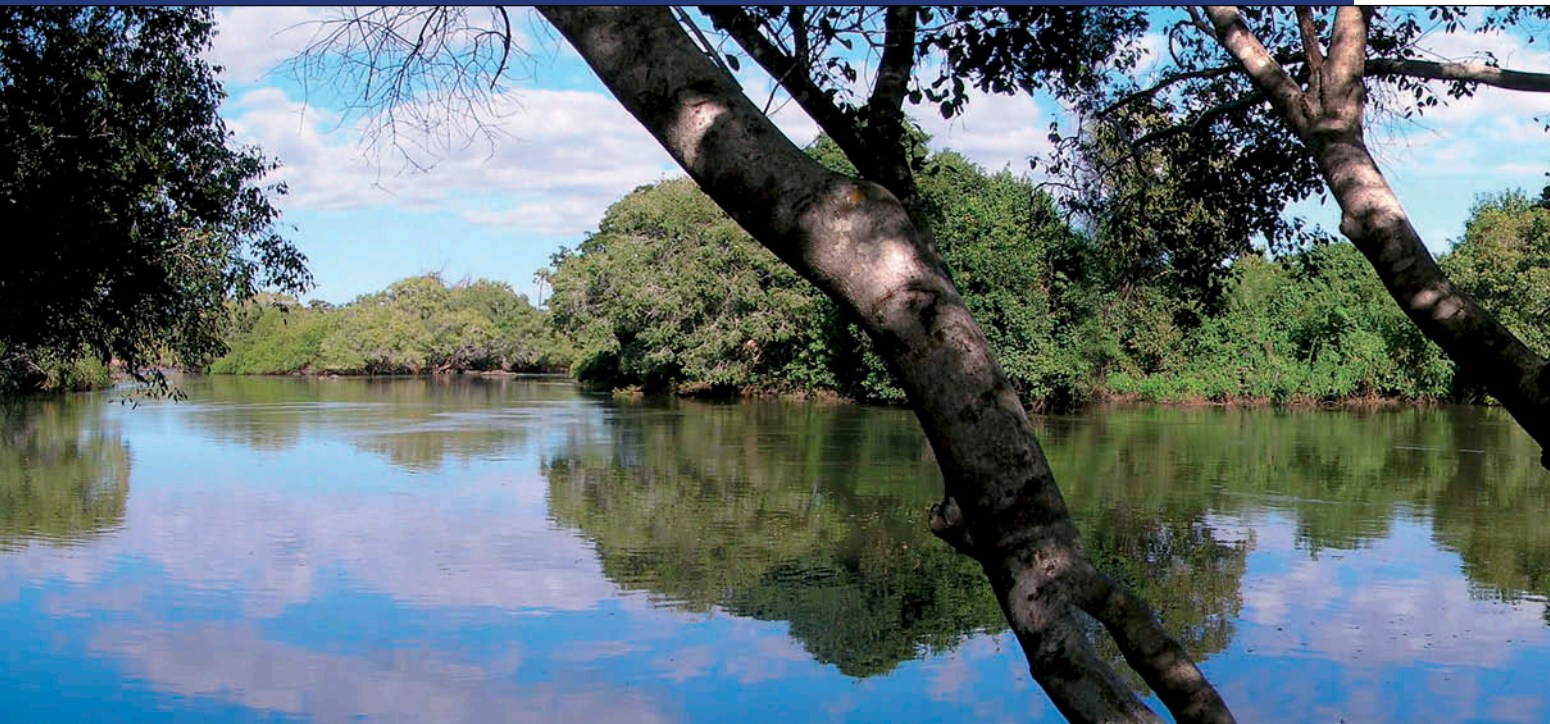
Als ein wesentlicher Teil des Projekts wurde ein Grundwasser-Informationssystem bei der Partnerbehörde, dem Department of Water Affairs (DWA), entwickelt.

Konzeptioneller Aufbau des Grundwasser-Informationssystems von der Datenerfassung (blau) bis hin zu den Produkten (orange-braun).



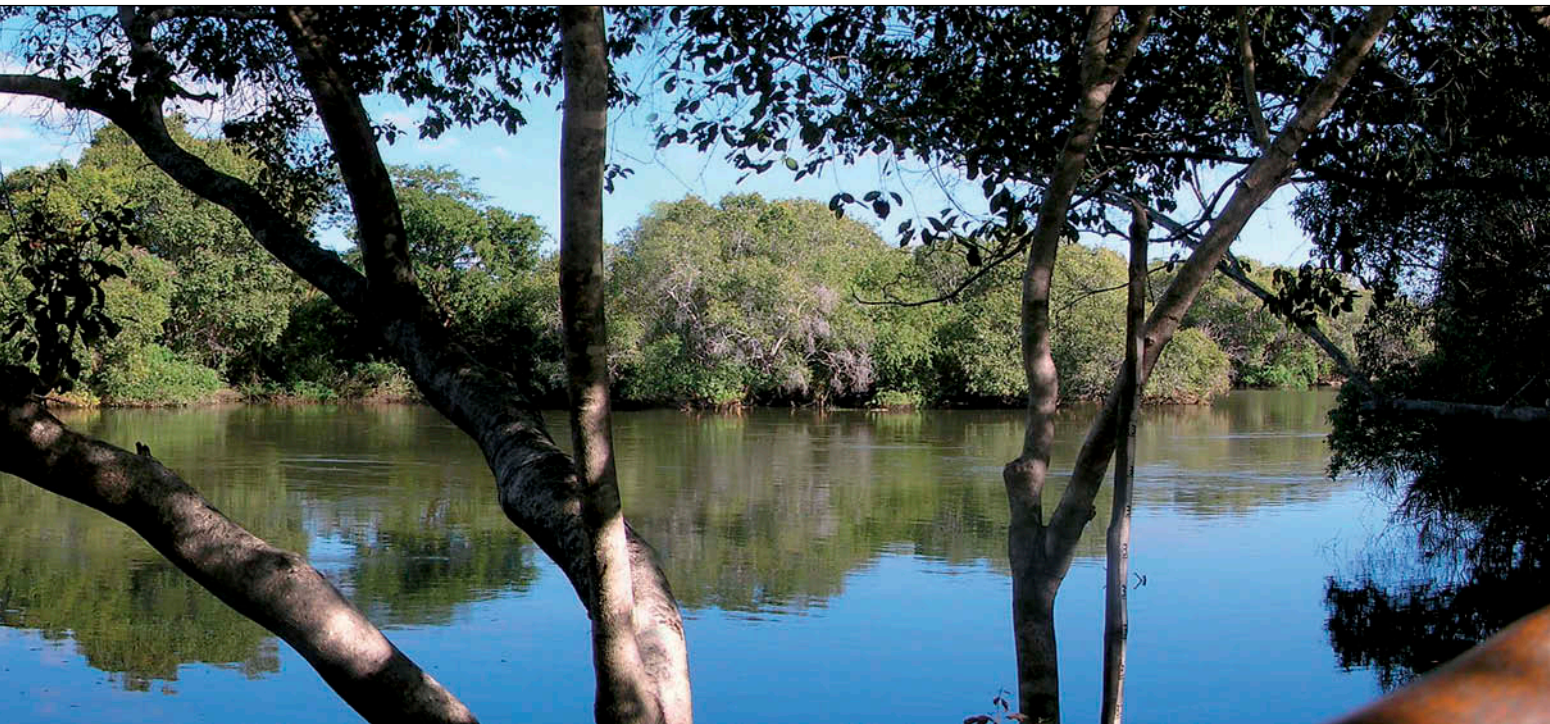


Ländliche Behausungen.





Der Fluss Kafue oberhalb des Itezhi Tezhi Reservoirs.



Im Projekt wird eine umfassende Grundwasserdatenbank aufgebaut, die an ein geographisches Informationssystem (GIS) gekoppelt ist. Inzwischen umfasst die Datenbank Informationen über mehr als 3 000 Wasserstellen aller Art wie Bohrlöcher, Quellen, von Hand gegrabene Brunnen und sogar fehlgeschlagene Explorationsbohrungen. Daten aller größeren hydrogeologischen Studien, die von verschiedenen Organisationen seit Mitte der 1970er Jahre in der Südprovinz durchgeführt wurden, sind in die Datenbank integriert. Sie verbindet Informationen allgemeinen Charakters wie Ort, Typ und Zweck der Wasserstelle mit detaillierten technischen Informationen über die geologische und hydraulische Situation, Bohrlochausbau und Wasserqualität.

Frauen beim Wasserholen in einem Trockenfluss.



Auf dieser Grundlage wurden erstmals regionale hydrogeologische Karten für Sambia erarbeitet, um die gesammelten Daten flächendeckend darstellen zu können. Drei Karten im Maßstab 1 : 250 000 und eine detaillierte Karte im Maßstab 1 : 100 000 decken 75 % der Südprovinz ab. Design und Legende der Karten sind an internationale Richtlinien angelehnt, sie haben einen Standard für nationale

Grundwasserkarten in Sambia und anderen Regionen im südlichen Afrika gesetzt. Darüber hinaus erlaubt das System die kartographische Darstellung von besonderen Themen wie den regionalen Grundwasserfluss oder die Verschmutzungsgefahr der Grundwasserressourcen.

Ergebnisse

Die zusammengestellten hydrogeologischen Informationen erlauben es erstmals, die Grundwassersysteme der Südprovinz Sambias flächenhaft abzugrenzen und ihr Potenzial verlässlich zu beurteilen.

In etwa zwei Dritteln der Südprovinz dominieren Festgesteine wie etwa präkambrische Kristallgesteine und die Sedimente und Basalte der Karoo-Formation (Perm bis frühes Jura). Gut durchlässige Lockersedimente bilden nur lokal nennenswerte Grundwasserleiter aus. Die Gesteinsformationen sind vielfach sehr heterogen aufgebaut, sodass ihr Grundwasserspeicher- und Liefervermögen räumlich stark variiert. Dies führte in der Vergangenheit zu einer niedrigen Erfolgsrate von größeren Explorationsvorhaben: Im Durchschnitt blieb eine von fünf Brunnenbohrungen trocken.

Die Anwendung geophysikalischer Methoden und die Nutzung des neu erstellten Grundwasser-Informationssystems führen zu einer deutlichen Verbesserung der Planung und damit auch der Erfolgsrate von Erkundungsvorhaben. Allerdings zeigt die statistische Auswertung der Daten, dass das Potenzial in der Südprovinz generell begrenzt ist. Nur lokal

Mitarbeiter der Wasserbehörde bei der Datenerhebung vor Ort.





Wasserkiosk bei Monze.

Mit Unterstützung der BGR wurde ein neues Grundwasser-Informationssystem aufgebaut. Die daraus abgeleiteten Informationen unterstützen die Bemühungen, die Grundwasserressourcen der Südpfanz besser zu erkunden und effektiver zu schützen, um die Wasserversorgung für die dort lebenden Menschen sicherzustellen.

existieren Grundwasservorkommen, die mehr als die nötigste Versorgung der ländlichen Bevölkerung mit Trink- und Nutzwasser erlauben. Dabei ist das Grundwasser generell von guter Qualität, allerdings kommt es in der Nähe größerer Siedlungen zu Belastungen mit potenziellen Krankheitserregern aufgrund schlechter sanitärer Verhältnisse. Insgesamt eignen sich die Grundwasservorkommen nicht für größere Bewässerungsvorhaben im Rahmen einer industriellen Landwirtschaft. Bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung reichen diese jedoch aus, um die ländliche und kleinstädtische Bevölkerung langfristig mit Trinkwasser zu versorgen.

Schachtbrunnen bei Muzoka.



Kinder beim Wasserholen.





Spargelfelder in Niedersachsen.

Georessource

Boden



Boden

50 Jahre Boden

Technische Zusammenarbeit mit Zypern: BGR berät bei Erosionsschutz

In den ersten 30 Jahren der BGR war es eine der wichtigsten Aufgaben in der Bodenkunde, Böden im Rahmen von Projekten der Technischen Zusammenarbeit (TZ) zu untersuchen und im Hinblick auf ihre nachhaltige Nutzung zu bewerten. Bodenkundliche der BGR arbeiteten in vielen Ländern, u. a. in Jordanien, Brasilien, Afghanistan, Indonesien und auf Zypern.

Auf Zypern begann bereits 1963 die Technische Zusammenarbeit mit der BGR. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts nahmen dort die Ernteerträge stark ab. Gründe hierfür waren in erster Linie die abnehmende Bodenfruchtbarkeit, Bodenversalzung oder Bodenerosion. Die zyprischen

Behörden erkannten dieses Problem und begannen im Rahmen eines TZ-Projektes, Pläne für eine standortgerechte Landwirtschaft auszuarbeiten. Dabei wurden im Weinbau vor allem gezielte Maßnahmen zur Erosionsbekämpfung eingeleitet.

Zusammen mit dem Landwirtschaftsdepartement wurden Erosionsmessungen auf sieben standardisierten Flächen durchgeführt. Hier wurden die für die Erosion entscheidenden Parameter gemessen: Gefälle, Hanglänge, Regenmenge und -intensität, oberflächlicher Abfluss, Infiltration, Bodenart und Bedeckungsgrad der Vegetation. Von 1982 bis 1986 führten BGR-Wissenschaftler diese Messungen zusammen mit ihren zyprischen Partnern durch, danach setzten die Zyprer das Messprogramm noch weitere sieben Jahre selbständig fort.

Die Ergebnisse dieser Messungen dienten später für bodenspezifische Empfehlungen zur Erosionsbekämpfung.

Aufgrund des wirtschaftlichen Aufschwungs verließen immer mehr junge Leute die ländlichen Regionen, um in den Touristenzentren zu arbeiten. Dadurch zerfielen viele Terrassen, und der Weinbau wurde vernachlässigt. Bodenerosion konnte immer größere Gebiete erfassen, zum Teil wurden sogar ganze Hänge vom Oberhang bis ins Tal erodiert.

Bei der Instandsetzung verfallener Terrassen und bei der Anlage neuer Terrassen wurden Planiertrauben eingesetzt. Bodenkundler der BGR berieten die Zyprier bei den Erdarbeiten und empfahlen, zuerst den humosen Oberboden beiseite zu schieben, dann die Fläche zu planieren und schließlich den Oberboden wieder gleichmäßig auf die planierte Fläche zu verteilen. Die neu gepflanzten Rebstöcke hatten wesentlich bessere Überlebenschancen, weil in dem humosen Boden mehr Wasser gespeichert werden konnte und der humose Oberboden eine langsam fließende Nährstoffquelle bildete.

Naturlabor Fuhrberger Feld

Es gibt kaum ein Gebiet in Deutschland, das hinsichtlich seiner bodenkundlichen, hydrogeologischen und hydrogeochemischen Eigenschaften sowie der in diesem Gebiet ablaufenden Wasser- und Stoffflüsse besser untersucht ist als das Fuhrberger Feld. Schon Anfang der 60er Jahre hatte eine Arbeitsgruppe aus der damaligen Bundesanstalt für Bodenforschung (heute BGR) und dem damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (heute LBEG) das Fuhrberger Feld für methodische Arbeiten im Gelände auserkoren. Um die Nutzung dieses „Naturlabors“ für die jeweils aktuelle Fragestellung über die Jahrzehnte hinweg zu illustrieren, werden im Folgenden die Ergebnisse einiger Forschungsarbeiten exemplarisch dargestellt.



Standardisiertes Erosionsmessfeld auf Zypern.

Das Fuhrberger Feld

Im norddeutschen Flachland sind die ausgedehnten Grundwasservorkommen von großer Bedeutung für die Trinkwassergewinnung.

Sinkende Grundwasserstände führten ab Mitte der 60er bis hinein in die 80er Jahre zu drastischen Nutzungsänderungen, die bis heute nachwirken: Trockener gewordene Flächen wurden umgepflügt und als Acker genutzt, ursprünglich an den Vorflutern orientierte Grünlandbereiche zwischen 1954 und 1991 in Acker umgewandelt.

Als Folge der Grundwasserabsenkungen traten in den 60er Jahren zunehmend Probleme bei der Wasserversorgung der land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen auf. Die Auswertung der mehrjährigen Messungen zeigte, dass die Grundwasserneubildung sehr stark von der Nutzung und der Tiefe des Grundwasserstandes abhängt. So kam es unter Äckern mit tiefem Grundwasserstand zu erheblichen Defiziten bei der Wasserversorgung der Pflanzen und in der Folge zu niedrigeren Ernten.



Messstelle im Fuhrberger Feld zur Ermittlung der Grundwasserneubildung und des Nitrat-austrags ins Grundwasser.



Im Fuhrberger Feld: Entnahme von Grundwasserproben an einem Multilevel-Brunnen.

Tabelle: Gemittelte, flächenrepräsentative Stoffkonzentrationen [mg l^{-1}] im oberflächennahen Grundwasser (1983-1990), Einzugsgebiet von Brunnen 1, Wasserwerk Fuhrberg

	pH	Na	K	Ca	Mg	Al	NO ₃	SO ₄	Cl	Cu
Acker	4,8	11	15	50	9	2	128	64	32	23
Nadelwald	4,2	8	3	9	1	13	3	104	18	23

Tabelle: Gemittelte Schwermetallkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser [$\mu\text{g l}^{-1}$] bei Probenahme im April 1986 und Juni 1990, Einzugsgebiet von Brunnen 1, Wasserwerk Fuhrberg

	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Co	Cu
Acker	1,0	3,2	0,8	2,9	35	78	8,1	11
Nadelwald	1,2	2,0	1,3	5,2	60	213	17	9,5

Stoffaustrag aus Ackerböden ins Grundwasser

Anfang der 70er Jahre rückte die Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen aus Ackerböden und damit die Frage nach der Qualität der Grundwasserneubildung stärker in den Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. Insbesondere die Nitratausträge aus der landwirtschaftlichen Praxis führten zu einer Belastung des Grundwassers.

Für die Bestimmung der Stofffrachten ins Grundwasser wurden zwei Verfahren entwickelt, die später von vielen internationalen Arbeitsgruppen in Forschungsprojekten angewandt wurden:

- Messung der Stoffkonzentrationen in der Bodenlösung, die mit Saugsonden gewonnen wird,
- Messung des Stoffeintrags mit einem Bohrstock-Schlitzsonden-Verfahren.

Im Fuhrberger Feld wurden zwischen 1983 und 1994 an über 40 Punkten mehrmals jährlich Wasserproben aus dem obersten Grundwasser genommen und statistisch ausgewertet. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass unter Acker höhere Konzentrationen bei Nitrat, Ca, Mg, K und Cl vorliegen als unter Wald.

Stoffeintrag und Stoffumsetzungen im Grundwasserleiter

In den 80er Jahren erregten die Themen „Saurer Regen“ und die Versauerung von Waldböden das öffentliche Interesse.

Als die Schadstoffeinträge in das Grundwasser bekannt wurden, stellten sich die folgenden Fragen: Was geschieht mit diesen Stoffen im Grundwasser und können sie die Förderbrunnen erreichen? Bisher wurden noch keine erhöhten Nitratkonzentrationen im geförderten Rohwasser gefunden, die Sulfatkonzentrationen allerdings sind deutlich gestiegen.

Die Interpretation der Messdaten lässt die folgenden Schlussfolgerungen zu:

- Im oberen Bereich des Grundwasserleiters findet ein nahezu vollständiger Abbau aller Nitratreinträge durch Mikroben statt. Deshalb ist die Nitratkonzentration seit Beginn der Wasserförderung unverändert niedrig.
- Beim Nitratabbau entsteht Sulfat. Großflächige Grünlandumbrüche haben zu beträchtlichen Nitratreinträgen in das Grundwasser geführt, sodass nach dem Nitratabbau die Sulfatkonzentration im Rohwasser bis Anfang der 80er Jahre stark angestiegen ist.
- Der Sulfatabbau im unteren Bereich des Grundwasserleiters erfolgt sehr langsam und beeinflusst deshalb die Sulfatkonzentration im Rohwasser kaum.

Versauerung von Grundwasser unter Wald

Mittlerweile gibt es einige Gebiete, in denen die Bodenversauerung so weit fortgeschritten ist, dass auch das Grundwasser versauert ist. Dadurch werden Spurenmetalle gelöst und in das Grundwasser verlagert.



Untersuchungen zur Quantifizierung und Modellierung des Vordringens der Versauerungsfront im Grundwasserleiter.

Klimarelevante Spurengase aus dem Fuhrberger Feld in die Atmosphäre?

Eine nicht vollständige Nitratreduktion im Boden und im Grundwasser kann zur Lachgasemission (N_2O) in die Atmosphäre führen. N_2O hat ein hohes Treibhausgaspotenzial, denn es ist etwa 310-mal so schädlich wie CO_2 . N_2O -Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung haben den anthropogenen Treibhauseffekt verstärkt.

FISBo BGR: Bodendaten für Deutschland zentral verfügbar

Als in den 80er Jahren das Interesse am Medium Boden immer größer wurde, stellten die in der damaligen Ad-hoc-AG Boden vereinten Geologischen Dienste der Bundesländer zunehmend einen länderübergreifenden Koordinationsbedarf fest. Mit Blick auf die BGR betraf dies zunächst die Herausgabe der vierten Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 4) sowie die länderübergreifend koordinierte Entwicklung einer Bodenübersichtskarte 1 : 200 000 (BÜK 200). Diese Anforderungen waren der erste Anlass dafür, dass die BGR mit dem Aufbau eines Fachinfor-

mationssystems Bodenkunde (FISBo BGR) für länderübergreifende Fragestellungen begann. Gestützt wurde diese Entscheidung im Wesentlichen durch die Wiedervereinigung Deutschlands, da mit der „Abwicklung“ zahlreicher staatlicher Institutionen der DDR auch große, zentral gehaltene Datenbestände drohten, verloren zu gehen. Seit der Wiedervereinigung ist das FISBo BGR über die Jahre hinweg konsequent zu einem viel gefragten Instrument weiterentwickelt worden sowohl was die Strukturen als auch die Dateninhalte betrifft.

Die Ergebnisse bodenkundlicher Kartierungen und Laboruntersuchungen bilden die entscheidende geowissenschaftliche Datenbasis, die von der BGR gemeinsam mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Länder erhoben und gesammelt werden. Parallel dazu werden Methoden zur Vereinheitlichung und Qualitätssicherung dieser Bodendaten, aber auch für Aussagen zu Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit der Böden entwickelt.

Der Web Map Server aktiv mit Ausschnitt der BÜK 1000.

Fachinformationssystem Bodenkunde

Fachgebiet	Thema	Spezifikation	Darstellung
Bodenkunde	Bodenkarten	Bodenübersichtskarte 1 : 1 000 000 (BÜK1000)	Bodenkarte anzeigen Leitbodenassoziation Metadaten anzeigen

3365434, 5426124
Darstellungsgröße: Mittel
Legende Übersicht

Maßstab 1:1557000
© BGR 12/2004

Mit dem Ziel, die Beratung der Ministerien und Forschungseinrichtungen sowie der Wirtschaft kontinuierlich zu ermöglichen und zu verbessern, werden sowohl die bodenkundlichen Basisdaten (Profil- und Analysendaten, Bodenkarten) als auch die Auswertungsmethoden fortlaufend aktualisiert und optimiert.

Durch die Einführung von Web Soil Services werden Bodeninformationen, den modernen europäischen Anforderungen entsprechend, für jedermann leicht verfügbar gemacht. Speziell für kleinmaßstäbige Bodenkarten sind erste Datensätze bereits erstellt.

Die Komponenten Flächendatenbank, Labor- und Profildatenbank sowie Methodenbank bilden die organisatorische und technische Grundstruktur des FISBo BGR.

Die Flächendatenbank enthält die Grenzen als digitale Geometriedaten sowie die Inhaltsbeschreibungen (Sachdaten, Attribute) aller im FISBo BGR gehaltenen Bodenkarten.

Die Labor- und Profildatenbank hat vor dem Hintergrund der Entwicklung gesetzlicher Regelwerke zunehmend an Bedeutung gewonnen. Auswertungen aus dieser Datenbank beruhen auf bis zu 60000 Bodenprofilen mit ca. 2,1 Millionen Analysedaten.

Die Ursprünge der Methodenbank liegen in einer, zusammen mit der Ad-hoc-AG Boden begonnenen, Initiative zur standardisierten Dokumentation von Algorithmen und Modellen zur Ermittlung bodenkundlicher Potenziale (z. B. Sickerwasserrate aus dem Boden als Teil der Grundwasserneubildung) oder Gefährdungsgrade (z. B. potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser). Damit stehen Methoden zur Bodenfunktionsbewertung nach Vorgaben des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) zur Verfügung. Derartige Methodendokumentationen werden zukünftig eine immer größere Rolle spielen, wenn es darum geht, Bodenbewertungen länderübergreifend und EU-weit einheitlich und, vor allem, jederzeit nachvollziehbar anzuwenden.



*Nutzungsdifferenzierte
Bodenübersichtskarte
1 : 1 000 000 –
Erläuterungsband
mit Karten.*

Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands

Was bewirkt die organische Substanz im Boden?

Die Bedeutung des organischen Kohlenstoffs wurde in den letzten Jahren auch von den Gesetzgebern erkannt und spiegelt sich in einer Reihe von Gesetzen und Verordnungen auf nationaler und europäischer Ebene wider. Allerdings fehlen für einige Umsetzungen dieser Gesetzestexte konkrete Angaben über die aktuellen Gehalte an organischer Substanz in den Böden.

Böden sind neben den Weltmeeren die größten CO₂-Speicher, sie speichern Kohlenstoff in den abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Resten. Mikroorganismen wandeln diese Stoffe um in das Endprodukt Humus. Im Hinblick auf den Klimawandel und die CO₂-Emissionen wurde deshalb dem Schutz der Böden in den letzten Jahren erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet.

Neben der Bedeutung für die Klimaentwicklung spielen die Humusgehalte im Boden auch eine wichtige Rolle im Umweltschutz, denn Humus bindet Pflanzennährstoffe und Schadstoffe im Boden und verhindert so ihre Auswaschung in das Grundwasser. In Böden mit hohen Humusgehalten werden organische Schadstoffe wie z. B. Pestizide, aber auch anorganische Schadstoffe wie Arsen, Cadmium, Chrom u. a. m. an die organische Substanz gebunden und gelangen nicht oder nur zu einem geringen Teil mit dem Sickerwasser ins Grundwasser. Die organische Substanz bildet so einen effizienten Filter und schützt das Grundwasser vor Verunreinigungen.

Außerdem ist Humus für die Pflanzen wichtig, da er zum einen eine langsam fließende Nährstoffquelle für sie ist und zum anderen das Wasserhaltevermögen des Bodens erhöht. Böden mit hohen

Humusgehalten zeichnen sich durch ein feines, stabiles Gefüge aus (Krümelgefüge). Der Oberboden ist gut durchlüftet und kann trotzdem den Pflanzen genügend Wasser zur Verfügung stellen, um normale Trockenphasen schadlos zu überstehen. Stärkere Niederschläge können schnell im Boden versickern, ohne dass der Oberboden erodiert wird. Den Humusgehalten kommt deshalb sowohl in der landwirtschaftlichen Produktion als auch beim Grundwasserschutz eine hohe Bedeutung zu.

Wie kann man die Humusgehalte vergleichen?

Will man die Gehalte an organischem Kohlenstoff in den Oberböden Deutschlands vergleichen und ihre Verteilung innerhalb des Landes feststellen, so muss man die vorhandenen Daten sammeln, auswerten und auf einen einheitlichen Standard bringen.

In einem Projekt der BGR wurden alle Informationen zu den Gehalten an organischer Substanz in den Oberböden Deutschlands zusammengetragen und ausgewertet. Als Oberboden gelten hier die obersten 10 cm unter Wald oder Grünland bzw. die obersten 30 cm unter Ackernutzung.

Punktinformationen waren in dem Fachinformationssystem Boden der BGR (FISBo BGR) gespeichert. Zur Auswertung standen insgesamt Daten aus rund 14 000 Bodenprofilen zur Verfügung. Der weitaus größte Teil davon kam von den Geologischen Landesämtern. Für die Datenauswertung wurden Mindestanforderungen an den Datenumfang definiert, z. B. Lagekoordinaten, Bezeichnung des Bodentyps, Angabe des Gehaltes an organischem Kohlenstoff oder Tiefe der Probenahme. Da bei etlichen Profilen diese Angaben fehlten, verringerte sich die Punktdatenmenge für die Auswertung auf ca. 9 000.

Als bestimmende Größe für den Humusgehalt wurden bei der Auswertung der Einfluss des Bodens, des Klimas und der Landnutzung berücksichtigt. In der nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte 1:1 000 000 (BÜK 1000n) sind die Flächeninformationen über die Verbreitung der Böden und der wichtigsten Landnutzungsarten (Ackerbau, Wald, Grünland) ausgewiesen. Das Klima lässt sich in die vier beschriebenen Zonen gliedern.

Bei der regionalen Verteilung fallen die sehr geringen Humusgehalte in Ostdeutschland auf, hier kommen schwach humose Böden am häufigsten vor. Aufgrund der geringen Niederschläge und der vielfach sandigen Böden ist die Humusanreicherung sehr gering, sodass die Böden nur 1 bis 2 % Humus aufweisen. In den Mittelgebirgen haben die hohen Niederschläge und die niedrigeren Temperaturen zu hohen Humusgehalten geführt.

Klimazonen in Deutschland (nach FINKE et al. 1998)	
Klimabezeichnung – Erläuterung	Vorkommen
gemäßigt subozeanisch ♦ mittlere bis (z.T.) hohe Niederschläge ♦ mäßig kalte Winter und mäßig warme Sommer ♦ Vegetationsdauer 180 bis mehr als 210 Tage	Nordwesten
gemäßigt subozeanisch bis gemäßigt subkontinental ♦ mittlere bis (z.T.) hohe Niederschläge, ♦ Temperaturen abhängig von der Höhe ü. NN ♦ Vegetationsdauer mehr als 150 Tage	Süden und Südwesten
gemäßigt subkontinental ♦ mittlere bis geringe Niederschläge ♦ mäßig kalte bis kalte Winter, mäßig warme bis warme Sommer ♦ Vegetationsdauer mehr als 150 Tage	Osten
gemäßigtes Hochgebirgsklima ♦ mittlere bis hohe Niederschläge ♦ kalte bis sehr kalte Winter, mäßig kalte bis mäßig warme Sommer ♦ Temperaturen und Vegetationsdauer abhängig von der Höhe ü. NN	Alpen

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff hängen aber stark von der Landnutzung ab, sodass wir in der gleichen Klimazone erwartungsgemäß zunehmende Humusgehalte in der Reihenfolge Acker – Forst – Grünland vorfinden. Unter vergleichbaren Böden sind die Humusgehalte unter Ackernutzung deutlich niedriger als unter Grünland.

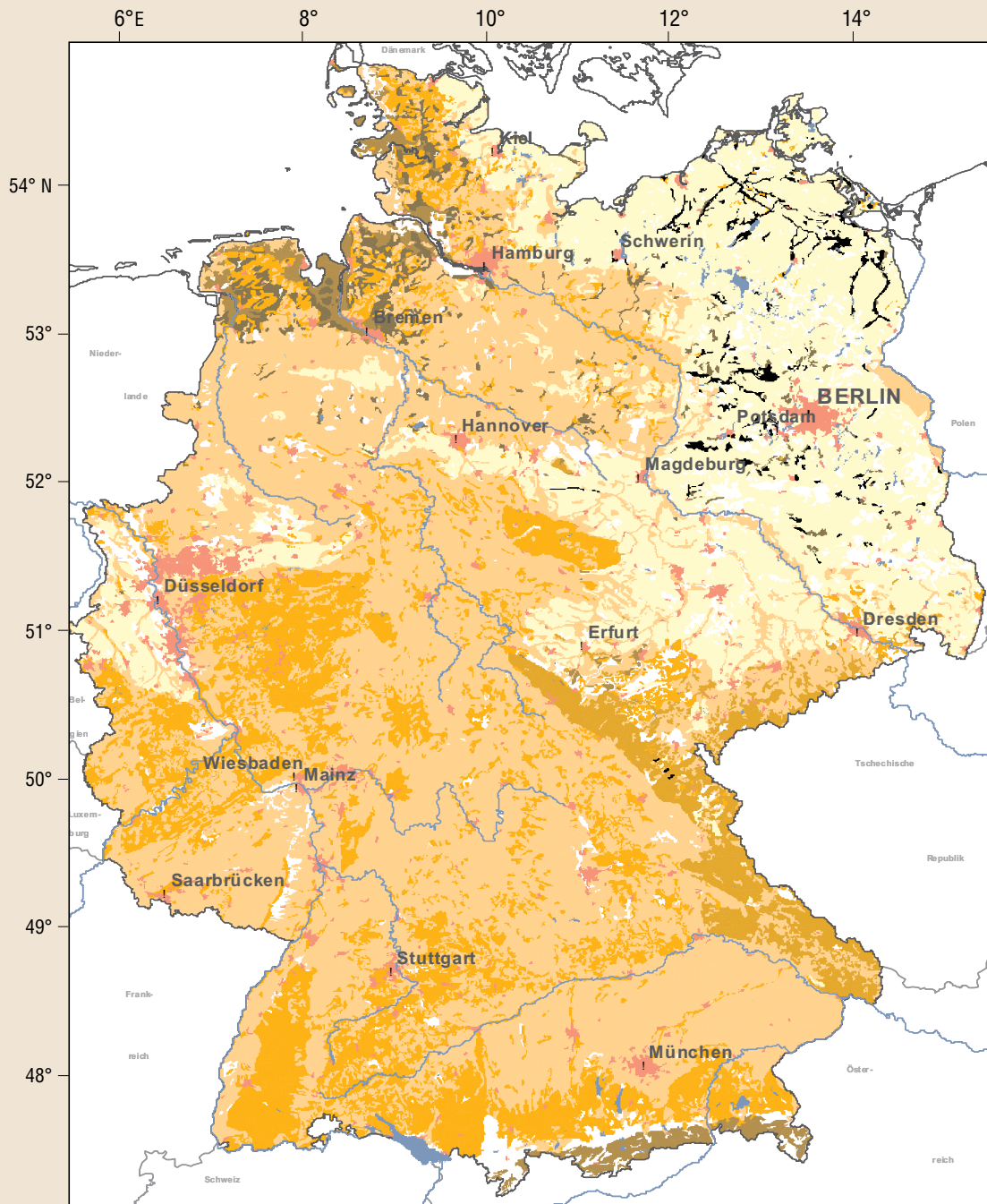
Mit dieser Datenauswertung werden erstmals die charakteristischen Humusgehalte in den Oberböden Deutschlands auf einer einheitlichen, gesicherten Datenbasis dargestellt. Für spätere Neuberechnungen, die z. B. den Klimawandel und somit den Kohlenstoffabbau erfassen sollen, kann diese Arbeit als Ausgangspunkt genommen werden. Außerdem werden hier die standorttypischen Humusgehalte im Boden gezeigt, die nach dem Bundes-Boden-Schutzgesetz erhalten werden sollen. Damit liefert die BGR eine wichtige Grundlage für Beratungseinrichtungen und Kontrollinstanzen, die die typischen Humusgehalte als Referenzgröße benötigen. Zum andern verwenden Forschungsinstitutionen diese Daten als Eingangsparameter für Modellierungen, für die Vorhersagen der C-Sequestrierung in Böden und zur Ausweisung von Gebieten mit erhöhten Verlusten an organischer Substanz.

Was nützt es uns, wenn wir die Humusgehalte kennen?

Mit den derzeitig vorliegenden Daten lassen sich gesicherte Aussagen über die Humusgehalte für knapp 90 % der Fläche Deutschlands machen. Auf 70 % der Fläche sind die Böden schwach bis mittel humos, was einem Masseanteil von 1 bis 4 % entspricht.

Tabelle: Einstufung des Humusgehaltes von Böden (nach Bodenkundl. Kartieranleitung, 5. Aufl.)		
Kürzel	Bezeichnung	Gehalt [Masse-%]
h 1	sehr schwach humos	< 1
h 2	schwach humos	1 bis < 2
h 3	mittel humos	2 bis < 4
h 4	stark humos	4 bis < 8
h 5	sehr stark humos	8 bis < 15
h 6	extrem humos, anmoorig	15 bis < 30
h 7	organisch, Torf	≤ 30

Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands



Humus (organische Substanz) [Masse-%]

Die in dieser Darstellung stark verkleinerte Karte liegt im Originalmaßstab von 1 : 1 000 000 vor.

Link: http://www.bgr.de/service/bodenkunde/humus1000_ob/v2.0/index.php

< 2,5	> 10 – 15	nicht bestimmt
> 2,5 – 5	> 15 – 30	Gewässer
> 5 – 7,5	> 30	Siedlungsflächen
> 7,5 – 10		

Wasserschutz fängt im Boden an: Hintergrundkonzentrationen von Spurenstoffen im Bodensickerwasser

Bodensickerwasser entsteht, weil auf den meisten Standorten in Deutschland mehr Niederschlag in den Boden eindringt als durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre abgegeben wird. Bodensickerwasser strömt durch den ungesättigten Boden und gelangt ins Grundwasser. Neben der quantitativen Bedeutung dieses Sickerwassers für die Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser, wird die Qualität des Sickerwassers wesentlich von dem durchströmten Bodensubstrat bestimmt. Beim Durchströmen des Bodens nimmt das Sickerwasser Nähr- und Schadstoffe aus dem Boden auf und verlagert sie ins Grundwasser.

In den Gesetzen und Verordnungen im Bereich des Bodenschutzes (z. B. in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV) werden sogenannte Prüfwerte festgelegt, unterhalb derer keine schädlichen Umweltveränderungen zu vermuten sind. Die Benennung solcher Grenzwerte bedarf einer wissenschaftlichen Grundlage. Da es bisher nur wenige Daten zu boden- und nutzungsspezifischen Hintergrundkonzentrationen von Spurenstoffen im Sickerwasser und

oberflächennahen Grundwasser unter natürlichen, ubiquitär belasteten Standorten gab, wurde ein bundesweites Forschungsvorhaben zur Untersuchung dieser Hintergrundkonzentrationen initiiert.

In der Tabelle unten sind die im Projekt untersuchten Spurenstoffe mit den z. Zt. in der BBodSchV festgeschriebenen Prüfwerten aufgeführt.

Standortauswahl und Beprobung

Die Beprobung konzentrierte sich in der ersten Phase des Projektes auf drei verschiedene Bodenausgangsgesteine (BAG) in Norddeutschland:

- Sande und mächtige sandige Deckschichten
- Geschiebelehm/Mergel in N- und NO-Deutschland
- Löss.

Tabelle: Untersuchte Spurenstoffe und ihre zurzeit in der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) festgeschriebenen Prüfwerte

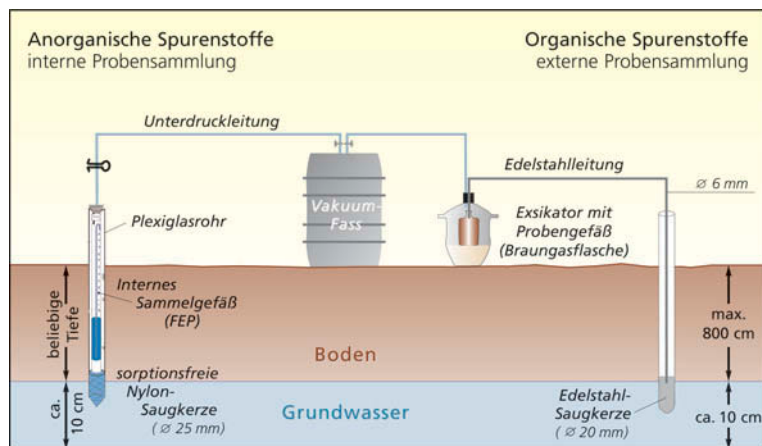
Anorganische Stoffe	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Hg	Se	Zn	Sn
Prüfwert [$\mu\text{g}/\text{l}$]	10	10	25	5	50	50	50	50	50	1	10	500	40
Organische Stoffe	PAK 16		MKW (C 10 – C 40)		HCH	DDT	PCB 6	LHKW					
Prüfwert [$\mu\text{g}/\text{l}$]	0,2		200		0,1	0,1	0,05	20					

Anorganische Spurenstoffe:

Antimon (Sb), Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg), Selen (Se), Zink (Zn), Zinn (Sn), Platin (Pt).

Ausgewählte organische Schadstoffe:

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK 15), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Hexachlorcyclohexane (u. a. HCH und HCB), Insektizide (DDT), Polychlorierte Biphenyle (PCB 6), leichtflüchtige aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW und BTEX).



Prinzip der Wasserbeprobung zur Bestimmung von anorganischen und organischen Spurenstoffen im Sickerwasser aus dem Boden.

Vorerst wurden nur Lockergesteinsstandorte mit einem obersten Grundwasserleiter im Lockergestein sowie einer GW-Oberfläche < 10 m unter Gelände beprobt. Als weitere Auswahlkriterien wurden die jeweilige Nutzungsverteilung innerhalb eines Bodenausgangsgesteins, die geologische und hydrogeologische Situation bis zum oberflächennahen Grundwasser sowie klimatische Einflüsse herangezogen. In den meisten Bundesländern gibt es Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF), die für die bodenkundlichen Standortverhältnisse der jeweiligen Länder repräsentativ sind. Da für die BDF bereits umfassende bodenkundliche und chemische Daten vorliegen, wurden diese Standorte als Basis für die Auswahl der Probenahmeflächen in unser Projekt aufgenommen. Insgesamt liegen

Proben von mehr als 50 Standorten in Norddeutschland vor.

In der BGR wurde ein mobiles Probennahmeverfahren entwickelt, das den Anforderungen der anorganischen Spurenanalytik genügt. Um Proben für die organische Analytik zu gewinnen, werden von der BGR speziell dafür entwickelte Geräte im Gelände eingesetzt. Die Wasserproben werden aus dem Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone entnommen (siehe Abb. oben). Zur Installation der Saugsonden wird vorher mit einem, dem Standort angepassten, Verfahren (z. B. Rammkernsondierung, Saugverfahren, hydraulische Schneckenbohrung) ein Bohrloch bis kurz vor dem Grundwasserspiegel abgeteuft.



Rammkernsondierung.

Vorbereitung einer Probenahme.



Bodenprofil.

Gemessene Hintergrundkonzentrationen

In Voruntersuchungen wurde zuerst festgelegt, wie viele Sickerwasserproben pro Fläche genommen werden müssen und wie oft eine Fläche in einem bestimmten Zeitraum beprobt werden muss, um repräsentative Werte zu erhalten. Dazu wurde die zeitliche und räumliche Variabilität der Spurenstoffkonzentrationen von verschiedenen Standorten untersucht. Festgelegt wurde so z. B., dass pro Fläche einmalig mindestens 10 Wasserproben in jeweils 10 m Abstand zur Bestimmung der anorganischen Spurenstoffe genommen werden müssen.

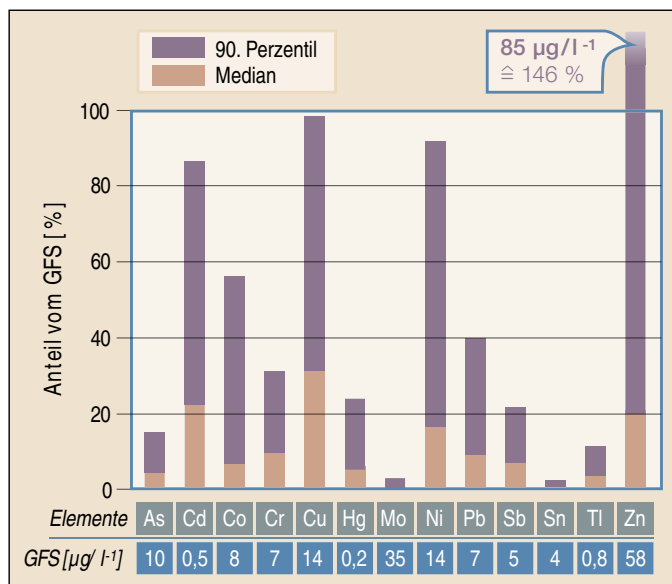
In der Abbildung rechts sind der Median und das 90. Perzentil der Hintergrundkonzentrationen anorganischer Spurenstoffe von 17 Sandstandorten in Norddeutschland dargestellt, jeweils relativ zu den Geringfügigkeitsschwellen dieser Stoffe. Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird definiert als „die Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten im Grundwasser keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden.“ Es ist beabsichtigt, zukünftig die Geringfügigkeitsschwellenwerte, die ursprünglich für das Grundwasser abgeleitet wurden, auch als Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser in der BBodSchV aufzunehmen. Die Ergebnisse zeigen, dass das 90. Perzentil der Hintergrundkonzentrationen von Sandstandorten überwiegend deutlich unter der Geringfügigkeitsschwelle liegt. Nur bei Zink wurden in einigen Fällen unter Waldnutzung Konzentrationen oberhalb (bis $85 \mu\text{g L}^{-1}$) der Geringfügigkeitsschwelle festgestellt. Daraus kann man ableiten: Liegen die Werte in Deutschland oberhalb der GFS, sind wahrscheinlich schädliche Bodenveränderungen die Ursache.

Median und 90. Perzentil der Hintergrundkonzentrationen

Der Median (oder das 50. Perzentil) halbiert eine Stichprobe und markiert die Hintergrundkonzentration, unterhalb deren Wert 50 % der gemessenen Konzentrationen liegen. Das 90. Perzentil markiert entsprechend die Konzentration, unterhalb deren Wert 90 % der gemessenen Konzentrationen liegen.

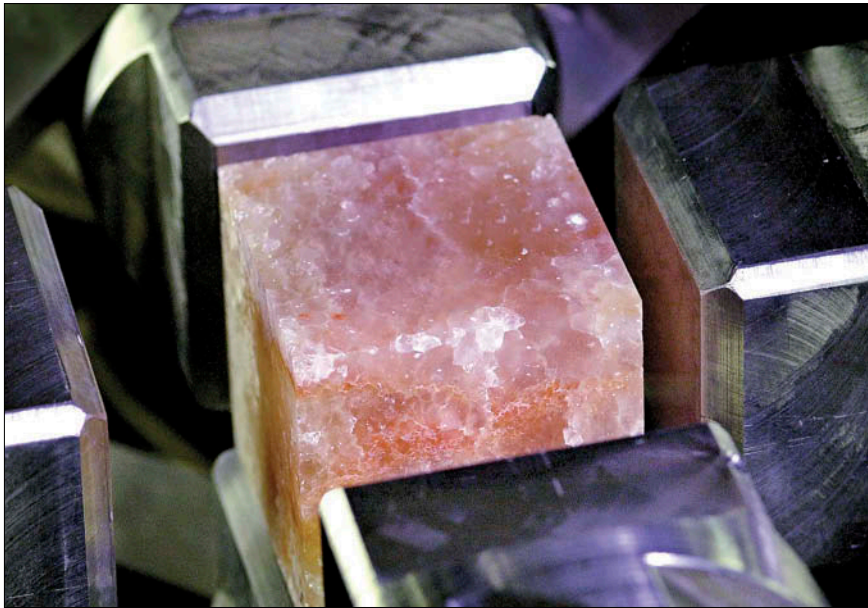
Die **Hintergrundkonzentration** im Bodensickerwasser ist „die Konzentration eines Stoffes im Sickerwasser, die sich durch die geogenen Bedingungen und die ubiquitäre Belastung des Standorts als Folge diffuser Einträge in den Boden einstellt.“ Es sollen im Forschungsprojekt also nur naturnahe Standorte untersucht werden, die als Acker, Grünland oder Wald genutzt werden und nur normalen, atmosphärischen und nutzungsbedingten Einträgen unterliegen. Deshalb werden z. B. Flächen, die siedlungsbedingt erhöhte Stoffgehalte aufweisen, oder auch Flussauen, die durch Überschwemmung möglicherweise erhöhten Einträgen ausgesetzt waren, nicht beprobt.

Bei den organischen Schadstoffen konnte ein für die Nutzer und Bewohner sehr erfreuliches Ergebnis gemeldet werden: Die von uns untersuchten Sandstandorte weisen Schadstoffkonzentrationen für LHKW/BTEX, PAK16, PCB6, MKW und den chlororganischen Pestiziden im Bodensickerwasser auf, die unterhalb der jeweils stoffspezifischen Nachweisgrenze liegen.



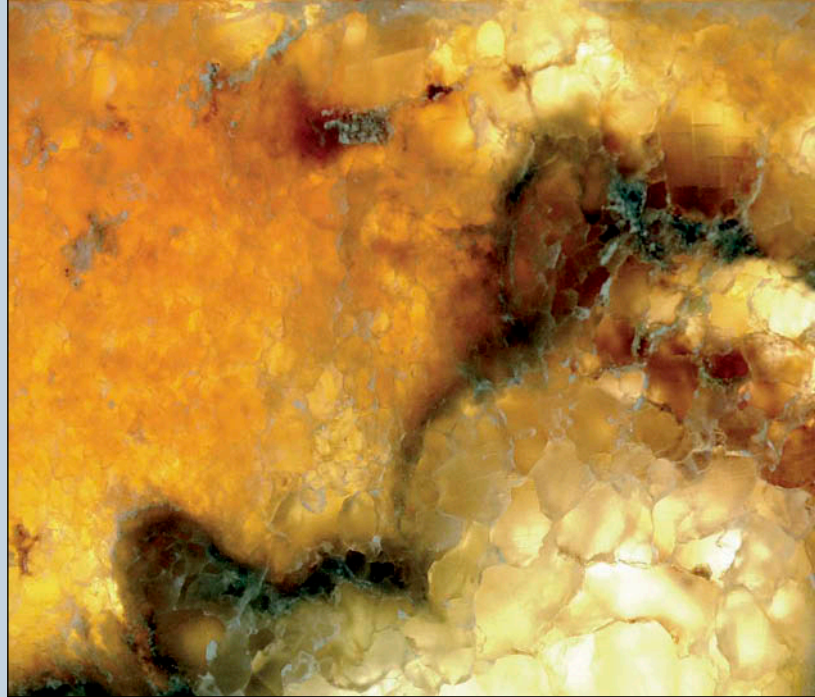
Hintergrundwerte (Median und 90. Perzentil) von Spurenelementkonzentrationen im Sickerwasser von Sandböden unter Acker- und Waldnutzung in Norddeutschland relativ zu den Geringfügigkeitsschwellen (GFS) für Grundwasser.

Geosicherheit



Steinsalzprobe vor Kriechversuch in triaxialer Prüfmaschine.

Geotechnische
Sicherheit /
Endlagerung



Die **Entdeckung** der **Langsamkeit**: Warum **kriecht** Salz? Die Salzmechanik – Anfang und Entwicklung eines neuen Forschungszweiges

Schon zur Zeit der Gründung der Bundesanstalt für Bodenforschung (BfB) in den Wirtschaftswunder-Jahren waren Sicherung der Energieversorgung, Verbesserung der Infrastruktur und die Abfallbeseitigung wichtige Aufgaben der noch jungen Bundesregierung.

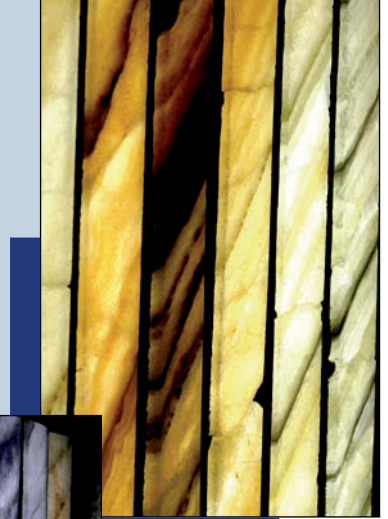
Die rasant wachsenden Ballungsräume führten dazu, dass der Lebensraum an der Erdoberfläche immer knapper wurde. Waren früher untertägige Hohlräume im Wesentlichen bergbaulichen Tätigkeiten zuzuschreiben, werden jetzt zunehmend Untertagebauwerke für Verkehr, Versorgungs- und Entsorgungssysteme sowie zur Speicherung von Energierohstoffen notwendig. Auch für das Lagern von Gütern und Deponieren von Abfallstoffen bietet der Untergrund sicherheitstechnisch und wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen.

Die Erkundung des Untergrundes, die Herstellung und Sicherung der Hohlräume sowie die Gewährleistung der Betriebssicherheit setzen allerdings intensive geowissenschaftliche und ingenieurmäßige Untersuchungen voraus. Für diese geotechnischen Fragestellungen war und ist die BGR damals wie heute wichtiger Ansprechpartner und Berater der Ministerien sowie der Industrie. Bei der Bewertung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit untertägiger Hohlräume, insbesondere bei der langzeitsicherheitlichen Beurteilung von Abfall-Deponien, kommt die große Erfahrung der BGR bei der Verknüpfung von geowissenschaftlichen Befunden mit ingenieurmäßigen Berechnungen und Prognosen zum Tragen.

Untertagebauwerke sind stets einer Vielzahl verschiedenartiger Belastungen ausgesetzt. Das

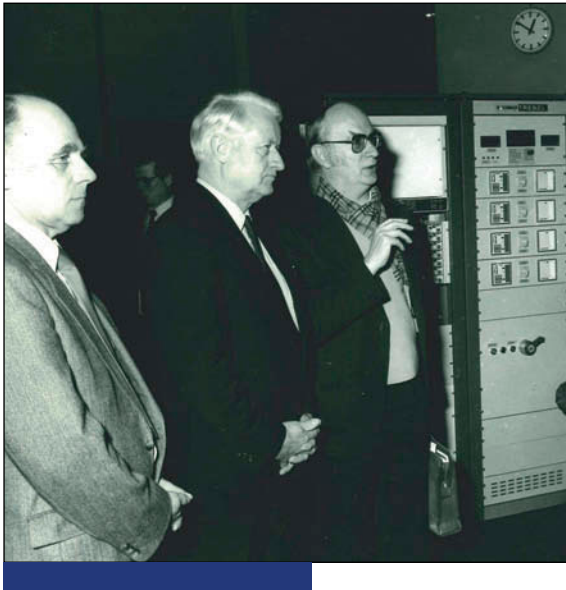


*Aufnahmen von Steinsalzbohrkernen,
links im Detail.*



mechanische Verhalten des Gesteins wird insbesondere von den Materialeigenschaften und vom Spannungszustand im Gebirge bestimmt. Weitere Einflüsse wie Temperatur, Belastungsdauer oder das chemische Milieu können hinzukommen. Zur Vorhersage des Materialverhaltens – beispielsweise zur Einschätzung der Verformung und Standfestigkeit von Tragelementen in einem Grubengebäude – bedarf es so genannter Stoffgesetze. Diese bestehen aus mathematischen Formulierungen, die im Gestein wirksame Prozesse abbilden sollen. Eine Grundlage für Stoffgesetze bilden Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen und Standort-Befunden sowie gegebenenfalls theoretische Modellvorstellungen.

Mitte der 60er Jahre hatte sich im Felsbau die Verwendung von rheologischen Modellkörpern bewährt. Sie liefern die mathematisch formulierte Verknüpfung des Spannungszustandes mit der resultierenden Verformung zur Nachrechnung von Untersuchungsbefunden und damit auch für die Vorhersage des erwarteten Gesteinsverhaltens. Die durchaus komplexe Kombination eines Hookeschen Grundkörpers für elastisches Materialverhalten mit den Modellkörpern für viskoses Kriechen und plastisches Verhalten nach Überschreiten einer Fließgrenze hat LANGER (Habilitationsschrift 1967) ausführlich diskutiert.



Besuch des niedersächsischen Ministers Wilfried Hasselmann im gebirgsmechanischen Labor der BGR. Prof. Dr. Michael Langer erläutert Wissenswertes zu Prüfkörpern aus Salz.

Salz empfiehlt sich als Wirtsgestein für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Schon im Dezember 1957 wurde im Memorandum der Deutschen Atomkommission, dem ersten deutschen Atomprogramm, auf notwendige Forschungsarbeiten zur Entsorgung radioaktiver Abfälle hingewiesen (1960 ging das erste Versuchsatomkraftwerk Kahl in Deutschland in Betrieb). Bereits im ersten Jahr der Gründung machte das damalige Bundesamt für Bodenforschung den Ministerien Vorschläge zur Beseitigung von radioaktiven Abfällen in tiefen Gesteinsformationen. Zwei Jahre später folgte eine Studie zur Frage der geologisch-hydrogeologischen Voraussetzungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im Untergrund. Am 15. Mai 1963 empfahl der Präsident der Bundesanstalt für Bodenforschung, Prof. H.-J. Martini, die Endlagerung in Steinsalzformationen. Er begründete dies mit den hervorragenden Eigenschaften von Salzgesteinen.

50 Jahre intensiver In-situ- und Laborforschung der BGR bestätigen die Aussage des damaligen Präsidenten Prof. H.-J. Martini von 1963, die Endlagerung in Steinsalzformationen zu empfehlen. Aufgrund seines Verformungsverhaltens hat Steinsalz insbesondere für die Endlagerung langlebiger, hochradioaktiver Abfälle günstige gebirgsmechanische Eigenschaften. Die BGR hat durch ihre Untersuchungen entscheidend zur Charakterisierung des Barrieregesteins Steinsalz und zu dessen Beurteilung im Hinblick auf die Eignung als Wirtsgestein für radioaktive Abfälle beigetragen.

Mit den Vorhaben zur sicheren und nachsorgefreien Endlagerung von (radio-)toxischen Abfällen im tiefen geologischen Untergrund wie auch im Rahmen von Projekten zur Energiebevorratung von Rohöl und Erdgas in Solkavernen ist das Wirtsgestein „Steinsalz“ spätestens nach der „Ölkrise 1973“ intensiv in das Blickfeld der Ingenieurgeologie gerückt. Für derartige Vorhaben geplante Deponien und Speicher erfordern ein Wirtsgestein, das seine Barrierefunktion gegen Schadstoffausbreitung bzw. den Verlust von Speichergut weder während der Betriebsphase noch während der langen Nachbetriebsphase im Falle einer Nutzung als Schadstoff-Deponie einbüßt. Die Erfahrungen aus dem Bergbau in Steinsalzformationen belegen, dass Untertagebauwerke standsicher errichtet werden können. Salzgesteine reagieren auf eine ausdauernde Belastung durch eine langsame, fließende Bewegung, die als Kriechen bezeichnet wird. Aufgrund dieser Eigenschaften werden in einem ausreichend dimensionierten Grubengebäude keine Spannungszustände entstehen, die zur Schädigung und Auflockerung des Gesteins im Einschlussbereich führen. Dieses besondere mechanische Verhalten hat zur Folge, dass Salzgestein in Hohlräume kriecht und deren Volumen verringert. Der Vorgang wird als Konvergenz bezeichnet. Darüber erfolgt im Salzgestein der „Selbst-Verschluss“ durch die Hohlraum-Konvergenz und die Wiederherstellung des ungestörten Spannungszustands. Damit bleibt die von einem Wirtsgestein geforderte Barrierefunktion sichergestellt. Auf dieser Grundlage werden die Nachweise zur Langzeitintegrität gegen (Schad)Stoffausbreitung geführt.

Für genehmigungspflichtige Untertagebauwerke wie etwa ein Endlager ist allerdings der detaillierte rechnerische Nachweis zur Standfestigkeit und zur Langzeitintegrität erforderlich. In diesem Zusammenhang haben sich die Stoffgesetze, die nicht nur auf Grundlage von rheologischen Modellkörpern entwickelt wurden, sondern mit den mikro-physikalisch wirksamen Deformationsprozessen begründet sind, zunehmend durchgesetzt. Diese Entwicklung ist sehr gut in den sechs bisher erschienenen Bänden zu den internationalen Konferenzen „The Mechanical Behavior of Salt“ zu verfolgen (siehe Kastentext unten). Für die Ermittlung der mikro-physikalisch wirksamen Deformationsgesetze haben die Forscher der BGR spezielle Prüfgeräte für gesteinsphysikalische Untersuchungen entwickelt und damit beispielsweise eine große Anzahl von Kriechversuchen an Steinsalzproben durchgeführt. Ergänzend zu den Laborversuchen wurden In-situ-Versuche genutzt. Aus dem Mitte der 60er Jahre aufgebauten neuen Arbeitszweig Felsmechanik hat die BGR damit einen wichtigen Forschungszweig – die Salzmechanik – begründet und bis heute entscheidend geprägt.

Ein vorläufiges **Kriechgesetz für Steinsalz**, entwickelt aus Laborergebnissen, wurde Ende der 70er Jahre von der BGR aufgestellt. Dies war die Begründung der **„Salzmechanik“**. 1981 wurde auf Initiative von Professor Michael Langer (BGR) und Professor Reginald Hardy, Jr. (Pennsylvania State Universität, USA) eine Serie internationaler Konferenzen über das mechanische Verhalten von Salz gegründet, „The Mechanical Behavior of Salt“. Die sechste Konferenz dieser Serie fand im Mai 2007 mit 150 Teilnehmern in der BGR in Hannover statt.

Ausgehend von den mikro-physikalisch wirksamen Prozessen wurden so genannte Deformationsmechanismus-Karten erarbeitet (FROST & ASHBY 1982), die von bei der BGR tätigen Wissenschaftlern für die eigenen Untersuchungsziele weiterentwickelt wurden (ALBRECHT & HUNSCHE 1980).

In Verbindung mit Untersuchungen zur Entwicklung des Mikro-Gefüges von deformiertem Steinsalz, die der Absicherung der mikro-physikalischen Modellvorstellungen dienen, sind bei der BGR Stoffgesetze entwickelt worden, die auf den von Versetzungen im NaCl-Kristallgitter getragenen Deformationsmechanismen beruhen. Wesentliche Fortschritte wurden durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern in anderen wissenschaftlichen Einrichtungen erzielt. Dies zeigt sich wieder in den bereits erwähnten Bänden zu den internationalen Konferenzen „The Mechanical Behavior of Salt“. Besonders zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang auch die Monographie von CRISTESCU & HUNSCHE (1998).



Teilnehmer der „Salzmechanik-Konferenz“ in der BGR Hannover in den Jahren 1984 und 2007.

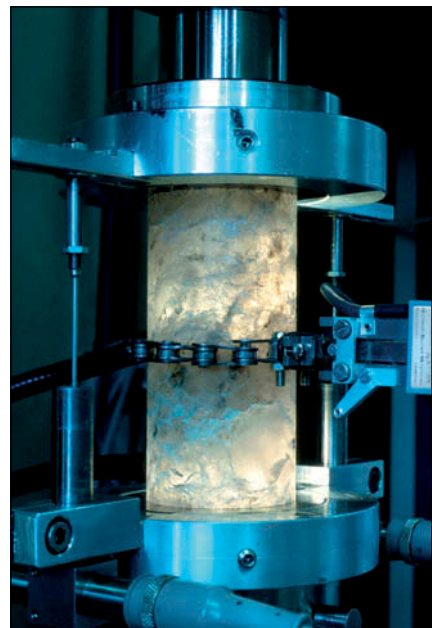
Mit den, von der BGR entwickelten, Stoffgesetzen wurden für Untertagebauwerke in verschiedenen Steinsalzformationen Modellberechnungen durchgeführt – beispielsweise zur Standortbewertung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (siehe nachfolgenden Beitrag). Damit ist es gelungen, Gebirgsbereiche auszuweisen, die mit Blick auf den Spannungszustand, die Verformungen und die damit verbundenen Spannungsumlagerungen sicher standfest bleiben und den Grund der geologischen Barriere als gesichert nachweisen.

Allerdings haben diese Berechnungen auch solche Gebirgsbereiche ausgewiesen, die dem rechnerischen Langzeitsicherheitsnachweis nicht genügen. Aus diesen Ergebnissen wurde der Bedarf deutlich, nicht nur den Spannungszustand zu ermitteln, der nach Ausweis von Laborbefunden mit Auflockerung verbunden sein wird und letztlich zum Verlust der Barrierefunktion führt (d. h. Integritätsverlust wegen fortschreitender Auflockerung). Vielmehr gilt es, die Stoffgesetze so zu erweitern, dass die zeitliche wie auch die räumliche Entwicklung der Dilatanz bzw. Auflockerung modelliert werden kann. Der zu dieser komplexen Aufgabenstellung erreichte Sachstand in der Modellentwicklung ist im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Die Modellierung des mechanischen Verhaltens von Steinsalz – Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen“ erweitert und zusammengestellt worden. Der besondere Wert dieses Verbundvorhabens liegt im Vergleich der Stoffgesetze und Vorgehensweisen von insgesamt sechs nationalen Einrichtungen bzw. Arbeitsgruppen, die mit der Nutzung ihrer jeweiligen Stoffgesetze in Modellberechnungen befasst sind (SCHULZE et al. 2007).

Für Modellberechnungen des mechanischen Verhaltens von Steinsalz werden seit Beginn der 80er Jahre computergestützte numerische Rechenverfahren nach der Finite-Elemente-Methode eingesetzt. Eine

besondere Herausforderung dabei ist, dass die im Labor unter vergleichsweise hohen mechanischen Spannungen und Verformungsraten in Monaten bis zu Jahren während Dauerstandversuchen gewonnenen Ergebnisse für ein Endlager auf Zeiträume bis 1 Million Jahre berechnet werden müssen. Rechenprogramme simulieren dabei realistisch gebirgsmechanische Vorgänge (Hohlraumausbruch oder -verfüllung) und thermisch-mechanische Wechselwirkungen über sehr lange Zeiträume. Sie erlauben den BGR-Forschern, Prognosen über die Langzeitsicherheit eines Endlagers zu erstellen. Heute basiert diese Methode auf echten, dreidimensionalen geologischen Modellen, zunehmend können auch TMHC-Prozesse gekoppelt berücksichtigt werden (siehe nachfolgenden Beitrag).

Unter dem Schlagwort **TMHC** verbirgt sich der noch weitergehende Anspruch an Stoffgesetze, die Wechselwirkungen zwischen thermischen und mechanischen sowie hydraulischen und chemischen Einflüssen abzubilden. Diese sehr ambitionierte Aufgabenstellung war besonderes Thema der, im Mai 2007 in Hannover durchgeführten, letzten von bisher sechs internationalen Salzmechanikkonferenzen. Der dort präsentierte Sachstand zeigt das hervorragende Leistungsspektrum, aber auch die noch bestehenden Herausforderungen auf: Diese betreffen insbesondere die stoffgesetzliche Beschreibung von Porendruck-Effekten auf den Spannungszustand während der Konvergenz von, beispielsweise mit Salzgrus versetzten, Hohlräumen in der Nachbetriebsphase. Gleiches gilt für die Selbst-Versiegelung von geschädigtem Steinsalz im Nahfeld der Untertagebauwerke in einem Endlagerbergwerk nach Rückkehr des Spannungszustands in den nicht-dilatanten Spannungsbereich.





Kernlagerhalle der BGR mit Bohrkernen von über 20 km Länge aus Erkundungsbohrungen wie z. B. zu Gorleben oder Konrad.



Salzgrus und Bentonit vor und nach (in den Schalen) Kompression in einem Oedometerversuch (oben).

Gegenüberliegende Seite links: Dynamische Prüfmaschine zur Untersuchung von Einzerrissausbreitungen in einer Steinsalzprobe.

Rechts: Steinsalzprobe unter dynamischer Belastung zur Ermittlung der Volumenänderung.

Prüfkörperherstellung, hier Ablängen der Bohrkern mit der Bandsäge.



Aufgrund veränderter politischer Ziele in Deutschland gelangten seit Mitte der 80er Jahre Granit und Mitte der 90er Jahre Tongestein als potenzielle Wirtsgesteine für die Endlagerung radioaktiver Abfälle stärker in den Vordergrund der Untersuchungen. Die BGR nutzte und erweiterte ihr Know-how und das vorhandene Laborinstrumentarium auch für die Erforschung dieser alternativen Wirtsgesteine. Standortunabhängige, grundlagenorientierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte (F+E-Projekte), insbesondere in internationaler Zusammenarbeit in Felslaboren durchgeführt, stehen deshalb heute im Vordergrund des Interesses, wie z. B. aktuell die „Tonstudie“ (siehe Beitrag „Tonstudie“).

Heute existiert in der BGR eines der weltgrößten wissenschaftlichen Prüflabore (30 Prüfsysteme mit ca. 65 Prüfplätzen) zur Ermittlung von thermischen, mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Barrieregesteinen. Von der BGR entwickelte Stoffgesetze verbessern die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagebauwerken im Salz. Die BGR ist damit in der Lage, die Vielzahl der Einwirkungen und Prozesse in Salzgesteinen zu simulieren und korrekt zu beschreiben und so einen wichtigen Beitrag zur sicheren Endlagerung von Schadstoffen in Steinsalz zu liefern.

Endlagerrelevante Eigenschaften potenzieller Wirtsgesteine

Eigenschaft	Steinsalz	Ton / Tonstein	Kristallingestein z. B. Granit
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
In-situ-Spannungen	lithostatisch isotrop	anisotrop	anisotrop
Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch

günstige Eigenschaft
 mittel
 ungünstige Eigenschaft

Dreidimensionale geologische und geomechanische Modellierung des Endlagers Morsleben (ERAM)

In Deutschland sollen radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen endgelagert werden. Um die Sicherheit eines Endlagers dauerhaft zu gewährleisten, sind umfangreiche geowissenschaftliche Untersuchungen erforderlich, die von der BGR u. a. mit Hilfe von Computersimulationen durchgeführt werden. Während der letzten drei Jahrzehnte erfolgten umfangreiche geologische und geomechanische Erkundungen im Salzgebirge, um die Eignung des Wirtsgesteins Salz für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen, für die Soleförderung sowie für die Gas- und Ölspeicherung in Kavernen nachzuweisen. Insbesondere für die Endlagerung radioaktiver Abfälle hat die geologische Barriere als Bestandteil des Multibarrierensystems eine wichtige Funktion: Für den erforderlichen Sicherheitsnachweis des Endlagers müssen die Tragfähigkeit und die geomechanische Integrität des Salzgebirges, seine geologische und tektonische Stabilität sowie geochemische und hydrogeologische Prozesse analysiert und bewertet werden. Die Analyse erfordert verschiedene Schritte wie z. B.:

- geologische Untersuchungen zur Ermittlung der Basisdaten für zwei- und dreidimensionale geologische Strukturmodelle,
- örtliche Beobachtungen,
- geotechnische In-situ-Messungen zur Bestimmung der erforderlichen Parameter des Wirtsgesteins und des Deckgebirges,
- geomechanische Laboruntersuchungen zur Ermittlung der notwendigen Materialkennwerte des Gebirges und zur Entwicklung geeigneter Stoffgesetze,
- zwei- und dreidimensionale geomechanische, ggf. auch thermomechanische oder hydromechanische Modellberechnungen zur Untersuchung der Standsicherheit des Endlagers und der Integrität der Salzbarriere.

Abschließend erfolgt die Sicherheitsbewertung, die alle geowissenschaftlichen experimentellen und theoretischen Untersuchungsergebnisse berücksichtigt.

Nachfolgend werden exemplarisch ausgewählte Ergebnisse der geologischen und geomechanischen Untersuchungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) vorgestellt. Ausgehend von der Entwicklung eines dreidimensionalen geologischen Strukturmodells, werden dreidimensionale geomechanische Modellberechnungen durchgeführt, mit denen die Standsicherheit der alten Abbaue und die Integrität der Salzbarriere numerisch analysiert werden.

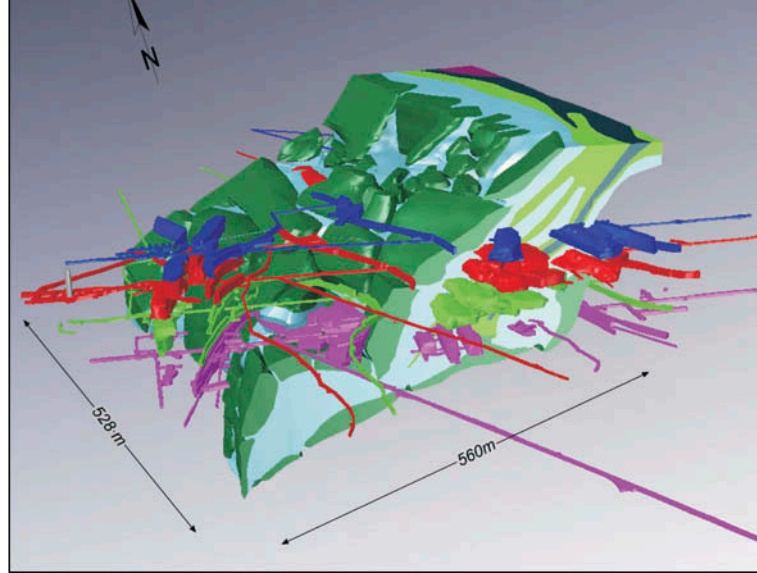
Das ERAM wurde im ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerk Bartensleben eingerichtet. Es gliedert sich in mehrere Grubenbereiche wie z. B. das Süd-, West- und Ostfeld, in denen nicht wärmeentwickelnde Abfälle eingelagert wurden. Der Zentralteil weist eine komplizierte geologische Struktur auf, stellt durch die zahlreichen Abbaue auf mehreren Sohlen den Grubenteil mit dem höchsten Durchbaugrad dar und erfährt dadurch auch eine hohe mechanische Beanspruchung.

Für den nördlichen Zentralteil des Grubenfeldes Bartensleben (Hauptmulde) des ERAM wurde auf der Grundlage des vorhandenen zweidimensionalen Lagerstättenmodells ein digitales strukturgeologisches 3D-Lagerstättenmodell erarbeitet.

Ziel der Arbeiten war es, eine Verbesserung und Erweiterung der Darstellungs- und Interpretationsmöglichkeiten der vorhandenen Grunddaten sowie die Berücksichtigung der seit der Erstellung des geologisch-tektonischen 2D-Lagerstättenmodells (1997–2000) hinzugekommenen Aufschlussdaten zu erreichen. Die Modellerstellung erfolgte im Hinblick auf die geologische Begleitung der vorgezogenen

nen Verfüllmaßnahmen im Zentralteil des Grubenfeldes Bartensleben. Für diese Verfüllmaßnahmen wurden neue Streckenauffahrungen durchgeführt und verschiedene neue Bohrungen erstellt. Deren optimale Positionierung wird durch die detailgenaue Darstellung der geologischen Verhältnisse im 3D-Raum vereinfacht und erleichtert. Ferner werden die Interpretation des mikroakustischen Monitorings und die Auswertung von Georadarmessungen, die begleitend zu Streckenneuauffahrungen durchgeführt werden, durch das struktureologische 3D-Modell deutlich verbessert.

Für die Erstellung des 3D-Modells wurden unterschiedliche Grunddaten verwendet (siehe Abb. unten). Als Basis diente das geologisch-tektonische 2D-Lagerstättenmodell. Die geologischen Sohlenrisse, deren Konstruktion auf den Auswertungen geologischer Streckenkartierungen (Maßstab 1:100) beruht, stellen neben den geologischen Erkundungsbohrungen die wichtigste Datenquelle dar. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Georadarmessungen sowie das 3D-Grubenhohlraummodell zur Unterstützung der Konstruktion herangezogen. Alle Eingangsdaten wurden im Konstruktionsprogramm openGEO™ auf Konsistenz der Grunddaten geprüft, im 3D-Raum ausgewertet und im Gauß-Krüger-Koordinatensystem dargestellt.

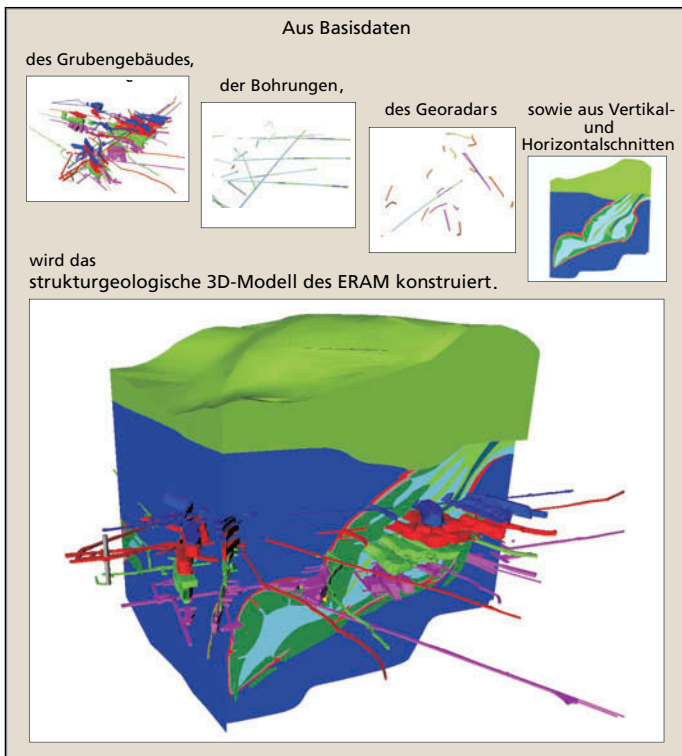


Teilmodell des struktureologischen 3D-Modells des ERAM. Dargestellt sind Schichten der Leine-Folge (Hauptanhydritschollen in dunkelgrün, Linien- bis Buntessalz in hellblau, Anhydritmittelsalz in hellgrün, Schwaden- bis Tonmittelsalz in dunkeloliv) und der Aller-Folge (violett) sowie das 3D-Grubenmodell.

Durch den Abgleich und die Interpretation der Daten im Raum entstand ein struktureologisches 3D-Lagerstättenmodell, in dem jeder Punkt eindeutig definiert ist. Gesteine der Staßfurt-, der Leine- und der Aller-Folge des Zechsteins wurden zu acht Baueinheiten zusammengefasst, die im 3D-Modell als eigenständige geologische Körper vorliegen.

Das struktureologische 3D-Lagerstättenmodell lässt sich zusammen mit dem 3D-Grubengebäude der Markscheiderei darstellen und verschneiden. Da das resultierende 3D-Gesamtmodell auf Gauß-Krüger-Koordinaten basiert, ist es möglich, sowohl räumliche Distanzen als auch Volumen exakt zu ermitteln. Darüber hinaus lassen sich für spezielle Fragestellungen weitere Darstellungen aus dem 3D-Modell generieren, z. B. ausgewählte Schnitte, virtuelle Bohrungen und beliebige Teildarstellungen.

In Kombination mit dem 3D-Grubenmodell ist das struktureologische 3D-Lagerstättenmodell des Zentralteils des ERAM im Grubenfeld Bartensleben eine wichtige Planungs- und Arbeitsgrundlage z. B. für geomechanische Modellberechnungen nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) zur Beurteilung der Standsicherheit des Grubengebäudes und der Integrität der Salzbarriere. Dazu wird das geomechanische Modell entwickelt, indem das geologische Strukturmodell idealisiert wird und die Gesteinsschichten mit unterschiedlichem Materialverhalten sowie die Hohlraumkonfiguration des Gruben-

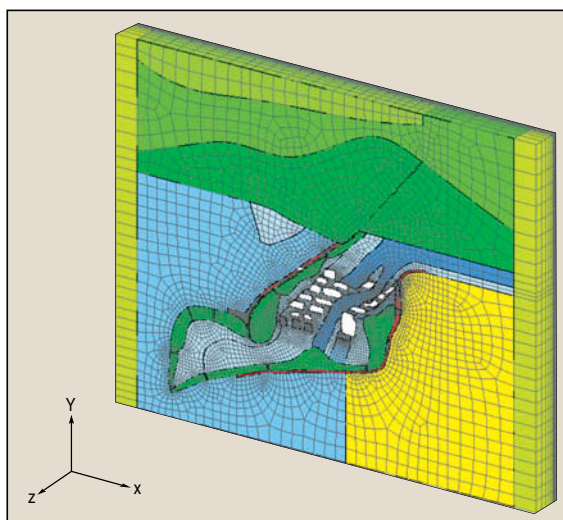


Datengrundlagen für das struktureologische 3D-Modell des Zentralteils des Grubenfeldes Bartensleben (ERAM).

gebäudes abgebildet werden. Das geologische Modell umfasst eine Vielzahl von Gesteinsschichten mit z. T. sehr geringer Mächtigkeit, deren detaillierte geomechanische Modellierung nicht erforderlich ist. Daher werden die geologischen Strukturen zu Homogenbereichen zusammengefasst, die einheitliche mechanische Materialeigenschaften aufweisen und durch geeignete Stoffgesetze in der Berechnung berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf die zu untersuchende dreidimensionale Fragestellung wird zunächst ein charakteristischer 2D-Schnitt des geologischen Modells gewählt. Anschließend wird dieses Modell senkrecht zum geologischen Profil bzw. in Längsrichtung der Abbaue zu einem 3D-Modell extrudiert. In dem betrachteten Ausschnitt des Grubengebäudes kann von einer mittleren Abbaulänge von 120 m und einer mittleren Pfeilerbreite von 30 m ausgegangen werden. Indem die Symmetrieebenen im Pfeiler- und Abbaubereich ausgenutzt und durch entsprechende Randbedingungen im Modell abgebildet werden, sind nur die halbe Abbaulänge und die halbe Pfeilerbreite im dreidimensionalen gebirgsmechanischen Modell zu berücksichtigen. Daran schließt sich die Diskretisierung des FE-Modells an, d. h. die Unterteilung der betrachteten Struktur in finite Elemente. Die Abbildung oben rechts zeigt das gesamte dreidimensionale FE-Modell, das Abmessungen von 750 m Höhe, 850 m Breite und 75 m Länge aufweist. Mit diesem dreidimensionalen FE-Modell führt die BGR numerische Berechnungen zur Standicherheit und Barrierenintegrität für den Zentralteil im ERA Morsleben durch. Dazu verwendet die BGR das neue Programmsystem JIFE (Java Interactive Finite Element Code der Firma SRD, Berlin), das die Analyse sehr großer dreidimensionaler Strukturen erlaubt und die numerische Simulation gekoppelter thermo-hydraulisch-mechanisch-chemischer (THMC-) Prozesse ermöglicht.

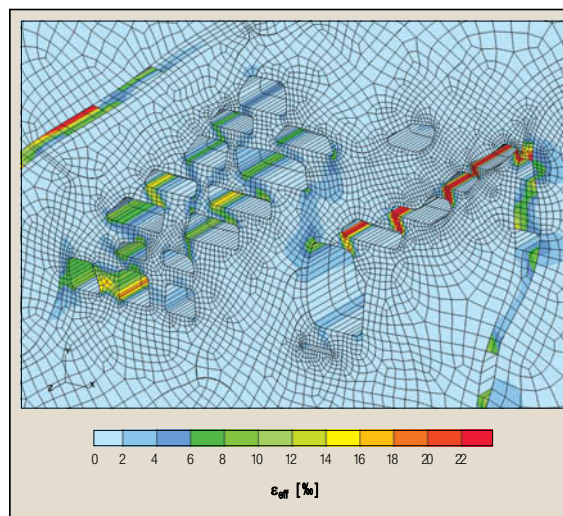
Exemplarisch sind in der nebenstehenden Abbildung die Verzerrungen des Salinars im Bereich der Schweben und Pfeiler im Grubengebäude für den heutigen Zeitpunkt (2007) dargestellt. Die Verzerrungen, die insbesondere in den Schweben zwischen den Abbaukammern hohe Werte erreichen, beschreiben die Gebirgsverformungen. Sie stellen eine der Ergebnisgrößen dar, die für die Beurteilung der mechanischen Beanspruchung von Bergwerkstragelementen wie Pfeiler und Schweben



Dreidimensionales FE-Modell des südlichen Zentralteils im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben.

sowie für die Bewertung der geomechanischen Integrität der Salzbarriere verwendet werden.

Die geologischen und geotechnischen Untersuchungen, die die geologische Modellierung, geotechnische In-situ-Messungen, Laborversuche und geomechanische Modellberechnungen umfassen, gehen in die zu erstellende Gesamtsicherheitsbewertung für das Endlager ein. Sie tragen dazu bei, dass eine umfassende, geowissenschaftlich begründete Standortcharakterisierung als Grundlage für spätere Genehmigungsverfahren vorliegt.



Mit JIFE berechnete Verzerrungen im Bereich der Schweben und Pfeiler im Grubengebäude für den heutigen Zeitpunkt (2007).

Die „Tonstudie“ der BGR – das Medien-Highlight

In den vergangenen Jahrzehnten ist der Salzstock im niedersächsischen Gorleben als einziger möglicher Endlagerstandort für hochradioaktive Abfälle erkundet worden. Aktuell wird in Deutschland diskutiert, ob man nur Gorleben als Standort weiter untersuchen oder auch andere Standorte auf ihre Eignung überprüfen sollte. In Bezug auf eine Suche nach alternativen Standorten sorgten zahlreiche Presseartikel, in denen über Zwischenergebnisse zur sogenannten „Tonstudie“ der BGR berichtet wurde, für eine intensive Diskussion. Die Studie, von der BGR im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) angefertigt, weist Regionen mit untersuchungswürdigen Tongesteinen aus, alternativ zu den bisher in Deutschland betrachteten Wirtsgesteinen Salz und Granit. Ziel der Studie war es aufzuzeigen, welche Gesteinsformationen im Fall einer erneuten Standortsuche in Frage kommen und wo sie sich befinden.

Zwischenergebnisse der Tonstudie hatte die BGR bereits im April 2006 auf ihrer Internet-Homepage veröffentlicht. Im August griff die Neue Osnabrücker Zeitung (NOZ) diese Zwischenergebnisse auf und veröffentlichte am 24. August 2006 einen Artikel mit dem Titel „Lager für Atommüll in der Region?“. Die nachfolgend zu beobachtende Medienresonanz, insbesondere in lokalen und überregionalen Tageszeitungen, war beachtlich. Insgesamt wurden zum Thema Tonstudie über 130 Meldungen im August 2006 und mehr als 140 Meldungen im September in den Medien mit BGR-Nennung verzeichnet. Verglichen mit den anderen Medien-Highlights der BGR in diesem Jahr wie Energiegipfel, Erdbeben in Norddeutschland oder Kernwafferversuch in Nordkorea war das Medienecho sogar noch sehr viel höher. Warum war das so?

Müllbeseitigung ist eigentlich kein besonders publikumswirksames Thema. Wer interessiert sich schon für Müll? Bei radioaktiven Abfällen ist dies im Prinzip

nicht anders, aber: Hochradioaktive Abfälle strahlen für eine sehr lange Zeit gefährlich und müssen deshalb besonders entsorgt werden. Daher ist die Isolation der Abfälle von der Biosphäre durch Endlagerung in tiefen geologischen Formationen vorgesehen. Die Endlagerexperten der BGR erforschen seit vielen Jahren die Eigenschaften potenzieller Wirtsgesteine wie Salz, Granit oder Ton. Forschung zu diesem Thema bedeutet für die Experten aber auch wissenschaftliche Arbeit vor dem Hintergrund politisch-gesellschaftlicher Entscheidungen. Die öffentliche Kommunikation über dieses Thema ist in Deutschland seit Jahrzehnten konfliktbeladen. Zwar sind sich die Wissenschaftler einig, dass eine sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen möglich ist. Auch ist die technische Umsetzung eines sicheren Endlagers nach heutigem Stand der Wissenschaft und Forschung möglich. Die „Peaks“ für Endlagerthemen in der Medienstatistik der BGR machen zudem sichtbar, welcher Stellenwert wissenschaftlich fundierten Daten und Fakten im allgemeinen Diskurs zu Endlagerthemen in der Bevölkerung beigemessen wird. Dennoch ist das Thema Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Öffentlichkeit mit negativen Aspekten behaftet.

Umfrageergebnisse in der Bevölkerung haben gezeigt, dass die überwiegende Mehrheit der Bürger der Meinung ist, die Abfälle sollten so bald wie möglich endgelagert werden. Fragt man jedoch, ob sie damit einverstanden wären, wenn ein Endlager in der Nähe des eigenen Wohnortes errichtet würde, so wäre die überwiegende Mehrheit dagegen. Dieses Prinzip – das „Sankt-Florian-Prinzip“ oder NIMBY (Not In My Backyard, zu deutsch: Nicht in meinem Hinterhof) – bezeichnet die Verhaltensweise, Gefährdungen zwar zu erkennen, aber ihre Beseitigung auf andere zu verschieben. Die Bürger sind sich zwar der politischen Problematik bewusst, Entscheidungen über die Behandlung gefährlicher

Abfälle treffen zu müssen, gleichzeitig aber auch der Ansicht, dass das Fehlen einer Entscheidung in dieser Frage beweist, dass es keinen sicheren Weg für die Entsorgung gibt. Während 45 % der Befragten meinen, dass unterirdische Lagerstätten die beste Lösung für eine langfristige Entsorgung von hochradioaktivem Abfall sind, teilen 38 % diese Ansicht nicht (Eurobarometer 2005). Die Meinungsunterschiede zu diesem Thema zeigen, dass die Expertenauffassung, nach der diese Lagerstätten die beste Lösung darstellen, die Öffentlichkeit noch nicht erreicht zu haben scheint.

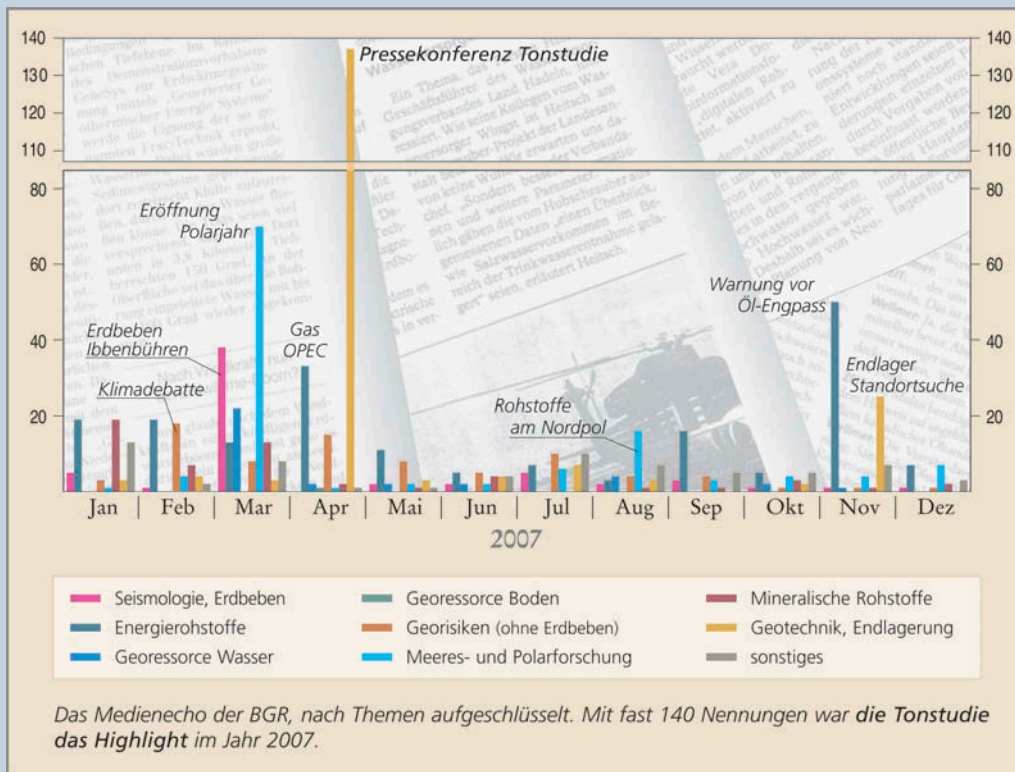
Im Gegenteil – Angst und Misstrauen der Bürger werden aufgrund mangelnder und falscher Information durch die Medien oft zusätzlich geschürt. So war in dem Zeitungsartikel in der NOZ sogleich nicht nur von potenziellen alternativen Wirtsgesteinen die Rede, sondern von „potenziellen Endlagern in der Region Osnabrück“. Es zeigte sich auch, dass, ausgehend aus dem Osnabrücker Raum, bereits nach wenigen Tagen Artikel in der norddeutschen Presselandschaft veröffentlicht wurden. Mit einigen Tagen Verzögerung wurde das Thema der Tonstudie auch in den süddeutschen Medien aufgegriffen und veröffentlicht. In Süddeutschland waren die ersten Reaktionen der interviewten Kommunalpolitiker, etwa in Baden-Württemberg, besonders heftig:

- Überraschung – Ablehnung – Entrüstung – „Aufstand“ planen
- Befürchtungen, dass der Tourismus in der Region leidet
- „Der Bund hat doch schon Milliarden Euro in die Erforschung von Gorleben gesteckt“
- „Ausstieg aus der Atomenergie weiterverfolgen“
- „Verzögerungstaktik der schwarz-roten Bundesregierung in der Endlagerfrage“.

Aus den Umfragergebnissen und der Reaktion von Kommunalpolitikern wird deutlich, dass neben Ablehnung auch ein gewisses Maß an Unsicherheit in der Bevölkerung vorhanden ist, das wohl auf einen unzureichenden Informationsstand zu Endlagerthemen zurückgeführt werden muss. Mehr Information tut also not.



Eindrücke von der Pressekonferenz zur Veröffentlichung der „Tonstudie“ am 18. April 2007 in Berlin.



Auch im Jahr 2007 weist die BGR-Medienresonanz das Thema Endlagerung als „Peak“, also höchsten Punkt, auf (siehe Abb. oben). Anlass war diesmal eine Pressekonferenz am 18. April 2007 im BMWi in Berlin, auf der Vertreter des BMWi und der BGR den Abschlussbericht der „Tonstudie“ der Öffentlichkeit vorstellten. Insgesamt konnten 135 Meldungen zur Tonstudie mit BGR-Nennung in den regionalen und überregionalen Tageszeitungen, bei Agenturen und im Internet zu diesem Ereignis verzeichnet werden.

Bereits im Vorfeld gab es bei der BGR eine Anfrage über Filmaufnahmen, und es wurden zahlreiche Interviews nach der Pressekonferenz gegeben. Zeitgleich mit der Pressekonferenz veröffentlichte die

BGR einen Beitrag zur „Tonstudie“ auf ihrer Homepage. Die Dateizugriffe auf die Rubrik „Endlagerung“ waren daraufhin am 18. und 19. April 2007 mit über 10 000 Zugriffen pro Tag zehnmal höher als im Durchschnitt, am darauf folgenden Tag immerhin noch viermal höher. Insgesamt wurden im Monat April 60 461 Dateizugriffe auf die Rubrik „Endlagerung“ und 3 425 unterschiedliche Besucher registriert: Rekorde für die Rubrik „Endlagerung“ seit dem Neustart der BGR-Homepage im November 2005. Noch besser ist die Resonanz, wenn renommierte überregionale Online-Zeitungen Themen aufnehmen. So hatte „SPIEGEL-ONLINE“ am 18. April 2007 einen Beitrag zur „Tonstudie“ ins Internet gestellt, der eine Downloadmöglichkeit des Berichtes von der BGR-Homepage enthielt.

Das Downloadangebot auf der BGR-Homepage unter www.bgr.bund.de/DE/Themen/Geotechnik/Downloads/BGR__Tonstudie2007.html existiert nach wie vor. Auch gebundene Exemplare der Beiträge werden auf Anfrage ausgegeben. Eine englische Übersetzung der „Tonstudie“ ist in Vorbereitung.

Die Erfahrungen aus der Öffentlichkeitsarbeit der BGR in den letzten fünf Jahren haben gezeigt, dass spannende, verständliche Informationsvermittlung und ein offensiver Umgang mit dem Thema Endlagerung durchweg positive Reaktionen und Interesse

bei den Beteiligten hervorrufen. Medien, Bürger und Wissenschaftler nutzen das Internet zunehmend als Informationsquelle, wie die Internetstatistiken der BGR-Homepage zeigen. Durch ihre Öffentlichkeitsarbeit und durch eine aufmerksame Medienbeobachtung ist die BGR bestrebt, vorhandene Informationsdefizite in der Bevölkerung aufzufangen und so zur Versachlichung des Themas Endlagerung beizutragen. Dafür liefert sie wissenschaftlich fundierte und verständliche Informationen zur Endlagerung wie z. B. zur „Tonstudie“ aus erster Hand.





Die Vulkane Semeru und Bromo, Indonesien.

Geologische **Schadensrisiken**



Geologische Schadensrisiken

Geologische Schadensrisiken: Überblick

Geologisch bedingte, katastrophale Ereignisse wie der Tsunami 2004 im Indischen Ozean werfen global Fragen nach Art und Wahrscheinlichkeit der Bedrohung, aber auch nach der Anfälligkeit von Regionen/Ländern bzw. Gesellschaften gegenüber geologischen Ereignissen mit Schadenspotenzial (geohazards) auf. Für die Geowissenschaften sind, neben der Exploration und Nutzbarmachung von Ressourcen auf der Erde, Risikoanalysen geogener Gefährdungspotentiale weltweit das zukünftige Aktionsfeld. Georisiko-Analysen sind international integriert in Organisationsformen des Naturkatastrophen-Managements, in denen Maßnahmen der Prävention, Mitigation bzw. Rehabilitation/Rekonstruktion umgesetzt werden. Damit werden die Geowissenschaften insgesamt eine neuartige politische Dimension im Sinne der wissenschaftsbasierten Politikberatung erlangen – national wie international. Unter Berücksichtigung des steigenden Bedarfs einer adäquaten Beratung der staatlichen Entscheidungsträger und der betroffenen Zivilgesellschaft im Bereich der Daseins- und Katastrophenvorsorge

bündelt die BGR ihre Kompetenzen im Aufgabebereich Georisiko seit Mitte der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts in unterschiedlichen thematischen Bereichen.

Der Fokus der Geowissenschaftler der BGR liegt in der Analyse der Bedrohung durch geogene Gefahren wie Erdbeben, Landabsenkungen, Massenbewegungen (Muren, Hangrutschungen), Baugrund-Stabilität in erdbebengefährdeten Gebieten, im Vulkanmonitoring und der Subrosion (subterrane Auflösung von salinaren Gesteinen unter Bildung von regionalen/lokalen Senken und Erdfällen).



Abschätzung der Gefährdung durch Erdbeben

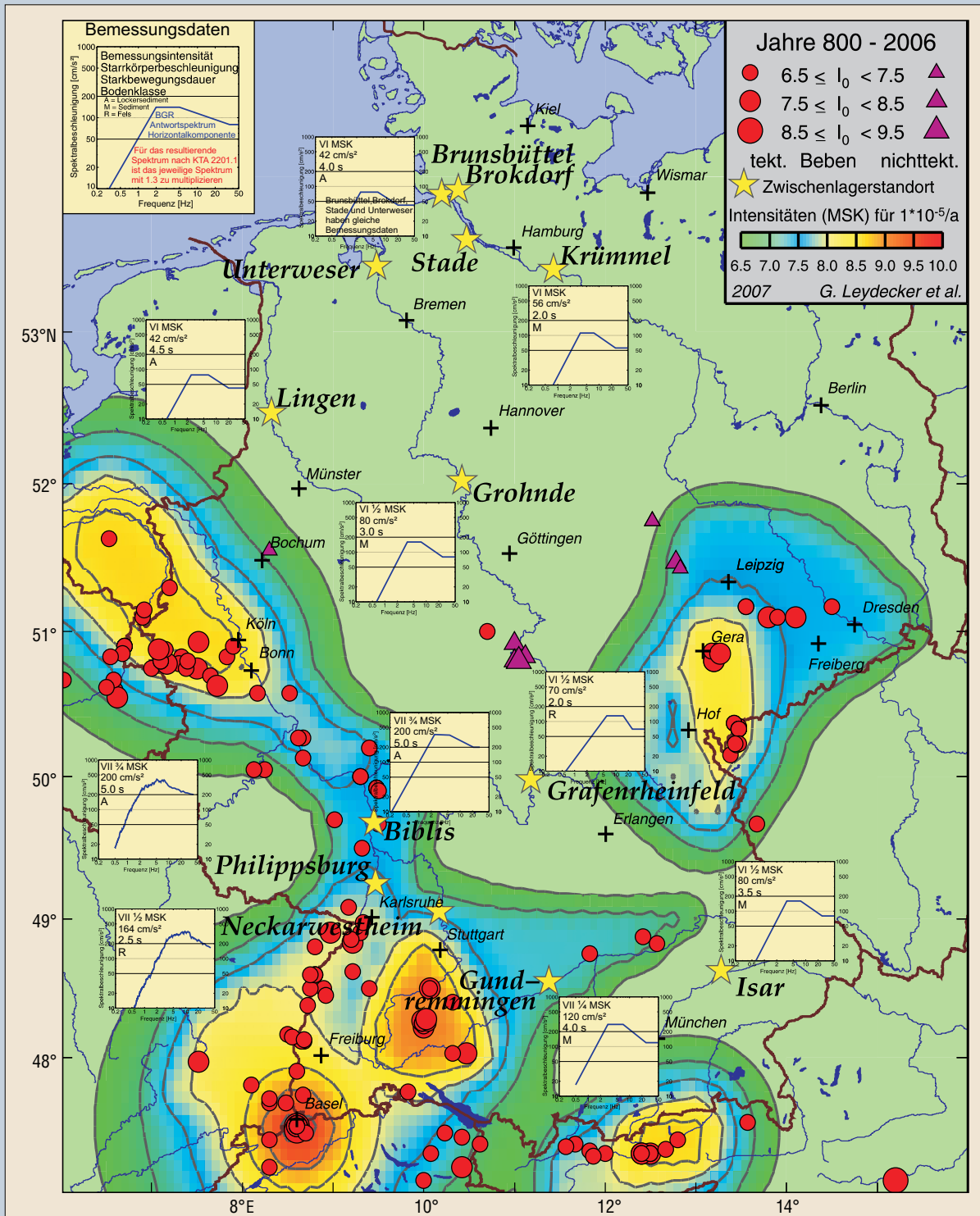
In der BGR sind die Abschätzung der seismischen Gefährdung für einen Standort in Deutschland und die Erstellung des deutschen Erdbebenkatalogs ab dem Jahre 800 eng miteinander verknüpft. Im Jahr 1976 wurde ein Forschungsvorhaben genehmigt, das seismische Kriterien zur Standortauswahl kern-technischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland ableiten sollte. Bei der Durchführung des Projektes wurde sehr schnell klar, dass ohne einen digitalen und weit in die Vergangenheit reichenden Erdbebenkatalog keine abgesicherten Aussagen über zukünftig mögliche Erdbeben und deren Stärke abzuleiten waren.

Mit dem Verweis „Wer die Vergangenheit nicht kennt, kann über die Zukunft keine Aussage treffen“ ist jedoch nicht nur die Erdbebengeschichte gemeint, sondern auch die geologische Entwicklung und die (Neo-)Tektonik. Denn ohne die gemeinsame Betrachtung dieser drei, sich ergänzenden und miteinander verwobenen, Naturabläufe wären die für kerntechnische Anlagen geforderten Angaben über Erdbeben bestimmter Stärke mit Wiederkehrperioden von zehn- bis hunderttausend Jahren nicht bestm. Bei größeren Talsperren muss die Auslegung gegen das im Mittel 2 500-jährige Erdbeben erfolgen und bei gewöhnlichen Hochbauten gegen das 475-jährige Erdbebenereignis. Bei der

Erstellung entsprechender Regelwerke waren und sind Mitarbeiter aus den Bereichen Ingenieurgeologie und Ingenieurseismologie der BGR beteiligt.

Die ingenieurseismologische Gutachtertätigkeit hat sich an den jeweiligen nationalen Regelwerken und stets auch am Stand von Wissenschaft und Technik zu orientieren. Zu Anfang erfolgte die Bestimmung des Bemessungserdbebens rein deterministisch. Diese deterministische Methode geht davon aus, dass bisherige Erdbeben aus einem bestimmten Umkreis um den zu beurteilenden Standort und, abhängig von ihrer Zugehörigkeit zu einer tektonischen Region, auch am Standort selbst oder in dessen Nähe auftreten können. Die maximalen Schütterwirkungen auf den Standort werden abgeschätzt. Wegen der zeitlichen Begrenztheit eines jeden Erdbebenkatalogs sind zudem Überlegungen anzustellen, ob das bisher beobachtete, maximale Erdbeben auch künftig als Obergrenze anzunehmen sei oder, begründet durch einen Zuschlag, in seiner Stärke angehoben werden muss. Hierbei ist natürlich die geologisch-tektonische Situation im Umkreis des Standortes mit einzubeziehen.

Vor etwa 30 Jahren war die Computertechnik dann so weit fortgeschritten, dass, ausgehend von bereits publizierten theoretischen Grundlagen, erste umfangreiche Rechenprogramme zur probabilistischen Abschätzung der Erdbebengefährdung erstellt und verbreitet wurden.



Karte mit den Zwischenlager-Standorten an deutschen Kernkraftwerken (gelbe Sterne).

Die von der BGR ermittelten ingenieurseismologischen Parameter und die standortspezifischen Antwortspektren (Horizontalkomponente) sind am jeweiligen Standort in die Kästchen eingetragen. (von oben: Intensität des Bemessungsereignisses, Starkkörperbeschleunigung, Starkbewegungsdauer, Untergrund- oder Bodenklasse. Die Kürzel bedeuten A = unverfestigte Sedimente, M = mittelfeste Sedimente, R = Fels).

Im Hintergrund der Karte sind neben den Schadenbeben seit dem Jahre 800 (ab Epizentralintensität I₀ = VI 1/2) auch erste Ergebnisse unserer probabilistischen Erdbeben-Gefährdungskarte für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10⁻⁵ pro Jahr dargestellt.

Damit konnte dem deterministisch bestimmten Bemessungserdbeben auch eine jährliche Wahrscheinlichkeit des Erreichens und Überschreitens zugeordnet werden. Aufgabe der Zivilgesellschaft ist es dabei, das Sicherheitsniveau für die Gefährdung technischer Anlagen festzulegen, wobei die Wissenschaft die Verlässlichkeit und Grenzen ihrer Angaben und Berechnungen korrigierend benennen muss.

Heute werden beide Methoden der Bestimmung des Bemessungserdbebens parallel und sich ergänzend angewandt. Die deterministische Vorgehensweise ist Plausibilitätsbetrachtungen direkt zugänglich und hilft so, die probabilistischen Resultate besser zu verstehen. Dem gleichen Zweck dient auch die Variation jeweils eines einzelnen Parameters bei der probabilistischen Rechnung, um dessen Einfluss auf das Ergebnis direkt kennen und beurteilen zu lernen. Aus allen diesen Betrachtungen und Abwägungen und unter Einbeziehung der tektonischen Verhältnisse erfolgt die Festlegung der Stärke des Bemessungserdbebens. Darauf wiederum und, bezogen auf die Untergrundverhältnisse am Standort wie Fels, verfestigte Sedimente oder Lockersedimente, werden die anzunehmenden Bauwerkslasten in Form von Antwortspektren, spektralen Beschleunigungswerten sowie die Zeitdauer der Erdbebeneinwirkung angegeben.

Auf den o. g. Grundlagen und entwickelten Vorgehensweisen wurden in der BGR ingenieurseismologische Gutachten für unterschiedliche Standorte und Gefährdungsniveaus sowie wissenschaftliche Arbeiten zur Abschätzung der seismischen Gefährdung von Regionen und Staatsgebieten durchgeführt, so z. B. für Deutschland, Bulgarien und Rumänien sowie für Teilbereiche von Ghana, wobei immer eigens erarbeitete Erdbebenkataloge die Basis bildeten. Für Talsperren, Kernkraftwerke, Endlager für radioaktive Abfälle sowie für alle 14 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente an deutschen Kernkraftwerken wurden standortspezifische Gutachten angefertigt.

Die nebenstehende Abbildung zeigt, zusammengefasst, die Ergebnisse fast aller Zwischenlagergutachten auf einer Karte gemeinsam mit den Schadenbeben. Eingezeichnet sind zudem die Ergebnisse einer allgemeinen Berechnung zur seismischen Gefährdung für die Überschreitens-

wahrscheinlichkeit von 10^{-5} /Jahr. Derartige Karten können zur überschlägigen Einschätzungen der seismischer Gefährdung genutzt werden. Sie können ein standortspezielles Gutachten jedoch keinesfalls ersetzen.

Georisiko: Vulkan-Überwachung

Vulkane sind komplexe geologische Systeme, die vor allem in den Gebieten von Subduktionszonen der tektonischen Platten zu regelmäßigen Ausbrüchen führen. Sie stellen nach den Erdbeben die größten georelevanten Risiken für die Menschheit dar. Die BGR beschäftigt sich seit etwa zehn Jahren mit der Erforschung der dabei ablaufenden Prozesse und mit der Reduzierung des Risikos für die im Umfeld eines Vulkans lebenden Menschen.

Ansatzpunkt für die wissenschaftliche Arbeit der BGR war, dass in den vergangenen Jahrzehnten zwar die Notwendigkeit, Vulkane zu überwachen und zu beobachten aufgrund des Anwachsens der im Umfeld eines Vulkans lebenden Menschen stark zugenommen, die Methodik der geowissenschaftlichen Überwachung der Vulkane sich aber nicht entsprechend weiterentwickelt hatte. Vor allem wurde die Möglichkeit, durch Einsatz von unterschiedlichen Messmethoden eine Gesamtschau der ablaufenden Effekte und damit ein besseres physikalisches Verständnis der Prozesse zu gewinnen, nicht genutzt.

Etwa im Jahr 1995 wurde in der BGR das Konzept der Multiparameter-Station zur Vulkanüberwachung entwickelt und in zwei größeren Projekten eingesetzt: dem Galeras-Projekt und dem Krakatau-Projekt.



Die Stadt Pasto liegt in unmittelbarer Nähe des Vulkans Galeras.

Galeras-Projekt

Der Galeras ist der aktivste Vulkan Kolumbiens und seit mindestens 1 Million Jahren aktiv. In seiner Geschichte gab es zwei große Eruptionen und kontinuierlich kleinere. Wegen seiner aktiven Vorgeschichte und der Nähe der Stadt Pasto mit ca. 400 000 Einwohnern, wurde der Galeras 1991 in die Liste der Dekaden-Vulkane aufgenommen. Bei einem Ausbruch im Jahre 1993 kamen neun Menschen um, sieben davon Wissenschaftler, die im Krater des Vulkans arbeiteten.

1997 begann die BGR, in enger Kooperation mit INGEOMINAS, dem Geologischen Dienst Kolumbiens, mit der Installation der Multiparameter-Station. Sie bestand aus mehreren seismischen Breitbandstationen, einer Gas-Messstation, einer Elektro-

magnetik-Station, einer Wetterstation sowie regelmäßigen Überfliegungen des Vulkans mit einer Thermokamera. Die Datenübertragung der verschiedenen Messsysteme in das Observatorium erfolgte per Funk.

Aufgrund besonderer Signale des Galeras konnte mittels der Multiparameter-Station erkannt werden, dass spezielle seismische Signale den Magma-Aufstieg im Vulkan anzeigen (sog. Tornillos), dass sich die Zusammensetzung der Fumarolengase schon Tage vor den Ausbruch verändert und dass sich im Anschluss an Eruptionen starke elektrische Signale formen. 2004 erfolgte nach zehnjähriger Pause ein erneuter Ausbruch des Vulkans, der seit diesem Zeitpunkt nicht wieder zur Ruhe kam. Die letzte Eruption erfolgte im Januar 2008, sie war die stärkste seit 1993.



Blick in die Caldera des Vulkans Galeras. Die austretenden Gase zeigen seine Aktivität.

Krakatau-Projekt

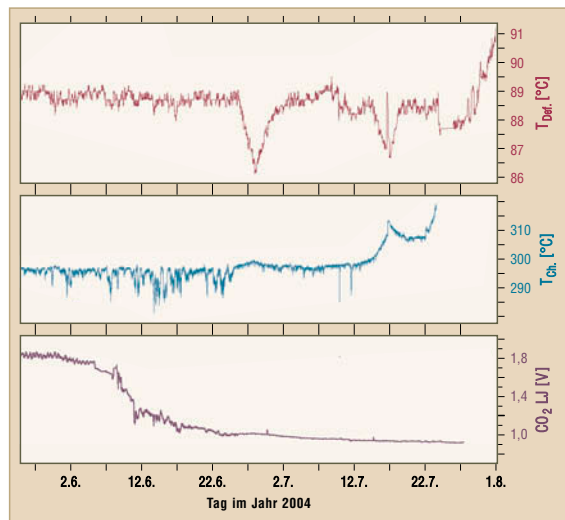
Der Krakatau explodierte im Jahre 1883, ein Vorgang, der mit sehr großen Materialauswürfen in die Atmosphäre verbunden war. Bei dem Ereignis kamen durch die Eruption und die nachfolgende Flutwelle mehr als 35 000 Menschen um. Auch heute ist der Vulkan häufig aktiv, so wächst seine Höhe pro Jahr durchschnittlich um vier Meter.

Dieser Vulkan wurde von der BGR im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes Geotechnologien in Kooperation mit dem Geologischen Dienst Indonesiens als Standort einer Multiparameter Monitoring Station gewählt. Zum Einsatz kamen Breitband-Seismometer, Deformationsmessungen mittels GPS, eine Wetterstation, Bodentemperatur-Messungen, chemische Bestimmung der Zusammensetzung von Fumarolengasen, eine Elektromagnetik-Station und eine Videoüberwachung des Vulkans.

Alle diese Daten werden per Funk vom Krakatau zu einem Observatorium auf dem Festland übertragen und von dort weiter in eine Zentrale in Bandung bzw. in die BGR nach Deutschland übermittelt. Dazu werden das Satellitenverbindungssystem des Tsunami-Überwachungssystems und das Internet benutzt.

Die wichtigsten Merkmale des Überwachungssystems sind:

- weltweite Bereitstellung der Daten über Funk – Satellit – Internet,
- automatische Datenverarbeitung,
- Analyse der Daten mittels Expertensystemen,
- einheitlicher Datenzugriff über Webinterface.



Veränderungen der Gastemperatur der Fumarolen Deformes (oben) und Chaves (Mitte) und des Kohlendioxydgehalts der Fumarole LJ (unten) im Juni und Juli 2004. Eruptionen mit Ascheauswürfen fanden am 16. und 21. Juli statt.

Das System erlaubt zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Bestimmung der Aktivität des Vulkans und stellt daher ein wichtiges Werkzeug zur Aktivitätsüberwachung des Krakatau für die staatlichen Entscheidungsträger in Indonesien dar. Es leistet damit einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Bevölkerung Indonesiens vor einem voraussehbaren Ausbruch des Krakatau.



Installation von Messgeräten am Krakatau.



50 Jahre Fernerkundung in der Georisikoforschung

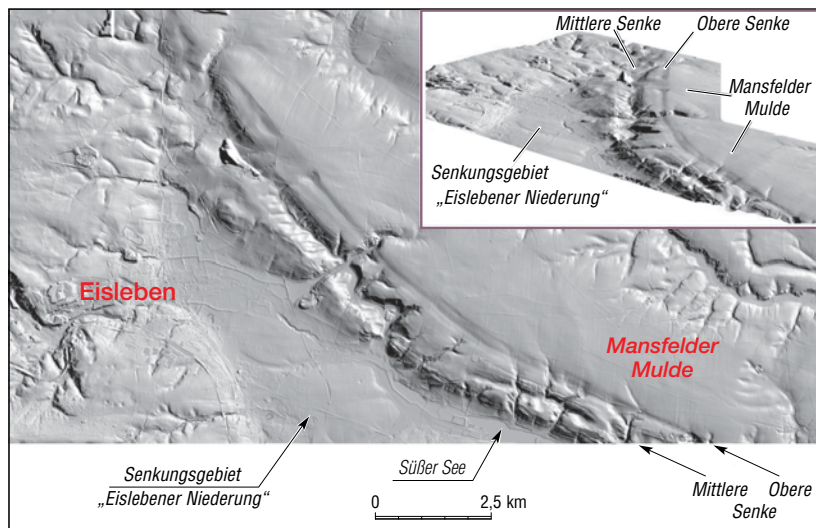
Von Sensoren in Satelliten und Flugzeugen aufgezeichnete Bilder, Daten und andere Informationen werden heute in fast allen Bereichen der angewandten Geowissenschaften genutzt. Unabhängig davon, ob es sich um einfache Luftbildkameras handelt oder um komplizierte Satellitensensoren, profitieren beide von der generalisierenden Perspektive der jeweiligen Position des Aufnahmeapparates und liefern damit Informationen, die bodengebundenen Beobachtern meist vorenthalten bleiben. Für den Georisikosektor ist außerdem von Bedeutung, dass die Anwendung von Fernerkundungsmethoden kein Betreten und Befahren risikobehafteter Flächen erfordert und so für Bearbeiter und Technik gleichermaßen gefahrenfrei bleibt.

Betrachtet man die Fernerkundungsaktivitäten im Georisikosektor der letzten 50 Jahre, dann waren die ersten 30 Jahre fast ausschließlich von Luft- und Satellitenbildern geprägt. Diese Bilder, bei deren Aufnahme der fotografische Film heute zunehmend durch lichtempfindliche Halbleiterchips ersetzt wird, liefern wie vor 50 Jahren unverzichtbare Informationen über Geländeänderungen wie die Bildung von Klüften und Abrisskanten, Störungen des Pflanzenwachstums und sonstiger Abweichungen vom Normalzustand eines Geländes. In den Geowissenschaften dienen solche Informationen als Indizien für eine Auflockerung und Destabilisierung des Untergrundes. Beispiele dafür sind die Arbeiten zur Bewertung der Böschungsstabilität an der Altenberger Pinge (Zentrales Geologisches Institut ZGI Berlin 1980 bis 1982), zur Bewertung von subsosionsbedingten Absenkungen im Raum Halberstadt-Westeregeln (ZGI Berlin 1983 bis 1985) oder zur

Identifizierung bruchgefährdeter Zonen über gefluteten Kaliabbauen im Raum Staßfurt von Mitte bis Ende der 90er Jahre. Die Arbeiten der BGR mit konventionellen Luft- und Satellitenbildern decken einen sehr breiten thematischen Rahmen ab und reichen bis hin zur Beobachtung von Gletscherseen in Nepal Anfang der 90er Jahre.

Ab der ersten Hälfte der 90er Jahre wurde das bis dahin bestehende Image der bilderauswertenden Fernerkundung durch nahezu revolutionierende technologische Entwicklungen verändert. Dafür stehen die Einführung des Airborne Laser Scannings (LiDAR) und der differentiellen SAR Interferometrie (D-InSAR) zwischen 1990 und 1995 sowie der Persistent Scatterer Interferometrie (PSI) nach dem Jahr 2000. LiDAR tastet das Gelände mit einem Laserstrahl ab und liefert für jeden einzelnen Geländepunkt präzise Höhenwerte. Daraus entstehen höchstauflösende digitale Geländemodelle, die selbst feinste Abweichungen vom Normalrelief und damit Anzeichen für Geländeinstabilitäten in frühesten Stadien offenlegen, die im Gelände selbst noch nicht wahrnehmbar sind. LiDAR-Daten werden von der BGR seit Ende der 90er Jahre genutzt.

Mit der differentiellen SAR Interferometrie kommt fast gleichzeitig ein weiteres Verfahren hinzu, das horizontale und vertikale Geländebewegungen erkennt, selbst wenn deren jährliche Raten nur Zentimeter oder Bruchteile davon betragen. Diese Entwicklungen eröffneten völlige neue Wege für die Fernerkundung im Georisikobereich, da damit erstmalig flächenhafte Hebungen und Senkungen eines Geländes, Hangbewegungen und Krustendeformationen im zeitlichen Vorfeld von Erdbeben oder risikoanzeigende Volumenänderungen an Vulkanen erkannt werden konnten.



LiDAR-Beispiel: Visualisierung eines LiDAR-basierten Geländemodells als „Shaded Relief“ für die Region Eisleben in Sachsen-Anhalt; deutlich erscheinen das Senkungsgebiet der Eislebener Niederung mit dem Süßen See sowie Risse und Spalten im Übergangsbereich zur stabilen heutigen Hochlage der ehemaligen Mansfelder Mulde (bekannt als Zerrspaltenzone).

Ab 2002 wurde mit Einführung der Persistent Scatterer Interferometrie (PSI) ein weiterer bedeutender technologischer Schritt in der Fernerkundung vollzogen. Das PSI-Verfahren erkennt wie auch D-InSAR feinste Bewegungen eines Geländes. Durch Auswertung von Serien von 20 bis 100 Radardaten können mit PSI im Gegensatz zu D-InSAR historische Bewegungsverläufe für diskrete Punkte an der Geländeoberfläche ermittelt werden. PSI wird auf Grund seiner Spezifik vorwiegend zur Überwachung von Bewegungen in urbanen Räumen eingesetzt. PSI-Untersuchungen mit BGR-Beteiligung erfolgten unter anderem in Berlin (Hebungen im Stadtgebiet), Staßfurt (Senkungen durch Altbergbau), Hamburg (Senkungen über Salzstöcken) oder in Semarang in Indonesien (dramatische Senkungen im Stadtgebiet).

Es ist eine der Aufgaben des Fernerkundungsreferates der BGR, diese Entwicklungen zu verfolgen und für die Aufgaben der BGR nutzbar zu machen. Dies erfolgt entweder durch Schaffung der technischen Voraussetzungen zur Anwendung oder im Rahmen von Kooperationen mit nationalen und europäischen Partnern.

Geochemie urbaner Räume

Urbane Räume sind zu Beginn des 21. Jahrhunderts Gegenstand nationaler und internationaler Forschungsprogramme. Dabei ist die Geochemie mit ihren Untersuchungs- und Auswertungsmethoden ein fester Bestandteil interdisziplinärer Forschungen auf diesem Gebiet. Der nationale Schwerpunkt im Rahmenprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“ der Bundesregierung liegt im Bereich der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und eines nachhaltigen Flächenmanagements. Die Flächeninanspruchnahme gehört zu den 21 Indikatoren, die von der Bundesregierung als Erfolgskriterium für eine nachhaltige Entwicklung Deutschlands ausgewählt wurden.

Die umweltgeologischen und umweltgeochemischen Forschungsprogramme der BGR in urbanen Bereichen und Stadtlandschaften schaffen mit digitalen, flächendeckenden geochemischen Informationen und Bewertungsmodellen die wissenschaftlichen Grundlagen für die Aktualisierung von Flächennutzungs- und Flächenmanagementplänen. Die

komplexen geochemischen Prozesse und Einflüsse in verschiedenen Untersuchungsmedien in urbanen Räumen werden nach Grundbelastung und Fremdstoffeintrag differenziert bewertet. Auf der Basis der multidisziplinären Erkenntnisse über Schadstoffverteilungen und -ströme, der Ermittlung von Hintergrundwerten und der entsprechenden GIS-basierten Kartengrundlagen werden Handlungsempfehlungen für ein nachhaltiges Landschafts- und städteplanerisches Entwicklungskonzept abgeleitet. Es werden Methoden zur Erstellung von Regelwerken und Standards zur Erfassung und geochemischen Charakterisierung stofflicher Belastungen auf überregionaler Ebene und zur nachhaltigen Abwehr von Gefahren erarbeitet. Dabei werden Informationssysteme und Modelle zur flächendeckenden Abschätzung geogener Gefährdungspotenziale erstellt und entwickelt.

Die Nutzung von Flächen ist gerade in Städten und urbanen Räumen wie z. B. Staßfurt mit seinen anthropogenen und geogenen Belastungen, schädlichen Bodenveränderungen, mechanischen Instabilitäten und der Bildung von Vernässungszonen und Überschwemmungen als Bergbaufolgeschäden für die Erhaltung der Funktionalität der Stadt als urbanes System von existenzieller Bedeutung.

Die Untersuchungsergebnisse versorgen die Bundesministerien, die Landes- und Regionalverwaltungen sowie Wirtschaft und Politik mit wissenschaftlichen Erkenntnissen und Datengrundlagen über urbane Standorte als Entscheidungs- und Handlungsgrundlagen. Die Geochemie urbaner Räume wurde von EuroGeoSurvey als Forschungsschwerpunkt für die nächsten Jahre (Assessment of Urban Environmental Quality by Geochemical Methods) empfohlen und als Bestandteil der EuroGeoSurvey Geochemistry Working Group Strategy von den Geologischen Diensten Europas anerkannt und bestätigt.

Küstenabbrüche an der Steilküste der Insel Rügen: Ein Beitrag zur geogenen Gefährdungsabschätzung von Massenbewegungen

Einleitung

Die berühmte Steilküste Jasmunds auf der Insel Rügen in Mecklenburg-Vorpommern mit Aufragungen bis über 100 m über dem Meeresspiegel wird von weichen, intensiv geklüfteten kalkigen Sedimenten

der Kreidezeit aufgebaut, die von pleistozänen Geschiebemergeln und Sanden der Eiszeit überlagert werden. Beide Einheiten wurden im späten Quartär durch die Auflast von Gletschern intensiv deformiert, was zu einer Veränderung der Lagerungsverhältnisse und Verformung der Sedimente führte.



Bedrohlich anmutende Massenbewegungen auf Jasmund, Insel Rügen.

Links eine künstlerisch nachempfundene Ansicht der berühmten Kreidefelsen.

Wie jede Küste unterliegt auch die Steilküste Jasmunds der fortdauernden Abschleifung der Küstensedimente durch die Meeresbrandung (Abrasion). Dieser Vorgang wird seit ungefähr 10 000 Jahren durch massive Küstenabbrüche (Massenbewegungen) verstärkt, deren Ursachen vor allem geologischer Natur sind. Aus der jüngeren Vergangenheit sind mehrere Ereignisse dieser Art bekannt (z. B. Küstenabbruch im Bereich der Ortslage Lohme mit einem Volumen von ca. 90 000 m³ im März 2005, siehe Abb. auf der gegenüberliegenden Seite). Die Küstenabbrüche auf der Insel Rügen bergen ein erhebliches (Geo)Risiko-Potenzial in sich, da sie Schäden und Verluste an der Substanz küstennaher Bebauungen und Infrastruktureinrichtungen verursachen können. Nicht zuletzt besteht ein Risiko für die Gesundheit und das Leben tausender Besucher des Nationalparks Jasmund.

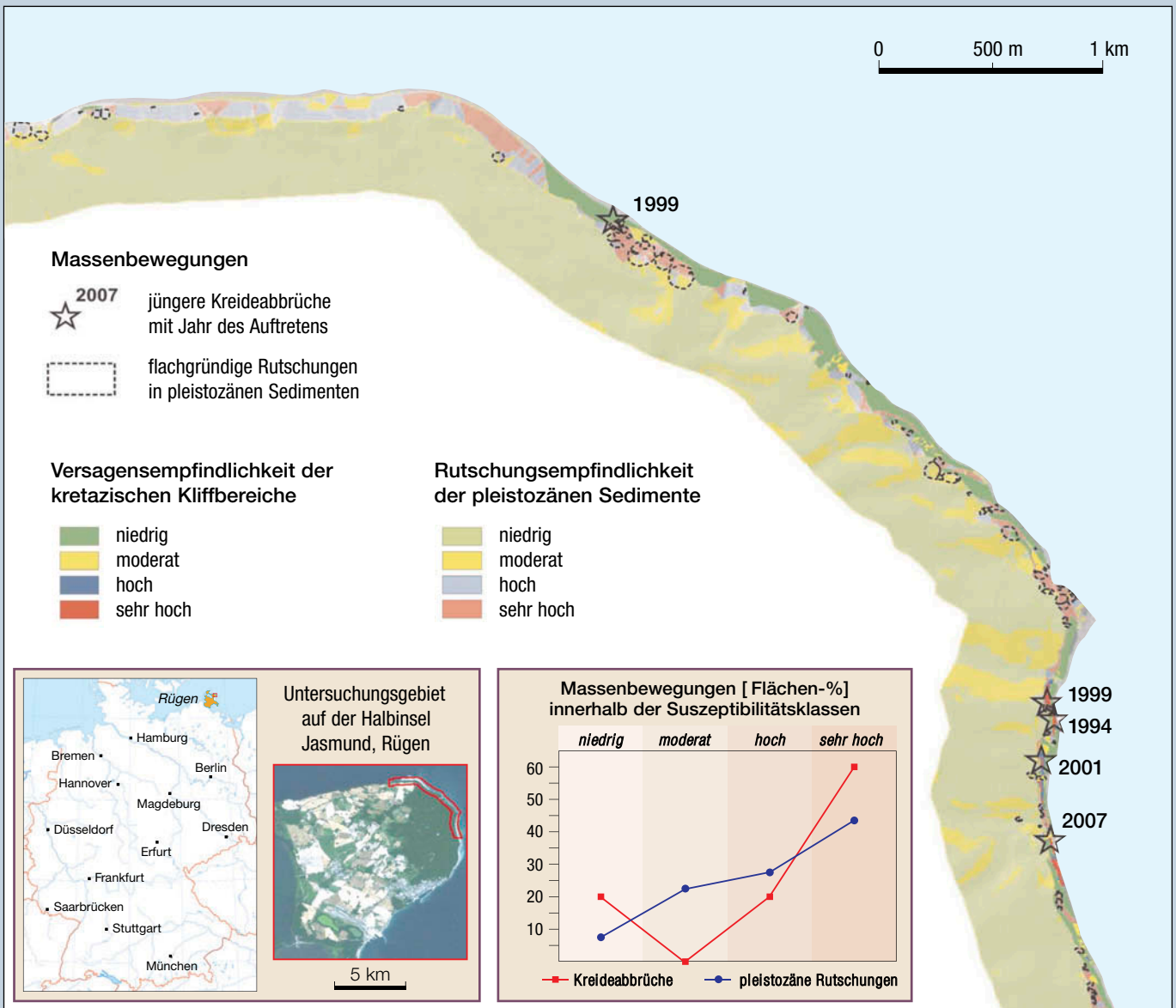
In einem Projekt der Wissenschaftlich-Technischen Zusammenarbeit unterstützt die BGR das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern bei der Analyse des geologischen Gefährdungspotenzials durch Küstenabbrüche im Nordteil der Steilküste Jasmunds und leistet somit einen Beitrag zur nachhaltigen Daseinsvorsorge. Darüber hinaus kooperieren die Projektpartner zusätzlich mit dem Staatlichen Amt für Umwelt und Natur/Nord in Rostock, der Universität Tübingen und der Universität Greifswald.

Die Projektpartner gehen insbesondere der Frage nach, wo zukünftig weitere Küstenabbrüche an der Steilküste von Jasmund auftreten könnten. Hierfür werden mit geologisch-geomorphologischen Kartierungen, geotechnischen Gelände- und Laboruntersuchungen und fernerkundlichen Arbeiten notwendige geowissenschaftliche Informationen erhoben. Im Ergebnis der flächenhaften Modellierung können kritische Lokalitäten hinsichtlich einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Küstenabbrüchen analysiert und nachfolgend einzelne Rutschungen mit dem Terrestrischen Laserscanning-Verfahren in einem festen Zeitintervall beobachtet werden, um Veränderungen zu erkennen und zu quantifizieren.

Für eine flächenhafte Analyse der Empfindlichkeit in Bezug auf massive Küstenabbrüche im Bereich Jasmund werden unterschiedliche Eingangsdaten für die Kreide-Sedimente (in den sogenannten Komplexen) und die Pleistozän-Sedimente (in den sogenannten Streifen) benötigt. Die Prozessierung der Daten erfolgt mit Hilfe moderner Geoinformationstechnologien.

Für eine Abschätzung der Möglichkeiten von Kreideabbrüchen sind neben digitalen Geländemodellen (DGM) vor allem Vermessungen von Klüften und Schichtflächen notwendig. Für die Steilküste Jasmunds liegt eine detaillierte Kliffkartierung vor, welche im Rahmen des Projektes digital erfasst wurde und neben einem DGM mit einer Auflösung von 10 m die Grundlage für die strukturgeologischen Arbeiten bildet. Innerhalb eines jeden Kreide-Komplexes wurden Trennflächen vermessen, um statistisch für jedes Gefügeelement Vorzugsorientierungen, Regelungsmaße und Streuungen zu ermitteln.

Mit den Gefügedaten und einer speziell hierfür entwickelten GIS-Software können entsprechende Bewegungsanalysen (z. B. Gleitungen, Kippungen) für alle Gefügeelemente in den Kreide-Komplexen bezüglich ihrer Orientierung zur Topographie durchgeführt werden, um auf einer, durch das DGM vorgegebenen Gitterzellenbasis Art und Anzahl möglicher Bewegungsformen pro Rasterzelle zu ermitteln. Dies stellt dann ein Maß für die Empfindlichkeit einzelner Kliffbereiche gegenüber unterschiedlichen Bewegungsmustern von Küstenabbrüchen in den Kreide-Komplexen dar. Das Ergebnis kann in einer Karte der Empfindlichkeit für die Kreideabbrüche zusammenfassend dargestellt werden.



Rutschungsempfindlichkeits-Karte für Kreideabbrüche und Rutschungen in pleistozänen Sedimenten eines Testgebiets auf Jasmund. Die ausgewiesene Gefährdungszonierung für beide Rutschungstypen steht in guter Übereinstimmung mit der Verteilung historischer Massenbewegungen.

Für eine Modellierung der Rutschungsempfindlichkeit der pleistozänen Ablagerungen wurde zunächst das gesamte Rutschungsinventar im Testgebiet erfasst. Aus dem DGM, Luftbildern und dem vorhandenen Kartenmaterial wurden Eingangsparameter-Karten bezüglich der flächenhaften Verteilung topographischer Attribute (Hangneigung, Distanz zu Drainagen etc.) sowie Untergrund- und Oberflächen-Parameter (im Wesentlichen geologische Einheiten, Vegetation) generiert, welche die Rutschungsempfindlichkeit kontrollieren. Die Pleistozän-Sedimente wurden repräsentativ beprobt und im Labor untersucht, um wichtige geotechnische Parameter wie Scherfestigkeiten und hydraulische Leitfähigkeiten abzuleiten.

Mit diesen Daten konnte eine Rutschungsempfindlichkeits-Karte erzeugt werden, die mit der Karte der Empfindlichkeit für die Kreideabbrüche kombiniert wurde. Die resultierende Vorhersage-Karte für Massenbewegungen (links) weist somit sowohl die kritischen Kliffbereiche für Kreideabbrüche als auch für flachgründige Rutschungen innerhalb der pleistozänen Sedimente aus, wobei die Verteilung historischer Massenbewegungen in sehr guter Übereinstimmung mit den ermittelten Empfindlichkeitsklassen steht.

Beobachtung instabiler Kliffbereiche mit dem Terrestrischen Laserscanner

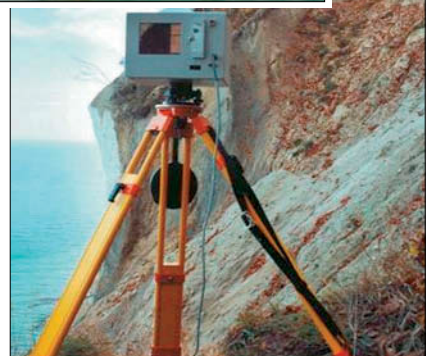
Im Rahmen dieses Projektes hat die BGR auch den Terrestrischen Laserscanner (TLS) als Teil eines langfristigen Monitoring-Programms an ausgewählten instabilen Hangbereichen entlang der Steilküste Jasmunds eingesetzt. Ein Terrestrischer Laserscanner ist ein bodengestütztes LIDAR-System („Light Detection And Ranging“), das die hochauflösende Aufnahme und Vermessung von komplexen topographischen Oberflächen aller Art erlaubt. Bei der Aufzeichnung von aktiven Rutschungen stellen die Laserscans ein genaues räumliches Abbild der Situation zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt dar, durch zeitliche Mehrfachmessungen können Rutschungsprozesse analysiert und Massenverlagerungen berechnet werden.

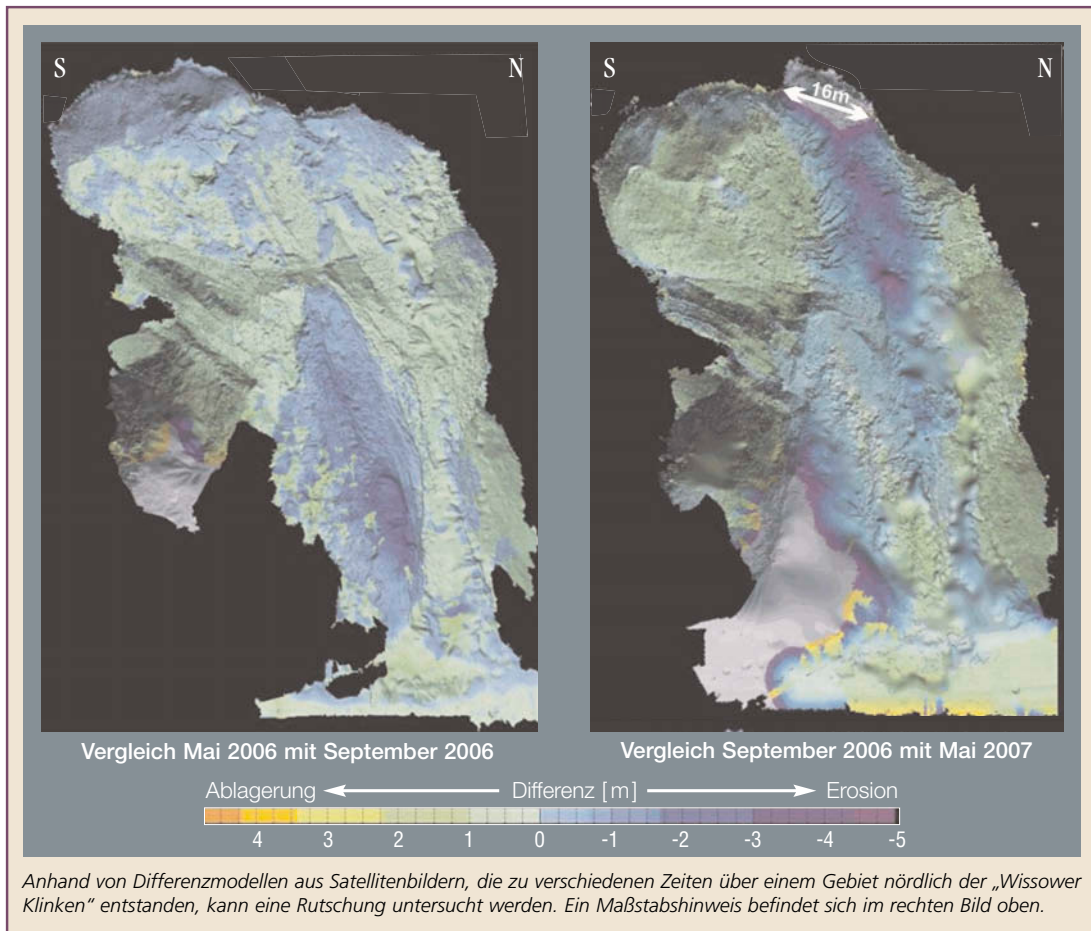
Im Projekt können durch mindestens zwei Messungen pro Jahr Aussagen über die Erosionsanfälligkeit der Kreide- sowie der Pleistozän-Sedimente getroffen werden. Darüber hinaus ist es möglich, Volumenbilanzierungen von bewegten Massen durchzuführen. Durch die Quantifizierung der Massenverlagerungen sollen dann Prognosen bezüglich der zukünftigen landwärtigen Küstenverlagerung abgeleitet werden. Diese Daten stellen eine wichtige Entscheidungshilfe für die nachhaltige Planung von landseitigen Küstenschutzmaßnahmen dar.



Ansicht der untersuchten Rutschung nördlich der „Wissower Klinken“, Blick nach Westen.

Aufnahme der Rutschung mit dem terrestrischen Laserscanner im Vordergrund.





Die topographische Differenzdarstellung der Messungen von Mai und September 2006 (oben, linke Teilabbildung) zeigt deutliche Veränderungen der Rutschungsoberfläche an, wobei Erosions- (blau) und Ablagerungsbereiche (grün bis orange) eindeutig differenziert werden können. Während im oberen Bereich der Rutschung flächenhaft gleichmäßiger Abtrag vorherrscht, ist im zentralen Bereich eine tiefgründige, rinnenhafte Ausräumung der Sedimente sichtbar. Das Differenzmodell der Messungen von September 2006 zu Mai 2007 (rechte Teilabbildung) zeigt dagegen eine hangaufwärts gerichtete Verlagerung der Rinnenerosion, in deren Verlauf ein 16 m x 7 m langes Teilstück der Kliffkante ausgeräumt wurde. Insgesamt wurde im betrach-

teten Zeitraum ein Volumen von ca. 1 300 m³ Sediment mobilisiert, die Grundfläche der Rutschung vergrößerte sich von September 2006 bis Mai 2007 von 2 469 m² auf 2 661 m².

Die bisherigen Ergebnisse belegen die rasche Ausräumung der Pleistozän-Sedimente, die mit einer Ausbreitung der Rutschung in Richtung der Kliffkante einhergeht. Da sich die Rückverlagerung der Kliffkante durch die Massenverlagerungen weiter verstärken wird, ist davon auszugehen, dass die Rutschung zeitnah die von Besuchern des Nationalparks stark frequentierten Waldwege im Umfeld erreichen wird: Präventive Maßnahmen werden unerlässlich sein.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des vorgestellten Projektes wurde eine Methodik entwickelt, um Empfindlichkeitsbereiche für Hangrutschungen auf der Insel Rügen flächenhaft abzuleiten und aus den Ergebnissen Vorhersagen bezüglich der Lokalitäten künftiger Massenbewegungen im Rahmen der Daseinsvorsorge treffen zu können. Die resultierenden Karten dienen als Grundlage für die Identifizierung von Geländeabschnitten, an denen detaillierte Beobachtungen mit dem Terrestrischem Laserscanner und Geländearbeiten durchgeführt werden.

Im weiteren Verlauf des Projektes soll der Südteil der Steilküste Jasmunds analog dem Nordteil hinsichtlich seines Küstenabbruch-Gefährdungspotenzials analysiert werden. Dabei sollen zusätzliche Informationen bodenmechanischer, hydrogeologischer und fernerkundlicher Art zur Verbesserung der Modelle integriert werden.

Die in dem Projekt erarbeiteten Daten liefern den zuständigen Behörden fundierte Informationen hinsichtlich der Bedrohung durch Küstenabbrüche als Teil der landseitig gesteuerten Kliffdynamik. Dieser Aspekt wurde bislang nicht oder nur unzureichend in der meist seeseitigen Planung von Küstenschutzmaßnahmen berücksichtigt.



Projekt „Verminderung von Georisiken in Zentralamerika“

Bevölkerung und Infrastruktur der Länder Mittelamerikas sind aufgrund ihrer Lage an einem aktiven Kontinentalrand durch Erdbeben, Vulkanismus und Tsunamis gefährdet. Zusätzlich sind sie betroffen von jährlich wiederkehrenden Hurrikans, die meist vom Atlantik her nach Westen über das Land ziehen, enorme Niederschlagsvolumina und Windgeschwindigkeiten über 150 km/h erreichen und großräumige Windbrüche sowie Überschwemmungen auslösen können.

Die häufig steilen Hänge bestehen aus meist porösem, wenig standfestem Vulkangestein, das sich aus porösen, wenig verfestigten und leicht verwitternden Tuffen und Ignimbriten zusammensetzt. Sie sind bei großer Feuchtigkeit – bei zunehmendem Poren-

wasserdruck infolge starker Niederschläge – stark rutschungsgefährdet. Ein Starkregen oder ein leichtes Beben ist dann in der Lage, Hangrutsche und Schlammströme mit einer Reichweite von mehreren Kilometern auszulösen.

In der Zeit von 1960 bis 2001 wurden in Zentralamerika 10 Millionen durch Naturkatastrophen Geschädigte, 60 000 Tote und Schäden in einer Gesamthöhe von 17 Milliarden US \$ beziffert.

Raumplanung und Katastrophenschutz müssen darauf ausgerichtet werden, das Risiko tödlicher und teurer Schadensereignisse zu minimieren. Dazu sind die Behörden einiger Staaten Mittelamerikas – Nicaragua, Honduras, Guatemala und El Salvador – nur



Der Vulkan San Pedro, Guatemala.



Hangrutsch in Las Colinas, San Salvador.

begrenzt in der Lage und bedürfen der Unterstützung durch Projekte der Entwicklungszusammenarbeit.

Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) beteiligt sich die BGR an der Entwicklung eines regionalen, Internet-basierten Informationssystems über Georisiken. Projektpartner sind geowissenschaftliche Institute der genannten Länder, nationale Behörden des Katastrophenschutzes und das multinationale „Zentrum zur Prävention von Naturgefahren in Zentralamerika“ (CEPRENAC). Das Projekt befindet sich in seiner zweiten Phase, in der verstärkt die regionale, multinationale Zusammenarbeit gefördert werden soll. Seine Gesamtlaufzeit umfasst die Jahre 2002 bis 2009.

Im Rahmen des Projekts werden zunächst flächenbezogene Gefährdungen ermittelt. Diese werden zum Teil von gleichbleibenden Parametern kontrolliert, die – wie Bodenbeschaffenheit und Hangneigung – aus vorhandenen Daten zusammengestellt werden können (geologische Kartierungen, Shuttle Radar Topography Mission). Andere Parameter – Seismizität, Niederschläge und Bewuchs – werden

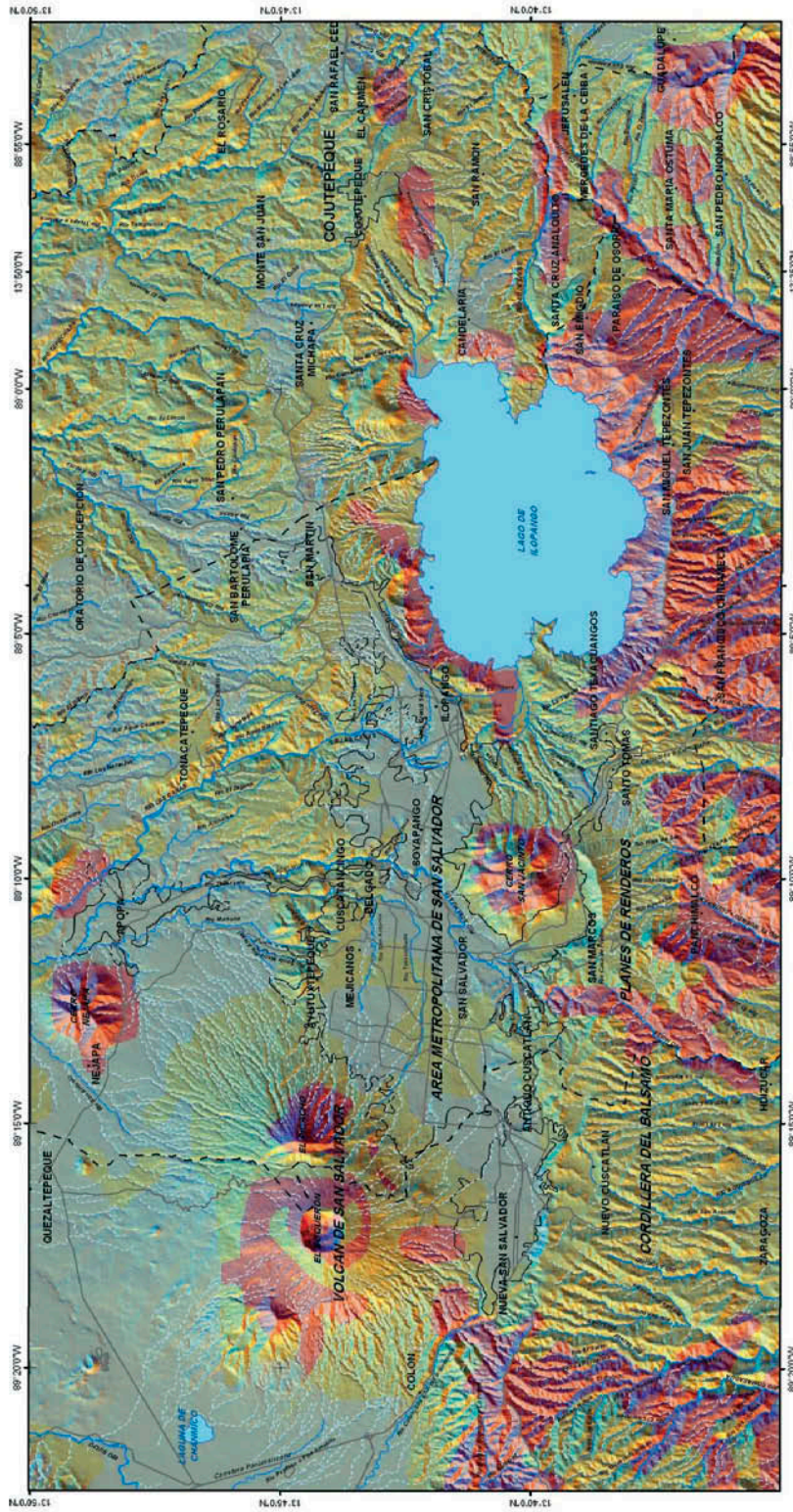
regelmäßig durch die Partnerinstitute mittels telemetrischer Messstationen erfasst oder online bei Betreibern von Fernerkundungssystemen abgerufen und in das Geo-Informationssystem (GIS) übernommen, ähnlich wie MODIS für den Vegetationsindex und NOAA für die Niederschlagsvorhersage.

Mit selbst entwickelten Programm-Modulen wird die Gefährdung je Flächeneinheit ausgerechnet. Dabei wird auf bewährte Algorithmen zurückgegriffen, die vielfach jedoch den Erfordernissen angepasst werden müssen. So wird z. B. für die Berechnung der Gefährdung durch Hangrutsche die Methode nach Mora-Vahrson verwendet (http://www.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/estudios/Mora_Vahrson.pdf).

Sie wird jedoch ergänzt durch eine stochastische Auswertung der Hangrutsche je geologischer Einheit, durch den Vegetationsindex als Parameter und durch ein Kalkül der Reichweite der abgehenden Geröll- oder Schlammlawine.

Mapa de Amenaza por Deslizamientos

Zona de Estudio Proyecto BGR - SNET



- LEYENDA**
- Cabecera municipal
 - Red Vial principal
 - Río permanente secundario
 - Río o Oca, intermitente
 - Cuenpo de agua
 - Zonas urbanas
- Tipo Susceptibilidad a Deslizamientos**
- Alta Susceptibilidad
 - Moderada Susceptibilidad
 - Baja o Ninguna

Atención:
 La clasificación de la susceptibilidad alta, moderada y baja muestra el grado de riesgo potencial de deslizamientos. Debe de ser evaluado a escala más detallada para el tipo de estructura y longitud de taludiente.

Fuente:
 Cartografía del INER (1:250,000)
 Mapa de Deslizamientos del INER (1:250,000)
 Mapa de Deslizamientos del INER (1:250,000)
 Mapa de Deslizamientos del INER (1:250,000)
 Mapa de Deslizamientos del INER (1:250,000)



Die hier verkleinert abgebildete Karte weist Areale mit potenzieller Gefährdung durch Hangrutsche in El Salvador aus.

Im weiteren Verlauf des Projekts wird aus bereits erhobenen Daten der Partnerländer die Bevölkerungsdichte je Flächeneinheit und der Wert gefährdeter Infrastruktur, von Gebäuden und Industrie abgeschätzt, um daraus ein gefahrenspezifisches Risiko zu berechnen. Auf dieser Grundlage können

- Planungsbehörden das potenzielle Risiko für verschiedene Planungsvarianten berechnen und die optimale Variante wählen,
- Hochrisikogebiete im Zuge der Raumplanung markiert und von Bebauung und Infrastruktur freigehalten werden,
- Alarm- und Rettungspläne bei den Organisationen des Katastrophenschutzes anhand des bereits vorhandenen Risikos ausgearbeitet werden,

- Bürger und Investoren sich über die vorhandenen und potenziellen Gefahren für ihr Leben, ihre Gesundheit und ihren Besitz informieren und ihr Handeln danach ausrichten.

Um die Verbreitung der erzeugten Ergebnisse zu sichern, werden die Ergebnisse dieser Auswertungen in GIS und Kartendarstellungen übernommen und online gestellt (<http://www.georiesgos-ca.info/>).







Seismometer.

Seismologische Überwachung /

Kernwaffentest- **stopp**abkommen



Seismologische Überwachung/ Kernwaffenteststoppabkommen

Die Rolle der BGR in der Erdbebenforschung

Im Jahre 1970 begann der offizielle Einstieg der BGR in das Fachgebiet Seismologie. Es wurde ein Vertrag mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geschlossen, um das, vom Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE) geplante seismologische Zentralobservatorium in wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Hinsicht sicherzustellen. Die Idee ging auf die Einsicht der Leiter der westdeutschen geophysikalischen Forschungsinstitute zurück, dass die Erforschung des Erdkörpers Anstrengungen und Verpflichtungen erfordert, die von Hochschulen allein nicht erfüllt werden können. Dies wurde anhand des Betriebs einer seismologischen Messanlage nahe Gräfenberg im Fränkischen Jura deutlich. Die Anlage wurde im Frühjahr 1963 von den USA zur Aufzeichnung der Signale unterirdischer Kernexplosionen installiert und sollte im Mai 1965 von der Bundesregierung übernommen werden. Eine Betreuung der Messanlage durch ein Hochschulinstitut hätte dessen finanzielle und personelle Kapazitäten überschritten, sodass DFG und FKPE einen Partner außerhalb der Hochschule gesucht haben, um die Instandhaltung, Erneuerung und den Weiterbetrieb langfristig sicherzustellen.

Die BGR erklärte sich 1968 bereit, an einem zukünftigen Erdbeben-Observatorium mitzuwirken und sich in der seismologischen Forschung zu engagieren. Ein derartiges Engagement fußte auf dem Beratungsauftrag der BGR für die Bundesressorts. Die damaligen Fragestellungen haben auch heute noch ihre Gültigkeit: „Stellungnahme zu Fragen der Bundesregierung bei der Kontrolle von unterirdischen Kernexplosionen“, „Geowissenschaftliche Begutachtung der Standortwahl von Reaktorkraftwerken“ oder „Beratung des Ministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit bei induzierten Erdbeben im Zusammenhang mit der Errichtung von Stauseen“. Somit sind seit 1970 die Seismologie und das Zentralobservatorium feste Bestandteile des breiten Aufgabenspektrums der BGR.

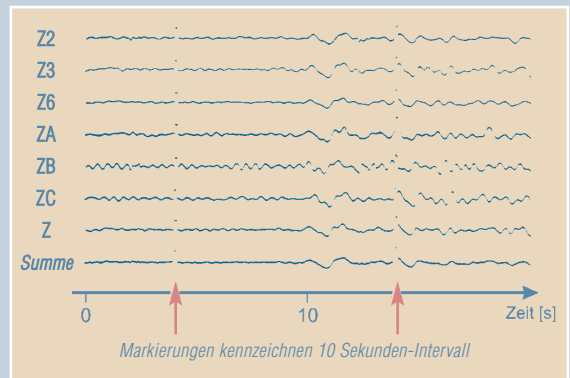
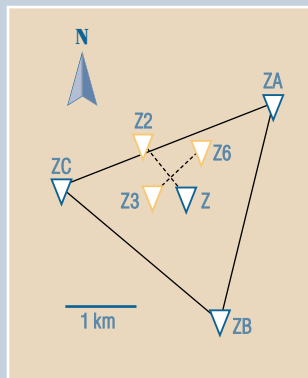
Die damals von den USA übernommene Messanlage (Array) bestand aus vier kurzperiodischen Seismometerstationen, deren Konfiguration noch vor Unterzeichnung des Kooperationsvertrags zwischen BGR und DFG verändert wurde (rechte Seite, mittlere Teilabbildung). Die mit diesen Instrumenten aufgezeichneten Bodenbewegungen wurden in einem

Messcontainer zentral photographisch erfasst und kontinuierlich auf Film registriert. Nach Ablauf eines Tages wurde der Film automatisch entwickelt, und es fand die Datenauswertung statt. Dazu wurde der gesamte Film visuell nach Einsätzen seismischer Signale durchsucht und die Einsatzzeiten der gefundenen Phasen jedes Seismogramms in ein Logbuch notiert. Noch am gleichen Tag wurden diese Einträge an einem Telexgerät auf Lochstreifen gestanzt und die Informationen an das Weltzentrum A nach Boulder, Colorado, übermittelt.

An dem Prinzip der seismischen Datenerfassung, Übertrag, Registrierung und Auswertung hat sich bis heute nichts geändert, nur nehmen jetzt Computer und digitale Auswerteverfahren den Seismologen einen Großteil der Arbeit ab. So erfolgt beispielsweise die Speicherung der Daten nicht mehr auf Film, sondern digital auf Festplatten. Trotz aller technischen Fortschritte kann jedoch nicht auf die menschliche Erfahrung bei der Analyse der Seismogramme verzichtet werden. Verglichen mit dem heutigen Stand der Wissenschaft und Technik stand die Seismologie, insbesondere die Array-Seismologie, Anfang der siebziger Jahre noch am Beginn ihrer Entwicklung. Mit dem Gräfenberg- (GRF-) Array wurde der Grundstein für eine beispiellose Entwicklung in Deutschland gelegt, an der die BGR wesentlichen Anteil hatte und gleichzeitig eine enge Zusammenarbeit mit der an den Hochschulen betriebenen seismologischen Forschung begonnen.

So begannen in dieser Zeit, digitale Verfahren in der seismologischen Messtechnik zunehmend Fuß zu

fassen. Parallel dazu befassten sich deutsche Hochschulinstitute mit der Entwicklung von breitbandigen seismischen Sensoren, die, anders als die bisher verwendeten kurzperiodischen Instrumente, in der Lage waren, nahezu den gesamten Frequenzbereich der von Erdbeben erzeugten seismischen Signale zu erfassen. Als Produkt der kombinierten Nutzung dieser technischen Entwicklung stellte die BGR im Jahre 1974 die erste breitbandige 3-Komponenten-Seismometerstation mit digitaler Datenerfassung vor. Damit nahm in Deutschland die Ära der digitalen Breitbandseismologie ihren Anfang. Gleichzeitig entwickelte sich die Idee, diese neue Technik an mehreren Stationen einzusetzen und ein sogenanntes Breitbandarray aufzubauen. Von einer derartigen Anlage, die als seismische Antenne wirkt, versprach man sich neue Erkenntnisse über die Struktur der Erde und über die Herdmechanik von Erdbeben. Ferner sollte diese Antenne bei der Entdeckung und Identifizierung von solchen Signalen helfen, die von unterirdischen Kernexplosionen der Atomwaffenstaaten stammten. Motiviert vor allem durch den letztgenannten Aspekt, errichtete die BGR diese Messanlage zusammen mit der DFG zwischen 1975 und 1980 im Gebiet des Fränkischen Jura. Mit insgesamt 13 Stationen überdeckt dieses weltweite, erste digitale Breitbandarray ein Gebiet von etwa 100 km mal 50 km (siehe Abbildung Seite 113). Das Konzept der Breitband-Arrayseismologie eröffnete der Wissenschaft eine bis dahin völlig unbekannte Welt. Mit neuen wissenschaftlichen und technischen Verfahren wurden aus den in seismischen Signalen enthaltenen Informationen tatsächlich Erkenntnisse über Quelle, Laufweg sowie über die Struktur der Erde gewonnen.



Oben: Konfiguration des analogen GRF-Arrays.
 Oben rechts: ursprünglich auf Film aufgezeichnete Seismometerdaten.
 Oben links: Datenerfassungszentrale des GFS-Array in einem Container.
 Links: Benioff Seismometer zur Registrierung der horizontalen Bodenbewegung.

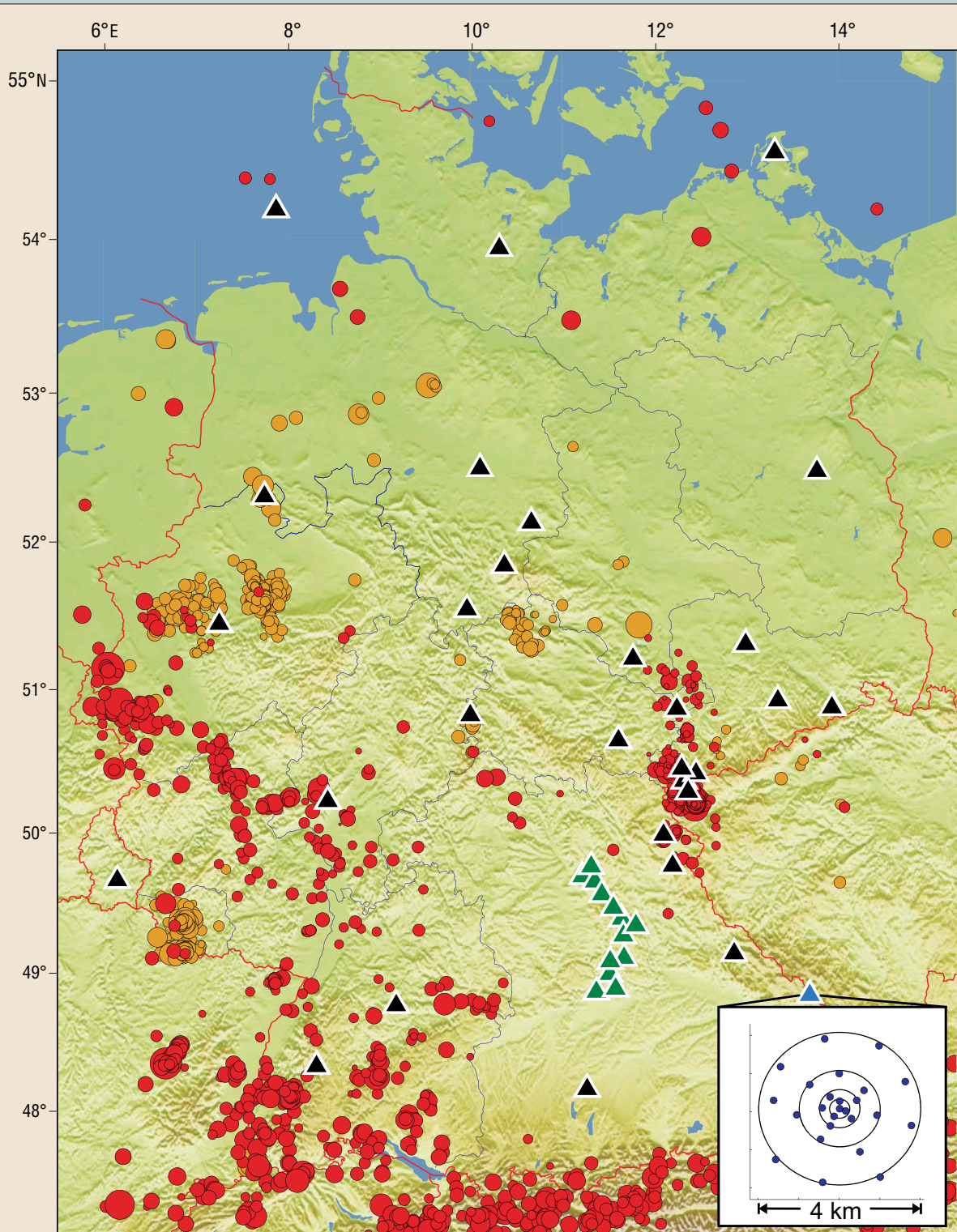
Durch die, mit den Daten des GRF-Array gewonnenen Erkenntnisse erwuchs schon kurz nach der Fertigstellung dieses Systems der Wunsch, von möglichst vielen der über ganz Deutschland verteilten Stationen zur Erkundung der Erde ebenso qualitativ hochwertige Breitbandaufzeichnungen nutzen zu können. Die Erwartung weiterer neuer Erkenntnisse über das Innere der Erde führte zur Errichtung des deutschen regionalen Breitbandnetzes GRSN (German Regional Seismic Network). Unter Federführung der BGR – die sich für das technische Konzept verantwortlich zeichnete – ging die erste von zunächst acht Stationen im Januar 1991 im Schwarzwald in Betrieb. Durch die Vereinigung Deutschlands kamen bis 1994 vier weitere Stationen in Ostdeutschland hinzu. Die zwölf GRSN-Stationen erlaubten allen an dem Projekt beteiligten Instituten den direkten Zugriff auf die Daten. Dieses Prinzip der offenen Stationen vereinfachte die Datennutzung und führte zu einer hohen Akzeptanz der Stationen dieses Typs. In der Folgezeit wurden weitere Breitbandstationen von Hochschulen und einigen geologischen Diensten der Länder aufgebaut, sodass heute in Deutschland über vierzig Breitbandstationen in Betrieb sind (siehe Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite). Sie werden für die kontinuierliche Überwachung der Seismizität in Deutschland und der Welt sowie für wissenschaftliche Untersuchungen intensiv genutzt.

Eine Sonderrolle bei dieser Entwicklung nimmt das, im Bayerischen Wald nahe der tschechischen und österreichischen Grenze gelegene Seismometerarray ein, das sich aus insgesamt 25 ringförmig angeordneten, kurzperiodischen Seismometerstationen zusammensetzt. Unterstützt von den USA, wurde die Anlage noch zu Zeiten des Kalten Krieges Ende der 80er Jahre mit dem Ziel errichtet, unterirdische Kernwaffentests in den Ostblockländern aufzuspüren. Unter dem Namen GERESS (GERman Experimental Seismic System) ging das Array dann im Jahr 1991 in Betrieb. Zwischen Deutschland und den USA wurde vereinbart, diese hoch empfindliche Messanlage nach Unterzeichnung des Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT - Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) der BGR ohne Kosten zu übernehmen. Nachdem dieses Abkommen im September 1996 von der Bundesregierung unterzeichnet worden war, konnte die Übereignung im Frühjahr 1997 stattfinden. Dank der Fähigkeit, selbst schwache

seismische Signale entdecken und lokalisieren zu können, wurde GERESS als eine von insgesamt 50 sogenannten seismischen Primärstationen zur Überwachung der Einhaltung des CTBT ausgewählt. Darüber hinaus wurde der BGR – nicht zuletzt aufgrund der technischen Beratung des Auswärtigen Amtes bei den Vertragsverhandlungen für das CTBT – die Funktion des Nationalen Datenzentrums (NDC – National Data Centre) für Deutschland übertragen.

Die Erfahrungen mit Arrays und der damit verknüpften Signalbearbeitung kamen der BGR auf einem, bis dahin für eine derartige Einrichtung gänzlich unbekanntem Feld zugute: Infraschall. Da das CTBT Kernwaffentests unter der Erde, im Meer und in der Atmosphäre verbietet, wird gegenwärtig auch ein weltweites Netz aus insgesamt 60 Infraschallarrays zur Überwachung möglicher oberirdischer Atomtests aufgebaut. Für die Entwicklung, die Installation und den Betrieb von zwei dieser Anlagen wurde der BGR die Verantwortung übertragen. Die Station IS26 im Bayerischen Wald war sogar das erste von 60 Arrays, das 1999 in Betrieb genommen wurde. Die zweite deutsche Station IS27 in der Antarktis, nahe der vom AWI betriebenen Forschungsstation Neumayer gelegen, wurde 2003 aufgebaut. Bei der Planung des Arrays mussten die besonderen Umgebungsbedingungen berücksichtigt und die Empfangseigenschaften optimiert werden, um bei den häufig hohen Windgeschwindigkeiten noch Signale aufzeichnen zu können. Insgesamt erfüllt die BGR mit GERESS und den beiden Infraschallarrays nicht nur die vertraglichen Verpflichtungen Deutschlands, die aus dem CTBT resultieren, sondern eröffnet, speziell auf dem Gebiet Infraschall, Neuland für die Wissenschaft, wobei sämtliche Daten für Interessenten frei zur Verfügung stehen.

In der Seismologie steht nach dem Aufbau des GRF-Arrays und dem GRSN der nächste Entwicklungsschritt noch aus. Hier zeichnet sich als Trend eine zunehmende Bedeutung von Arrays und die Entwicklung von Multi-Arraytechnologien im Zusammenhang mit seismischen Frühwarnsystemen ab. Auf die zukünftigen Ergebnisse der im Mai 2008 aus Seismologischem Zentralobservatorium und Nationalem Datenzentrum neu gebildeten Einheit, die ihrer Funktion entsprechend durch das Akronym CESAM (CESAM Centre for Seismo-Acoustic Monitoring) beschrieben wird, darf man gespannt sein.



Darstellung der Seismizität in Deutschland unterschieden nach tektonischen (rot) und induzierten (orange) Beben. Die Größe der Kreise kennzeichnet die Stärke der Ereignisse mit Lokalmagnituden zwischen 3 und 6.

Ferner zeigt die Abbildung die Verteilung der digitalen Breitbandstationen (farbige Dreiecke) in Deutschland: GRSN (schwarz), GRF-Array (grün). Die Konfiguration des kurzperiodischen GERESS-Arrays (blau) ist hervorgehoben.

Das Schwarmbebengebiet Vogtland/NW-Böhmen

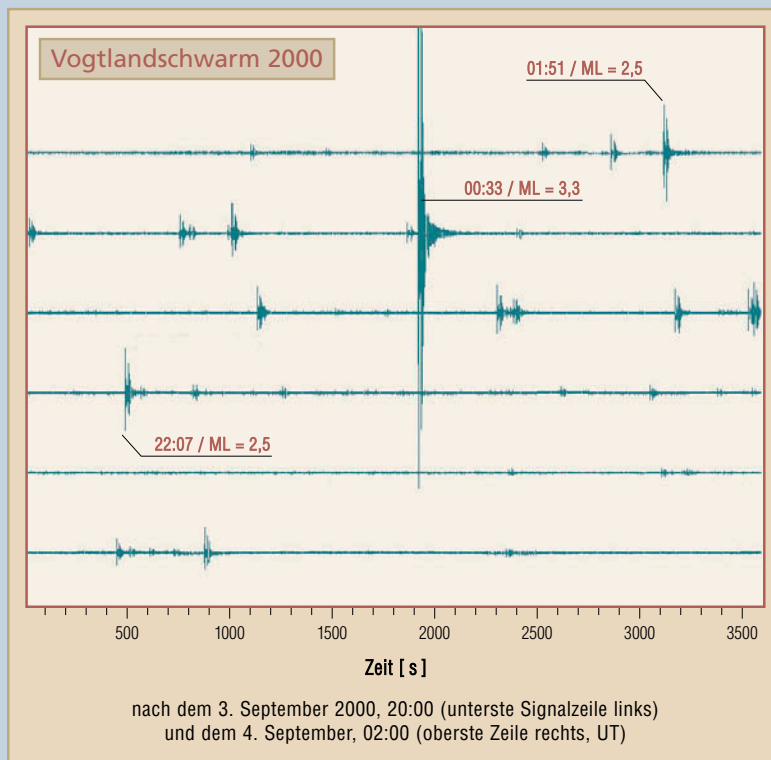
Kommt es in einer Region zu einer vermehrten Erdbebenaktivität, so handelt es sich üblicherweise um ein Hauptbeben mit einer Reihe von Nachbeben, die in ihrer Anzahl und Stärke mit der Zeit abnehmen. Vereinzelt treten Erdbeben in sogenannten Schwärmen als eine Abfolge einer Vielzahl von Einzelstößen mit nahezu gleicher Stärke innerhalb von nur wenigen Tagen bis Wochen auf, jedoch ohne ein dominantes Hauptbeben (siehe Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite). Die Region Vogtland/NW-Böhmen zeigt ein Auftreten derartiger Erdbebenschwärme und stellt somit eine der seismisch interessantesten Erdbebengebiete in Mitteleuropa dar. Ferner zählt die Region im Hinblick auf Anzahl und Stärke der Beben neben Rheingraben, Niederrheinischer Bucht und Schwäbischer Alb zu den aktivsten Erdbebengebieten Deutschlands (vergleiche Abbildung auf Seite 113).

Erdbebenschwärme treten hauptsächlich in vulkanisch aktiven Gebieten auf, weshalb Fluide als eine mögliche Ursache der Schwärme angenommen werden. Unter Fluiden werden sowohl Flüssigkeiten als auch Gase zusammengefasst, da sie die gleichen physikalischen Eigenschaften zeigen. Sie bestimmen wesentlich Gesteinseigenschaften wie das Scher- und Bruchverhalten. Eine Besonderheit der Schwarmbebenregion Vogtland/NW-Böhmen ist, dass sie sich am Egergraben im Inneren einer kontinentalen Platte und nicht an einer aktiven Plattengrenze befindet. Weitere Besonderheiten der Region sind beispielsweise der flächenhafte Austritt von CO₂, tief reichende Krustenstrukturen, Vulkanismus in jüngster Vergangenheit, Mineralwasservorkommen, ausgeprägte Schweregradienten und Krustenbewegungen. Die Summe dieser räumlich eng begrenzten Besonderheiten macht das Vogtland/NW-Böhmen zu einem der interessantesten Gebiete für eine ganzheitliche geowissenschaftliche Forschung in Europa.

Seit nunmehr 15 Jahren ist die Untersuchung der Schwarmbeben in dieser Region und ihrer Ursachen einer der Forschungsschwerpunkte der BGR. In den Arbeiten werden dabei sowohl die genaue räumliche Verteilung der Erdbeben und ihre Beziehung zu Krustenstrukturen als auch die den Beben zugrunde liegenden Herdmechanismen untersucht. Die Herdmechanik gibt Aufschluss über die Art und Richtung der Verschiebung sowie über den Einfluss von Fluiden, die maßgeblich das Zustandekommen von Schwarmbeben und deren Dynamik bestimmen.

Zur Beobachtung der Erdbebenschwärme wurden im letzten Jahrzehnt mehrere temporäre Seismometernetze in der Region um den Egergraben ausgebracht, die teilweise bis zu zwei Jahren im Einsatz waren. So konnte der letzte große Schwarm, der zwischen August und November 2000 stattfand, mit einer hohen Stationsüberdeckung und hoher Genauigkeit aufgezeichnet werden. Insgesamt wurden mehr als 5 000 einzelne Schwarmbeben mit Magnituden bis 3,7 registriert. Präzise Lokalisierungen zeigen dabei eine für Schwarmbeben typische enge räumliche Konzentration. Die Hypozentren unterhalb der Ortschaft Novy Kostel in NW-Böhmen sind in einer Ebene angeordnet und bilden eine NNW-SSE streichende Fläche ab. Die Streichrichtung dieser Fläche stimmt gut mit dem Streichen der lokalen geologischen Formationen im Egergraben überein.

Detaillierte Untersuchungen der Herdmechanik zeigen Verschiebungen unterschiedlichen Charakters. Die Ableitung nach dem Spannungsfeld auf der Basis der berechneten Herdmechanismen ergibt für diese Region ein Regime, das sich nicht wesentlich von dem in Mitteleuropa vorherrschenden Spannungsfeld unterscheidet. Die Ähnlichkeit legt somit den Schluss nahe, dass die spezielle Seismizität in Form von Schwarmbeben in der Vogtlandregion durch das in Mitteleuropa anliegende Spannungsfeld kontrolliert wird. Jedoch scheint der Auslöse-



Sechsstündige Aufzeichnung der Vertikalkomponente der Station GRA1 des Gräfenberg-Arrays (Entfernung zum Herd: 120 km) mit zahlreichen Erdbeben des Schwarms aus dem Jahr 2000 in der Region Vogtland/NW-Böhmen.

mechanismus der Schwarmbeben sowie der episodenhafte Ablauf der Schwärme lokal, in der Dynamik von Fluiden, begründet zu sein.

Wie Fluide Schwarmbeben auslösen, dokumentiert sich in den **Herdmechanismen**: Neben der reinen Scherung treten volumetrische Quellanteile auf, die ein Aufbrechen des Gesteins beschreiben. Im Vogtland/NW-Böhmen liegen diese volumetrischen Anteile zwischen 0 % und 30 % und spiegeln somit Dehnungsrisse wider, die durch aufsteigende Fluide hervorgerufen werden. Die Fluide wiederum steigen aus partiellen Schmelzen im Tiefenbereich der Kruste-Mantel-Grenze zur Erdoberfläche auf und führen in der oberen Kruste des Egergrabens zum Spannungsabbau in Form von Erdebenschwärmen.

In weiteren internationalen Gemeinschaftsprojekten wurden die, von der BGR betriebenen, temporären und permanenten Stationen benutzt, um die Lithosphärenstruktur um das Vogtland/NW-Böhmen aufzulösen. So ergibt die Auswertung teleseismischer

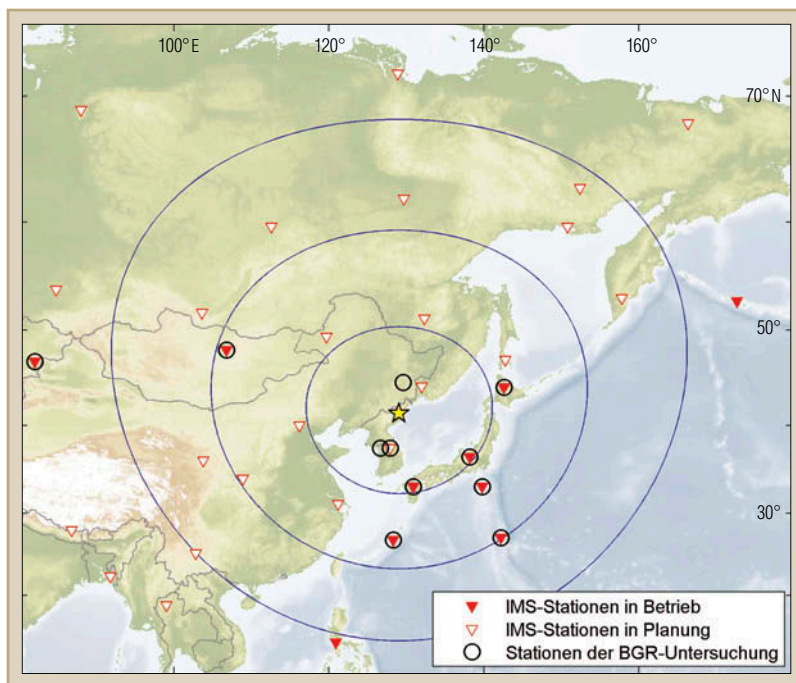
Ereignisse als sogenannte „receiver function“ eine Krustenmächtigkeit von 26 km bis 28 km im Bereich des Egergrabens, in dem die Schwarmbebenaktivität hauptsächlich stattfindet und die höchsten CO₂-Entgasungsmengen beobachtet werden. Darüber hinaus zeigt ein zusammenfassender Vergleich der betrachteten Schwarmbeben im Bereich des Egergrabens mit zwei weiteren Schwarmbebenregionen im Rio Grande-Graben (Nordamerika) und im Kenia-Graben (Afrika), dass Schwarmbeben besonders dort auftreten, wo großräumige Bruchzonen die jeweilige Grabenstruktur kreuzen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte die BGR in enger Zusammenarbeit mit Kollegen aus der Tschechischen Republik und ganz Europa das Verständnis zur Entstehung von Erdbeben, insbesondere von Schwarmbeben, vermehren. Dies ermöglicht, das Schadenspotenzial von Erdbeben in Grabensystemen besser abschätzen zu können und somit das Leben für die Menschen dort sicherer zu machen.

Nachweis eines Atomtests in Nordkorea

Am 9. Oktober 2006 um 10:35:29 Ortszeit wurde in der Nordkoreanischen Provinz Nord-Hamgyong ein unterirdischer Kernwaffentest durchgeführt. Dieser Test war wenige Tage zuvor von der nordkoreanischen Regierung angekündigt worden und wurde unmittelbar nach der Durchführung von offizieller nordkoreanischer Stelle bestätigt. Die seismische Registrierung der nordkoreanischen Kernsprengung erfolgte am GERESS-Array im 8 200 km entfernten Bayerischen Wald. Diese Nuklearsprengung stellte die erste Belastungsprobe für das internationale Verifikationssystem des Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT-Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) dar.

Obwohl sich zu dieser Zeit das IMS (International Monitoring System) noch im Aufbau befand und insbesondere in Ostasien große Lücken aufwies, war das Verifikationssystem mit Hilfe seismischer Stationen in der Lage, das Ereignis aufzuspüren und mit hoher Präzision zu lokalisieren. Das Epizentrum lag im Mantap-Massiv in der Nähe eines Tunneleingangs, der bereits seit einigen Jahren im Fokus amerikanischer Aufklärungssatelliten stand und als möglicher Ort für eine Testsprengung in Frage kam. Die Stärke der Explosion wurde vom IDC (International Data Centre) in Wien mit einer Magnitude von 4,1 bestimmt, was einer Ladungsstärke von etwa 0,5 bis 2 Kilotonnen (kt) herkömmlichen Sprengstoffs



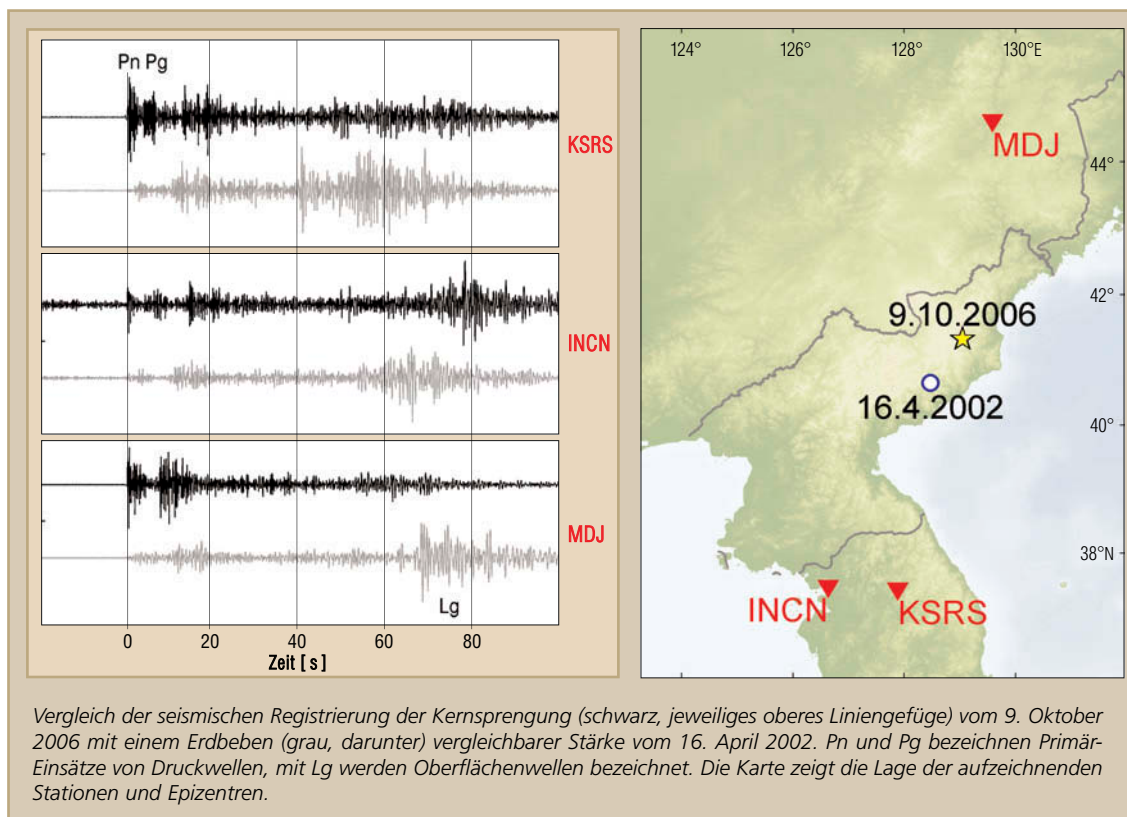
Das seismische Stationsnetz des IMS (International Monitoring System) am 9. Oktober 2006, das zu dieser Zeit in Ostasien nur spärlich ausgebaut war. Der Ort des nordkoreanischen Kernwaffentests ist als gelber Stern markiert und die blauen Kreise zeigen Entfernungen von 1000, 2000 sowie 3000 km zum Epizentrum.

entspricht. Die Ungenauigkeit ergibt sich aus den fehlenden Informationen über die Testbedingungen sowie aus der Tatsache, dass es für die Region keine bestätigte Magnituden-Ladungsbeziehung gibt. Diese, vom IDC bestimmten, Herdparameter konnten von der BGR in eigenen, unabhängigen Arbeiten bestätigt werden. Dabei wurden, im Gegensatz zum IDC, bevorzugt herdnahe Stationen betrachtet, die nicht ausschließlich Teil des IMS waren (siehe Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite).

Nachdem das Ereignis erkannt und lokalisiert war, galt es, zweifelsfrei zu klären, ob es sich erstens eine Sprengung handelte und ob es zweitens tatsächlich ein Nukleartest war. Zur Klärung des ersten Punktes konnten Standardverfahren herangezogen werden, die im Wesentlichen auf dem Vergleich der seismischen Registrierung mit Erdbeben aus der Herdregion beruhen. Neben Amplituden wurden auch spektrale Eigenschaften der Seismogramme untersucht. Da die Provinz Nord-Hamgyong seismisch

wenig aktiv ist, war es schwierig, Vergleichsereignisse zu finden: Nur ein Erdbeben war an denselben Stationen wie die Sprengung registriert worden. Die Darstellung unten zeigt die seismischen Signale des untersuchten Ereignisses und des Vergleichsereignisses. Die Signalformen weisen deutliche Unterschiede auf, so dominieren bei der Sprengung die Primäreinsätze Pn und Pg, bei dem Erdbeben hingegen der spätere Oberflächenwellenzug Lg. Die spektralen Eigenschaften der einzelnen Wellengruppen legten ebenfalls eine Explosion für das untersuchte Ereignis nahe. Von der BGR durchgeführte numerische Wellenfeldmodellierungen bestätigten ferner den explosiven Charakter des Ereignisses.

Zur Identifikation der Sprengung als Kernwaffentest eignen sich seismische Verfahren in der Regel nicht, da an Hand der Registrierung nicht zwischen chemischer und nuklearer Explosion unterschieden werden kann. Daher verfügt das IMS neben den wellenformtechnologischen Stationen, die der



Lokalisierung und Identifizierung von Explosionen dienen, zusätzlich über Stationen zur Messung der radioaktiven Isotope in der Luft. Mit Hilfe dieser Stationen kann die sogenannte „smoking gun“ (ein potenziell kritisches Ereignis) bestimmt werden. Dieses gelang schließlich für den nordkoreanischen Kernwaffentest, obwohl sich die dem Testgebiet nächstgelegene IMS-Stationen noch im Aufbau befanden. Eine Station in Kanada zeigte schwache, aber eindeutige Hinweise auf radioaktive Xenon-Isotope, die als Folge einer unterirdischen Kernsprengung auftreten. Darüber hinaus stützen Ergebnisse mobiler Messungen in Südkorea, durchgeführt von der Swedish Defence Research Agency (FOI), die Identifikation als nukleare Sprengung.

Insgesamt hat der Kernwaffentest vom 9. Oktober 2006 gezeigt, dass derartige Ereignisse, auch wenn sie nicht angekündigt worden wären, nicht unentdeckt bleiben und von dem Verifikationssystem des CTBT mit hoher Zuverlässigkeit lokalisiert und identifiziert werden können. Schwierigkeiten, die sich bei der Untersuchung dieses Nukleartests herausgestellt haben, sollten als Signal verstanden werden, sowohl den Ausbau des Überwachungsnetzes mit hoher Priorität zu vollenden als auch die Verfahren zur Erkennung von Explosionen weiter zu verbessern.

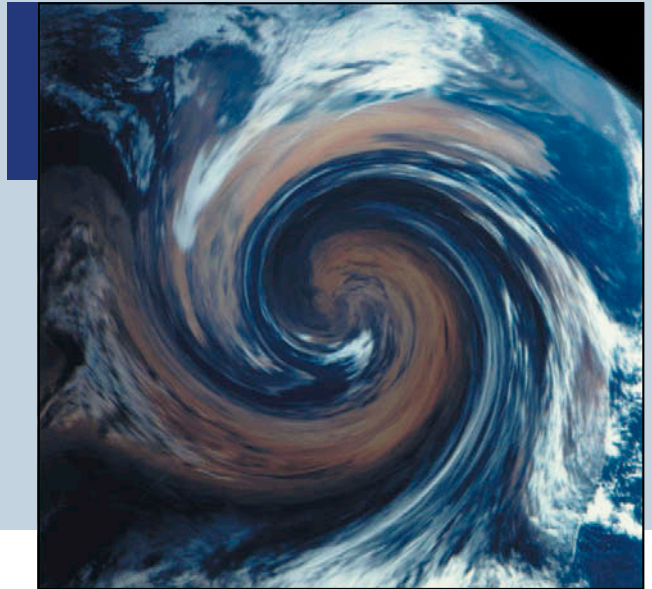




Abbrennen von Weideland in Paraguay.

Klima

entwicklung



Tragen Geowissenschaftler zum Verständnis der Klimaentwicklung bei?

Ja, in der Tat, Geowissenschaftler liefern bei der Erkundung der Erde – sozusagen als Nebenprodukt – eine Vielzahl von Beobachtungen und Daten, aus denen sich Rückschlüsse auf die erdgeschichtliche Entwicklung des Klimas ableiten lassen. Einprägsames Beispiel aus der Frühgeschichte der Geologie ist die Entdeckung eiszeitlicher Perioden in Europa, die seinerzeit von Geologen aus der Präsenz von Findlingen und Kratzspuren im Gestein (Gletscherschrammen) abgeleitet wurden. Schon damals stießen die Geologen mit ihren Beiträgen zum Klima auf Widerspruch aus anderen Fachbereichen. So empfahl der Universalgelehrte Alexander von Humboldt seinem Kollegen Agassiz, seine Theorie von periodischen Vereisungsphasen fallen zu lassen und stattdessen seine Arbeiten an fossilen Fischen wieder aufzunehmen, „... wenn Sie das tun, leisten Sie der positiven Geologie einen größeren Dienst als mit diesen allgemeinen Betrachtungen (außerdem auch etwas eisigen) über die Umwälzungen der primitiven Welt, Betrachtungen, die, wie Sie wohl wissen, nur jene überzeugen, die sie ins Leben rufen.“

50 Jahre BGR ist auch eine fast 50-jährige Geschichte der Erkundung des Meeresbodens, dessen sedimentäre Ablagerungen hervorragende Archive für die

Klimaentwicklung in der Vergangenheit sind. Wichtige Erkenntnisse zum globalen Klimagang der letzten Jahrmillionen wurden durch das vormalige Ocean Drilling Program (ODP) – jetzt „Integrated Ocean Drilling Program“ (IODP) – erarbeitet. Die BGR hat sowohl durch die Koordination der Mitarbeit deutscher Institutionen als auch durch eigene wissenschaftliche Arbeiten einen wichtigen Beitrag geleistet. Zusätzlich hat die Entnahme von Sedimentkernen während BGR-Forschungsfahrten mit dem Forschungsschiff RV SONNE diverse „Highlights“ gesetzt. So konnte z. B. mit isotopengeophysikalischen Untersuchungen eine ausgeprägte Korrelation des Klimaganges zwischen dem nördlichen Indischen Ozean und Grönland während der letzten 110 000 Jahre mit einer hohen zeitlichen Auflösung nachgewiesen werden.

Die Kartierung spät-paläozoischer glazialer Ablagerungen oder auch der Fund kreidezeitlicher fossiler Hölzer während der geologischen Aufnahme von Nord Victoria Land/Antarktis durch die BGR-Polarforschung liefern weitere Belege für das Paläoklima entlegener Weltregionen. Sie haben gemeinsam mit den Ergebnissen vieler anderer Forscher das Bild eines stetigen Klimawandels in der jüngeren wie fernen Vergangenheit geformt.

Mit dem Buch „Klimafakten“ aus dem Jahr 2000 hat die BGR den Versuch unternommen, die Klimageschichte der Erde nachzuzeichnen, so wie sie sich aus einer Vielzahl von geowissenschaftlichen Beobachtungen ergibt. Dabei wurden auch diverse mögliche Ursachen der jüngsten Klimaentwicklung angesprochen. Das Buch hat unter Geowissenschaftlern und in der breiten Öffentlichkeit viel Zuspruch erfahren, aber auch kritische Anmerkungen aus Kreisen, die mithilfe von Modellrechnungen Szenarien zur zukünftigen globalen Klimaentwicklung erstellen. Ungeachtet der kontroversen Diskussion, wird die BGR die öffentliche Debatte bezüglich der anthropogenen Beeinflussung des Weltklimas auch weiterhin kritisch begleiten.

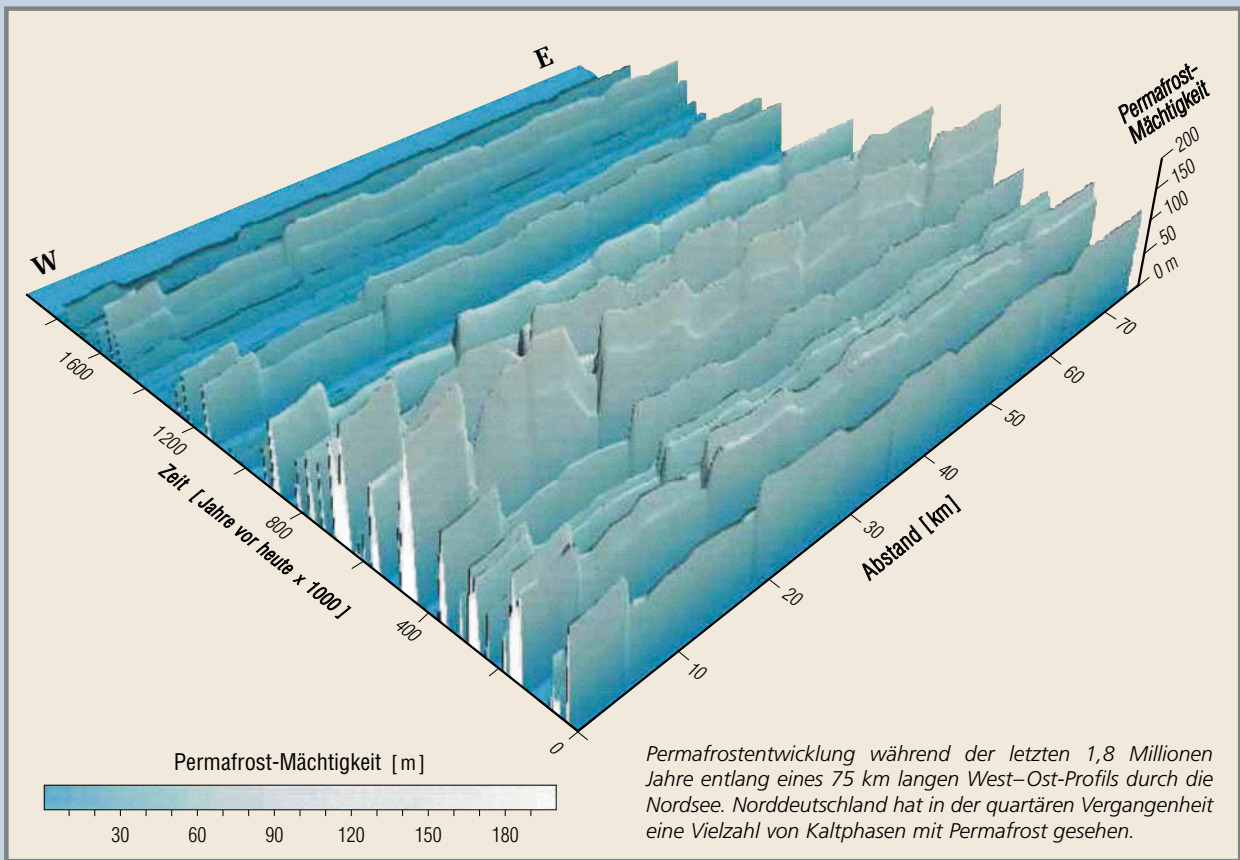
Die aktuelle Debatte um die Klimaentwicklung fördert nachhaltig jene Anstrengungen, durch präzise und gezielte Forschungsarbeiten eine stetig verfeinerte Vorstellung von den Mechanismen zu erarbeiten, die als auslösende Faktoren von Klimawandel anzusehen sind. Die BGR beteiligt sich aktiv an diesen Aktivitäten.

Schmilzt der Permafrost in der Arktis?

Seit dem Jahr 2000 untersucht die BGR, gemeinsam mit der Laval University, Quebec/Kanada, kontinuierlich Phänomene des langsamen Zerfalls von Permafrost. An der Ostküste der Hudson Bay, nahe des Ortes Umiujaq, unterhalten beide Institutionen ein Messfeld, in dem von der BGR installierte Messstellen physikalische Vorgänge während des langsamen Zerfalls von Permafrost registrieren. Ein „Highlight“ dieser Untersuchungen ist der Nachweis des vorherrschenden Effekts von Fließbewegungen auf den Schmelzprozess im oberflächennahen Permafrost. Nahe dem Schmelzpunkt wird Permafrost für Grundwasser durchlässig, wobei erhebliche Mengen an „Wärme“ in den Frostkörper eingetragen werden, die zum beschleunigten Abschmelzen des Bodeneises führen. Massive Landabsenkungen im dm-Bereich pro Dekade sind die Folge.



BGR-Messgebiet: Im Jahr 2000 gesetzte Verrohrungen ragten 2007 bereits ca. 75 cm aus dem Boden – Beleg für rapide Landabsenkung.



Langzeitschicksal des Arktischen Permafrostes

Zerfällt in diesem Jahrhundert der arktische Permafrost zur Gänze? Die BGR ist dieser Frage nachgegangen, nachdem entsprechende Vorhersagen in der Literatur erschienen waren. Unsere numerische Berechnung zur Geschwindigkeit des Permafrostzerfalls zeigt, dass diese Besorgnis unbegründet ist. Zwar wird – abhängig von der Breitenlage – der oberflächennahe Permafrost um wenige Dezimeter bis ca. 15 Meter zurückweichen, der Kern des Permafrostes aber, der in Kanada mehrere 100 Meter mächtig ausgeprägt ist – in Sibirien werden Permafrosttiefen von über 1,5 km erreicht – würde jedoch selbst bei der (wenig realistischen) Annahme einer dramatischen Erwärmung der Erdatmosphäre um 6 °C bis 8 °C über das Jahr 2100 hinaus erhalten bleiben.

Paläo-Permafrost auch in Norddeutschland?

Während der letzten Kaltzeiten muss es auch in Deutschland verbreitet Permafrost gegeben haben. Polygone, netzartige Bodenstrukturen, die in Norddeutschland gefunden wurden, weisen eindeutig auf die vormalige Anwesenheit von Permafrost hin. Wie dick war der vormalige Permafrost? Die BGR hat hierzu einen ersten Schritt für eine Rekonstruktion versucht. Der Klimagang in Norddeutschland während der letzten 120 000 Jahre ist aus diversen paläobotanischen Untersuchungen bekannt. Durch Parallelisierung dieser Werte mit dem aus der ODP-Bohrung 659 ermittelten Klimatrend, der nicht nur die letzte Kaltzeit, sondern das gesamte Quartär abdeckt, wurde eine „Nachhersage“ des norddeutschen quartären Klimaganges erarbeitet. Diese Werte wurden benutzt, um Phasen der Permafrostentwicklung in Norddeutschland während der letzten 2,5 Millionen Jahre zu rekonstruieren. Die erste Entwicklung von Permafrost fand vor ca. 1,8 Millionen Jahren statt. Danach gab es eine Vielzahl von Permafrostepisoden mit Permafrostmächtigkeiten von z. T. über 150 m Mächtigkeit, abgelöst von jeweils relativ kurzen Warmzeiten, entsprechend derjenigen, in der wir jetzt leben.

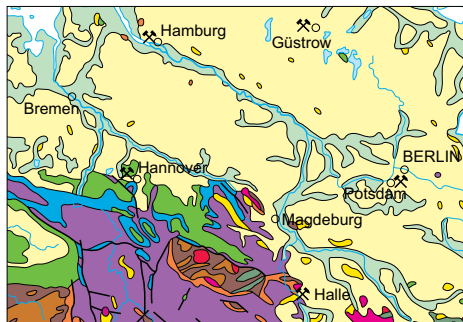
Monsunintensität und biologische Pumpe vor Sumatra

Wenn Algen im Oberflächenwasser wachsen und sich vermehren, können sie den Kohlendioxidgehalt des obersten Meeresstockwerkes während ihrer Blüte um bis zu 30 % senken. Da Ozean und Atmosphäre stets ein Gleichgewicht im Kohlendioxidgehalt anstreben, entzieht der Ozean als Folge dessen den über ihm stehenden Luftschichten CO₂. Das durch die Photosynthese erzeugte organische Material sinkt mit dem darin gebundenen CO₂ zum Meeresgrund. Dieser Abwärtsfluss wird als „biologische Pumpe“ bezeichnet. Seit Beginn der Untersuchungen von Sedimentkernen aus der Tiefsee vor fast 60 Jahren versuchen Wissenschaftler, die Beziehung zwischen Eiszeit-Zyklen und der biologischen Produktivität im tropischen Ozean zu klären. Die meisten Forschungsergebnisse deuten auf eine erhöhte marine Produktion während der Eiszeiten hin, die durch das Anwachsen der Eisschilde auf der Nordhalbkugel und eine, damit verbundene, Zunahme der Passatwind-Stärke gesteuert wurden. Auswertungen von Meeressedimenten, die vor Sumatra aus 1 700 Meter Tiefe gewonnen wurden, zeigen, dass in diesem Hochproduktionsgebiet, wie offenbar im gesamten äquatorialen Indik, die Zu- und Abnahme der Monsunwind-Intensität im 23 000-Jahresrhythmus der solaren Einstrahlung das Algenwachstum steuert. Starke Südwest-Monsunwinde haben während der Zeiten hoher Sonneneinstrahlung für einen Auftrieb nährstoffreicher Tiefenwässer gesorgt und somit zu einem massiven Anstieg der Algenproduktion.

Diese Beispiele aus der geowissenschaftlichen Forschung der BGR verdeutlichen den methodischen Ansatz, aus dem heraus Aussagen zu Klimavariationen in der Vergangenheit, aber auch zu der möglichen Fortentwicklung des Klimas in unserem Jahrhundert getroffen werden. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR eignen sich auf diese Weise Expertenwissen an, um aktiv an der aktuellen fachlichen Klimadiskussion teilzunehmen. Auf dieser Grundlage erarbeiten sie für Politik und Wirtschaft Einschätzungen, mit welcher Vorgehensweise ein optimaler Ressourcen- und Klimaschutz erreicht werden kann – denn beide Ziele sind die gleiche Seite der Medaille.



Geowissenschaftliche Querschnittsfunktionen



Geologische **Grundlagen**



Geologische Grundlagen

Was haben **Karten**, geowissenschaftliche **Fachinformationssysteme** und **Expeditionen** gemeinsam?

Eine geologische Karte ist die „visuelle Sprache der Geologen“ (RUDWICK 1976). Karten sind das perfekte Medium, um die geologischen Erkundungsergebnisse einer Region, eines Landes und eines Kontinents darzustellen und bekannt zu machen. Vor 50 Jahren erfolgte die Geländearbeit „zu Fuß“, und die Karten wurden von Hand gezeichnet und koloriert. Heute werden für die Erkundung auch Satelliten, Hubschrauber und Schiffe eingesetzt. Die gewonnenen Daten werden in Datenbanken, sogenannte Fachinformationssysteme überführt, aus denen digitale Karten erstellt werden.

Die Umstellung von handgezeichneten Karten auf digitale Methoden, an der sich die BGR von Anfang an beteiligte, begann Mitte der 1970er Jahre. Erste Versuche wurden mit einem Rechner unternommen, der mit Lochstreifen und Lochkarten arbeitete. 1977

wurde ein aufwändiges und noch sehr voluminöses System beschafft (ARISTO CD 400), das einen interaktiven Arbeitsplatz, einen Zentralrechner und eine Präzisionslichtzeichenmaschine umfasste. Die enorm schnelle Weiterentwicklung bei der Hard- und Software führte 1992 zur Einführung von computerunterstützten Arbeitsplätzen, ausgestattet mit der Software ArcInfo, die seither kontinuierlich auf dem neuesten Stand gehalten wird. Gleichzeitig wurden Datenbanken eingerichtet, zunächst auf der Basis von RDB, später ORACLE und heute SQL Server.

Die Vorhaltung geologischer Basisinformationen zur Geologie von Deutschland in den Maßstäben 1 : 200 000 (GÜK 200) und 1 : 1 000 000 (GK 1000) sowie zur Geologie Europas in den Maßstäben 1 : 1 500 000 (IGK 1500) und 1 : 5 000 000 (IGME 5000) sind wichtige Bestandteile des

Fachinformationssystem Geologie der BGR. Zur IGME 5000 bietet die BGR Kartenanwendungen im Internet an („web mapping“), die es den Nutzern erlauben, nur die Informationen aus unseren Datenbanken abzurufen, die sie wirklich benötigen, z. B. zu den Gesteinen des Zugspitzmassivs oder der Nordsee. Diese Art der Verfügbarkeit wird in Zukunft eine immer größere Rolle spielen und erfordert, Datennutzbarkeit und Visualisierung laufend zu optimieren. In der Kartographie der BGR werden international anerkannte Standards für geologische Karten gesetzt.

Auch im Rahmen der Polarforschung werden – neben anderen Publikationen – geologische Karten erstellt. Die Daten dazu werden bei Expeditionen gewonnen, die die BGR im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und zur Beratung der Ressorts seit 1979 in die Antarktis und seit 1992 auch in die Arktis regelmäßig durchführt. Im Rahmen des Polarforschungsprogramms der Bundesregierung hat sich die BGR schwerpunktmäßig auf die Erforschung der Geodynamik der Erdkruste in der Arktis und der Antarktis spezialisiert. Sie bietet dabei auch deutschen Universitäten eine zuverlässige Plattform.

1979 trat die Bundesrepublik Deutschland dem internationalen Antarktisvertrag bei. Auf die sich daraus ergebenden Verpflichtungen reagierte die BGR mit zwei großen geowissenschaftlichen Expeditionen im Südsommer 1979/1980: einer Landexpedition ins Nord-Victoria-Land und einer seergeophysikalischen Vermessung des Ross-Meeres. Die ersten Antarktis-Expeditionen haben entscheidend dazu beigetragen, dass die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1981 in die Runde der Konsultativstaaten aufgenommen wurde und somit aktives Mitspracherecht in Fragen des Antarktisvertrages erhielt.

Die Erforschung jener geologischen Prozesse, die zur Entstehung des Superkontinents Gondwana vor ca. 600 bis 500 Millionen Jahren und zu seinem Zerfall seit 180 Millionen Jahren führten, haben sich die Polarforscher der BGR und ihre Partner von deutschen und ausländischen Forschungseinrichtungen zum Ziel gesetzt. Regionaler Schwerpunkt war und ist dabei das Transantarktische Gebirge im nördlichen Victoria-Land und das Rift-System im angrenzenden Ross-Meer-Gebiet, Ziel von inzwischen neun GANOVEX-Expeditionen



Oben: Typischer analoger Kartographen-Arbeitsplatz. Zeichenfedern, Retusche-Schaber, Tuschenäpfe und Schleifstein gruppieren sich um die Zeichenfolie. Daneben liegt das von Hand mit Buntstift gefertigte Kolorit.

Rechts: Eine weitere Arbeitsmethode war die Gravur. Die Originale wurden auf Folie oder Glasplatte graviert. Dazu brachte man auf dem Trägermaterial eine lichtundurchlässige Schicht auf, die an den Zeichnungsstellen mit einem Gravurstichel in präziser Strichbreite wieder entfernt wurde. Das so entstandene Negativ wurde in der Rephphotographie mit anderen Kartenelementen zur Druckvorlage zusammenkopiert.



So sahen Ende der 1970er Jahre die ersten interaktiven Arbeitsplätze für Kartographen in der BGR aus.

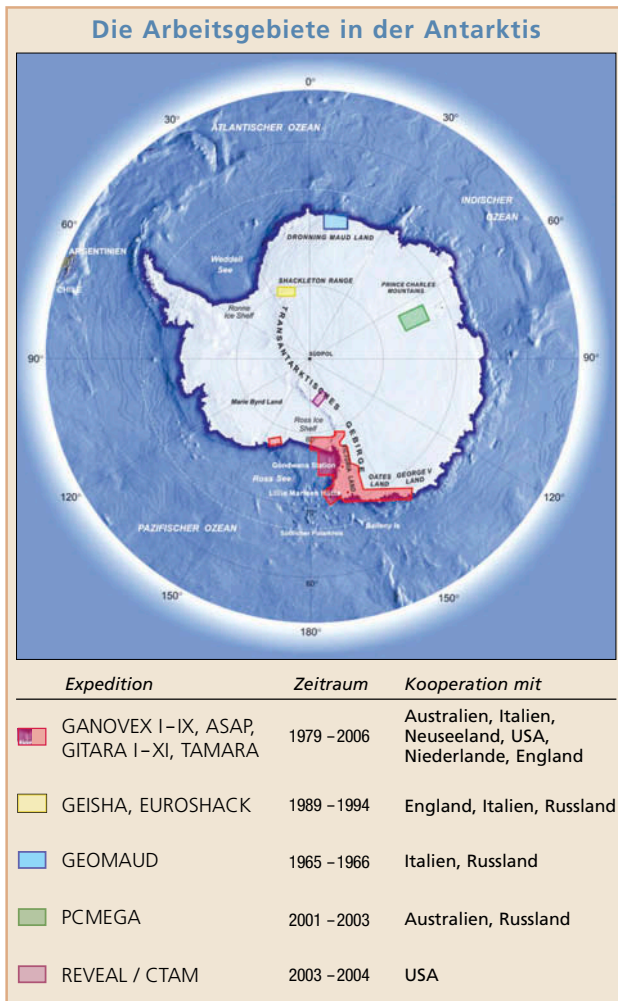


Lillie Marleen Hut

THIS HUT IS A HISTORIC MONUMENT AND PRESERVED
IN ACCORDANCE WITH THE PROVISIONS
OF THE ANTARCTIC TREATY.
IT WAS ERECTED IN 1979 DURING THE FIRST
GERMAN ANTARCTIC NORTH VICTORIA LAND
EXPEDITION (GANOVEX I 1979/80) AND
TOGETHER WITH THE NEARBY MEMORIAL STONE
COMMEMORATES THE SINKING OF "MV GOTLAND II"
IN 1931 DURING GANOVEX II.



Mit der Lillie-Marleen-Hütte wurde eine erste feste Basis für die Geländearbeiten im Inneren des Nord-Victoria-Landes errichtet. Als erste deutsche „Historische Stätte“ auf dem antarktischen Kontinent wurde sie 2005 unter internationalen Denkmalschutz gestellt.



(German Antarctic North Victoria Land Expedition). Um auch Informationen über die Struktur der Erdkruste in den angrenzenden eisbedeckten Gebieten zu erhalten, die rund 97 % des antarktischen Kontinents einnehmen, werden bei allen Land-Expeditionen auch geophysikalische Methoden eingesetzt wie die Aeromagnetik, die Gravimetrie oder das Eisdicken-Radar. Einige der eigens dafür erforderlichen polartauglichen Messgeräte wurden von der BGR entwickelt.

Internationale Kooperation ist bei der Erforschung der Antarktis angesichts ständig steigender Logistik-Kosten und gleichbleibender Haushaltsmittel unumgänglich. Wichtige Kooperationspartner der BGR sind unsere „Stationsnachbarn“ am Ross-Meer, Forscher aus Italien und den USA. Gemeinsam mit australischen Forschern wurde eine Expedition (PCMEGA 2002/2003) in das Gebiet des Lambert-Gletschers in der Ostantarktis, des größten Gletschers der Erde, und in die flankierenden Prince Charles Mountains durchgeführt. Damit wurde an frühere Forschungsarbeiten in der Ostantarktis, im Dronning-Maud-Land, angeknüpft. Die BGR unterstützte internationale Bohr-Projekte zur Untersuchung des Ross-Meer-Schelfs (Cape Roberts Project 1998/1999, ANDRILL 2006/2007), die neben Aussagen zum geologischen Bau des antarktischen Kontinentrandes vor allem Informationen zur Klimaentwicklung lieferten.

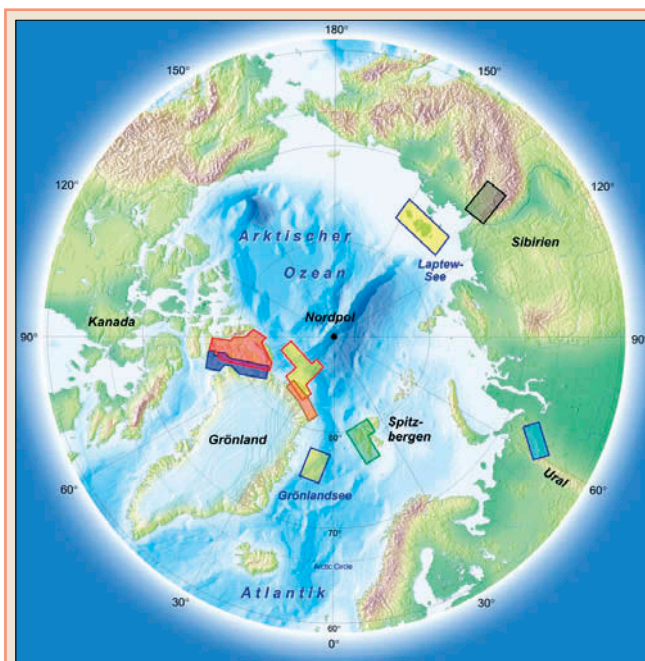
Bei der Erstellung von geowissenschaftlichen Karten der Polargebiete spielt die internationale Kooperation ebenfalls eine große Rolle. So hat

die BGR von einem sich noch in Arbeit befindenden deutsch-italienischen geologischen Kartenwerk des Nord-Victoria-Landes im Maßstab 1 : 250 000 bereits sieben Kartenblätter publiziert. Mehrere Anomalienkarten des erdmagnetischen Feldes im Nord-Victoria-Land sind in Zusammenarbeit mit den USA entstanden. Neue geographische Namen mit Bezug auf die Antarktischforschung der BGR (wie BGR Névé, GANOVEX Range) haben inzwischen auf internationalen topographischen Kartenblättern des Nord-Victoria-Landes Einzug gehalten.

Nachdem die BGR bereits von 1974 bis 1977 auf der Suche nach neuen Rohstoffquellen großräumige seegeophysikalische Untersuchungen in der Arktis durchgeführt hatte, begannen Anfang der 90er Jahre auch landseitige Forschungsarbeiten. Mit CASE (Circum-Arctic Structural Events) wurde ein interdisziplinäres, geowissenschaftliches Programm entwickelt, das auf die Klärung der plattentektonischen Prozesse und der damit verbundenen Strukturen vor und während der bis heute andauernden Öffnung des Arktischen Ozeans ausgerichtet ist. Auf dieser Grundlage sind auch Aussagen über das Rohstoff-Potenzial der arktischen Kontinentränder möglich. Im Gegensatz zur Antarktis sind die Land-

regionen rund um den Arktischen Ozean nationale Hoheitsgebiete, wo Forschungsarbeiten nur in Kooperation mit den Anrainerstaaten möglich sind. Der ersten CASE-Expedition 1992 sind inzwischen neun weitere gefolgt, begleitet von geophysikalischen Projekten. Schwerpunktgebiete sind Spitzbergen, Nord-Grönland, die kanadische Ellesmere-Insel einschließlich der angrenzenden Nares-Straße und der Lincoln-See sowie das nördliche Sibirien. Mit ihren Untersuchungen hat die BGR zu den offiziellen geologischen Kartenwerken von Spitzbergen (1 : 100 000) und der kanadischen Ellesmere-Insel (1 : 250 000) beigetragen.

Ein anderes „Neuland“ – zumindest was die Kartierung betrifft – ist der deutsche Nordseesektor, obwohl die Nutzung seines Geopotenzials in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen ist. Das flache Schelfmeer wird zunehmend für die Verlegung von Pipelines und Kabeltrassen, den Bau von Offshorewindenergieanlagen oder auch für die Sand- und Kiesgewinnung genutzt. Es wurden aber auch größere Gebiete der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) unter Naturschutz gestellt. Um der daraus resultierenden Nachfrage nach grundlegenden Geoinformationen (z. B. Aufbau der



Die Arbeitsgebiete in der Arktis

<i>Expedition</i>	<i>Zeitraum</i>	<i>Kooperation mit</i>
Ellesmere-Insel CASE 4, 5, 6, 7, 8	1998 – 2001 2004	Kanada
Lincoln See PMAP-CASE, NOGRAM	1997 – 1998	Kanada
Nares Strait I + II	2001 – 2003	Kanada
Spitzbergen CASE 1, 9, 10	1992 – 2006 2007	Norwegen, England, Frankreich
Nord Grönland CASE 2	1994	Grönland, Dänemark, England, Frankreich
Moms Rift, Sibirien CASE 3	1998	Russland
Polarer Ural	2001 – 2003	Russland
Marine Seismik Laptewsee Ostgrönland	1993, '94, '97 1988	Russland

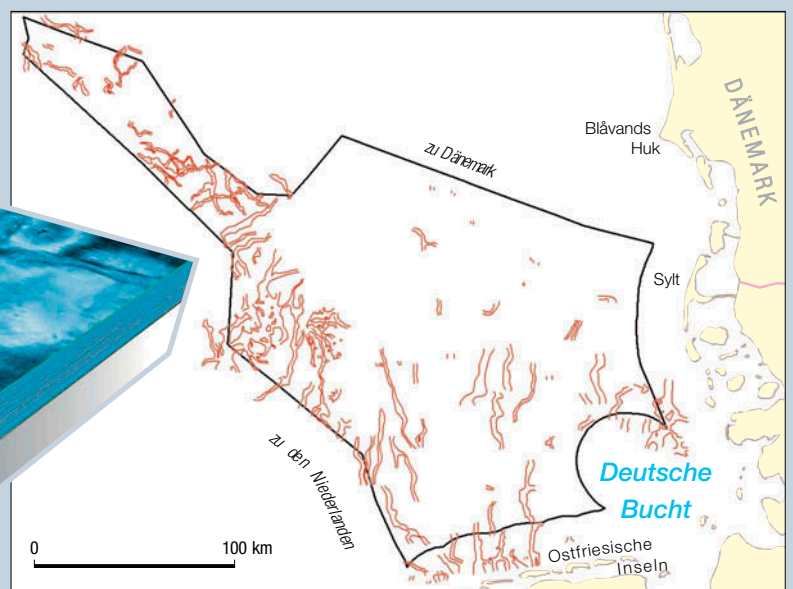
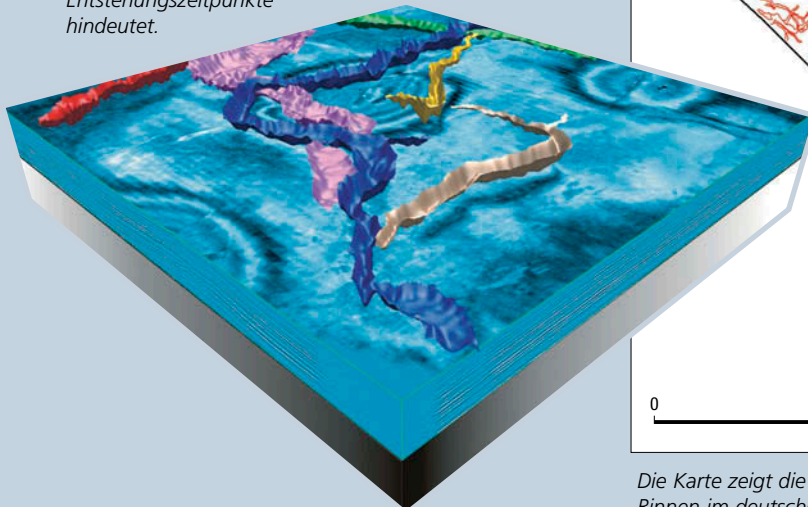
obersten 10er bis 100er Meter unter dem Meeresboden, Eigenschaften des Meeresbodens etc.) gerecht zu werden, hat die BGR im Jahr 2002 ein Projekt gestartet, um die flächendeckende Kartierung des oberflächennahen Untergrundes des deutschen Nordseesektors durchzuführen. Anders als die nahezu flächendeckend verfügbaren geologischen Kartenwerke an Land, gab es bisher keine vergleichbare geologische Kartierung der deutschen Nordsee, die diese Informationen zusammenfasst. Hierzu werden – neben der Kompilation von seismischen Daten und Bohrungsdaten der Kohlenwasserstoff-Industrie und wissenschaftlicher Projekte – auch eigene Seismikvermessungen und geologische Beprobungen während verschiedener Schiffsexpeditionen durchgeführt. Ergänzend ist im Sommer 2007 eine spezielle gravimetrische Befliegung großer Teile des deutschen Nordseesektors durchgeführt worden. Alle Daten werden digital erfasst, ausgewertet und in einem GIS/FIS-System verfügbar gemacht.

Dazu seien einige Beispiele genannt. Die digitale Kartierung subglazialer Rinnensysteme in den seismischen Aufzeichnungen ergab, im Vergleich zum bisherigen Kenntnisstand, ein exakteres Bild des Verlaufs und Auftretens dieser, heute vollständig

verfüllten, ehemaligen Drainagesysteme der Eismassen des Quartärs. Dabei können die genauen geographischen Positionen der Ränder und der Tiefenverlauf der Rinnenbasen dargestellt werden. Diese Rinnensysteme sind teilweise bis zu 500 m in den Untergrund eingeschnitten. In Bereichen, die mit 3D-Seismik vermessen worden sind, ist sogar eine räumliche Darstellung der sich teilweise in mehreren Generationen überschneidenden Systeme möglich.

Die Interpretation seismischer Profile und die flächige Kartierung von Reflektoren erfordern auch stratigraphische Informationen, die eine Alterseinstufung einzelner seismischer Reflektoren ermöglichen. Solche zeitlichen Informationen lassen sich beispielweise aus der Untersuchung von Mikrofossilien (wie Kalknannoplankton und Dinoflagellatenzysten) ableiten. Im südlichen Nordsee-Raum gab es bisher nur wenige bzw. gar keine detaillierte Untergliederung, insbesondere des Abschnitts über der Mittelmiozän-Diskordanz (dem Zeitabschnitt von vor etwa 12 Millionen Jahren bis heute). Aus Untersuchungen von Proben der Bohrung G-11-1 sind jetzt erste zeitliche Einordnungen seismischer Horizonte in diesem Raum möglich.

Räumliches Modell subglazialer Täler (3D-Seismik). Die Darstellung hat eine Seitenlänge von ca. 15 km. Einige Täler überschneiden sich gegenseitig, was auf unterschiedliche Entstehungszeitpunkte hindeutet.



Die Karte zeigt die nach neuesten BGR-Messungen präzisiertere Lage der subglazialen Rinnen im deutschen Nordseesektor.

Die systematische Erfassung und Datierung von Torfvorkommen, die oft nur wenige Meter unter dem Meeresboden auftreten, erlaubt die Rekonstruktion des Verlaufs des relativen Meeresspiegelanstiegs seit dem Ende der letzten Vereisung vor etwa 20 000 Jahren. Die Torfe bildeten sich im Küstenbereich, als der Grundwasserspiegel mit dem, durch die Eisabschmelzung wieder zunehmenden Meeresspiegel anstieg. Daraus lässt sich der relative Verlauf des Meeresspiegelanstiegs kartieren. Dabei konnten Zonen identifiziert werden, die als Folge isostatischer Ausgleichsbewegungen der Erdkruste nach dem Abschmelzen der Eismassen unterschiedlich schnell aufsteigen bzw. auch absinken.

Ein neues Projekt ist die deutschlandweite Aero-geophysik-Hubschrauberbefliegung zur Kartierung der Oberfläche und des Untergrundes bis in die ersten hundert Meter Tiefe (D-AERO). 2007 fand eine erste Befliegung zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt in Vilshofen statt. Sie gab Aufschluss über die räumliche Struktur und Beschaffenheit des Untergrundes. In Zusammenarbeit mit weiteren geologischen Landesämtern oder anderen Forschungsinstitutionen werden weitere Befliegungen in Deutschland realisiert. Im Jahr 2008 sind Befliegungen an der Nordseeküste, im Werratal und in Bayern durchgeführt worden. Ein einheitlicher Standard während der gesamten 10- bis 12-jährigen Projektlaufzeit gewährleistet, dass die Daten zu einer weitgehend flächendeckenden Kartierung zusammengefasst und in das Fachinformationssystem Geophysik des Institutes für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben eingespeist werden können.



*Der BGR-Hubschrauber
in der Startphase,
vor dem Flug und
beim Einsatz
über der Nordsee.*



Geodaten für die Umwelt – die neue EU-Richtlinie INSPIRE

Am 15. Mai 2007 trat die neue EU-Richtlinie zum Aufbau einer Europäischen Geodateninfrastruktur „INSPIRE“ (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) in Kraft. Ziel der Richtlinie ist es, die grenzübergreifende Nutzung von umweltrelevanten Geodaten in Europa zu erleichtern. Aufeinander abgestimmte, länderübergreifende und vergleichbare raumbezogene Informationen sollen der EU-Politik, der Wirtschaft und den Bürgern der Europäischen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt werden. Diese aufbereiteten Informationen sollen durch webbasierte Onlinedienste verfügbar gemacht werden.

Unter **Geodaten** versteht man Daten, denen auf der Erdoberfläche eine bestimmte räumliche Lage (z. B. durch geographische Koordinaten oder Hoch- und Rechtswerte) zugewiesen werden kann. Geodaten werden in Geobasisdaten und Geofachdaten unterteilt und liegen in Form von Flächen-, Linien- und Punktdaten digital vor.

Geobasisdaten sind grundlegende amtliche Daten, die die Landschaft (Topographie), die Grundstücke und die Gebäude anwendungsneutral beschreiben. Geofachdaten sind thematische Daten, wie z. B. zur Geologie oder zum Boden. Sie allein sind ohne Geobasisdaten nicht oder nur schwer interpretierbar, weil die Orientierung fehlt. Ein Beispiel für die Kombination von Geobasis- mit Geofachdaten ist die Geologische Karte.

Die BGR befasst sich ausschließlich mit Geofachdaten. Aufgrund des föderalen Systems der Länderzuständigkeiten ist die BGR für bundesländerübergreifende Übersichtskarten zuständig (Geologie, Hydrogeologie, Bodenkunde und oberflächennahe Rohstoffe).

Mit der EU-Richtlinie INSPIRE sollen per Gesetz Umweltinformationen, die in staatlichen Institutionen der EU-Länder gesammelt und aufbereitet werden, häufig aber wenig bekannt und zugänglich sind, allgemein verfügbar gemacht werden. Zahlreiche fachliche und technische Einzelheiten sind in der INSPIRE-Richtlinie selbst nicht geregelt. So müssen komplexe Prozeduren entwickelt werden, insbesondere die Erarbeitung von Standards zur Umsetzung der Richtlinie, die sogenannte Umsetzungsrichtlinie (Implementing Rules).

Insgesamt müssen 34 Themengruppen entsprechend der Umsetzungsrichtlinie aufeinander abgestimmt und standardisiert werden (u. a. Datenformate, Definitionen, Klassifikationen, Hierarchien, Thesauri und Attribute der raumbezogenen Daten). Die Themengruppen umfassen Informationen zahlreicher, ganz unterschiedlicher Fachgebiete wie Katasterdaten, Daten zu Biotopen, Landnutzung, Meteorologie, Schutzgebiete aller Art, aber auch zu den geowissenschaftlichen Themen Geologie, Boden, natürliche Risikozonen, Energierohstoffe und mineralische Rohstoffe.

Die BGR ist aktiv an der Erstellung der Umsetzungsrichtlinie innerhalb des Entwurfsteams „Datenspezifikationen“ (Data Specifications) beteiligt. Außerdem wirkt die BGR als sogenannte „Legally Mandated Organisation“ am Review, der Kommentierung und Modifikationen aller Entwurfsrichtlinien mit. Hierbei bezieht sie aktiv und koordinierend die deutschen Bundesländer über die Bodeninformationssystem-Steuerungsgruppe mit ein. Damit trägt die BGR, zusammen mit den Staatlichen Geologischen Diensten, zu gesetzlichen Grundlagen für geowissenschaftliche raumbezogene Daten bei.

Parallel dazu muss ein Netzwerk von Diensten aufgebaut werden, um die dezentral verteilten Daten bereitstellen zu können. Dafür ist in Deutschland GDI-DE verantwortlich – die BGR steht hier beratend zur Seite.

- GDI – Geodateninfrastruktur: Komplexes Netzwerk zum Austausch von Geodaten, in dem Geodatenproduzenten, Dienstleister im Geo-Bereich sowie Geodatennutzer über ein physisches Datennetz, in der Regel das Internet, miteinander verknüpft sind.
- GDI-DE – Geodateninfrastruktur auf Ebene der Bundesrepublik Deutschland: Hier sind Bund, Länder und Kommunen unter Federführung des Bundesministeriums des Innern beteiligt.

Die Richtlinie muss von den Mitgliedsstaaten der EU innerhalb von zwei Jahren in jeweils nationales Recht umgesetzt werden. In Deutschland geschieht dies analog dem Verwaltungsverfahrensgesetz, demgemäß in einer Bund-Länderarbeitsgruppe ein Bundes-

gesetz sowie 16 wortgleiche Ländergesetze erarbeitet werden. Die Federführung für den INSPIRE-Prozess und die Umsetzung innerhalb der Bundesregierung liegen beim Bundesministerium für Umwelt.

Mit der Umsetzung in nationales Recht (voraussichtlich Ende 1. Quartal 2009) kommen auf die BGR und voraussichtlich auch auf die Staatlichen Geologischen Dienste neue Aufgaben zu: Zuerst gilt es, die Metadaten (Daten über Daten, also die Datenbeschreibungen) nach den INSPIRE-Regeln verfügbar zu machen. Dann werden in einem weiteren Schritt die geowissenschaftlichen Fachdaten aufbereitet und über spezielle INSPIRE Internet-Geoportale verfügbar gemacht.

Spätestens bis zum Jahr 2019 müssen nach dem INSPIRE-Zeitplan alle INSPIRE-Geodaten öffentlich verfügbar sein. Diese werden nachhaltig die Geodatenlandschaft in Deutschland und Europa beeinflussen: Für die Öffentlichkeit, Politik und Wirtschaft werden Geodaten dann transparenter und zugänglicher sein.



Arktis-Expedition „CASE 10“ nach Spitzbergen

Im Sommer 2007 führte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) die Arktis-Expedition CASE 10 durch. Ziel war der unter norwegischer Verwaltung stehende Archipel Svalbard, wo die nördlichen Teile der Inseln Spitzbergen und Nordaustlandet untersucht wurden. 15 Jahre nach dem Beginn geologischer Arbeiten in den Landgebieten rund um den Arktischen Ozean im Rahmen des Programms „Circum-Arctic Structural Events“ (CASE) und der ersten Expedition nach Spitzbergen (1992) war damit der Svalbard-Archipel erneut das Ziel wissenschaftlichen Interesses.

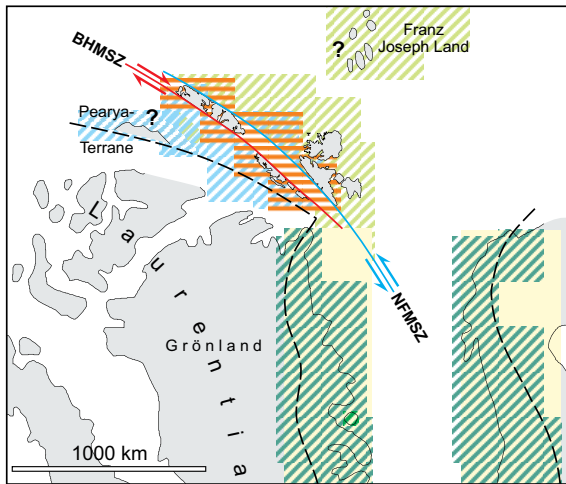


Lage Spitzbergens im europäischen Nordmeer.

In der Arktis besteht die einmalige plattentektonische Konstellation, dass ein Ozeanbecken fast vollständig von Kontinenten umgeben ist. Die CASE-Expeditionen versuchen, das „arktische Puzzle“ von Kontinenten und Kontinentsplittern zu entschlüsseln, das nach der Öffnung des Polarmeeres und der Trennung von Europa und Amerika entstanden war. Um die „Puzzle-Teile“ vergleichen und wieder

zusammenfügen zu können, müssen ihr geologischer Aufbau und ihre zeitliche Entwicklung genau bekannt sein. Für die Vertiefung des Kenntnisstandes über Aufbau und Entwicklung des Grundgebirges Svalbard führten die Wissenschaftler der BGR, der Universitäten Erlangen, Bremen und Idaho (USA) sowie der Store Norske Spitsbergen Grubekompani (SNSK Longyearbyen) strukturgeologische und petrographische Untersuchungen durch. Die Entnahme von Gesteinsproben für Altersbestimmungen und die Klärung der Hebungsgeschichte Svalbards ergänzten das Untersuchungsprogramm.

Svalbard ist vermutlich aus mindestens drei Krustenfragmenten (Terranes) aufgebaut (westliches, zentrales und östliches Terrane), die während einer späten Phase der kaledonischen Gebirgsbildung (siehe Kastentext folgende Seite) entlang von Bewegungsbahnen (Scherzonen) zusammengefügt wurden. Die Geländearbeiten während CASE 10 haben gezeigt, dass die bisherigen Interpretationen der Entwicklung des kaledonischen und prä-kaledonischen Grundgebirges Spitzbergens völlig neu überdacht werden müssen. Das bedeutendste Ergebnis ist die Entdeckung von zwei spät-kaledonischen „plastischen“ Megascherzonen (siehe Abb. folgende Seite): die Biskayar-Halbinsel-Megascherzone (BHMSZ) zwischen dem westlichen und zentralen Terrane sowie die Ny-Friesland-Megascherzone (NFMSZ) zwischen zentralem und östlichem Terrane. Während „plastische“ Scherbewegungen in Ny Friesland entlang der NFMSZ bereits früher erkannt worden waren, ist die BHMSZ ein völlig neues Strukturelement, das einen rechtsgerichteten Bewegungssinn aufweist. Mit mindestens 6 km Breite stellt sie eine bedeutende Plattengrenze dar, die während der Spätphase der kaledonischen Gebirgsbildung wahrscheinlich das westliche Terrane und das zentrale Terrane zusammengefügt hat.



- westliches Terrane
- zentrales Terrane
- östliches Terrane
- Kaledoniden
- BHMSZ:** Biskayar-Halbinsel-Megascherzone
- NFMSZ:** Ny-Friesland-Megascherzone

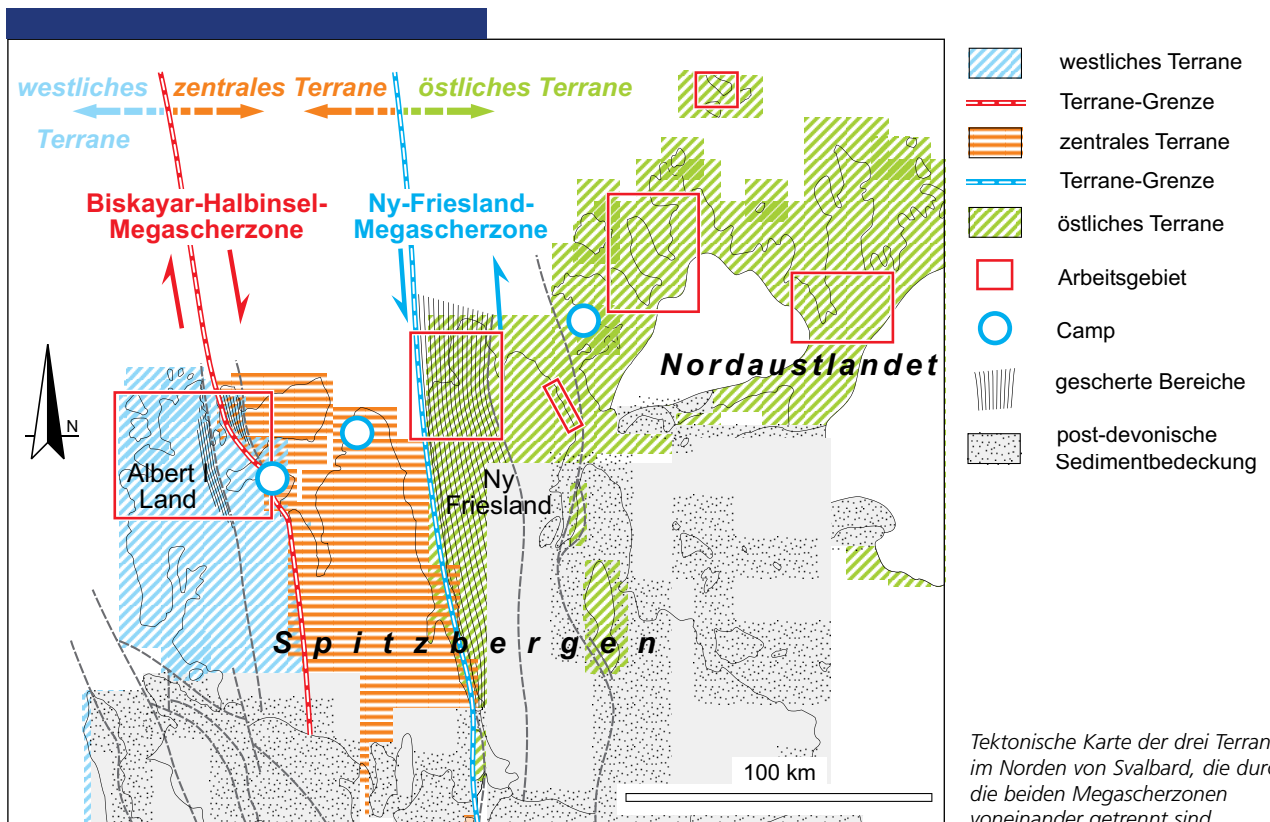
Kaledonische Gebirgsbildung (Kaledoniden)

Die kaledonische Gebirgsbildung reichte vom Kambrium bis zum Devon (etwa von 570 bis 405 Millionen Jahre). Die Hauptfaltung, begleitet von Metamorphosen und Granitintrusionen, ereignete sich im späten Silur (um 420 Millionen Jahre).

Zur Gebirgsbildung kam es durch die Kollision der alten Kontinente Baltica (heute Nordeuropa) und Laurentia (heute Nordamerika einschließlich Grönland) sowie kleinerer Krustensplitter (z. B. die Svalbard-Terranes), die sich letztendlich im Old-Red-Kontinent (auch Laurussia genannt) vereinigten.

Reste der Kaledoniden findet man heute in Svalbard, Skandinavien, Schottland, Mittelengland, Irland, Ostgrönland, Neufundland und den nord-amerikanischen Appalachen. **Caledonia** ist der lateinische Name für Schottland.

Rekonstruktion der Lage der Svalbard-Terranes zur Zeit der Kaledoniden.



- westliches Terrane
- Terrane-Grenze
- zentrales Terrane
- Terrane-Grenze
- östliches Terrane
- Arbeitsgebiet
- Camp
- gescherte Bereiche
- post-devonische Sedimentbedeckung

Tektonische Karte der drei Terranes im Norden von Svalbard, die durch die beiden Megascherzonen voneinander getrennt sind.



Der Gletscher Seligerbreen.

Die kilometerbreiten Ausmaße der beiden Scherzonen (NFMSZ und BHMSZ) und die Intensität der Scherbewegungen bestätigen, dass es sich bei beiden Strukturen um echte Platten- bzw. Terrane-Grenzen handelt. Obwohl beide Megascherzonen etwa NNW-SSE streichen und nahezu parallel orientiert sind, ist die BHMSZ durch eine rechtsgerichtete und die NFMSZ durch eine gegenläufige, linksgerichtete Kinematik gekennzeichnet. Problematisch dabei ist, dass der enge Zeitraum am Ende der kaledonischen Gebirgsbildung für eventuelle Umstellungen der großräumigen plattentektonischen Konstellation von einem rechtsgerichteten auf ein linksgerichtetes Regime oder umgekehrt kaum Spielraum lässt.

Bisherige plattentektonische Rekonstruktionen für die kaledonische Zeit gingen davon aus, dass das westliche Terrane nördlich von Grönland, das östliche Terrane in der Nähe von Ostgrönland und das zentrale Terrane dazwischen gelegen haben. Die Existenz einer rechtsgerichteten Megascherzone zwischen dem westlichen und dem zentralen Terrane spricht jedoch dafür, dass Teile Spitzbergens nicht, wie bisher angenommen, aus Südosten in ihre heutige Position verschoben wurden, sondern – im Gegenteil – aus Nordwesten und damit aus der Nähe des sogenannten Pearya-Terranes am Nordrand der amerikanischen Kontinentalplatte. Die Herkunft des östlichen Terranes (relativ zum zentralen Terrane) liegt sicherlich im Südosten, allerdings ist eine Korrelation des Grundgebirges des östlichen Terranes mit Ostgrönland nach den neuen Untersuchungen nicht mehr so zwingend.



Mit dem Schlauchboot auf dem Weg ins Gelände.

Die Problemstellung von CASE 10 wurde im Sommer 2008 mit der Expedition CASE 11 nach Ellesmere Island (kanadische Arktis) weiterverfolgt. Dort ist ein etwa 150 km langes und 40 km breites Krustenfragment, das Pearya-Terrane, aufgeschlossen, das geologisch nicht zu Nordamerika gehört, sondern vermutlich in enger Verbindung mit Spitzbergen steht. Durch die Expeditionen CASE 10 und CASE 11 kann die geologische Entwicklung dieser beiden, heute auf zwei Kontinenten liegenden und durch Ozeane voneinander getrennten Gebiete direkt verglichen werden. Ob das kanadische Pearya-Terrane mit einem der drei Svalbard-Terranes korreliert werden kann, werden die Untersuchungen und Auswertungsergebnisse der mitgebrachten Gesteinsproben zeigen.

Die Untersuchungen im Rahmen von CASE tragen dazu bei, dass die Kenntnisse über den geologischen Aufbau der immer noch wenig erforschten Arktis intensiviert werden mit dem Ziel, die erdgeschichtliche Entwicklung dieses Raumes zu rekonstruieren. Diese Rekonstruktion ist Bedingung für die Voraussage des Potenzials für Erdöl- und Erdgaslagerstätten in den großen Sedimentbecken, die sich heute getrennt voneinander auf den zirkum-arktischen Schelfgebieten befinden.



Feldarbeiten im Bereich der Biskayar-Megascherzone mit plastisch deformierten („angewalzten“) Gesteinen.



Plastisch deformierte Gesteine im Bereich der Lerner-Scherzone.

Camp Kinnvika.



Beim Abendessen am Ende eines langen Arbeitstages.





Geowissenschaftliche Zusammenarbeit



Geowissenschaftliche Zusammenarbeit

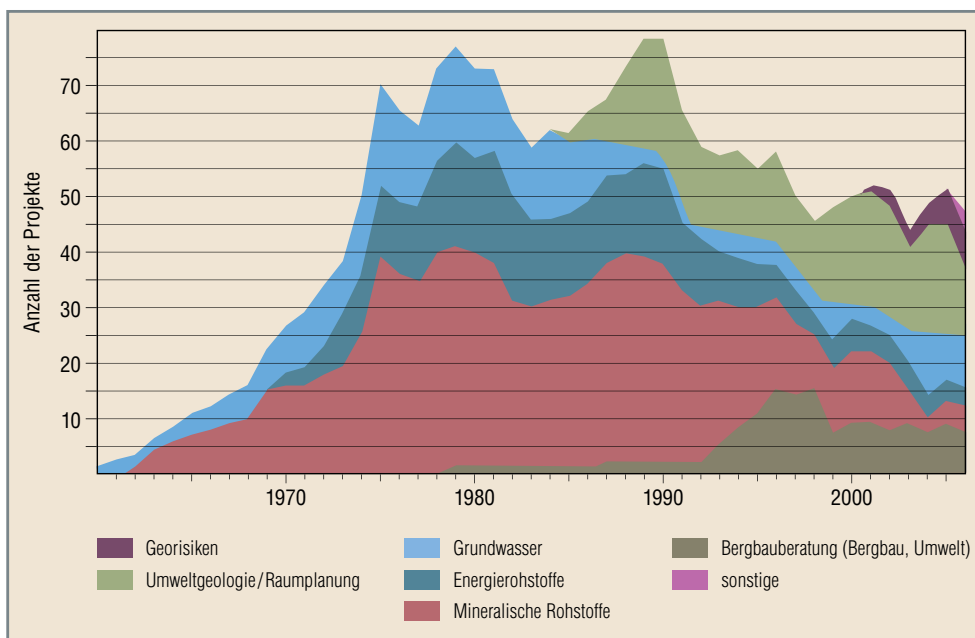
50 Jahre BGR sind auch 50 Jahre Technische Zusammenarbeit

Schon kurz nach Gründung der damaligen Bundesanstalt für Bodenforschung (heute BGR) wurden der BGR Aufgaben im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit (TZ) übertragen. Ziel war es, die Partnerländer mit Informationen, Kenntnissen und Instrumenten zu versorgen, die sie in die Lage versetzen, in ihren Ländern eine ökonomische und soziale Entwicklung zu fördern, ohne dabei den Grundkonsens einer nachhaltigen Entwicklung zu vernachlässigen. Dabei entstand zwischen den „Forschern“ und den „Partnern“ ein Rückkopplungsmechanismus, in dem neue Produkte entwickelt wurden. Sie wurden in der Praxis der Entwicklungszusammenarbeit auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft und die sich daraus ergebenden Fragestellungen an die „Wissenschaft“ zurückverwiesen.

Standen zu Anfang der TZ der BGR vorrangig noch Interessen zur Versorgung der Bundesrepublik mit industriell nutzbaren Rohstoffen im Vordergrund, so änderten sich die Auftragsinhalte im Laufe der

Jahre. Dabei ist eindeutig eine Abhängigkeit zu erkennen, die im Wesentlichen durch die gesamt-politischen Rahmenbedingungen der Bundesrepublik sowie durch Globalereignisse bedingt war, wie aus der Graphik auf der folgenden Seite abgelesen werden kann.

Mit zunehmender Integration der Bundesrepublik in den Kreis der internationalen Staatengemeinschaft übernahm sie auch vermehrt Verantwortung gegenüber den Entwicklungsländern. Gleichzeitig und im Zuge der internationalen Diskussion über die „Endlichkeit der Ressourcen“ Mitte der 60er Jahre, übertrug die Bundesregierung der BGR eine Vielzahl von Projekten zur Erfassung und Bewertung insbesondere mineralischer Rohstoffe wie Kupfer, Gold, Eisen, Mangan etc. Dies führte zu einer raschen Verdreifachung des Auftragsvolumens in der 2. Hälfte der 60er Jahre. Weitere Höhepunkte der Auftragsvergabe (1971–1981) waren dann auch die Jahre der beiden Erdölkrisen.



Thematische Verteilung der BGR-Projekte Technischer Zusammenarbeit während der letzten 50 Jahre.

Die Verpflichtung der Bundesrepublik, Ausgaben für die Entwicklungszusammenarbeit auf 0,7 % des BSP zu steigern, führte bis zum Jahr 1990 zu einem weiteren Höhepunkt der Beauftragungen in der Geo-TZ. Danach führten die Haushaltsbelastungen als Folge der Wiedervereinigung zu einer schrittweisen Rücknahme der Entwicklungsausgaben auf heute etwa 0,3 %. Dies hatte auch einen Rückgang bei den Beauftragungen der BGR zur Folge.

Inhaltlich war die Ausrichtung im Geo-TZ-Sektor den globalen Veränderungsprozessen ebenfalls stark unterworfen. Waren bis Ende der 80er Jahre vor allem mineralische Rohstoffe und Energierohstoffe zentrale Inhalte der BGR-Arbeiten in den Entwicklungsländern, so änderte sich das u. a. im Zuge der UN-Wasserdekade und der UN-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro in den 90er Jahren. Seit einigen Jahren sind auch Aufgaben zum internationalen Naturkatastrophen-Management (UN-Dekade) wesentlicher Bestandteil des BGR-Engagements in den Entwicklungsländern.

Im ersten Vierteljahrhundert ihres Bestehens bestand die TZ der BGR vor allem in der Erkundung und Bewertung von Rohstoffpotenzialen, gekennzeichnet durch ausgeprägte Geländetätigkeiten, seit

den 90er Jahren allerdings haben sich Art und Inhalt der TZ stark verändert. Seitdem bestimmen Beratungsleistungen das Bild als Folge der zunehmenden Selbstständigkeit der Partner in den Entwicklungsländern.

Viele der vormals von der BGR durchgeführten Arbeiten und Untersuchungen werden inzwischen von den Partnern in Eigenverantwortung übernommen. Heute ist die BGR gefragt, Anleitungen zum Wissensmanagement zu geben, zum Aufbau organisatorischer Strukturen beizutragen und den Partnern die Teilhabe am internationalen Wissensdialog und Erfahrungsaustausch zu ermöglichen. Bestimmend sind Fragestellungen wie z. B. zum grenzüberschreitenden Grundwassermanagement oder fachliche Beiträge zur Lösung der Konfliktpotenziale, die im Zuge unterkontrollierter Rohstoff-Nutzungen aufgetreten sind. Weiterhin aber ist die BGR anerkannter Partner der Entwicklungsländer beim Transfer von neuen Technologien, Interpretationsinstrumenten und Methoden.

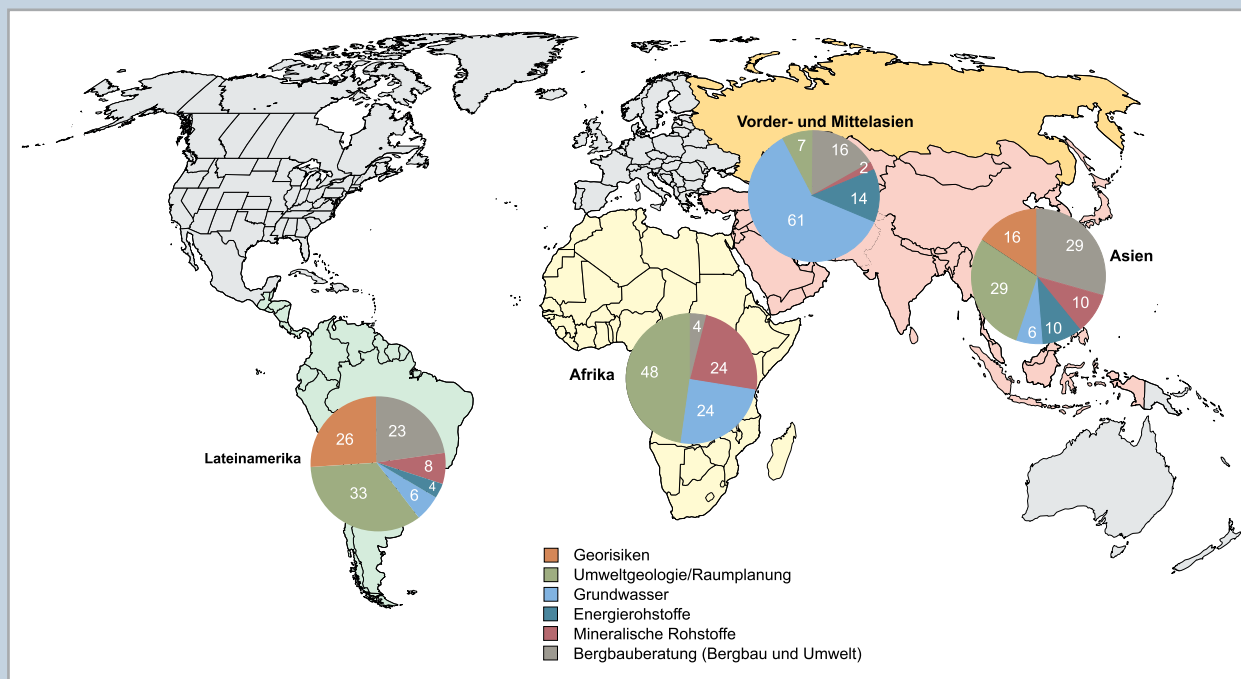
Im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit hat die BGR in den letzten 50 Jahren Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung in mehr 130 Entwicklungsländern mit einer Gesamtbeauftragung von umgerechnet mehr als 200 Millionen Euro geliefert.

In allen vier Sektoren der nachhaltigen Entwicklung werden Fachberatungen erbracht, die auf eine Stärkung der sozialen Gerechtigkeit, Demokratie und Rechtsstaatlichkeit, auf ökologische Nachhaltigkeit sowie auf Effizienz und Effektivität in den Partnerländern ausgerichtet sind. Damit unterstützt die BGR die von der Bundesregierung mitgetragenen Millennium Development Goals (MDG).

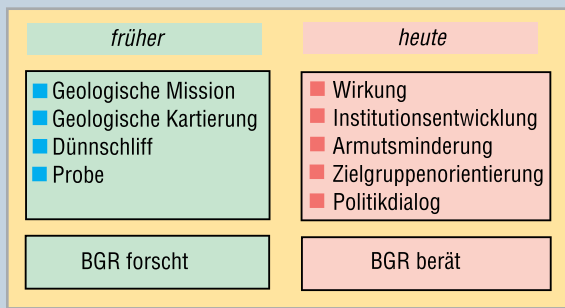
Auch der Geosektor trägt in den Partnerländern fundamental zur Ausbildung einer ressourcenverantwortlichen, umweltschonenden und sozial gerechten Gesellschaftsentwicklung bei. Die Wirtschaftsentwicklung und Beschäftigung werden gefördert, Armut vermindert. Das Ressourcen-

Management wird transparent, und die Zivilgesellschaft nimmt an den regionalen Entwicklungsentscheidungen teil.

Regional waren die BGR-Projekte in den letzten 50 Jahren beinahe gleichmäßig auf die Kontinente Amerika, Afrika und Asien verteilt. Die unten abgebildete Karte verdeutlicht, dass die Aufgabengebiete die natürlichen geologischen Gegebenheiten der Kontinente widerspiegeln. In Lateinamerika waren es vor allem Rohstofffragen und das Thema Grundwasser. Diese beiden Aufgabenstellungen machten auch in Afrika das Gros der Einsätze aus. Im Nahen Osten (Asien) dominierten naturgemäß Fragestellungen des Wassersektors. In Asien im engeren Sinne war das Aufgabenspektrum der BGR vielfältiger: Mineralische Rohstoffe, Wasser und Georisiken bildeten dort die Mehrzahl der Fragestellungen.



Regionale Verteilung der BGR-Projekte Technischer Zusammenarbeit während der letzten 50 Jahre (Zahlenangaben in %).

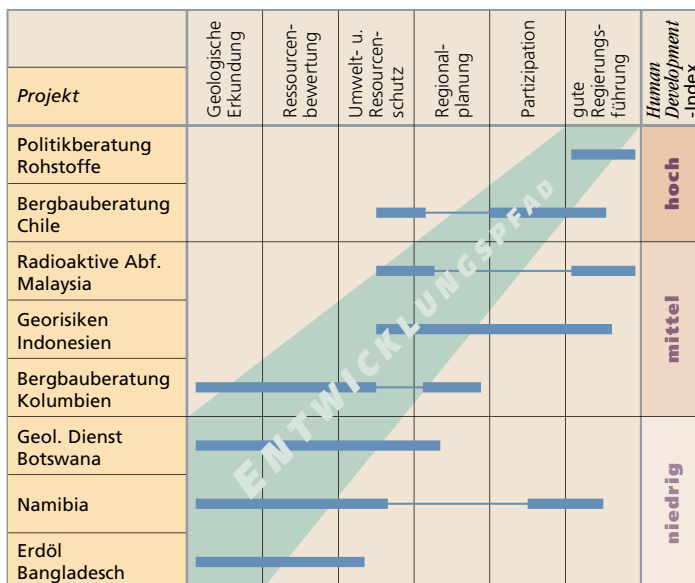


Veränderung der BGR-Aufgaben in der Technischen Zusammenarbeit im Laufe der letzten 50 Jahre.

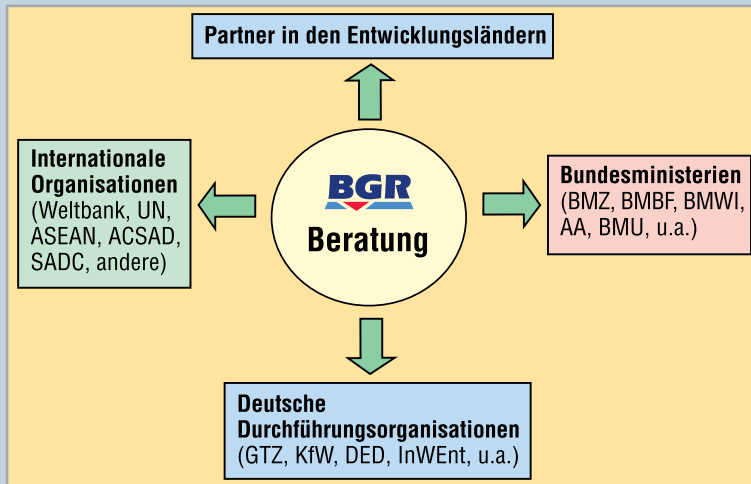
Wie aus der Abbildung oben entnommen werden kann, übernimmt die BGR heute Aufgaben, die den kompletten Geosektor abdecken. Damit verbunden ist auch ein erheblicher Anteil an Management- und Politikberatungen sowohl unserer Partner als auch unseres Auftraggebers, dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

So unterschiedlich die Partnerländer in ihrer Entwicklung sind, so unterschiedlich sind auch die Beratungsinstrumente, die zur Anwendung kommen. Die unten abgebildete Graphik erläutert dieses anhand einiger ausgewählter Beispiele.

Viele unsere Partnerländer sind (immer noch) wenig entwickelt wie z. B. Bangladesch. Daneben berät die BGR aber auch Länder, die Schwellenlandcharakter haben (z. B. Chile). Von unseren Kooperationspartnern erwarten die jeweiligen Gesellschaften Antworten auf Fragen, die sie heute betreffen. 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. Die Graphik stellt dar, welche Beratungsinhalte in den letzten Jahren geleistet wurden, um unsere Partner auf dem geologischen „Entwicklungspfad“ zu leiten.



BGR-Projekte Technischer Zusammenarbeit liefern einen Beitrag zur Wertschöpfungskette der Partnerländer.



Klienten der BGR-Beratung in der Entwicklungszusammenarbeit.

Die oben abgebildete Graphik führt die Klienten der BGR in der Entwicklungszusammenarbeit auf.

Technische Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern heute

Die deutsche Entwicklungspolitik hat das Ziel, die Lebensbedingungen der Menschen, insbesondere der armen Bevölkerungsschichten in den Partnerländern zu verbessern. Vier Leitmotive prägen die Arbeit in den verschiedenen Feldern und Schwerpunkten der deutschen Entwicklungspolitik:

- Armut bekämpfen,
- Frieden sichern und Demokratie verwirklichen,
- Globalisierung gerecht gestalten,
- Umwelt schützen.

Die qualifizierte Beratung von staatlichen Institutionen im Rahmen der Technische Zusammenarbeit ist ein Kernelement der deutschen Entwicklungspolitik. Hierdurch werden Entwicklungsprozesse unterstützt, um Menschen und Organisationen in die Lage zu versetzen, ihre Lebensbedingungen aus eigener Kraft zu verbessern.

Im Zuge der veränderten Anforderungen an die Kooperationspartner in den Entwicklungsländern wandelten sich auch die Beratungs- und Unterstützungsleistungen der BGR. Nach der anfänglichen Unterstützung bei Erkundung und Bewertung von Rohstoffpotenzialen stehen seit den 90er Jahren Beratungsleistungen im Vordergrund. Diese umfas-

sen Organisationsentwicklung, Wissensmanagement und Teilhabe am internationalen Wissensdialog und Erfahrungsaustausch.

Neben Fachberatungen liefert die BGR auch die Ausarbeitung von Sektorkonzepten sowie Länder- und Regionalstrategien für die deutsche Entwicklungszusammenarbeit. Gleichzeitig übernimmt sie wichtige Networking-Funktionen auf internationaler Ebene und etabliert Kontakte mit internationalen Partnern. Die Mitarbeiter der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe verfügen als die geowissenschaftlichen Experten der Bundesregierung über Fachwissen und langjährige Erfahrung in nahezu sämtlichen Bereichen der angewandten Geologie bis hin zu Bergbauaspekten. Darüber hinaus verfügen sie über methodische Beratungskennnisse und können so ihr Fachwissen in dem jeweiligen kulturellen Kontext angemessen vermitteln und einsetzen.

Schwerpunkte der Arbeiten liegen in den Bereichen:

- Nachhaltiges Management von Grundwasser und Boden,
- Bewertung und nachhaltige Nutzung von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen, Nutzung geothermischer Energie,
- Bergbauberatung (Bergaufsicht) und Bergbau-Umweltschutz,
- Umwelt- und Ressourcenschutz, Geologische Grundlagen der Raum- und Regionalplanung (z. B. für die Standortsuche von Deponien),
- Georisiken im Rahmen des Katastrophen-Managements.

Konferenz zur Transparenz im Rohstoffsektor, Weltwasserwoche in Stockholm, Seerechtskonvention der Vereinten Nationen

Auswahl Sektoraler Projekte der BGR

Da viele der TZ-Vorhaben aus den Jahren 2006/2007 unter den jeweiligen Fachkapiteln dargestellt werden, soll an dieser Stelle auf drei sektorale Projekte näher eingegangen werden. Zwei der Projekte haben Politikberatung zum Ziel und sind ausgerichtet auf einen

- rohstoff-wirtschaftlichen und
- Grundwasser/Wasser bezogenen Dialog sowohl innerhalb der deutschen Entwicklungszusammenarbeit als auch im internationalen Dialog.
- Das dritte Projekt dient der Umsetzung der Seerechtskonvention in ausgewählten Entwicklungsländern.

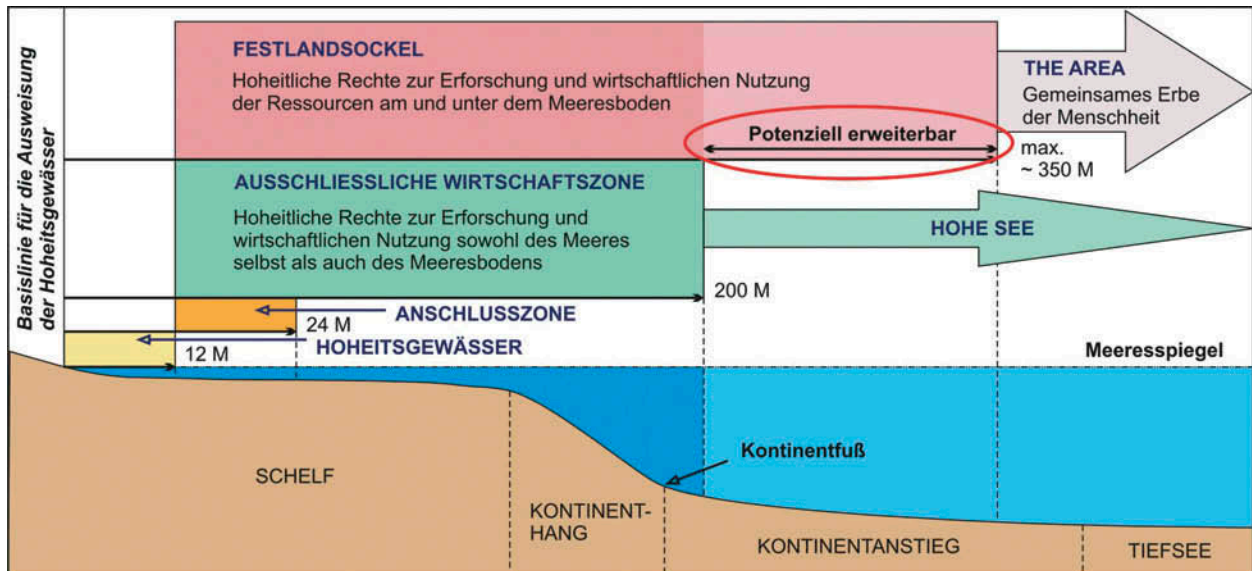
Dieser für die BGR relativ neue Ansatz stellt sicher, dass Politikkonzepte von vornherein im Einklang mit geowissenschaftlichen Leitlinien erarbeitet werden und dass die TZ der BGR in internationale politische Prozesse eingebettet ist. Das wird auch durch die folgenden Beispiele deutlich.

Internationale Konferenz zur Transparenz im Rohstoffsektor: Die BGR unterstützte das BMZ bei der inhaltliche Ausgestaltung einer G8-Konferenz zur Transparenz im Rohstoffsektor. In diesem Rahmen richtete die BGR mehrere Workshops zur Thematik Zertifizierung im Bereich mineralischer Rohstoffe aus und machte so auf die entwicklungspolitisch hohe Bedeutung dieses Themas aufmerksam. Hierbei ist die BGR eng in ein Netzwerk mit relevanten nationalen und internationalen Organisationen (Vereinte Nationen, Weltbank usw.) eingebunden.

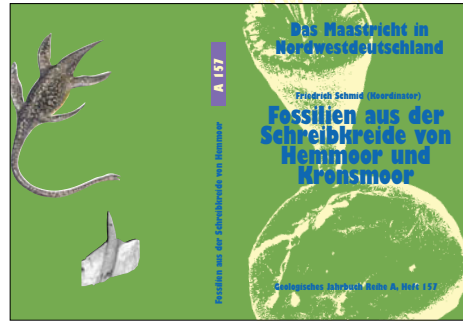
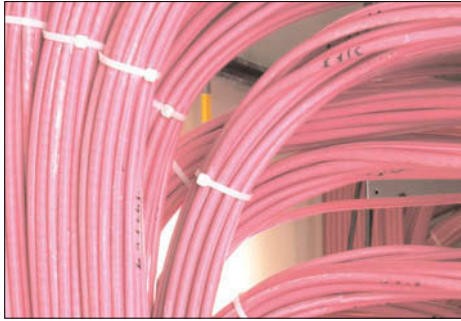
Seminare auf der Weltwasserwoche in Stockholm: Die BGR richtete auf dem wichtigsten internationalen Forum für Entscheidungsträger im Wassersektor mehrere Veranstaltungen aus, die auf die Relevanz der Thematik grenzüberschreitendes Grundwasser aufmerksam machten. Hierzu kooperiert die BGR mit Partnern wie dem Afrikanischen Ministerrat für Wasser und verschiedenen UN-Organisationen, um die zwischenstaatliche Kooperation hinsichtlich gemeinsamer Grundwasservorkommen zu verbessern.

Im November 1994 trat nach einem 36 Jahre dauernden Vorbereitungs- und Ratifikationsprozess die Seerechtskonvention der Vereinten Nationen (UNCLOS) in Kraft, die ein einheitlich geltendes Seevölkerrecht schaffte und mittlerweile von über 150 Staaten ratifiziert wurde. Nach Artikel 76 der Seerechtskonvention können Küstenstaaten unter bestimmten hydrographischen und/oder geologischen Voraussetzungen ihren Festlandsockel und damit bestimmte Souveränitätsrechte seewärts der bisherigen 200-Seemeilen-Grenze auf bis zu ca. 350 Seemeilen erweitern. In den Rohstoffen der tieferen Meeresgebiete, die bisher kaum gefördert werden, liegt oftmals ein erhebliches Wirtschaftspotenzial.

Somit können diese Rohstoffe einen bedeutsamen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung der einzelnen Länder liefern. Eine Erweiterung ihres Festlandsockels kann von der Mehrzahl der Länder bis Mai 2009 bei der Festlandsockelgrenzkommision der Vereinten Nationen beantragt werden. Ziel des Sektorvorhabens „Umsetzung der Seerechtskonvention (UNCLOS)“ ist es, ausgewählte Entwicklungsländer bei ihrer Antragstellung zur Erweiterung der maritimen Souveränitätsrechte zu unterstützen. Im Rahmen dieses Projektes werden Aus- und Fortbildungsmaßnahmen durchgeführt sowie einzelne Länder auf Anfrage in fachlichen und technischen Angelegenheiten unterstützt.



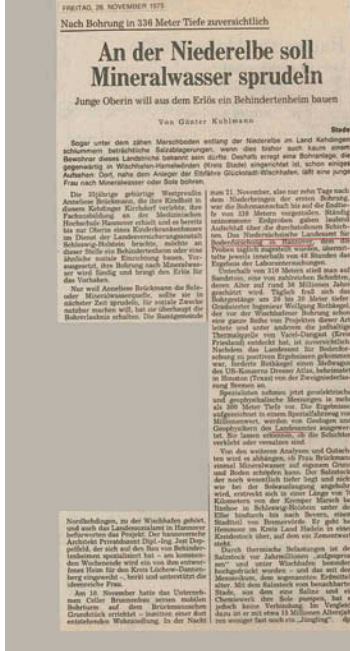
Schematischer Querschnitt vom Schelf bis zur Tiefsee. Die einzelnen, durch die Seerechtskonvention festgelegten, maritimen Zonen sind farbig unterschieden.



Fachtechnische Infrastruktur

50 Jahre Fachtechnische Infrastruktur

„Unser Amt mit den Augen der Presse gesehen“



1x „ohne“ Pfeife



Friedrich Bender Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

– so lautet der Titel des ersten Pressespiegels unseres Hauses, angelegt im Jahre 1958. Er ist als Album gestaltet, in das Presseauschnitte, Fotos und Programme eingeklebt und zum Teil mit liebevollen eigenen Zeichnungen ergänzt wurden. Insgesamt liegen drei solcher Alben vor, die die Jahre 1958 bis 1979 abdecken. Sie durchzublättern, ist erhellend und zeigt, welche Bedeutung unser Haus für das damalige Hannover hatte.

Die beherrschenden Themen der 1960er bis 1970er Jahre waren stark personenbezogen. Insbesondere die Präsidenten Martini und später Bender waren Persönlichkeiten, die in der Öffentlichkeit großes Gewicht hatten. Außerdem stellte die Hannoversche Allgemeine Zeitung in regelmäßigen Abständen hannoversche Wissenschaftler vor – darunter Dutzende von Mitarbeitern aus der BGR. Selbst der Notfall-Rücktransport eines an Malaria erkrankten Kollegen aus Malaysia fand Erwähnung in der Bild-Zeitung – im heutigen globalen Dorf als Nachricht keinen Pfifferling mehr wert. Bei den geowissenschaftlichen Themen stand die Rohstoffforschung im Ausland ganz oben auf der Agenda der Journalisten, aber auch über die frühe Meeres- und Polarforschung wurde eifrig berichtet.

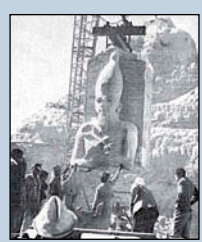
Das in den Alben porträtierte „Kind“ namens Bodenforschung wuchs auf und wurde groß. Mit dem ersten Generationswechsel begann die bis dahin liebevolle Pressearbeit, ein wenig nachzulassen. Bis 1985 sind die Zeitungsausschnitte immerhin noch ordentlich sortiert in einem Ordner abgelegt, aber das Presseecho der späten 1980er und gesamten 1990er Jahre ist so gut wie gar nicht dokumentiert. Ausnahmen bilden ein paar Artikel zur Gründung der Außenstelle in Berlin 1990 und drei Jahre später dann zum Protest der Berliner Kolleginnen und Kollegen über den „Rausschmiss“ aus dem Traditionsgebäude der ehemaligen Königlich-Preußischen Geologischen Landesanstalt in der Invalidenstraße.

Erst 1998 erschien erstmals wieder ein ziemlich umfangreicher Pressespiegel in Berichtform. Mit der Weltausstellung „EXPO 2000“ in Hannover und dem „Jahr der Geowissenschaften“ 2002 wurde schließlich eine neue Ära der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit eingeläutet. Seitdem ist die Medienpräsenz der BGR stetig gewachsen und hat 2006 einen ersten Höhepunkt erreicht.

Link: Aktuelle Pressemitteilungen (www.bgr.bund.de/presse)

Wussten Sie schon ...

- dass im August 1968 der gesamte Führungsstab der BGR den Internationalen Geologischen Kongress (IGC) in Prag vorzeitig verlassen musste, weil die sowjetische Armee in der Stadt einmarschiert war?
- dass die BGR in den Jahren 1968/69 geholfen hat, die Tempel von Abu Simbel vor der Flutung des Assuan-Staudamms zu retten und auf höheren Grund zu verlegen?
- dass 1980 einer Angestellten des Hauses fristlos gekündigt wurde, weil sie zwei Kollegen heimlich Beruhigungstabletten in den Tee gegeben hatte?
- dass die Expertisen der BGR nicht nur in Berichten an das Wirtschaftsministerium, sondern auch in „Micky Maus“, „Wer wird Millionär?“ und „Genial daneben“ Eingang gefunden haben?



50 Jahre Schriftenpublikationen im Geozentrum Hannover

Die Herstellung und Verbreitung von Arbeitsergebnissen der wissenschaftlichen Mitarbeiter in geeigneter Form war unbestritten seit jeher die originäre Aufgabe der heutigen Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und ihrer Vorgängerorganisationen.

Das Referat Schriftenpublikationen hat im Verlauf des vergangenen halben Jahrhunderts mehrfach die Bezeichnung gewechselt und, infolge der sich rasant verändernden Zeit, andere artverwandte Aufgabenbereiche integriert. Geblieben ist die ursprüngliche Kernaufgabe: Die fachmännische Betreuung von Manuskripten der überwiegend aus dem Geozentrum Hannover stammenden Autoren – vom Eingang bis hin zur Herausgabe in den verschiedenen Schriftenreihen.

Das Geologische Jahrbuch ist wohl zum Inbegriff des Tätigkeitsfeldes „Redaktion“ geworden und – darüber hinaus – auch Aushängeschild für die wissenschaftliche Kompetenz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR. Bis zum Jahr 1971 einschließlich erschien jährlich ein vom Umfang her gewaltiges Buch (zunehmend in mehreren Bänden). Mit den wachsenden Aufgaben und der damit verbundenen Notwendigkeit der Veröffentlichung ihrer Arbeitsergebnisse wurde ab 1972 dem enorm zunehmenden Umfang Rechnung getragen und das Geologische Jahrbuch zunächst in sechs, später dann in acht Sachgebiete aufgeteilt, die nach inhaltlichen geowissenschaftlichen Gesichtspunkten geordnet waren. In den Reihen A bis F und seit



1996 ergänzt um die Reihen G und H erschienen seitdem die wissenschaftlichen Aufsätze als, in sich abgeschlossene, Werke in zwangloser Folge.

Innerhalb dieser thematischen Ordnung haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Publikationsfolgen gebildet, die aus eigenständigen, aber aufeinander aufbauenden bzw. sich ergänzenden Teilen bestehen. Als solche Serien sind in der Reihe H des Geologischen Jahrbuchs die „Bewertungskriterien für Industriemineralerale, Steine und Erden“ in 13 Teilen, 11 Bände zu Polar-Expeditionen in den Reihen B und E sowie „Das Maastricht in Nordwestdeutschland“ (11 Hefte in Reihe A) abgeschlossen worden.

Daneben konnten sich andere Veröffentlichungsplattformen etablieren (siehe auch Kapitel „Energierohstoffe“). Auch der Tätigkeitsbericht erhält seit jeher seine endgültige Form durch die Zusammenstellung der von den Fachabteilungen eingereichten Textbeiträge und Abbildungen einschließlich der redaktionellen Bearbeitung im Referat Schriftenpublikationen.





50 Jahre Bibliothek im Geozentrum Hannover

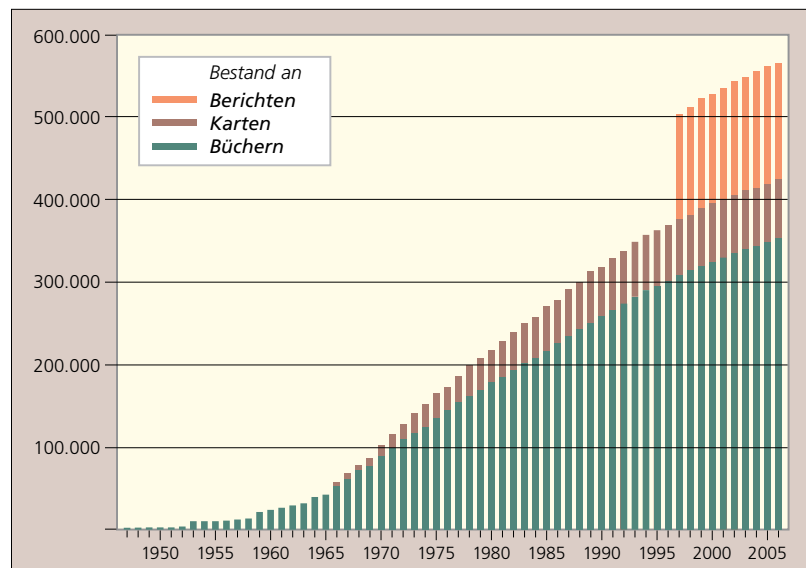
Der Ursprung der Bibliothek im Geozentrum Hannover reicht weit in das 19. Jahrhundert zurück. Eine erste Blüte erlebte sie als Teil der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin, bis sie im Zweiten Weltkrieg ihre Bestände nahezu vollständig verlor. Ihr Wiederaufbau in Hannover machte sie zur führenden geowissenschaftlichen Bibliothek in Deutschland. Mittlerweile verfügt sie über nahezu 600 000 Bücher, Zeitschriftenbände, Karten und Berichte – damit gehören ihre Bestände zu den umfassendsten der Welt. Die Werke sind mit einem Katalog erschlossen, der als Online Public Access Catalog (OPAC) auch über das Internet erreichbar ist. Mit ca. 1 Millionen Datensätzen ist er der weltweit größte kostenfreie Katalog für geowissenschaftliche Literatur.

Das Internet hat die Aufgaben der Bibliothek stark verändert. Früher standen hauptsächlich das Sammeln und Bewahren wissenschaftlicher Erkenntnisse im Vordergrund, und als Wächterin dieser Schätze bestimmte sie Zeit und Ort der Nutzung. Den

Zugang zu diesen Werken boten aufwändige Zettelkataloge, deren volle Leistungsfähigkeit oft verborgen blieb. Im Zeitalter moderner Suchmaschinen wird von der Bibliothek erwartet, dass sie ihre Dienstleistungen jederzeit und möglichst überall erbringt, unabhängig von der Vorbildung ihrer Nutzer. Die Bibliothek im Geozentrum nimmt diese Forderung ernst. Ihre Nutzer können den Katalog durchgängig sowohl nach formalen als auch nach inhaltlichen Kriterien durchsuchen, wobei ein Thesaurus verfügbar ist, der stetig erweitert wird. Zusätzlich verknüpft sie die Zitate zunehmend mit Online-Volltexten und baut ihre Rolle als Fachinformationszentrum systematisch aus. Das Ziel, wissenschaftliche Erkenntnisse in jeder Form systematisch zu sammeln und dauerhaft zu bewahren, wird sie auch weiterhin verfolgen und damit den Zugang zu vielen oft einzigartigen Werken sichern.

Link: Bibliothek www.geozentrum-hannover.de/bibliothek-archiv

Link: OPAC <http://bms01.nlf.bgr.de:8080/aDISWeb>





Von der Lochkarte zur virtuellen Realität

Die Informationstechnik (IT) hat in den letzten 50 Jahren sicherlich zur größten Umgestaltung der Arbeitsprozesse geführt. Waren es zunächst nur wenige Menschen, die ihre Aufgaben im Fachbereich mit DV-Unterstützung erledigten, so sind heute Arbeitsplätze ohne IT kaum noch vorhanden.

In der BGR begann dieser Prozess mit dezentral aufgestellten Labor(mess)rechnern, Rechnern zur Literaturdokumentation, zur mittleren Numerik und zur Großnumerik. Diese Rechner wurden mit selbstgestellten Programmen über Lochkarten und Lochstreifen versorgt – fertige Programme waren nicht verfügbar. Die DV-Technik verbreitete sich auf immer mehr Arbeitsbereiche, bis schließlich 1980 ein zentrales IT-Referat geschaffen wurde. Die leistungsschwachen dezentralen Rechner der einzelnen Arbeitsbereiche wurden ersetzt durch eine, in einem klimatisierten Raum aufgestellte, zentrale Rechenanlage von Siemens. In einem zentralen Büroraum wurden Sichtgeräten aufgestellt und über ein V24-Kabel mit max. Übertragungsgeschwindigkeit von 9600 bit/s an den Zentralrechner angeschlossen. 1985 wurde im neu errichteten Bauteil F ein professionellen Ansprüchen genügendes Rechenzentrum errichtet. Als neue zentrale Rechner kamen nun fast ausschließlich Rechner der Firma DIGITAL (im Wesentlichen der TYP VAX) zum Einsatz.

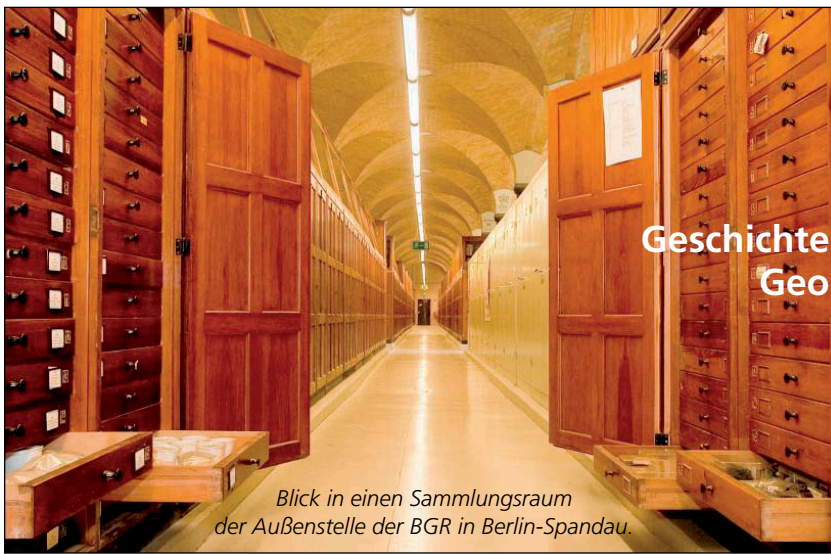
Neben die Bearbeitung fachlicher Fragestellungen trat nun auch die hausweite Versorgung aller Arbeitsplätze mit dem zentral vorgehaltenen DIGITAL Büro-Informationssystem ALL-IN-1, das Textverarbeitung, Elektronische Post, Terminkalendermanagement und eine Ablage bereitstellte. Ab 1990 kamen erste PC ins Haus. Sie ersetzen alphanumerische Sichtgeräte für zentrale Anwendungen und ermöglichten gleichzeitig den Einsatz von Standardsoftware für fast jede fachliche Fragestellung. Die

Außenstellen wurden angeschlossen und die Kapazitäten der Verbindungen kontinuierlich aufgestockt, sodass der Internetzugang in Hannover heute eine Leitungskapazität von 100 Mbit/s hat, Berlin und Clausthal-Zellerfeld je 20 Mbit/s und Grubenhagen und Meppen je 2 Mbit/s. Auch der Zugang zu weiteren Netzen wie Informatikzentrum Niedersachsen-Intranet, Informationsverbund der Bundesverwaltung (IVBV), Informationsverbund Berlin-Bonn (IVBB), Bundesverwaltungsnetz (BVN) und BMWi-Extranet ist möglich. Intern ist jeder Arbeitsplatzrechner mit 1 Gbit/s Übertragungsgeschwindigkeit zu den zentralen Servern verbunden.

Jedem IT-Arbeitsplatz stehen leistungsstarke Hardware und Software zur Lösung der Fachaufgaben zur Verfügung. Eine stereoskopische Projektion ermöglicht sogar erste Anwendungen der virtuellen Realität.



Präsentation eines geologischen 3D-Modells im Medienraum der BGR für die 3sat-Wissenschaftsreihe „hitec“.



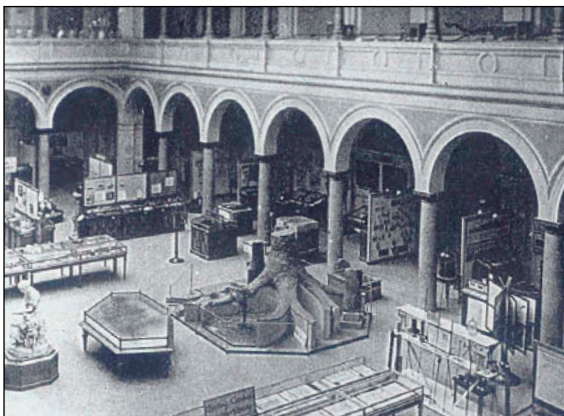
Blick in einen Sammlungsraum der Außenstelle der BGR in Berlin-Spandau.

Geschichte der Geowissenschaftlichen Sammlungen



Wer sammelt eigentlich Steine im flachen Norden Deutschlands – einer Gegend, die nur aus Sand und Ton und Lehm besteht? Woher kommen sie?

Anfangen hatten seinerzeit die Könige, die sich gern mit schönen und kostbaren Materialien schmückten. Das systematische Sammeln begann mit der Gründung des Königlichen Mineralienkabinetts der Bergakademie in Berlin im Jahr 1770. Hier verband sich die Sammelleidenschaft mit der Wissenschaft und reflektierte gleichzeitig die intensive Suche nach Rohstoffen in Preußen. Aus dieser Zeit gibt es in der BGR-Sammlung nur noch wenige Proben.



Bis 1945 war die Sammlung im Lichthof des geschichts-trächtigen Gebäudes in der Invalidenstraße repräsentativ untergebracht.

Der heutige Sammlungsbestand ist hauptsächlich Resultat der geologischen Kartierung Preußens bzw. Deutschlands und der Suche nach Rohstoffen. Die Kartierung begann mit der Gründung der Königlich-Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin im Jahr 1873, 1934 wurde die Zweigstelle in Hannover eröffnet. Bei der geologischen Kartierung erkunden die Geologen ihr jeweiliges Gebiet (10 × 10 km) vom Frühjahr bis in den Herbst hinein,

dokumentieren Art und Lagerung der Gesteine und bringen sowohl typische und schöne als auch problematische Proben aus dem Gelände mit. Diese werden analysiert, bestimmt und/oder der Sammlung übergeben.

Auch im Rahmen der Erkundung von Lagerstätten oder Regionen im In- und Ausland und der wissenschaftlichen Bearbeitung von spezifischen Gesteinen und Fossilgruppen wird gesammelt. Immer wieder bereicherten auch temporäre Aufschlüsse wie z. B. U-Bahnbauten unser Archiv der Erdgeschichte. Die Sammlungen der BGR sind in Berlin und Hannover in mehr als 1600 Schränken untergebracht und beherbergen neben Mineralen, Gesteinen, Erzen, Salzen, Kohlen, Makro- und Mikrofossilien auch Bohrkerne, Dünn- und Anschliffe sowie typische Produkte für bestimmte Rohstoffgruppen.

Link: Die geowissenschaftlichen Sammlungen www.bgr.bund.de/sammlungen

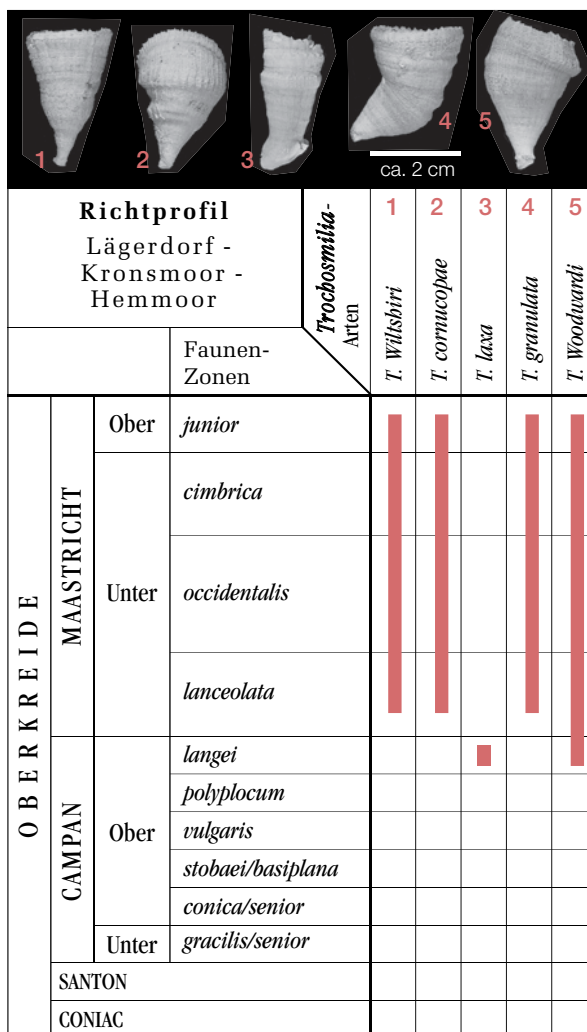
Aus der Pionierzeit der Paläontologie: Kleinfossilien von der Insel Rügen, auf die auch in dem Buch von 1846 (Bibliotheksbestand Geozentrum) Bezug genommen wird. Dieser kleine Teil des von Hagenow'schen Nachlasses wird online als Sammlungsobjekt des Quartals III/08 präsentiert.



Entwicklungen der **Alters-** und **Faziesbestimmung** von Gesteinen

Die Alters- und Faziesbestimmung von Gesteinen mit Hilfe von Fossilien, die „Paläontologie“, war in ihren Anfängen und auch in der BGR, wo sie eine unabhängige, nur dem Präsidenten unterstellte Abteilung bildete, ausschließlich praxis-orientiert. Sie untersuchte für wirtschaftliche Fragestellungen zweckgebunden den Fossilinhalt von Gesteinen und Proben, die aus den Explorationsregionen der BGR in Deutschland und der ganzen Welt eingeliefert wurden. Die Paläontologie stand dabei für die Auslandsabteilung der BGR vorzugsweise im Dienst der Kohlenwasserstoff-Exploration nach Erdöl und Erdgas und der Suche nach industriell verwertbaren Rohstoffen. So geschehen in Jordanien, wo in den 1960er Jahren ausgedehnte Phosphat- und Ölschiefervorkommen und andere Rohstoffe (Glassand, Gips, Marmor, Salz) gefunden wurden. Wie die alten Briefwechsel zwischen Hannover und der „Mission“ in Jordanien belegen, herrschte wegen der großen Anzahl der geschickten Proben ein regelrechter Bearbeitungsstress in Hannover oder gar Ärger in Jordanien, wenn die dringend erwarteten Ergebnisse nicht fristgerecht eintrafen.

An den grundlegenden geologischen Kartenwerken und zusammenfassenden Darstellungen, die in dieser Zeit entstanden – die „Geologie von Jordanien“ der BGR genießt noch heute hohes Ansehen im Königreich Jordanien – war die Paläontologie maßgeblich beteiligt, weil sie durch zuverlässige Altersbestimmungen und Schichten-Korrelationen mit Fossilien zur Klärung der geologischen Verhältnisse und damit zu einer erfolgreichen Lagerstättensuche beitrug. Dabei rückte, wie in der Erdölindustrie, die Mikropaläontologie in den Mittelpunkt der stratigraphischen Gliederungen, weil durch Mikrofossilien die Schichten besser datiert und zuverlässiger korreliert werden konnten. Vorbildliche, gut ausgestattete Labors wurden deshalb in der BGR für alle wichtigen Mikrofossilgruppen eingerichtet, in denen seitdem einige hunderttausend Proben mikropaläontologisch aufbereitet, untersucht und in Berichten dokumentiert wurden. Aus der Reihe der Paläontologie-Labors ragt heute das Elektronenrastermikroskop-Labor heraus, das 2004 in der dritten Gerätegeneration mit einem der modernsten und hochleistungsfähigsten Geräte für Mikrofossilien ausgestattet wurde.



Fossile Funde in Steinbrüchen und Gruben, aus Gesteinsproben und, speziell zum Zweck solcher Datierungen abgeteufte, Bohrungen liefern unter Zuhilfenahme biologischer Kenntnisse über die jeweiligen Gattungen und deren Lebensbedingungen Rückschlüsse zur Altersdatierung. Der Vergleich mit sogenannten Leitprofilen führt darüber hinaus zu Erkenntnissen über die lithologische Gesteinsabfolge.

Die hier in verkürzter Breite und um die dargestellten Korallen ergänzte Grafik ist ein Abbildungsbeispiel zu dieser Bestimmungsmethode. Es entstammt dem Beitrag „Die Gattungen *Parasmilia* und *Trochosmia* (*Scleractinia*) aus der Schreibkreide Norddeutschlands“ von Jürgen Guerrero Kommritz und Gero Hillmer aus dem Geologischen Jahrbuch A 157.

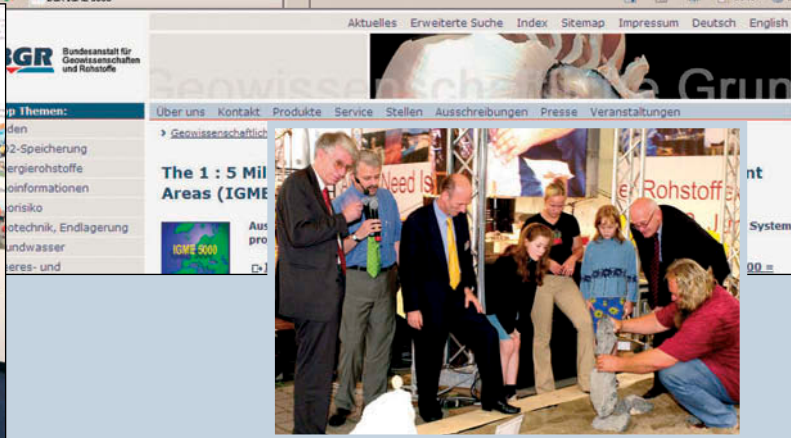
In den 1970er Jahren wurde die Makropaläontologie (der Vertebraten) durch Beschluss der Amtsleitung reduziert, teils weil ihre Ergebnisse zu „paläontologisch“ waren und nur wenige Adressaten fanden, teils weil bessere, z. B. isotopische Altersbestimmungen für die jüngeren Schichten aufkamen. Zahlreiche „Makro-Kollegen“ mussten sich neu orientieren: innerhalb der Paläontologie, indem sie neue Mikrofossilgruppen erlernten und außerhalb, indem sie operative Aufgaben auf den BGR-Führungsebenen übernahmen. Später wurde die Makropaläontologie (der Trilobiten, Brachiopoden, Cephalopoden) in der BGR und im NLfB endgültig aufgegeben.

Die Mikropaläontologie ging aus dieser kritischen, für die Paläontologie durchaus existenziellen Phase der BGR-Neuorientierung gestärkt hervor, weil sie sich auf „unbekanntes Terrain“ vorwagte und Bohrungen für die Erdölindustrie (DEMINEX), eigene Forschungsbohrungen und Bohrungen aus der internationalen Forschung (DSDP, ODP, IODP) bearbeitete. Sie setzte sich mit neuen Spezialisten und neuen Bearbeitungsschwerpunkten durch, wie sie in der Industrie üblich waren: für karbonatische Mikrofossilien (Foraminiferen, Ostrakoden, Coccolithen), für Mikrofossilien mit organischer Wandung (Pollen, Sporen, Dinozysten) und für spezielle Gruppen

(Bolboformen, Conodonten, Diatomeen), die zuverlässig kontinentale wie marine Sedimentationsräume besonders in bisher nicht erforschten Regionen gliedern konnten.

Schon immer nützlich und vorteilhaft war die enge und fachliche Kooperationen zwischen BGR- und NLfB-Paläontologen. Sie waren in „Spiegelreferaten“ organisiert und ergänzten sich gegenseitig, wenn die jeweils andere Organisationseinheit über den erforderlichen Spezialisten verfügte. Sie bildeten über viele Jahre hin ein – manchmal auch konkurrierendes – mikropaläontologisches Synergie- und Kompetenzzentrum, das von der fachlichen Palette her einzigartig in Deutschland war.

Seit den 1990er Jahren bis zum heutigen Tag hat die Mikropaläontologie, insbesondere personell, „kräftig abgespeckt“ und sich vollständig in die Projektstruktur der BGR integriert. Es besteht deshalb eine starke Ausrichtung der Mikropaläontologie auf die Fachtechnische Infrastruktur im Geozentrum, die allen im Geozentrum zur Verfügung steht, auf struktureologische Untersuchungen des tieferen Untergrundes und auf die Aufgaben der marinen Rohstoffsicherung. Seit 2007 heißt die „Paläontologie“ – ihrem tatsächlichen Nutzen entsprechend – auch „Stratigraphie“.



Geowissenschaften für die Gesellschaft

Wissenschaft ist eine Dienstleistung für die Gesellschaft, keine Selbstbespiegelung im Elfenbeinturm. Dies gilt erst recht dann, wenn sie im öffentlichen Dienst von Steuergeldern finanziert wird. Geowissenschaften sind spannend und unverzichtbar für einen verantwortungsvollen Umgang mit unserem Planeten: Daran wollen wir die Gesellschaft teilhaben lassen.

Neben unserer Kernaufgabe, der Beratung der Bundesregierung und der Industrie in geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragestellungen, haben wir uns die umfassende Information der Bürger auf unsere Fahnen geschrieben.

Wir wollen den Bürgern nahebringen, welche Auswirkungen unsere Arbeit auf ihr tägliches Leben hat und an welchen Themen wir arbeiten, um eine Grundlage für gute und stabile Lebensbedingungen für zukünftige Generationen zu gewährleisten.

Öffentlichkeitsarbeit

Hier kommt die Öffentlichkeitsarbeit als Mittler zwischen Wissenschaftlern und Laien ins Spiel: Wir kommunizieren mit den Medien, publizieren Informationsbroschüren und bieten „Geowissenschaften zum Anfassen“ auf Messen und Veranstaltungen.

Während der vergangenen Jahre haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR ihr Expertenwissen bei vielen Anlässen an die Öffentlichkeit und an das Fachpublikum weitergegeben:

- Wir präsentieren unsere Arbeit und unsere Produkte regelmäßig auf nationalen und internationalen Fachmessen und Fachtagungen,
- die BGR informiert die Medien regelmäßig über aktuelle Forschungsergebnisse,
- alle zwei Jahre richten wir an unserem Standort Wissenschaftsfeste für interessierte Bürger aus, um zu zeigen, womit sich die „Geo-Nachbarn“ tagtäglich beschäftigen,



- jedes Jahr laden wir Schülerinnen und Schüler am Schülerzukunftstag zu einem Besuch im Geozentrum ein, um sie auf eine Reise in die faszinierende Welt der Geowissenschaften mitzunehmen,
- wir entsenden „Geo-Botschafterinnen“ und „Geo-Botschafter“ an Schulen und zu Vortragsveranstaltungen, damit sie von ihren Einsätzen in der Heimat und auf allen Kontinenten berichten,
- wir nehmen regelmäßig am „Geoday Hannover“ teil, einer Fortbildungsveranstaltung für Lehrerinnen und Lehrer
- und natürlich nutzen wir die modernen Medien wie z. B. das Internet.

Internet

Im Oktober 1995 erschienen BGR, NLFb (heute: LBEG) und GGA erstmalig mit einer gemeinsamen Webpräsenz im Internet, die das Geozentrum bis zu ihrer völligen Neugestaltung im Mai 1998 in diesem Medium darstellte. Im Jahr 2002 trennten sich die Internetangebote der drei Institutionen und „www.bgr.de“ erschien eigenständig: Seit Oktober 2005 ist die BGR unter der Adresse <http://www.bgr.bund.de> erreichbar.

Ziel ist die Präsentation der wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse des Hauses in einer breiten Öffentlichkeit. Die Mitarbeiter nutzen das Medium Internet mit seinen mehr als 2 000 Textseiten, illustriert mit über 5 000 Abbildungen, zur Darstellung ihrer Arbeiten und Aufgaben, aber auch zur Information der Öffentlichkeit über neue Produkte, Dienstleistungen, Veröffentlichungen oder Veranstaltungen. Insgesamt bearbeiten 44 Redakteure und Internetkoordinatoren der BGR die Informationen von 22 Themenredaktionen der Fachbereiche aktuell, zielgruppenspezifisch und effizient.

Besonderer Wert wird auf die umfangreiche und aktuelle Darstellung der von der BGR durchgeführten Projektarbeit gelegt. Ein internationaler Veran-

staltungskalender, die Präsentation der hauseigenen Veranstaltungen sowie Stellenangebote und Ausschreibungen vervollständigen das Angebot. Über 600 Download-Dateien übermitteln dem Nutzer Daten und Fakten z. B. in der jährlich erscheinenden Kurzstudie Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen. Auf den Internetseiten wird vielfach Bezug auf die im eShop nachgewiesenen Produkte genommen. Anwendungen, in denen die Fachbereiche ihre Arbeitsergebnisse externen Nutzern interaktiv präsentieren, sind eingebunden.

Das Internet-Angebot liegt in den oberen Navigationsebenen generell zweisprachig in Deutsch und Englisch vor, in den unteren Ebenen werden Projektergebnisse in einer weiteren, der Arbeitsregion angemessenen Sprache wie etwa Spanisch, Französisch etc. präsentiert. Für große, eigenständige Projekte mit verschiedenen Kooperationspartnern wird die Möglichkeit genutzt, Subsites mit eigenen Domains einzurichten (Beispiel: <http://www.whymap.org>).

Der Internetauftritt der BGR wird seit Oktober 2005 mit dem Content Management System Government Site Builder (GSB) erstellt und gepflegt. Der GSB ist im Rahmen der E-Government Initiative BundOnline 2005 als Basiskomponente CMS für die Webauftritte der Bundesverwaltung entwickelt worden und wird von über 50 Behörden eingesetzt. Er berücksichtigt mit einer Standardlösung, die von der BGR angepasst wurde, Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen (SAGA), Gestaltungsvorgaben durch den Online-Styleguide der Bundesregierung und die Anforderungen der Barrierefreiheit gemäß BITV-Verordnung. Externes Hosting leistet die Bundesstelle für Informationstechnik (BIT) im Bundesverwaltungsamt in Köln.

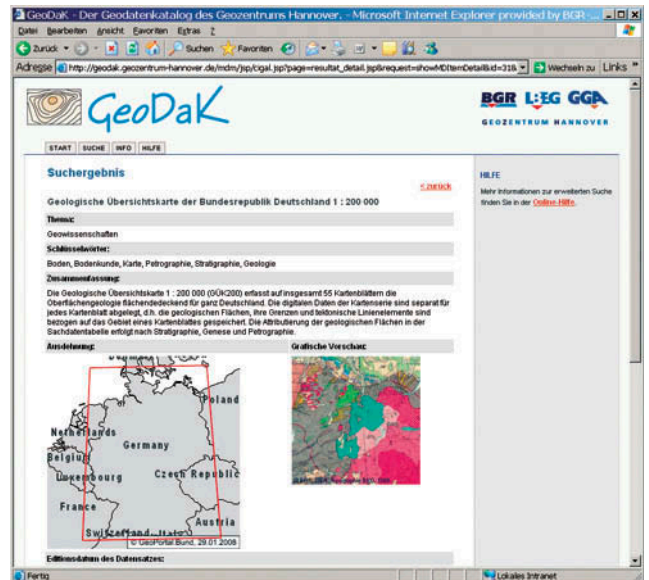
Die durchschnittlichen monatlichen Zahlen von 30 000 Besuchern (1995 waren es 200!) und 1 500 000 Dateizugriffen zeigen, dass die Bereitstellung der Informationen von den Nutzern weltweit gut angenommen wird.

IT-Anwendungen im Web

Das Internet bietet aber nicht nur Texte, Bilder und multimediale Elemente, es kann auch eine Plattform für Datenbanken und IT-Anwendungen sein. Denn viele Fachbereiche wollen ihre Arbeitsergebnisse nicht nur in Berichten zu Papier bringen und damit einer exklusiven Nutzergruppe zugänglich machen, sondern sie – soweit möglich – auch der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Daher werden in den letzten Jahren verstärkt IT-Anwendungen programmiert, die den Fachbereichen eine Präsentation ihrer Arbeitsergebnisse für externe Nutzer interaktiv „auf Abruf“ ermöglichen.

Aufgabe der Fachtechnischen Infrastruktur ist es, Arbeitsmittel und technische Lösungen zur Unterstützung der Anwendungsentwickler bereitzustellen. So wurden z. B. allgemeine Vorgaben wie Sicherheitsaspekte, zugelassene Scriptsprachen und Tipps zur Nutzerfreundlichkeit in einem „Handbuch zur Entwicklung von Webanwendungen“ zur Verfügung gestellt. Der gestalterische „BGR-Stempel“ wurde in Form eines Corporate Designs erarbeitet und wird für die Signalisierung der BGR-Anwendungen eingesetzt. Für die technische Umsetzung und die fachliche Richtigkeit zeichnet der Fachbereich verantwortlich.

Persönliche Unterstützung durch ein Help Desk an zentraler Stelle und eine formale Qualitätskontrolle der Anwendungen schaffen in den Fachbereichen



gute Voraussetzungen zur Darstellung ihrer fachlichen Aufgaben über interaktive IT-Anwendungen.

Der Geodatenkatalog GeoDAK weist die Datenbestände der BGR nach:

<http://geodak.geozentrum-hannover.de/mdm/jsp/cigal.jsp>

Die internationale Geologische Karte Europas und angrenzender Gebiete 1 : 5 000 000 ist verfügbar unter:

http://www.bgr.de/app/igme5000/igme_frames.php

Viele Arbeitsergebnisse sind buchstäblich „ihr Geld wert“, sie können auch käuflich erworben werden: Das Internet als „Marktplatz“ für den Vertrieb digitaler Produkte.



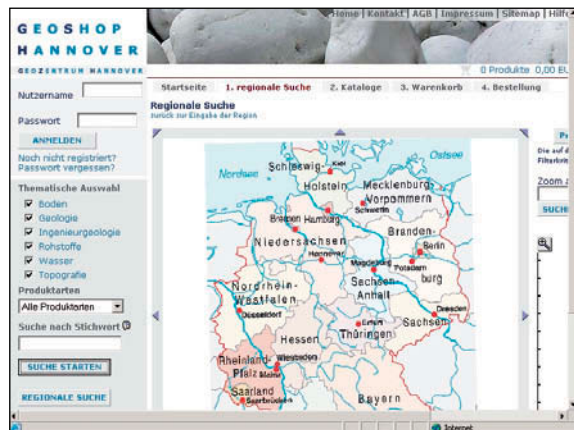
eShop und Vertrieb von digitalen Produkten

Die BGR gewinnt durch eigene Projekte, durch die Technische Zusammenarbeit mit anderen Ländern sowie durch die Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland raumbezogene Daten in allen geowissenschaftlichen Bereichen. Diese digitalen Geodatenbestände dienen als Planungsgrundlage für Nutzer in Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung und Wissenschaft.

Der Internetauftritt der BGR ermöglicht es zwar, Datenbestände zu recherchieren, allerdings nicht, sie auch online zu bestellen. Deshalb wurde im Rahmen von Bund-Online 2005 ein elektronischer Shop (eShop) für die Produkte der BGR und des LBEG konzipiert und im Jahr 2004 in Betrieb genommen.

Der eShop (www.geoshop-hannover.de) wird arbeitsteilig betrieben, wobei die Produkte in den Fachbereichen der BGR erstellt und über die Fachtechnische Infrastruktur zusammen mit Produktinformationen für einen externen Dienstleister als Betreiber des eShop bereitgestellt werden. Der Dienstleister versorgt die anfragenden Kunden mit den gewünschten Produkten, indem er die Auslieferung der Produkte sowie die Rechnungsabwicklung übernimmt.

Der Metadatenkatalog GeoDaK des Geozentrums Hannover dient dabei als Ausgangsbasis für den eShop-Produktkatalog. Bei den Aktualisierungen des Produktkatalogs werden XML-Export-Dateien mit den Produktspezifikationen erzeugt und dem Dienstleister zugeleitet, der dann die entsprechenden Informationen in dem Produktkatalog überarbeitet.



Die Kunden nehmen die Bereitstellung der geologischen Informationen in unterschiedlichen Formaten gut an, da die Daten schnell und kostengünstig zu erhalten sind. So werden aufgrund von Ausnahmeregelungen durch die Wirtschaftsministerien des Bundes und Niedersachsens „internetfähige“ Pauschalpreise von maximal circa 50 € inklusive Mehrwertsteuer berechnet. Hinzukommen geringfügige Bereitstellunggebühren, die beim externen eShop-Betreiber verbleiben.

In der Öffentlichkeit hat sich die Wahrnehmung für geowissenschaftliche Fragestellungen in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert. Heute nimmt auch der Bürger eine Fachbehörde für seine eigenen Anliegen in Anspruch. Technischer Fortschritt und externe Anforderungen haben so zur Integration eines Infrastruktur-Bereiches wie die Fachtechnischen Infrastruktur in die Außendarstellung der BGR beigetragen.



Einsatz neuer **Satellitenmethoden** zur Beobachtung von **Landabsenkungen** auf Java, Indonesien

Ein Element der Fachtechnischen Infrastruktur ist die Erprobung neuer Methoden, deren Ergebnisse vielfältig von der BGR genutzt werden. Hier nun wird ein aktuelles Beispiel vorgestellt, das gemeinsam mit indonesischen und europäischen Partnern realisiert wurde.

Hintergrund

Fällt in Verbindung mit Indonesien der Begriff „Georisiko“, so geschieht dies zumeist in Zusammenhang mit Naturkatastrophen wie Erdbeben, Hangrutschen, Vulkanausbrüchen, Überschwemmungen oder Tsunamis. Ein weiteres, oft unterschätztes und zumeist von Menschen verursachtes Gefahrenpotenzial sind flächenhafte Absenkungen der Geländeoberfläche. Landabsenkungen von zum Teil dramatischen Ausmaßen beeinflussen vor allem in den größeren Küstenstädten Südostasiens den Lebensraum von Millionen von Menschen. Die Ursachen für Landabsenkungen sind vielfältig.

In den küstennahen Bereichen Südostasiens führt meist die unkontrollierte Nutzung von Grundwasser zur Austrocknung jener Tonlagen, die die vorwiegend aus Sanden und Kiesen bestehenden Grundwasserleiter voneinander trennen. In Folge der Austrocknung schrumpfen die Tone, was zur Absenkung der darüberliegenden Gesteinsschichten führt. In einigen Küstenstädten Indonesiens sind jährliche Senkungsraten von 10 cm und mehr keine Seltenheit.

Die Folgen für die von Landabsenkungen betroffenen Gebiete sind oft verheerend. Wohngebiete und Industrieanlagen werden großflächig zerstört. Die Erhaltung kommunaler Infrastrukturen wie Bahnlinien, Straßen, Versorgungsleitungen und Gebäuden verlangt regelmäßige, enorme Sanierungsaufwen-

dungen, die erhebliche Finanzmittel aus den öffentlichen Haushalten binden.

Die flächenhafte Erfassung von Landabsenkungen am Beispiel der Zweimillionenstadt Semarang im Norden der Insel Java ist Bestandteil des Projektes „Gute Lokale Regierungsführung – Verminderung von Georisiken“ der Entwicklungszusammenarbeit zwischen Deutschland und Indonesien. Das Projekt unterstützt die staatlichen Behörden bei der Beurteilung und Auswertung von konkreten geologischen Gefahren und zielt auf die politische und soziale Bewusstseinsbildung ab. Durch die geo-relevante Beratung zur Minderung von Risiken werden Empfehlungen für die Behörden in Städten und Dörfern ableitbar, die den Schutz der lokalen Bevölkerung zum Ziel haben. BGR-Projektpartner ist die Geological Agency in Bandung.

In Semarang auf Nordjava haben die Landabsenkungen zur Folge, dass das bereits auf Meeresspiegelniveau liegende Gelände bis unter den Grundwasserspiegel absinkt und damit den täglichen, gezeitenbedingten Überflutungen ausgesetzt ist. Darüber hinaus bestehen akute Überschwemmungsgefährdungen in Regenzeiten und bei Sturmfluten. In diesem Zusammenhang sei an die verheerenden Überschwemmungen auf Nordjava vom Februar 2007 erinnert. Um zumindest das Absinken der Wohngebiete unter den Grundwasserspiegel zu verhindern, werden Wege und Straßen regelmäßig mit Erde und Schutt aufgefüllt. Das Gleiche geschieht mit dem Inneren der Wohnräume, um diese trocken zu halten. Enorme wirtschaftliche Schäden erwachsen aus dem flächenhaften Absinken von Industrieanlagen und Verkehrswegen.



Die Fotos 1 bis 5 verdeutlichen das dramatische Ausmaß der Absenkung von Gebäuden und dokumentieren die verzweifelten Versuche, mit einfachsten Mitteln – Erde, Schutt und sogar Müll – dagegen anzukämpfen.



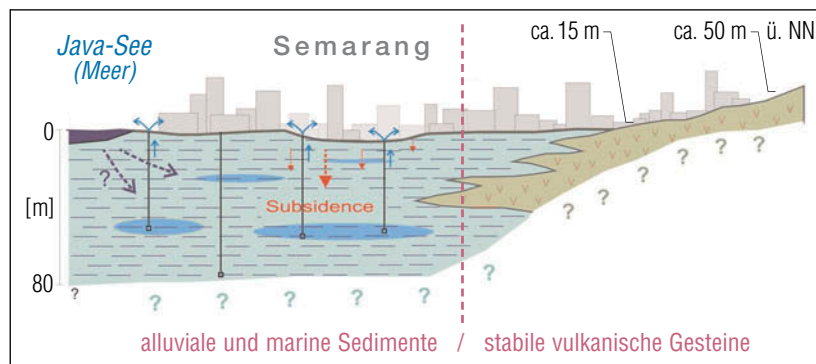
Die Fotos 6 und 7 zeigen die verheerenden Auswirkungen der Landabsenkung auf infrastrukturelle Einrichtungen.



Ein vereinfachter geologischer Schnitt, abgeleitet aus der Hydrogeologischen Karte des Indonesischen Direktorats für Geologie (Ausgabe 1988), verdeutlicht die grundsätzliche Situation. Die Landabsenkungen konzentrieren sich auf das Verbreitungsgebiet alluvialer und mariner Ablagerungen mit Sanden, Kies und Schluff im Norden. Die nach Süden zum Vulkan Ungaran anschließenden vulkanischen Brekzien und Tuffe der quartären Damar-Formation

gelten demgegenüber als stabil. Dort kann es allerdings in Verbindung mit tonigen Zwischenlagen zu Hangbewegungen kommen.

Ein Aufhalten und Verlangsamen der Senkungen sowie die Minderung der Folgeerscheinungen erfordern wirksame Maßnahmen zur Steuerung der Stadtentwicklung, einschließlich der Durchsetzung einer kontrollierten Nutzung der Grundwasserres-



Vereinfachtes Geologisches Profil durch Semarang.

sources. Verlässliche Informationen über die Dimension der Landabsenkungen sind zudem Voraussetzung für eine wirksame Aufklärung von Verursachern, Planern und politischen Entscheidungsträgern in der Region und damit auch ein erster Schritt zu gezielter Regionalplanung.

Die bisherigen Senkungskarten für Semarang beruhen auf den konventionellen Vermessungsdaten weniger Festpunkte im Stadtgebiet. Die Karte ist demzufolge sehr generalisiert und im Detail ungenau. Die bodengebundenen Messungen wurden inzwischen wegen der komplizierten Bedingungen im Stadtgebiet eingestellt.

Satellitengestützte Senkungsmessungen

Auf Grund des dringenden Bedarfs an verlässlichen Daten über die Bodenbewegungen wurde im Rahmen des Projektes auch nach alternativen Methoden für Senkungsmessungen gesucht. Dabei konnte auf Erfahrungen mit neuesten Satellitentechnologien der Erdbeobachtung zurückgegriffen werden, die im Rahmen von Forschungsvorhaben der Europäischen Raumfahrtagentur ESA gewonnen worden waren. Als Partner der ESA-Initiative „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES) hat sich die BGR an der Erprobung der „Persistent Scatterer Interferometrie“ (PSI) beteiligt und Erfahrungen gesammelt.

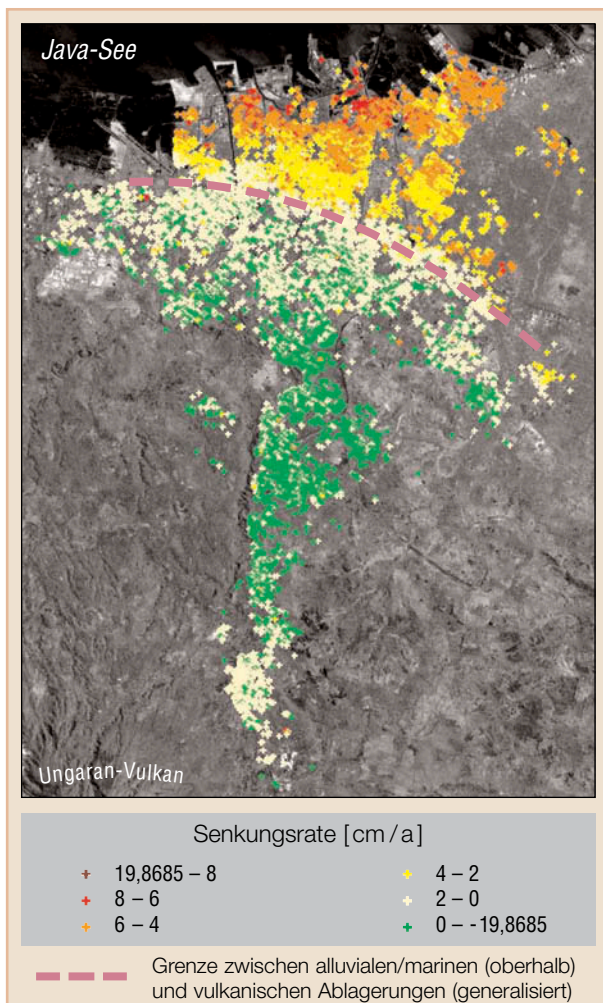
Die **PSI-Methode** verwendet Datenserien der Satelliten ERS-1, ERS-2 oder Envisat, die über einen vorgegebenen Beobachtungszeitraum aufgenommen wurden, zur Erkennung von feinsten Bewegungen der Geländeoberfläche. Dabei werden stabile „Reflektoren“ für die von den Satelliten ausgesandten Radarsignale identifiziert, sogenannte „Persistent Scatterer“, die auf jeder einzelnen Aufnahme des gesamten Datensatzes als solche erkennbar sein müssen. Als Persistent Scatterer wirken üblicherweise Gebäudekanten, Metallkonstruktionen und sonstige Objekte, die auf sie einfallende Radarsignale auf Grund ihrer Beschaffenheit und Orientierung zum Satelliten zurückstreuen, sodass diese dort empfangen und aufgezeichnet werden können.

Die digitale Verarbeitung von Radardaten mit der PSI-Methode erfordert vergleichsweise aufwendige technische und personelle Investitionen. Das ESA-Konzept sah daher vor, Datenprozessierungszentren (Service Provider) in Europa zu schaffen, die die PSI-Methode auf dem neuesten Stand der technischen Entwicklung vorhalten und die PSI-Berechnungen für geologische Dienste und andere Nutzer durchführen. Die BGR hat sich an diesem Projekt beteiligt und aus Nutzersicht PSI-Daten ausgewertet und beurteilt. Im Semarang-Projekt greift die BGR auf Erfahrungen aus dem Terrafirma-Projekt zurück und gewährleistet so, Aufgaben der Entwicklungszusammenarbeit unter Nutzung modernster Technologien der Erdbeobachtung zu lösen.

Für Semarang wurden 35 zwischen den Jahren 2002 und 2006 aufgenommene Datensätze ausgewertet. Dabei wurden insgesamt 46 912 Persistent Scatterer identifiziert. Durch Auswertung von Phaseninformationen konnten Bewegungsraten für jeden einzelnen Scatterer ermittelt werden. Da die interferometrische Phase sehr sensibel auf Geländebewegungen reagiert, werden bereits sehr geringe Bewegungsraten erkannt, selbst wenn diese im Bereich von wenigen Millimetern pro Jahr liegen, vielfach sogar auch in Bruchteilen davon.

Die PSI-Prozessierung der Semarang-Daten wurde von der Spanischen Firma Altamira Information im Auftrag der BGR durchgeführt. Altamira gehört zur Gruppe der im Rahmen der GMES/Terrafirma-Initiative wirkenden Dienstleister (Service Provider). Da in Semarang Senkungsraten von > 10 cm bekannt sind, wurden neue Ansätze erprobt, um diese so genannten „Hot Spots“ zu erfassen, die bei Anwendungen der Standardtechnik bisher nicht erkannt worden wären.

Zur Auswertung der mit PSI ermittelten Bewegungsraten wurden das regionale Muster der Geländebewegungen im Großraum Semarang und die Absenkungen in den einzelnen Stadtgebieten untersucht und die Ergebnisse in Form von Karten dargestellt. Diese Fragestellung war auch Inhalt einer Ausbildung, die von Personal des indonesischen Projektpartners in Deutschland und Indonesien wahrgenommen wurde. Die Karten wurden den Behörden, der Politik und der Industrie zur Verfügung gestellt, um Städteplanung effizienter zu gestalten und Risiken schrittweise zu vermindern.



Landsat 7 Satellitenbild mit klassifizierten Senkungsdaten.

Die bildliche Darstellung klassifizierter Bewegungsraten für alle identifizierten „Persistent Scatterer“, hier erkennbar über einem Landsat 7 Satellitenbild, spiegelt die grundsätzliche Situation eindeutig wider. Im Bewegungsmuster bildet sich die Grenze zwischen den stabilen vulkanischen Gesteinen im Süden (grün) und dem fast flächenhaft von Landabsenkung betroffenen Norden Semarangs eindeutig ab (beige bis rot). Dabei repräsentieren die dunkelroten Punkte Landabsenkungen mit jährlichen Raten von 8 cm und mehr, die gelben und orangefarbenen Punkte Bewegungen zwischen –2 cm und –6 cm pro Jahr. Hinweise auf punktuelle Bewegungen in-

nerhalb des, grundsätzlich als stabil erscheinenden Bereiches sind vermutlich durch Hangbewegungen zu erklären. Erste Überprüfungen im Gelände stützen eine solche Annahme. Die Anzeichen für die flächenhafte Absenkung des Geländes am Fuße des Vulkans Ungaran (bis 1 cm pro Jahr) werden zurzeit durch Bewegungen erklärt, die in Folge der Auflast des Vulkankörpers auf die älteren marinen Ablagerungen – in Verbindung mit Störungen – auftreten.

Zoomt man in einen größeren Darstellungsmaßstab hinein, dann können einzelne Persistent Scatterer, welche die auftreffende Radarstrahlung zurückstreuen, lagegenau identifiziert werden. Auf der Extremvergrößerung des hochauflösenden IKONOS-Satellitenbildes ist dies deutlich erkennbar, beispielsweise an der Seitenwand einer Moschee.



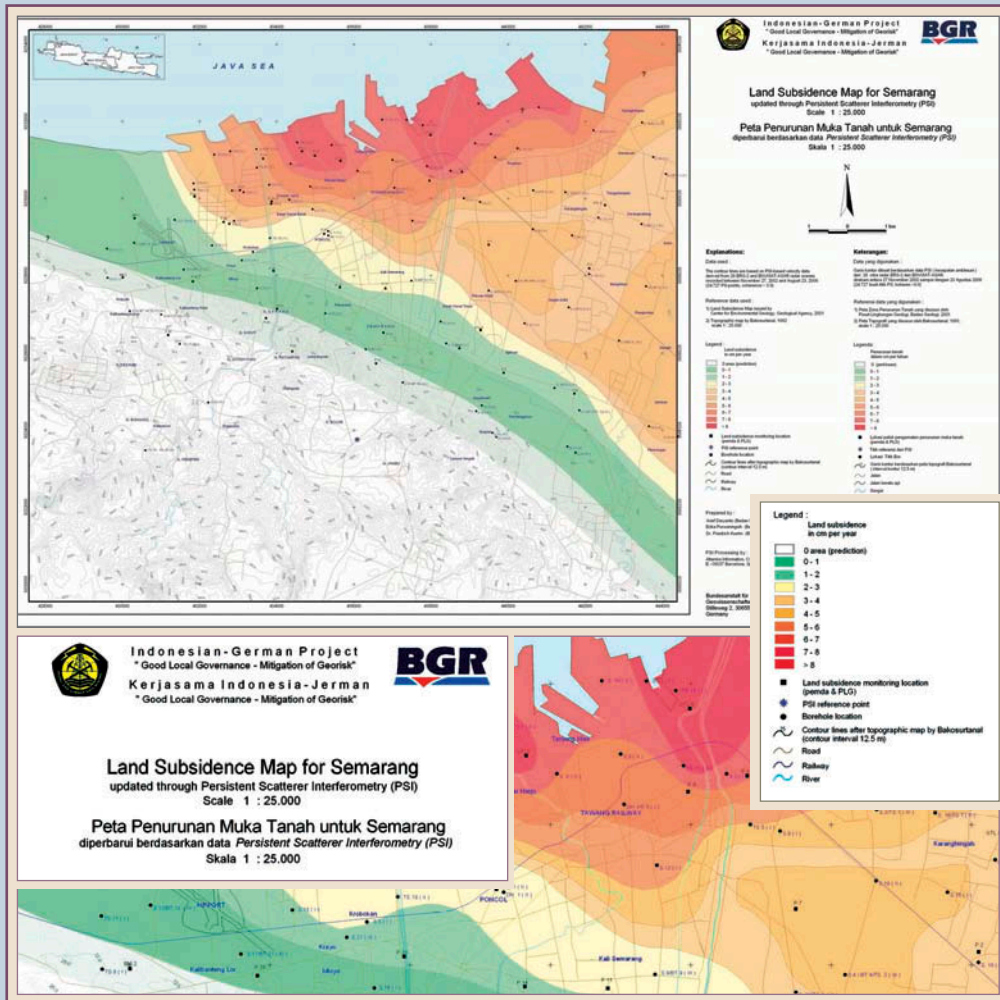
IKONOS Pan Satellitenbild-Vergrößerung mit klassifizierten Bewegungswerten (Includes material ©2002, Space Imaging LLC. All rights reserved).



*IKONOS MSS Satellitenbild mit klassifizierten Bewegungswerten
(Includes material ©2002, Space Imaging LLC. All rights reserve).*

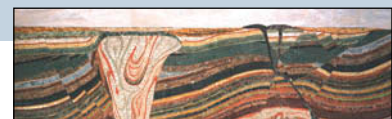
Wird das Beobachtungsgebiet etwas weiter gefasst, dann können einzelne Bereiche der Stadt Semarang hinsichtlich ihrer Stabilität bewertet werden. Es ist deutlich sichtbar, dass vor allem das Industrie- und Hafengebiet im Norden von Landabsenkungen mit jährlichen Raten von 8 cm und mehr betroffen ist (siehe Abb. oben). Das Gleiche betrifft die Wohngebiete der armen Stadtbevölkerung, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft befinden (siehe Fototafel auf S. 160).

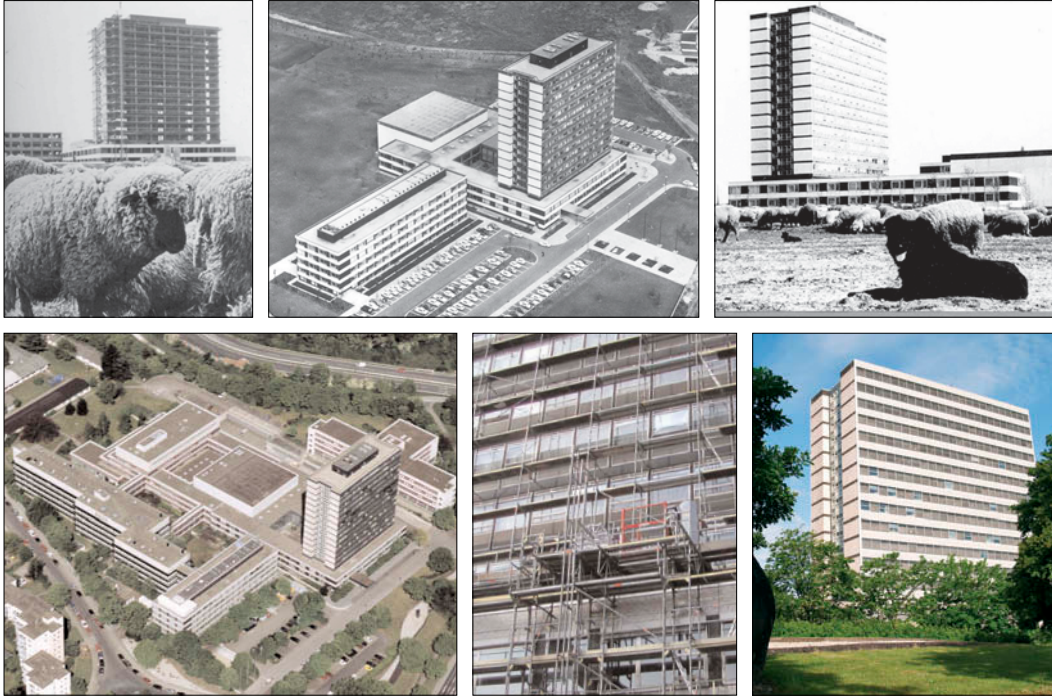
Insgesamt betrachtet, bieten die mit modernsten Methoden der Erdbeobachtung aus dem Weltraum ermittelten Daten eine vollkommen neue Sicht auf das flächenhafte Bewegungsverhalten einer größeren Region, wie sie mit bodengebundenen Methoden bisher nicht möglich war. Im Falle von Semarang ist das Endergebnis des Vorhabens eine verbesserte Karte der Landabsenkungen, die im Vergleich zur bisherigen, von nur 29 Nivellementpunkten abgeleiteten Karte, auf 46 912 PSI-Messpunkten beruht.



Als vorläufiges Endergebnis aus dem Projekt ist die Landabsenkungskarte für Semarang im Maßstab 1 : 25 000 hervorgegangen.

Das hier stark verkleinert abgebildete Gesamtbild hat die Originalmaße von 120 x 90 cm. Der Kartentitel ist ebenso wie Ausschnitte aus Legende und Karte zwecks besserer Lesbarkeit vergrößert dargestellt.





Gebäude und Gelände der BGR zwischen 1960 und 2007.

Anhang

Die **BGR** von 1958 bis 2008, ihre Vorgänger- organisationen und ...

17.1.1975

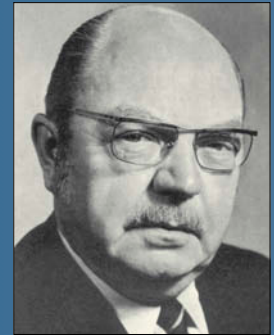
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Als Schwager des Wirtschaftsministers wurde MACHENS 1972 unter Protesten der Belegschaft zum Präsidenten ernannt. Nach wenigen Tagen im Amt reichte er einen Antrag auf Beurlaubung ein, dem stattgegeben wurde.



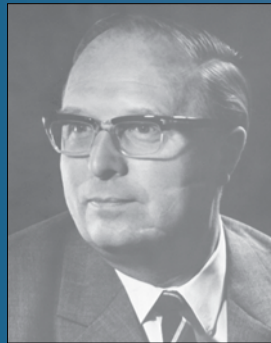
EBERHARD MACHENS
* 1929

Danach wurde ULRICH ENGELMANN als vom Wirtschaftsministerium entsandter Staatskommissar von Januar 1973 bis Februar 1974 mit der Wahrnehmung der Geschäfte der BfB (jetzt BGR) beauftragt.



GERHARD RICHTER-BERNBURG

* 22. 2. 1907
+ 8. 3. 1990



HANS-JOACHIM MARTINI

* 5. 1. 1908
+ 22. 10. 1969

Bundesanstalt für Bodenforschung

1970

1965

1960

Reichsamt für Bodenforschung



ALFRED BENTZ

* 1897
+ 1964

... die
Präsidenten

1985



FRIEDRICH BENDER

* 1924
+ 2008



BERNHARD STRIBRNY

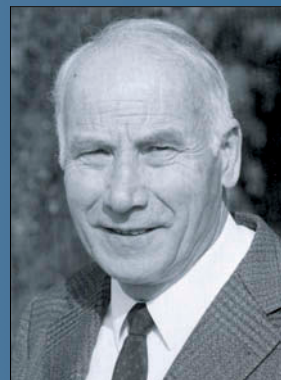
* 1952

kommisarischer
Präsident von
2006 bis 2007



ALFRED HOLLERBACH

* 1940



MARTIN KÜRSTEN

* 12. 10. 1931

1990

1995

2000



FRIEDRICH-WILHELM
WELLMER

* 23. 6. 1940

2005



HANS-JOACHIM
KÜMPEL

* 1950



Literatur

Energierohstoffe

- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2007): Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2006 – Jahresbericht: 86 S., zahlr. graph. Darst.; Hannover.
- CRAMER, B. & FRANKE, D. (2005): Indications for an active petroleum system in the Laptev Sea, NE Siberia. – *Journal of Petroleum Geology*, **28**, 4: 369–384; Oxford (Wiley-Blackwell).
- FRANKE, D., HINZ, K. & REICHERT, C. (2004): Geology of the East Siberian Sea, Russian Arctic from seismic images: Structures, evolution and implications for the evolution of the Arctic Ocean Basin. – *Journal of Geophysical Research*, **109**, 7: 1–19, Abb.; Washington – (No. B7, B07106, DOI: 10.1029/2003JB002687).
- OBAJE, N. G., WEHNER, H., SCHEEDER, G., ABUBAKAR, M. B. & JAURO, A. (2004): Hydrocarbon prospectivity of Nigeria's inland basins: From the viewpoint of organic geochemistry and organic petrology. – *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **88**: 325–353, 3 Abb., 2 Tab.; Tulsa.
- THIELEMANN, T., CRAMER, B., & SCHIPPERS, A. (2004): Coalbed methane in the Ruhr basin, Germany: A renewable energy resource? – *Organic Geochemistry*, **35**: 1537–1549, 5 Abb., 5 Tab; Oxford (Elsevier).
- VANDRE, C., CRAMER, C., GERLING, P. & WINSEMANN, J. (2007): Natural gas formation in the western Nile delta (Eastern Mediterranean): Thermogenic versus microbial. – *Organic Geochemistry*, **38**: 523–539; Oxford (Elsevier).

Mineralische Rohstoffe

- KOCKS, H., MELCHER, F., MEISEL, T. & BURGATH, H.-P. (2007): Diverse contributing sources to chromitite petrogenesis in the Shebenik Ophiolitic Complex, Albania: Evidence from new PGE- and Os-isotope data. – *Mineralogy and Petrology*, **91**: 139–170, 8 Abb., 2 Tab.; Wien.
- GRAUPNER, T., KASSAHUN, A., RAMMLMAIR, D., MEIMA, J. A., KOCK, D., FURCHE, M., FIEGE, A., SCHIPPERS, A. & MELCHER, F. (2007): Formation of sequences of cemented layers and hardpans within sulfide-bearing mine tailings (mine district Freiberg, Germany). – *Applied Geochemistry*, **22**: 2486–2508; Oxford.
- KAUFHOLD, S., DOHRMANN, R. & ULRICHS, C. (2007): Shelf life stability of diatomites. – *Applied Clay Science*; Amsterdam – DOI: 10.1016/j.clay.2007.10.007.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE in Zusammenarbeit mit den STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTEN (Hrsg.) (2007): Bodenschätze der Bundesrepublik Deutschland 1 : 1 000 000 (BSK 1000): 1 Kt. m. Erl.; Hannover.
- Wellmer, F.-W., DALHEIMER, M. & WAGNER, M. (2008): *Economic Evaluations in Exploration*: 250 S., 54 Abb., 35 Tab.; Berlin (Springer).

SCHIPERS, A., SAND, W., GLOMBITZA, F. & WILLSCHER, S. (Hrsg.) (2007): Biohydrometallurgy: From the single cell to the environment. – Advanced Materials Research, **20/21**: 667 S.; Zürich (Trans Tech Publications).

Grundwasser

HOUBEN, G. & WAGNER, F. (2007): Hyperfiltration of nickel sulphate solutions through silty sandstone and its effect on hydraulic conductivity. – Applied Geochemistry, **22**, 9: 2029–2044, 14 Abb., 3 Tab., 2 Anl.; Oxford.

KLINGE, H., BOEHME, J., GRISSEMANN, C., HOUBEN, G., LUDWIG, R.-L., RÜBEL, A., SCHELKES, K., SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben – Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben. – Geologisches Jahrbuch, **C 71**: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Stuttgart (Schweizerbart).

STRUCKMEIER, W. F., RICHTS, A., ACWORTH, I., ARDUINO, G., BOCANEGRA, E., CUNNINGHAM, W., DROUBI, A., DA FRANCA, N., GILBRICH, W., GIRMAN, J., VAN DER GUN, J., KLINGBEIL, R., MARGAT, J., POITRINAL, D., PURI, S., RIVERA, A., SAFAR-ZITOUN, M., TUJCHNEIDER, O., VASAK, S., VRBA, J., WINTER, P., ZAEPKE, M., ZAISHENG, H. & ZEKSTER, I. (2006): Groundwater Resources of the World – Transboundary Aquifer Systems < 1 : 50 000 000 >: Special edition for the 4th World Water Forum, Mexico City, March 2006: 1 Kt., Erl.; Hannover (BGR).

TÜNNERMEIER, T., HOUBEN, G., TEUTEBERG, I. & HIMMELSBACH, T. (2006): Hydrogeologie des Kabul-Beckens (Afghanistan) – Teil I: Grundwasserleiter und Hydrologie. – Grundwasser, **11**, 2: 65–75, 17 Abb.; Berlin (Springer).

MARGANE, A., HOBLER, M., ALMOMANI, M. & SUBAH, A. (2002): Contributions to the Hydrogeology of Northern and Central Jordan. – Geologisches Jahrbuch, **C 68**: 52 S., 18 Abb., 11 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

Boden

UTERMANN, J., MEYENBURG, G., ALTFELDER, S., GÄBLER, H.-E., DUJINISVELD, W., BAHR, A. & STRECK, T. (2005): Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser auf der Grundlage chemischer und physikalischer Pedotransferfunktionen. – Endbericht BMBF-Forschungsvorhaben 02WP0206: 169 S., 65 Abb., 46 Tab.; Hannover (BGR).

MÖLLER, A., MÜLLER, H. W., ABDULLA, G., ABDELGAWAD, G. & UTERMANN, J. (2005): Urban soil pollution in Damascus, Syria: Contents and patterns of heavy metals in the soils of the Damascus Ghouta. – Geoderma **124**: 63–71; Amsterdam.

ECKELMANN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRÉ, F., HOUSCOVÁ, B., JONES, R. J. A., KIBBLEWHITE, M., KOZAK, J., LE BAS, C., TÓTH, G., TÓTH, T., VÁRALLYAY, G., YLI HALLA, M. & ZUPAN, M. (2006): Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. – Research Report / European Soil Bureau, **20**: 94 S., 18 Abb., 15 Tab.; Luxemburg (European Communities).

UTERMANN, J., DÜWEL, O. & NAGEL, I. (2006): Contents of trace elements and organic matter in European soils – Part II. – In: GAWLIK, B. M. & BIDOGLIO, G. (Hrsg.): Background values in European soils and sewage sludges – Results of a JRC-coordinated study on background values: 45 S., 9 Abb., 15 Tab., 8 Anh.; Luxemburg (European Communities).

ALTFELDER, S., DUJINISVELD, W., STRECK, T., MEYENBURG, G. & UTERMANN, J. (2007): Quantifying the influence of uncertainty and variability on groundwater risk assessment for trace elements. – Vadose Zone Journal, **6**, 3: 668–678, 5 Abb., 4 Tab.; Madison/Wisconsin.

RICHTER, A., ADLER, G. H., FAHRACK, M. & ECKELMANN, W. (2007): Erläuterungen zur nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 1 000 000 (BÜK 1000 N, Version 2.3): 46 S., 4 Abb., 5 Tab., 3 Kt.; Hannover (BGR).

Geotechnische Sicherheit

LANGER, M. (1967): Rheologie der Gesteine. Theoretische und experimentelle Untersuchungen über das rheologische Verhalten von Gesteinsstücken und Gebirgskörpern als Grundlage für den Ansatz und die Auswertung felsmechanischer und tektonischer Experimente. – In: LANGER, M. (1969): Rheologie der Gesteine und Gebirgskörper in Theorie und Praxis. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Jg. 1967, **119**: 313–425, 48 Abb., 9 Tab.; Hannover.

FROST, H. J. & ASHBY, M. F. (1982): Deformation-mechanism Maps: 166 S.; Oxford (Pergamon).

ALBRECHT, H. & HUNSCH, U. (1980): Gebirgsmechanische Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzdiapiren unter besonderer Berücksichtigung des Fließverhaltens von Steinsalz. – Fortschritte der Mineralogie, **58**, 2: 212–247; Stuttgart (Schweizerbart).

CRISTESCU, N. D. & HUNSCH, U. (1998): Time effects in rock mechanics: 342 S., zahlr. graph. Darst.; Chichester (Wiley).

SCHULZE, O., HEEMANN, U., ZETSCH, F., HAMPEL, A., PUDEWILLS, A., GÜNTHER, R.-M., MINKLEY, W., SALZER, K., HOU, Z., WOLTERS, R., ROKAHR R. & ZAPF, D. (2007): Comparison of advanced constitutive models for the mechanical behavior of rock salt – results from a joint research project. I. Modeling of deformation processes and benchmark calculations. – In: WALLNER, M., LUX, K.-H., MINKLEY, W. & HARDY, JR., H. R. (Hrsg.): The Mechanical Behavior of Salt – Understanding of THMC Processes in Salt. Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behaviour of Salt 'Saltmech6', Hannover, May 2007: 77–88; London (Taylor & Francis).

Endlagerung

KLINGE, H., BOEHME, J., GRISSEMANN, CHR., HOUBEN, G., LUDWIG, R.-R., RÜBEL, A., SCHELKES, K., SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, A. (2007): Standortbeschreibung Gorleben – Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben. – Geologisches Jahrbuch, C 71: 147 S., 59 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Stuttgart (Schweizerbart).

KÖTHE, A., HOFFMANN, N., KRULL, P., ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben – Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben. – Geologisches Jahrbuch, **C 72**: 201 S., 42 Abb., 19 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

HOTH, P., WIRTH, H., REINHOLD, K., BRÄUER, V., KRULL, P. & FELDRAPPE, H. (2007): Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen: Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands: 118 S.; Hannover (BGR).

FAHLAND, S., HEUSERMANN, S., EICKEMEIER, R., NIPP, H.-K. & PREUSS, J. (2007): Three-dimensional geomechanical modeling of old mining rooms in the central part of the Bartensleben salt mine. – In: WALLNER, M., LUX, K.-H., MINKLEY, W. & HARDY, JR., H. R. (Hrsg.): The Mechanical Behavior of Salt – Understanding of THMC Processes in Salt. Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behaviour of Salt 'Saltmech6', Hannover, May 2007: 337–344; London (Taylor & Francis).

GÖBEL, I., ALHEID, H.-J., ALONSO, E., AMMON, CH., BOSSART, P., BÜHLER, CH., EMMERICH, K., FERNANDEZ, A. M., GARCÍA-SIÑERIZ, J. L., GRAF, A., JOCKWER, N., KAUFHOLD, ST., KECH, M., KLUBERTANZ, G., LLORET, A., MAYOR, J. C., MEYER, T.,

MIEHE, R., MUÑOZ, J. J., NAUMANN, M., NUSSBAUM, C., PLETSCH, TH., PLISCHKE, I., PLOETZE, M., REY, M., SCHNIER, H., SCHUSTER, K., SPRADO, K., TRICK, TH., WEBER, H., WIECZOREK, K. & ZINGG, A. (2007): Heater Experiment: Rock and bentonite thermo-hydro-mechanical (THM) processes in the near field of a thermal source for development of deep underground high level radioactive waste repositories. – In: BOSSART, P. & NUSSBAUM, C. (Hrsg.): Mont Terri Project – Heater Experiment, Engineered Barriers Emplacement and Ventilation Tests. – Reports of the Swiss Geological Survey, **1**: 7–114; Wabern/Schweiz.

SPIES, T. & EISENBLÄTTER, J. (2001): Acoustic emission investigation of microcrack generation at geological boundaries. – *Engineering Geology*, **61**: 181–188; Amsterdam (Elsevier).

Geologische Schadensrisiken

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (Hrsg.) (1995–2005): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien – Band 1: Geofenerkundung, Band 2: Strömungs- und Transportmodellierung, Band 3: Geophysik, Band 4: Geotechnik – Hydrogeologie, Band 5: Tonmineralogie und Bodenphysik, Band 6: Geochemie, Band 7: Handlungsempfehlungen für die Erkundung der geologischen Barriere bei Deponien und Altlasten, Band 8: Erkundungspraxis; Berlin (Springer).

HOFFMANN-ROTHE, A., IBS-VON SEHT, M., KNISS, R., FABER, E., KLINGE, K., REICHERT, C., PURBAWINATA, M. A. & PATRIA, C. (2006): Monitoring Anak Krakatau Volcano in Indonesia. – *EOS, Transactions of American Geophysical Union*, **87**, 51: 585–586, 2 Abb., 1 Tab.; Washington.

LADAGE, S., WEINREBE, W., GAEDICKE, C., BARCKHAUSEN, U., FLÜH, E., HEYDE, I., KRABBENHÖFT, A., KOPP, H., FAJAR, S. & DJAJADIHARDJA, Y. (2006): Bathymetric Survey Images Structure off Sumatra. – *EOS, Transactions of American Geophysical Union*, **87**, 17: 165–172, 2 Abb.; Washington.

LEYDECKER, G., SCHMITT, T. & BUSCHE, H. (2006): Erstellung ingenieurseismologischer Gutachten für Standorte mit erhöhtem Sekundärrisiko auf der Basis des Regelwerks KTA 2201.1 – Leitfaden: 58 S., 16 Abb., 4 Tab., 2 Anh.; Hannover (BGR).

SIMEONOVA, S., SOLAKOV, D., LEYDECKER, G., BUSCHE, H., SCHMITT, T. & KAISER, D. (2006): Probabilistic seismic hazard map for Bulgaria as a basis for a new building code. – *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **6**: 881–887, 7 Abb., 1 Tab.; Katlenburg-Lindau (Copernikus).

WEINLICH, F., FABER, E., BOUŠKOVÁ, A., HORÁLEK, J., TESCHNER, M. & POGGENBURG, J. (2006): Seismically induced variations in Mariánské Lázně fault gas composition in the NW Bohemian swarm quake region, Czech Republic – A continuous gas monitoring. – *Tectonophysics*, **421**: 89–110, 14 Abb.; Amsterdam (Elsevier).

Seismologische Überwachung / Kernwaffenteststoppabkommen

DAHM, T., KRUEGER, F., STAMMLER, K., KLINGE, K., KIND, R., WYLEGALLA, K. & GRASSO, J.-R. (2007): The 2004 Mw 4.4 Rotenburg, Northern Germany, Earthquake and Its Possible Relationship with Gas Recovery. – *Bulletin of the Seismological Society of America*, **97**, 3: 691–704, 13 Abb., 4 Tab.; El Cerrito/Kalifornien.

EVERS, L. G., CERANNA, L., HAAK, H. W., LE PICHON, A. & WHITAKER, R. W. (2007): A seismoacoustic analysis of the gas-pipeline explosion near Ghislenghien in Belgium. – *Bulletin of the Seismological Society of America*, **97**, 2: 417–425, 9 Abb., 2 Tab.; El Cerrito/Kalifornien.

THORNE, M. S., LAY, T., GARNERO, E. J., JAHNKE, G. & IGEL, H. (2007): Seismic imaging of the laterally varying D'' region beneath the Cocos Plate. – *Geophysical Journal International*, **170**, 2: 635–648, 9 Abb., 2 Tab.; Oxford (Blackwell).

WEGLER, U. & SENS-SCHOENFELDER, C. (2007): Fault zone monitoring with passive image interferometry. – *Geophysical Journal International*, **168**, 3: 1029–1034, 4 Abb.; Oxford (Blackwell).

LE PICHON, A., VERGOZ, J., HERRY, P. & CERANNA, L. (2008): Analyzing the detection capability of infrasound arrays in Central Europe. – *Journal of Geophysical Research*, **113**: 8 S., 4 Abb.; Washington – DOI: 10.1029/2007JD009509.

Klimaentwicklung

BERNER, U. & STREIF, H.-J. (2004): *Klimafakten*: 259 S., 286 Farbabb.; Stuttgart (Schweizerbart).

DELISLE, G. (2007): Near-surface permafrost degradation: How severe during the 21st century? – *Geophysical Research Letters*, **34**; Washington – DOI: 10.1029/2007GL029323.

DELISLE, G., GRASSMANN, ST., CRAMER, B., MESSNER, J. & WINSEMANN, J. (2007): Estimating episodic permafrost development in northern Germany during the Pleistocene. – In: HAMBREY, M. et al. (Hrsg.): *Glacial Sedimentary Processes and Products*, Special Publication, **39**: 109–119; Oxford (Blackwell).

JAESCHKE, A., RÜHELMANN, C., ARZ, H., HEIL, G. & LOHMANN, G. (2007): Coupling of millennial-scale changes in sea surface temperature and precipitation off northeastern Brazil with high-latitude climate shifts during the last glacial period. – *Paleoceanography*, **22**; Washington – (PA4206, DOI: 10.1029/2006PA001391).

CALMELS, F., DELISLE, G. & ALLARD, M. (2008): Internal structure and the thermal and hydrological regime of a lithalsa: Significance for permafrost growth and decay. – *Canadian Journal of Earth Sciences*, **45**: 31–43; Ottawa.

Geologische Grundlagen

ASCH, K. (2003): The 1 : 5 Million International Geological Map of Europe and Adjacent Areas: Development and Implementation of a GIS-enabled Concept. – *Geologisches Jahrbuch Sonderhefte*, **SA 3**: 190 S., 45 Abb., 46 Tab., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).

BALDSCHUHN, R., BINOT, F., FLEIG, S. & KOCKEL, F. (2001): *Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor*. – *Geologisches Jahrbuch*, **A 153**: 88 S., 3 CD; Stuttgart (Schweizerbart).

DAMASKE, D. & DÜRBAUM, H.-J. (Hrsg.) (1989): *German Antarctic North Victoria Land Expedition 1984/85*. – *Geologisches Jahrbuch*, **E 38**: 522 S., 4 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).

JORDAN, H. & SIEMON, B. (2002): Die Tektonik des nordwestlichen Harzrandes – Ergebnisse der Hubschrauber-Elektromagnetik. – *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, **153**, 1: 31–50, 9 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.

TESSENHORN, F. (Hrsg.) (2001): *Intra-Continental Fold Belts – CASE 1: West Spitsbergen*. Polar Issue No. 7. – *Geologisches Jahrbuch*, **B 91**: 773 S., 237 Abb., 28 Tab., 37 Taf., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).

Geowissenschaftliche Zusammenarbeit

KOCKEL, F. (1974): *Final Report of the German Geological Mission in Uganda 1970–1973*; Hannover (BGR – unveröff. Archivber. 0067325).

- BENDER, F. (1974): Geology of Jordan: 196 S., zahlr. graph. Darst.; Berlin (Borntraeger).
- MARGANE, A., HOBLER, M., ALMOMANI, M., & SUBAH, A. (2002): Contributions to the hydrogeology of Northern and Central Jordan. – Geologisches Jahrbuch, **C 68**: 3–51; Stuttgart (Schweizerbart).
- RANKE, U. (1998): Die Geologie in der Entwicklungszusammenarbeit, Ziele und Schwerpunkte – und die Praxis aus Sicht der Durchführungsorganisation BGR. – Zeitschrift für Angewandte Geologie, **44**, 2: 67–72, 4 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- RANKE, U. (1998): ZOPP: A reliable instrument for planning of geoscientific cooperation projects. – Zeitschrift für Angewandte Geologie, **44**, 2: 73–77, 3 Abb., 5 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- WIRAKUSUMAH, A. D., HARDOYO, RANKE, U. & TRIUTOMO, S. (Hrsg.) (2004): Mitigation of geohazards in Indonesia: A status report on the project „Civil-society and inter-municipal cooperation for better urban services – Mitigation of Geohazards: A contribution to the World Conference on disaster reduction, Kobe/Japan, January 2005: 59 S., 39 Abb., 13 Tab.; Hannover (BGR).
- KNÖDEL, K., LANGE, G. & VOIGT, H.-J. (2007): Environmental Geology – Handbook of Field Methods and Case Studies: 1357 S., 501 Abb., 204 Tab.; Berlin (Springer).
- KÜHN, F., MARGANE, A., TATONG, T. & WEVER, T. (2004): InSAR-based land subsidence map for Bangkok, Thailand. – Zeitschrift für angewandte Geologie, **50**, 1: 74–81; Stuttgart (Schweizerbart).

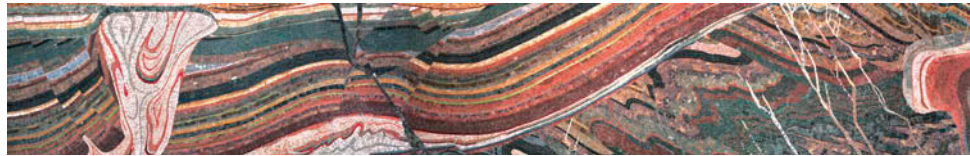
Fachtechnische Infrastruktur

- EHLING, A. (2007): Eigenschaften, Abbau und Verwendung schlesischer Bausandsteine – Ein aktueller Vergleich mit der Historie. – Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **158**, 3: 351–360, 3 Tab., 2 Taf.; Stuttgart.
- HORATSCHEK, S., SCHUBERT, TH. (1998): Richtlinie für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen: Empfehlungen zur Manuskripterstellung von Text, Abbildungen, Tabellen, Tafeln, Karten: 51 S., 17 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- KÖTHE, A. & PIESKER, B. (2007): Stratigraphic distribution of Paleogene and Miocene dinocysts in Germany. – Revue Paléobiologie, **26**, 1: 1–39, 2 Abb., 15 Tab.; Genf.
- KÜHN, F., SCHÄFFER, U., HOFFMANN-ROTHER, A. & COOKSLEY, G. (2007): Remote Sensing to Support Management of Georisks in Indonesia. – ESA: 2007 International Geohazards Week, Frascati, November 2007: – (<http://earth.esa.int/workshops/2007Geohazards/programme.html>).
- KÜHN, F., KING, T., HOERIG, B., & PETERS, D. (2000): Remote Sensing for Site Characterization: 211 S., 117 Abb., 11 Tab.; Berlin (Springer).
- ANDRULEIT, H., GEISEN, M. & STÄGER, S. (2006): Stereomicroscopy of coccolithophores – modern applications for imaging and morphological analysis. – Journal of Nannoplankton Research, **28**, 1: 1–16, 2 Abb., 12 Taf.; Cambridge.



Textbeiträge

Dr. Gert Adler, Dr. Kristine Asch, Dr. Roland Bäumle, Dr. Volkmar Bräuer, Dmitry Chizhov, Dr. Bernhard Cramer, Dr. Volkmar Damm, Georg Delisle, Dr. Wilhelmus Duijnisveld, Dr. Olaf Düwel, Dr. Wolf Eckelmann, Dr. Angela Ehling, Dr. Solveig Estrada, Dr. Sandra Fahland, Dr. Dieter Franke, Dr. Joachim Gersemann, Dr. Nicolai Gestermann, Dr. Christoph Grisseemann, Bettina Grabsch, Manfred Henger, Dr. Carmen Heunisch, Prof. Dr.-Ing. Stefan Heusermann, Dr. Karl Hinz, Michael Hofmann, Marion Iranee, Dr. Klaus-Dieter Klinge, Klaus Krause, Dr. Martin Krüger, Dr. Friedrich Kühn, Bettina Landsmann, Dr. Günter Leydecker, Dr. Armin Margane, Dr. Andreas-Alexander Maul, Dr. Frank Melcher, Dr. Uwe Meyer, Sabine Mrugalla, Dr. Sönke Neben, Dr. Karsten Piepjohn, Dr. Thomas Plenefisch, Dr. Dieter Rammilmair, Dr. Christian Reichert, Dr. Lutz Reinhardt, Dr. Frauke Schäfer, Dr. Axel Schippers, Gerhard Schmidt, Kerstin Schmitz, Thomas Schröder, Dr. Otto Schulze, Hans-Joachim Sturm, Dr. Thomas Thielemann, Dr. Jens Utermann, Dr. Jürgen Vasters, Dr. Markus Wagner, Dr. Wolfgang Weiss, Dr. Anja Wittenberg.



Bildnachweis

Roland Bäumle	S. 60
Dirk Balzer	S. 98, 101
Franz Böker	S. 94
Marc Brockmann	S. 73
L. Chinjenge	S. 61
Georg Delisle	S. 121
Wilhelmus Duijnsveld	S. 66, 67
Jürgen Fritsch	S. 49
Werner von Gosen	S. 137
Lothar Hahn	S. 44
Wolfgang Heimbach	S. 52
Fabian Helms	S. 104, 105
Manfred Henger	S. 111
Malte Ibs-von Seht	S. 93
Hans Klinge	S. 58/59
Dagmar Kock	S. 44
Friedrich Krone	S. 65
Martin Krüger	S. 29, 30
Friedrich Kühn	S. 160
Bettina Landsmann	S. 86
Armin Margane	S. 51
Frank Melcher	S. 44
Christoph Neukum	S. 58/59, 61
Thomas Oberthür	S. 32
Karsten Piepjohn	S. 136, 137
Dieter Plöthner	S. 52
Simone Röhling	S. 31, 32
Norbert W. Roland	S. 128
Axel Schippers	S. 45
Gerhard Schmidt	S. 49, 54, 56
Ulrich Schwarz-Schampera	S. 33
Maria Alexandrovna Sitnikova	S. 39
Sylvia Sörgel	S. 48
Sara Ines Vassolo	S. 56
NWasco	S. 61
Friedrich Wolff	S. 36

Ein Großteil der Bilder wurde von Andrea Weitze und Wolfgang Hake aufgenommen, Fotograf(in) bei B/L Z.8. Andere Fotografien, zu denen keine Quelle genannt ist, stammen von – zum Teil auch ehemaligen – Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Geozentrum Hannover.

Das Redaktionskomitee dankt allen Fotografen für die Unterstützung.

Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2008)

Redaktionskomitee (und Textbeiträge)

DR. HARALD ANDRULEIT (B1.23), DR. LARS CERANNA (B3.11),
DR. INGO HEYDE (B3.15), DR. RAINER HOFFMANN (B4.25),
DR. ANGELIKA KÖTHE (B3.25), BETTINA LANDSMANN (B2.3),
DR. ULRICH RANKE (B1.11), DR. SIMONE RÖHLING (B1.22),
DR. THOMAS SCHUBERT (BZ.8), DR. FRANK WAGNER (B1.17),
MARKUS ZAEPKE (B1.16).

Redaktion

DR. THOMAS SCHUBERT, REINHARD DÖRGE, RUTH HEISE,
SIEGFRIED PIETZOK UND HANS-JOACHIM STURM.

Druck und Herstellung

Druckhaus Thomas Mützer GmbH
Neustädter Str. 1–4
99947 Bad Langensalza



www.bgr.bund.de





Die UN-Generalversammlung hat am 20. Februar 2006 das Jahr 2008 zum Internationalen Jahr des Planeten Erde (IYPE) erklärt. Durch zahlreiche Veranstaltungen und interdisziplinäre Projekte auf internationaler und nationaler Ebene sollen Bedeutung und Nutzen der modernen Geowissenschaften für die Gesellschaft und eine nachhaltige Entwicklung verdeutlicht werden.

Das IYPE wird weltweit von zahlreichen Partnern und Sponsoren unterstützt, darunter von allen internationalen wissenschaftlichen Fachverbänden. Diese bisher größte und weltweit einzigartige Initiative in den Geowissenschaften bezieht alle Geofachgemeinschaften ein. Die Veranstaltungen und Projekte erstrecken sich über einen Zeitraum von insgesamt drei Jahren (2007–2009).



bgr.bund.de

