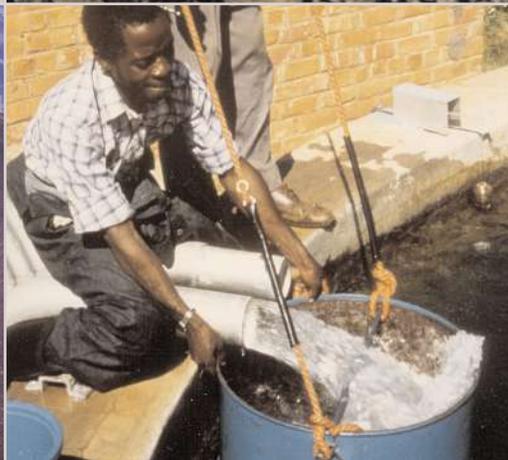
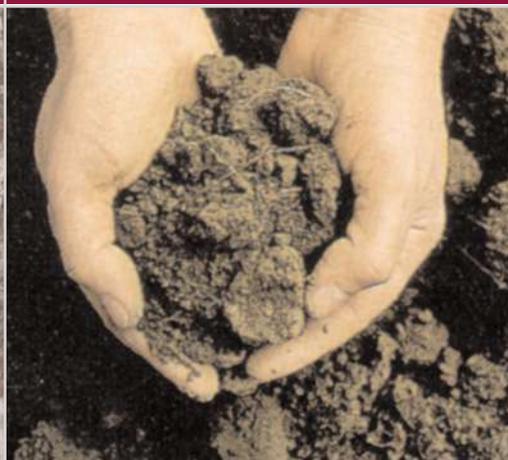
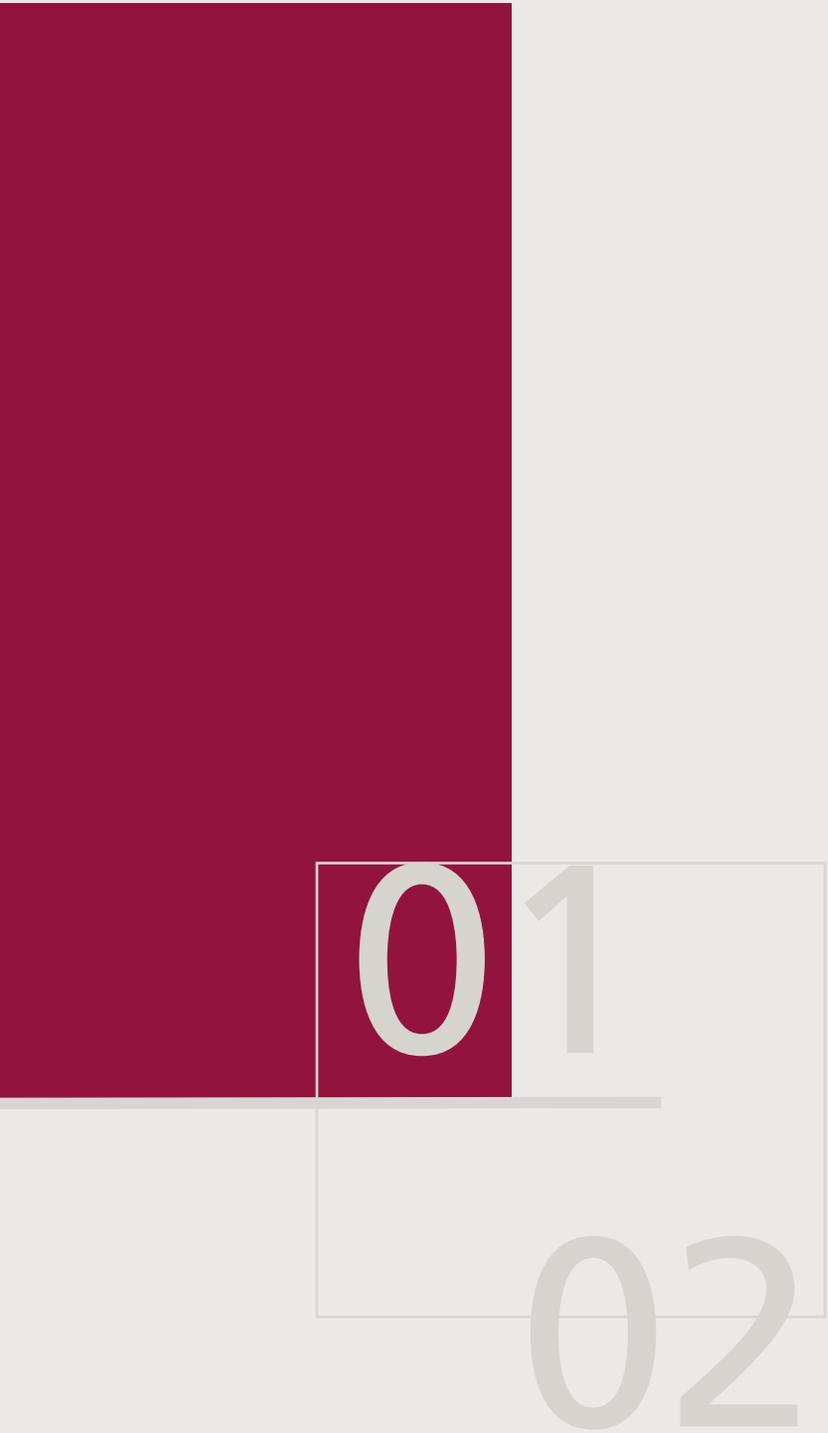


# Tätigkeitsbericht

2001  
2002





01

02

Bundesanstalt für Geowissenschaften  
und Rohstoffe



## Tätigkeitsbericht 2001 / 2002

Hannover, Mai 2003



# Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2003)

## Redaktionskomitee

Dr. SVEN ALTFELDER (B 4.26), Dr. ULRICH BERNER (B 4.11), Dr. DÖRTE BUDZIAK (B 1.17),  
Dr. BERNHARD CRAMER (B 4.13), Dr. JOCHEN ERBACHER (B 3.23), Dr. GUDRUN FRANKEN (B 1.11),  
PETRA GERBER (BZ.3), Dr. PETER GERLING (B 1.23), NICOLAI GESTERMANN (B 3.11),  
Dr. VOLKER HENNINGS (B 4.26), Dr. THOMAS HIMMELSBACH (B 1.26), NICOLA MARTIN (B 1.24),  
UTE MAURER (B 2.7), Dr. FRANK MELCHER (B 4.23), Dr. ANDREAS MÖLLER (B 4.25),  
Dr. THOMAS OBERTHÜR (B 4.23), Dr. DIETER RAMMLMAIR (B 4.15), Dr. JÖRG REICHLING (BZ.8),  
LUTZ REINHARDT (B 3.23), Dr. FRAUKE SCHÄFER (B 3.24), Dr. THOMAS SCHUBERT (BZ.8),  
Dr. THOMAS THIELEMANN (B 1.23), Dr. JAN-R. WEBER (B 2), Dr. THOMAS WIPPERMANN (B 4.1)

## Redaktion

Dr. THOMAS SCHUBERT  
unter Mitarbeit von: BRIGITTE MEBNER, KAROLA OTREMBIA, HANS-JOACHIM STURM,  
REINHARD DÖRGE und ANDREA WEITZE

## Druck und Herstellung

Bonifatius  
Druck, Buch, Verlag  
Karl-Schurz-Straße 26, 33100 Paderborn

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

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

**Telefon** (05 11) 6 43 – 22 99

**Telefax** (05 11) 6 43 – 36 85

**E-Mail** info@bgr.de

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



## Vorwort

### Liebe Leserin, lieber Leser,

in dem Tätigkeitsbericht 2001/2002 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) wird über wichtige Arbeitsergebnisse berichtet, die exemplarisch die fünf Querschnittsaufgaben und neun sektoralen Aufgaben der BGR beleuchten. Hinzu kommen zwei Sonderthemen „Klima“ und „Geojahr“.

Unter dem Leitsatz „Verbesserung der Lebensbedingungen durch nachhaltige Nutzung der Geopotenziale“ bearbeitet die BGR die Querschnittsaufgaben:

- ◆ Beratung der Ministerien und der EU,
- ◆ Beratung der deutschen Wirtschaft,
- ◆ Technische Zusammenarbeit mit Ländern der Dritten Welt,
- ◆ Wissenschaftlich-Technische Zusammenarbeit,
- ◆ Forschung und Entwicklung, um die Beratungs- und operativen Aufgaben kompetent durchführen zu können.

Die neun sektoralen Aufgaben, die sich alle in den fünf Querschnittsaufgaben wiederfinden, sind:

- ◆ Endlagerung / Geologische Barrieren,
- ◆ Kernwaffenteststoppabkommen,
- ◆ Georisiken,
- ◆ Wasser,
- ◆ Geoumwelt- und Ressourcenschutz,
- ◆ Energierohstoffe,
- ◆ Boden,
- ◆ Mineralische Rohstoffe,
- ◆ Erkundung der Meere und Polarregionen.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben arbeiten wir mit zahlreichen in- und ausländischen Partnern zusammen, insbesondere aber mit den beiden anderen Institutionen im GEOZENTRUM HANNOVER, die die gleiche Infrastruktur nutzen: das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLFb) und das Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) in der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL).

Das Jahr 2002 war das „Jahr der Geowissenschaften“, ausgerufen von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die Geowissenschaftler in Deutschland waren aufgefordert, die Erkenntnisse, die Möglichkeiten und vor allem den Nutzen geowissenschaftlicher Aktivitäten allgemeinverständlich an die Bürger zu vermitteln.

Die zentrale Veranstaltung aller drei Institutionen, BGR, NLFb und dem GGA-Institut im GEOZENTRUM HANNOVER war das Rohstoffereignis vom 20. bis 22. Juni 2002 auf dem Opernplatz in Hannover unter dem Motto „All you need is ... der Rohstoffevent Hannover“, eine der Großveranstaltungen des Geojahres. Alle in Deutschland wichtigen Rohstoffzweige waren als Partnerorganisationen vertreten. Steinkohle, Salz, Erdöl/Erdgas, Braunkohle, Steine und Erden, Recyclingwirtschaft, Endlagerung und Rohstoffforschung an den Hochschulen präsentierten ihre Botschaften über den jeweiligen Rohstoff. Die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Frau EDELGARD BULMAHN, und Hannovers Oberbürgermeister, Dr. HERBERT SCHMALSTIEG, beteiligten sich an der Eröffnungs- und an der Abschlussveranstaltung.

Weitere Aktivitäten der BGR waren die einwöchige Ausstellung in Hannovers Hauptbahnhof anlässlich des „Tages des Wassers“ am 22. März 2002, der „Tag der Offenen Tür“ im GEOZENTRUM HANNOVER am 31. August 2002, die Beteiligung am Geoschiff „Jenny“, das auf dem deutschen Binnenwasserstraßennetz ein Jahr lang die Geobotschaft verbreitete, oder die Beteiligung an den drei Zentralveranstaltungen des Geojahres: „System Erde“ vom 16. bis 20. Januar 2002 in Berlin, „Feuer“ vom 5. bis 9. Juni 2002 in Köln und „Wasser“ vom 22. bis 28. August 2002 in Bremen.

Aus den Arbeiten und Entwicklungen, die unsere Aufgabenerfüllung in den Jahren 2001 und 2002 wesentlich beeinflussten, seien fünf herausgegriffen:

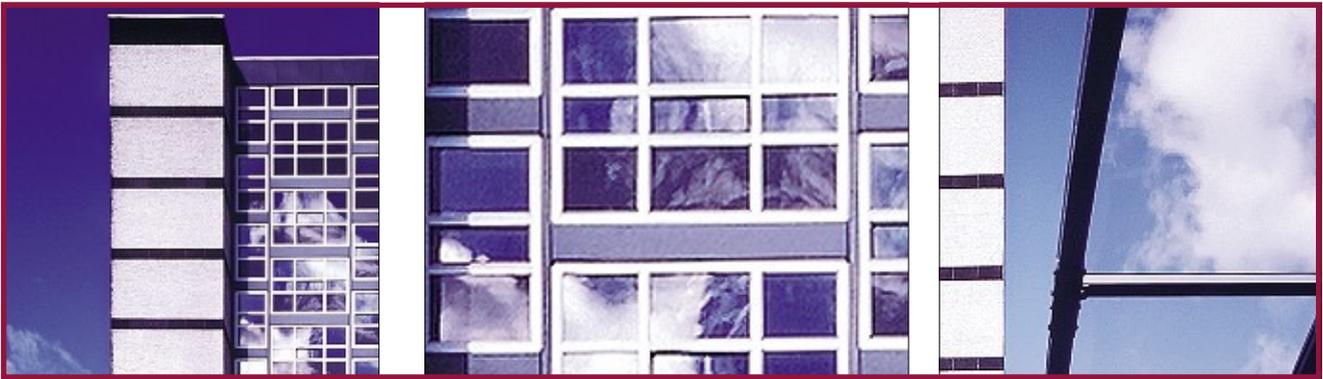
- ◆ Eine umfangreiche Energiestudie „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2002“ wurde als Faktenbasis für die Energiepolitik des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) durchgeführt.
  - ◆ Die BGR war in die Arbeiten des „Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd)“ eingebunden. Die Hauptaufgabe der BGR war die Zusammenstellung geowissenschaftlicher Grundlagen für die Entwicklung und Wichtung von Verfahrenskriterien. Bei der Kriterienentwicklung war die BGR verantwortlich für die Prüfung der Anwendbarkeit.
  - ◆ Im Auftrag des BMWA begannen wir eine Kooperation mit russischen Institutionen für die Beratung russischer Endlagerprojekte.
  - ◆ Am 10. April 2001 wurde unsere Infrasschallstation IS 26, die wir an der GERESS-Lokation im Bayerischen Wald im Rahmen unserer gesetzlichen Aufgabe für das Kernwaffenteststoppabkommen betreiben, von der CTBTO in Wien (Comprehensive Test Ban Treaty Organisation) als erste im weltweiten CTBTO-Stationsnetz zertifiziert. Zusätzlich zu dieser deutschen Station haben wir Ende des Jahres 2002 damit begonnen, auf der antarktischen Georg-von-Neumayer-Station des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung eine zweite Infrasschallstation (IS 27) aufzubauen.
- ◆ Das BMWA hat das Programm „Leistungssteigerung der technisch-ökonomischen Wirtschaftsstruktur zu Gunsten der deutschen Wirtschaft, insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU)“ begonnen, an dem die BGR mit fünf Projekten in KMU-Kooperationen beteiligt ist.

Der Hans-Joachim-Martini-Stiftung sei für ihre großzügige Unterstützung gedankt. Vier Preise konnten vergeben werden:

- ◆ Hans-Joachim-Martini-Preise an Herrn Dr. JOACHIM ERBACHER für seine Arbeiten über die Entstehung von Erdölmuttergesteinen am Beispiel kreidezeitlicher Schwarzschiefer vor der Küste Floridas und an Herrn Dr. UDO BARCKHAUSEN für seine Arbeiten über die Deutung der plattentektonischen Evolution der ozeanischen Kruste vor Costa Rica.
- ◆ Hans-Joachim-Martini-Nachwuchspreise an Frau UTE KNORR für die Verfahrensentwicklung zur Auswertung und kartographischen Gestaltung von Fachdaten der Angewandten Geologie und für ihr Engagement im Jahr der Geowissenschaften und an Herrn STEFAN GRABMANN für seine Leistung bei der erdölgeologischen 2-D-Beckenmodellierung durch die Erdöllagerstätte Bramberge.

Den Mitgliedern des Kuratoriums der BGR danke ich herzlich für ihren Rat und ihre Unterstützung. Ebenfalls danke ich den Bundesministerien und unseren in- und ausländischen Kooperationspartnern. Vor allem aber bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR für ihr Engagement bei der Erfüllung unserer Aufgaben.

Prof. Dr.-Ing. F.-W. Wellmer  
Präsident



## ***Kuratorium***

der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Der Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit 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 dem Hochschulbereich sowie aus Wirtschaft und Industrie an.

### *Vorsitzender des Kuratoriums*

Dr. K. M. REINICKE  
Burgwedel

### *Mitglieder*

Dr. H. K. ÅKER  
Vize-Präsidentin der  
Soil and Water Ltd.  
Jaakko Pöyry Group  
Vantaa, Finnland

Dr. R. BETHKE  
Vorsitzender des Vorstandes der  
K+S Aktiengesellschaft  
Kassel

Dr.-Ing. D. BÖCKER  
Vorstandsmitglied der  
RWE Rheinbraun AG  
Köln

Prof. Dr. Dr. h. c. R. EMMERMANN  
Vorsitzender des Vorstandes des  
GeoForschungsZentrums Potsdam (GFZ)  
Potsdam

Prof. Dr. P. FRITZ  
Wissenschaftlicher Geschäftsführer des  
Umweltforschungszentrums  
Leipzig-Halle GmbH  
Leipzig

Prof. Dr. Dr. W. GOCHT  
Institutsdirektor des  
Forschungsinstituts für internationale  
technische und wirtschaftliche  
Zusammenarbeit der RWTH  
Aachen

Prof. Dr. H.-P. HARJES  
Institut für Geologie, Mineralogie  
und Geophysik  
der Ruhr-Universität  
Bochum

Dr. W. HOHLEFELDER  
Vorstandsmitglied der  
E.ON Energie AG  
München

Prof. Dr. F. JACOBS  
Institutsdirektor des  
Instituts für Geophysik und Geologie  
der Universität  
Leipzig

Dr. P. KLAUS  
Vorstandsmitglied der  
Kreditanstalt für Wiederaufbau  
Frankfurt

Prof. Dr. I. KÖGEL-KNABNER  
Lehrstuhl für Bodenkunde  
der Technischen Universität München  
Freising-Weihenstephan

Dipl.-Ing. G. KRALLMANN  
Großburgwedel

Prof. Dr. J. THIEDE  
Direktor der Stiftung des  
Alfred-Wegener-Instituts für  
Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven

Dipl.-Ing. B. TÖNJES  
Vorstandsvorsitzender der  
Deutschen Steinkohle AG  
Herne

Peter VOS  
Sprecher des Vorstandes der  
Basalt-Actien-Gesellschaft  
Linz/Rhein

Reinier ZWITSERLOOT  
Vorsitzender des Vorstandes der  
Wintershall AG  
Kassel

# Inhalt

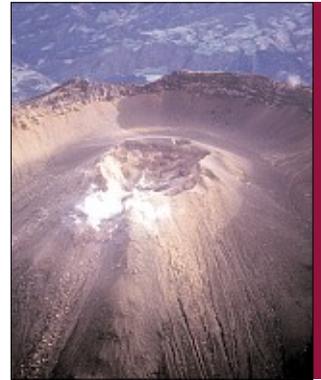
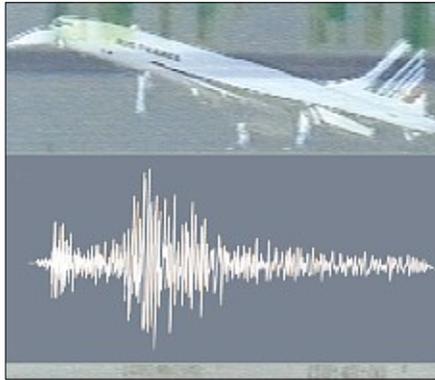
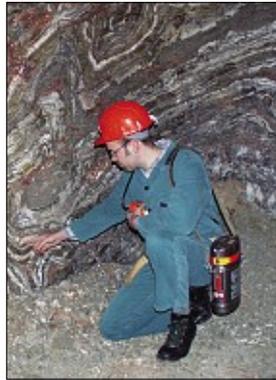


## 15 Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im GeoZentrum Hannover – die zentrale deutsche geowissenschaftliche Beratungseinrichtung

- 15 Beratung der Bundesregierung bei den internationalen Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland
- 15 Beratung der Bundesregierung in geowissenschaftlichen Fragen
- 16 Beratung von Institutionen der Europäischen Union
- 16 Beratung der deutschen Wirtschaft
- 16 Die BGR als „Türöffner“ und „Kontaktbörse“
- 17 Wie lange reichen die nicht-erneuerbaren Energievorräte?  
Die BGR legt die Energiestudie für 2002 vor
- 19 Geowissenschaftler der BGR leisten einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen in Entwicklungsländern
- 21 Grundwassermodelle – ein verlässliches Werkzeug für eine nachhaltige Grundwasser-Bewirtschaftung?
- 21 Das Conlara-Tal in Argentinien – ein Beispiel für eine erfolgreiche Prognose der BGR
- 22 Die Schmuckstein-Kooperative Libertad – wirtschaftliche Zukunftshoffnung für eine argentinische Region
- 24 Zehn Jahre Technische Zusammenarbeit mit der Mongolei;  
aber 40 Jahre deutsch-mongolische Kooperation auf dem Geo-Sektor

## 29 Forschung in einzigartigen Naturlaboratorien und Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit

- 30 Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit mit China – von der Plattentektonik zur Beurteilung des Lagerstättenpotenzials
- 32 Die BGR setzt modernste Technologie bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ein
- 32 Entwicklung innovativer und praxisbezogener Methoden in Zusammenarbeit mit klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU)



## 37

### Neue Wege in der Endlagerung – Beiträge der BGR zur geotechnischen Sicherheit und Endlagerung

- 38 Bleibt Morsleben dicht?
- 39 Wie bewegt sich das Grundwasser in Gorleben?
- 39 Kann man im Granit radioaktive Abfälle endlagern?
- 40 Kann man im Ton endlagern?
- 41 Wie kann eine neue Standortsuche praktisch funktionieren?
- 41 Das Erdbeben am 11. Juli 2002 bei Bremen

## 45

### Die Verpflichtung der Bundesrepublik Deutschland bei der Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens

- 45 Das Nationale Seismologische Datenzentrum
- 46 Infraschallmessungen jetzt auch in der Antarktis
- 48 Genaue Ortung von Kernwaffenexplosionen

## 53

### Naturkatastrophen, Vulkanausbrüche, Erdbeben, Hangrutsche und Flutkatastrophen – Geowissenschaftler der BGR entwickeln Methoden zur Früherkennung

- 53 Harmonische Klänge aus dem Innern aktiver Vulkane
- 56 Untersuchung der Erdbebenaktivität im Großraum Peking
- 56 Geotec II – Lokalisierung, Erfassung und Voraussage von Erdfällen



## 61 Die Experten der BGR und der Weg des Wassers

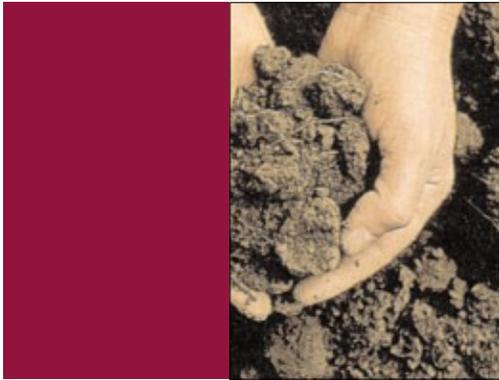
- 62 Hydrogeologische Karte von Namibia (HYMNAM) – Instrument zur langfristigen und sicheren Wasserversorgung
- 64 Moderne computergestützte Informationssysteme helfen bei der Erstellung geowissenschaftlicher Karten für die Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen
- 65 Umweltprobleme in der Beka'a-Hochebene im Libanon
- 66 Wege zur Grundwassersanierung in Kasachstan
- 68 Nitrat im Grundwasser semiarider Gebiete im südlichen Afrika – ein Problem für die Trinkwasserversorgung

## 71 Geomwelt- und Ressourcenschutz – ein Schwerpunkt in den Arbeiten der BGR

- 71 Baltic Soil Survey
- 72 Der Geochemische Atlas von Europa
- 74 Umweltbelastungen in China – Umweltgeochemie in der Region Quinhuangdao in der Provinz Hebei
- 74 Geochemisches Monitoring zur Umweltüberwachung in Tallinn
- 76 Umweltgeochemische Bestandsaufnahme des Stadtgebietes Staßfurt, Sachsen-Anhalt

## 81 Wandel vom Gestern zum Heute, neue Nutzungswege in der Zukunft – das breite Spektrum der Aufgabe Energierohstoffe

- 81 Klimaschutz durch unterirdische CO<sub>2</sub>-Speicherung
- 82 Deutschland könnte seinen Strom aus der Tiefe zapfen
- 84 Erprobung der Wasserfrac-Technik und des Einsonden-Zweischichtverfahrens für die Direktwärmenutzung aus gering permeablen Sedimenten
- 85 Bezahlbarer und umweltverträglicher Brennstoff für Entwicklungsländer soll Urwälder retten



## 89 Die Bedeutung der Böden

- 89 Beiträge der BGR zum Bodenschutz in Deutschland
- 92 Bodenversiegelung und Schwermetallbelastung – hat eine der ältesten Oasen der Welt, die Damaskus-Ghouta, noch eine Zukunft?

## 97 Mineralische Rohstoffe – Basis unserer Rohstoffindustrie

- 98 Hochtechnologiemetalle – ein boomender Markt und eine Herausforderung für die Lagerstättenforschung
- 100 Chromerzvorkommen und Anreicherung von Platinmetallen im Balkan – Bewertung und ökonomische Chancen
- 101 Aluminium-Phosphat-Sulfat-Mineralie (APS) – eine Mineralgruppe nur für Sammler?
- 103 „Erfassung und Untersuchung nichtmetallischer Rohstoffe“ – BGR-Experten in einem Seminar in der Mongolei
- 103 Erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch zur Tonmineral-Quantifizierung

## 107 Wissenschaftler der BGR erkunden Meere und Polarregionen

- 107 BGR auf der Suche nach neuen Energieträgern
- 108 Georadar vom Hubschrauber untersucht Gletscher in den Alpen
- 109 Fluglinie über den Careser Gletscher im Ortler-Gebirgszug in Südtirol
- 110 Fossile Ozeankruste im Polar-Ural in Russland – Rohstofflieferant für Chromit und Platin?
- 112 Rechts- und Fachkommission bei der Internationalen Meeresbodenbehörde – auf dem Weg zur geregelten Nutzung mariner Rohstoffvorkommen
- 112 Hangrutschungen vor Chile – den Erdbeben auf der Spur



### Sonderthema „Klima“

- 117 Das Buch zur Klimaentwicklung
- 118 geo.standpunkt – unsere Sicht zur Klimaentwicklung

### Sonderthema „Geojahr“

- 123 Das GeoZentrum Hannover und das „Jahr der Geowissenschaften“
- 124 Warum eine so intensive Öffentlichkeitsarbeit?
- 125 Auch zukünftig „Geowissenschaften zum Anfassen?“

### Zahlen und Fakten





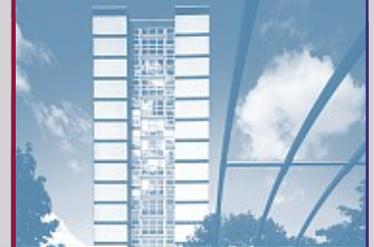
## *Querschnittsaufgaben*

---

*Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist eine wissenschaftlich-technische Behörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA).*

*Unter dem Leitsatz „Verbesserung der Lebensbedingungen durch nachhaltige Nutzung der Geopotenziale“ werden in der BGR folgende Querschnittsaufgaben bearbeitet: Beratung der Ministerien und der EU, Beratung der deutschen Wirtschaft, Technische Zusammenarbeit mit Ländern der Dritten Welt, Forschung und Entwicklung sowie Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit.*

---



# Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im GeoZentrum Hannover – die zentrale deutsche geowissenschaftliche Beratungseinrichtung

**R**ohstoffsicherung für die nächsten Generationen, Nutzung alternativer Energien, Klima- und Umweltschutz, Schutz vor Naturkatastrophen, Konfliktprävention in Krisengebieten, Gesundheitsschutz, Endlagerung radioaktiver Abfälle – Themen, denen wir tagtäglich in Presse, Rundfunk, Fernsehen und im Internet begegnen.

Um diese Themenbereiche auch aus geowissenschaftlicher Sicht kompetent und unabhängig bearbeiten und bewerten zu können, nutzen die Bundesregierung und ihre Ministerien, ihre nachgeordneten Behörden ebenso wie die Abgeordneten des deutschen Bundestages die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) als zentrale geowissenschaftliche Beratungsinstitution. Die BGR ist eine wissenschaftlich-technische Behörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA). Ihre Beratungsaufgaben umfassen sowohl Daueraufgaben als auch politisch aktuelle Themenbereiche.

## Beratung der Bundesregierung bei den internationalen Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland

- ♦ Für den von der Bundesrepublik Deutschland 1996 unterzeichneten internationalen Kernwaffenteststoppvertrag betreibt die BGR das Nationale Seismologische Datenzentrum.
- ♦ Die BGR wird vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) direkt beauftragt, die Projekte der Technischen Zusammenarbeit in den Sektoren Geowissenschaften und Bergbau in den Ländern der Dritten Welt durchzuführen.
- ♦ Im Rahmen der für die Vollmitgliedschaft der Bundesrepublik Deutschland im Antarktisvertrag erforderlichen Forschungsleistungen ist die BGR für die Untersuchungen der Hartgesteinsgeologie verantwortlich.

## Beratung der Bundesregierung in geowissenschaftlichen Fragen

- ♦ Eine wichtige Beratungsaufgabe der BGR sind **geowissenschaftliche Untersuchungsarbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle**, die im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) erfolgen. Dabei werden sowohl standortbezogene Untersuchungen in Gorleben und Morsleben im Salzgestein als auch standortunabhängig in alternativen Wirtsgesteinen, wie Tonen und Kristallin, durchgeführt.
- ♦ **Rohstoffberatung** – Die BGR ist die einzige Institution in Deutschland, die weltweite Rohstoffzeitreihen über Vorräte, Produktion und Verfügbarkeiten mineralischer und energetischer Rohstoffe erhebt. Auf dieser Basis werden beispielsweise kurzfristig Stellungnahmen über plötzliche Rohstoffverknappungen und -preiserhöhungen für die Politikberatung erarbeitet.

- ◆ **Umwelt- und Energieberatung** – Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls von 1997 hat die Bundesregierung die Verpflichtung zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger übernommen. Um diese Verpflichtungen erfüllen zu können, werden verschiedene Szenarien untersucht. Diesbezüglich wurden der deutsche Bundestag und die Bundesministerien über die Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Deponierung in geologischen Strukturen des Untergrundes informiert.

- ◆ Die **Nutzung alternativer Energien** ist einer der Schwerpunkte der Energiepolitik der Bundesregierung. Ein Expertenteam der BGR hat im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung (TAB) beim Deutschen Bundestag eine entsprechende „Studie zum geothermischen Potenzial Deutschlands“ durchgeführt.

- ◆ **Umweltberatung** – Für die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie erarbeitet die BGR zusammen mit den geologischen Landesämtern eine länderübergreifende hydrogeologische Übersichtskarte. Im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung zum Bundesbodenschutzgesetz ist die BGR für die bundesweite Erhebung von geowissenschaftlichen Grunddaten und natürlichen / geogenen Hintergrundwerten zum Bodenschutz zuständig.

- ◆ Im Auftrag der Bundesregierung werden **Gutachten zum Gesundheitsschutz**, wie beispielsweise ein Gutachten für das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) über Dioxinvorkommen in verschiedenen Tonlagerstätten, erarbeitet.

- ◆ Die BGR berät zu konkreten fachlichen Fragestellungen bei der Mitarbeit in der Internationalen Meeresboden-Behörde und der UN-Festlandsockel-Kommission. Weiterhin beteiligt sie sich aktiv an den vom BMBF geförderten Programmen zur **Meeresforschung** und **Polarforschung** im Rahmen des Geotechnologien-Programmes.

- ◆ Durch Sofortmaßnahmen leistet die BGR einen wichtigen außenpolitischen Beitrag zur Konfliktlösung in verschiedenen Krisenregionen. So nimmt die BGR derzeit an Maßnahmen zur Soforthilfe in Afghanistan teil. 2001 und 2002 wurden im Rahmen des „Stabilitätspaktes für Südost-Europa“ zwei Symposien „Umweltgeologie für Regionalplanung“ und „Geo- und Bergbaurisiken“ für Fachleute aus Südost-Europa an der BGR durchgeführt.

### Beratung von Institutionen der Europäischen Union

Die Beratung der Institutionen der europäischen Union erfolgt über EuroGeo-Surveys, den Verbund der Geologischen Dienste aller EU-Länder sowie Norwegen, Schweiz, Island, Polen, Ungarn, Bulgarien und Tschechien. Alle Partner von EuroGeoSurveys erarbeiten gemeinsam Beratungspapiere für alle georelevanten Bereiche der EU und führen von der Europäischen Kommission unterstützte Projekte durch.

### Beratung der deutschen Wirtschaft

Die BGR ist der Wissens- und Datenpool für die deutsche Wirtschaft. Sie trägt durch ihre anwendungsorientierte Ausrichtung u. a. zur Förderung der Wirtschaftsdynamik bei, indem sie die deutsche Wirtschaft und ihre Verbände in georelevanten Themenkomplexen berät. Aktuelle Beratungsthemen sind beispielsweise:

- ◆ Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffe mit spezifischen Materialeigenschaften,
- ◆ Erdöl-Erdgas-Potenzial in bisher unbekanntem bzw. unzugänglichen Regionen,

- ◆ Schutz- und Sanierungsmaßnahmen für Grundwasser und Boden,

- ◆ Aeoro-geophysikalische Arbeiten für Baugrunduntersuchungen und zur Auffindung von Munitionsresten; Voruntersuchungen für Autobahnbau,

- ◆ Ingenieurgeologische Bewertungen zur Standsicherheit untertägiger Anlagen (z. B. Standsicherheit des Grubengebäudes des Pumpspeichers Waldeck).

Die Beratung der Wirtschaft erfolgt firmenneutral durch regelmäßige Austauschsitungen und Arbeitskreise mit den deutschen Bergbau- und Explorationsfirmen, Wirtschaftsverbänden, Verbänden der Consultingindustrie und wissenschaftlich-technischen Gesellschaften.

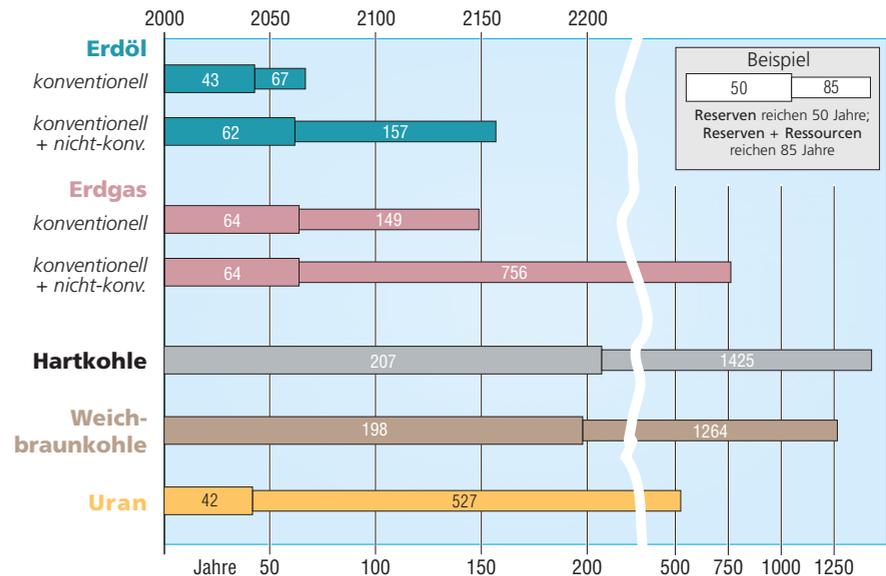
### Die BGR als „Türöffner“ und „Kontaktbörse“

Die BGR nimmt eine wichtige Aufgabe für die Consultingwirtschaft wahr, indem sie durch Vergabe von Aufträgen die Consultingwirtschaft unmittelbar in die Durchführung von Projekten mit Entwicklungsländern einbindet – und somit die „Türen“ für deutsche Unternehmen auf dem internationalen Markt öffnet. Weiterhin ermöglicht die BGR den Unternehmen, an internationalen Symposien, die in der BGR durchgeführt werden, aktiv teilzunehmen. So wurde beispielsweise im „Symposium Geo- und Bergbaurisiken“ (November 2002) im Rahmen der vom BMWA initiierten Qualifizierungspartnerschaft mit Südost-Europa eine Plattform der Zusammenarbeit zwischen der deutschen „Geo-Industrie“ mit Südost-Europa geschaffen.

# Wie lange reichen die nicht-erneuerbaren Energievorräte? Die BGR legt die Energiestudie für 2002 vor

Der weltweite Energieverbrauch ist in den letzten Jahrzehnten mit dem Wirtschaftswachstum und mit zunehmender Weltbevölkerung kontinuierlich gestiegen, insbesondere bei Erdöl und Erdgas. Diese Tendenz wird nach Meinung einschlägiger Organisationen auch in den nächsten zwei bis drei Dekaden anhalten. Im neuesten *World Energy Outlook* der Internationalen Energie-Agentur wird beispielsweise bis zum Jahr 2030 beim Erdöl ein Nachfragezuwachs in Höhe von 60 % prognostiziert. Legt man diese Prognose zugrunde, würde die Welt statt heute 3,5 Gt (Gigatonnen) im Jahr 2030 etwa 5,8 Gt Erdöl benötigen.

Angesichts der Endlichkeit der nicht-erneuerbaren Energieträger Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran stellt sich einerseits die Frage, wie lange die verschiedenen Energierohstoffe noch reichen. Andererseits verlangt die wachsende Sensibilität der Gesellschaft für Umweltbelange eine Antwort auf die Frage, in welchem Umfang sich angesichts der unterschiedlichen Reichweiten die einzelnen Energieträger mittel- bis langfristig durch andere Energieträger ersetzen lassen.



Statische Reichweiten nicht-erneuerbarer Energieträger, differenziert nach Reserven und Ressourcen sowie nach konventionellem und nicht-konventionellem Erdöl und Erdgas.

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es grundsätzlich erforderlich, die Größe der Vorkommen und die regionale Verteilung einzelner Energierohstoffe zu kennen.

Hierzu erstellt die BGR regelmäßig für das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit Energiestudien, so auch 2002.

Die Abbildung (oben) veranschaulicht die statischen Reichweiten der einzelnen Energieträger. Insbesondere die beiden fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas haben relativ kurze statische Reichweiten. Dies wird besonders deutlich, wenn man nur die konventionellen Reserven in Betracht zieht. Für beide Energieträger erwarten wir in den kommenden zwei Jahrzehnten eine wachsende Nachfrage, so dass sich die Reichweiten tendenziell weiter verkürzen werden. Eine Verlängerung der Reichweiten ist nur dann zu erwarten, wenn es gelingt, die nicht-konventionellen Ressourcen in bedeutendem Umfang in die Nutzung einzubeziehen.

Sowohl Hart- als auch Weichbraunkohle haben statische Reichweiten der Reserven von etwa 200 Jahren, unter Einbeziehung der Ressourcen sogar Reichweiten von jeweils über 1 000 Jahren.

*Reserven bezeichnen den Teil der Vorräte, der mit heutiger Technik wirtschaftlich zu gewinnen ist. Ressourcen hingegen sind einerseits die bisher unwirtschaftlich zu gewinnenden Mengen, andererseits aber auch die Mengen, die man auf Grund von Analogieschlüssen als sicher existierend vermuten kann. Die Vorräte an Erdöl und Erdgas werden zudem als konventionell und nicht-konventionell klassifiziert. Ersteres meint die üblicherweise geförderten Erdöle und Erdgase, letzteres jene Kohlenwasserstoffe, zu deren Gewinnung technischer Aufwand und Innovationen notwendig sind. Die Grenze zwischen beiden Gruppen ist fließend.*

*Als statische Reichweite wird der Quotient aus den derzeitigen Reserven und der letzten Jahresförderung bezeichnet. Sie beschreibt den aktuellen Kenntnisstand – also eine Momentaufnahme – in einem dynamischen Vorgang. In diesem ändern sich die Ausgangsgrößen, nämlich die Reserven (infolge fortschreitender Exploration, verbesserter Fördertechnik und laufender Produktion) und auch die Produktion (entsprechend dem Bedarf, der Förderkapazität und der Preise) ständig.*

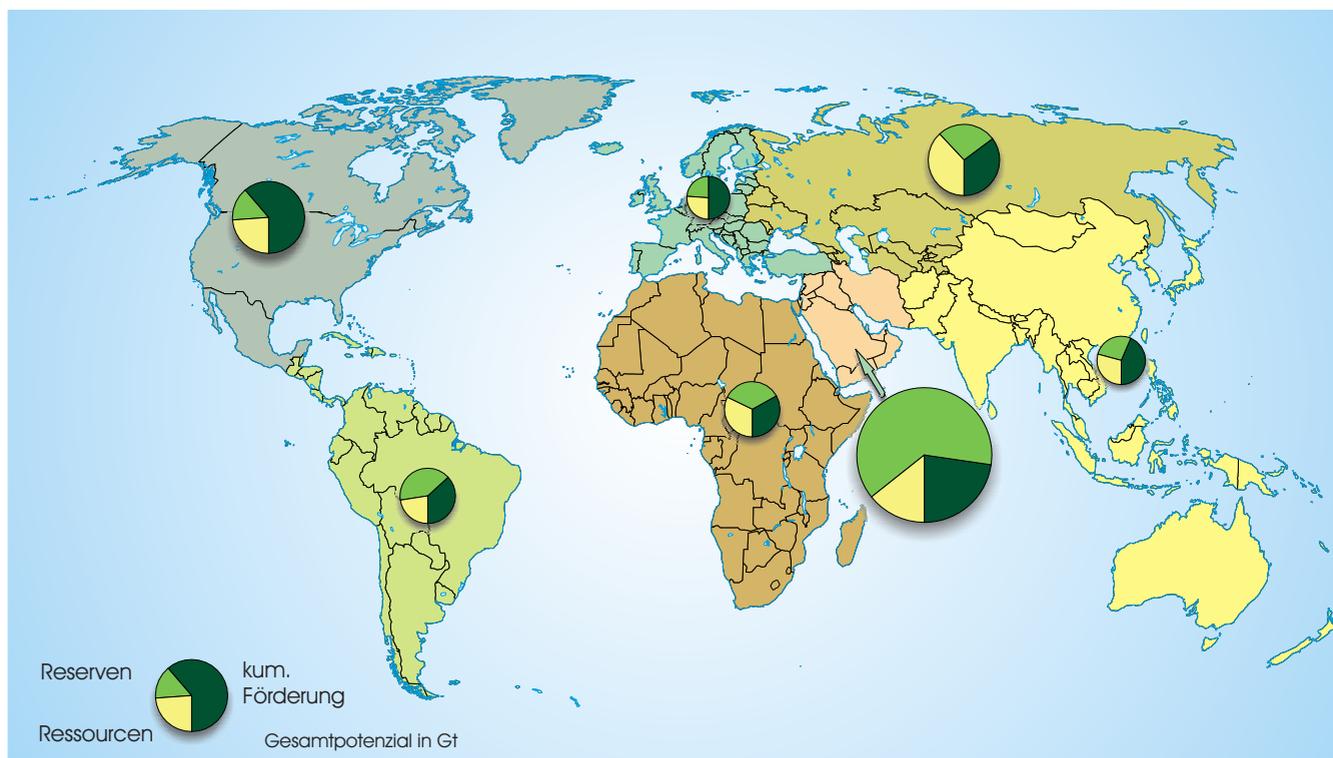
Beide Energieträger werden in den kommenden Jahren eine steigende Bedeutung als Primärenergieträger haben, besonders bei der Stromerzeugung. Wirtschaft, Forschung und Politik bemühen sich daher angesichts der Klimadiskussionen, emissionsärmere bzw. emissionsfreie Kohlekraftwerke zu entwickeln und zum Einsatz zu bringen.

Die in der Abbildung auf der vorherigen Seite gezeigten statischen Reichweiten

für Uranreserven (42 Jahre) und -ressourcen (ca. 450 Jahre) sind mit den Reichweiten für fossile Energieträger nicht unmittelbar vergleichbar. Der jährliche Bedarf an Natururan wurde in den letzten Jahren nur zu etwa 50 % aus der Bergbauproduktion gedeckt, die übrige Menge durch die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennstäbe, durch Uran aus Atomwaffen sowie durch Lagerbestände. Uran aus Atomwaffen und Lagerbestände werden in ca. 20 Jahren

aufgezehrt sein, erst dann wird der Bedarf wieder vollständig aus der bergbaulichen Förderung gedeckt werden müssen.

Für den Rohstoff Erdöl wird in den nächsten Jahrzehnten ein Anwachsen der Bedeutung des Nahen Ostens als Öllieferant zu beobachten sein. Dieses liegt an dem dortigen im weltweiten Vergleich größten Gesamtpotenzial von 151 Gt.



Weltweite Verteilung des Gesamtpotenzials von Erdöl.

# Geowissenschaftler der BGR leisten einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen in Entwicklungsländern

Im September 2002 haben mehr als 190 Nationen sowie internationale Organisationen auf dem Weltgipfel in Johannesburg einen Aktionsplan für eine nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Kernpunkte sind die Bekämpfung der Armut und der Schutz der natürlichen Ressourcen. Auch die Bundesregierung hat sich diesem Ziel verpflichtet und unterstützt durch die Technische Zusammenarbeit (TZ) die Entwicklungsprozesse in den Partnerländern. Die Hauptaufgabe besteht darin, die Menschen und Organisationen in den Partnerländern in die Lage zu versetzen, ihre Lebensbedingungen aus eigener Kraft zu verbessern. Zu diesem Zweck werden über die TZ technische, wirtschaftliche und organisatorische Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt.

Für die Planung und Durchführung von Projekten und Programmen der Technischen Zusammenarbeit beauftragt die Bundesregierung über das Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) eine Reihe von Durchführungsinstitutionen für TZ-Vorhaben, darunter die BGR im Sektor Geologie und Bergbau.

Als die zentrale geowissenschaftliche Institution der Bundesregierung verfügen die Experten der BGR über Fachwissen und langjährige Erfahrung in nahezu sämtlichen Bereichen der angewandten Geologie bis hin zu Bergbauaspekten. Unterstützt werden staatliche Fachinstitute, wie z. B. Geologische Dienste und andere öffentliche Einrichtungen in Entwicklungsländern in den Bereichen:

- ◆ Management und ressourcenoptimierte Nutzung von Wasser und Boden,

- ◆ Mineralische und Energierohstoffe (Lagerstätten erkundung und -bewertung, Erdölgeologie, erneuerbare Energiequellen: Geothermie),
- ◆ Umwelt- und Ressourcenschutz / Bergbauumwelt,
- ◆ Geologische Grundlagen der Regional- / Raumplanung (z. B. für die Standortsuche von Deponien),
- ◆ Georisiken, Klima- und Katastrophenschutz.

Im Vordergrund steht dabei die strukturell-organisatorische Beratung der Partnerorganisationen ebenso wie eine fachliche Aus- und Fortbildung einzelner Mitarbeiter. Die Ausbildung erfolgt vor allem „on-the-job“, d. h. aktuelle Probleme werden beispielhaft gemeinsam bearbeitet.

Die BGR leistet damit einen Beitrag zur Selbsthilfe und zur Verbesserung der Lebensbedingungen der auf Boden, Wasser und Rohstoffe angewiesenen Bevölkerung, insbesondere der ärmeren Bevölkerung, die keinen ausreichenden Zugang hierzu besitzt. In Afghanistan beispielsweise berät die BGR im Rahmen der Wiederaufbauhilfe des Auswärtigen Amtes bei der Sicherung der Trinkwasserressourcen.

Partnerländer der TZ sind in erster Linie die Entwicklungsländer Lateinamerikas, Afrikas und Asiens. Außerdem werden die Transformländer der ehemaligen Sowjetunion sowie die Reformprozesse in Ländern Osteuropas (Stabilitätspakt „Südost-Europa“) unterstützt. Neben der bilateralen Zusammenarbeit rückt zunehmend die regionale und internationale Vernetzung von Ländern ins Blickfeld. Regionale Zusammenarbeit fördert die friedliche Entwicklung, stabile Staatenbündnisse helfen, Frieden und Zusammenarbeit dauerhaft zu sichern. Auch das Management natürlicher Ressourcen hört nicht an den Ländergrenzen auf. Eine regionale Organisation, die derzeit durch die BGR beim Schutz von Boden und Grundwasser unterstützt wird, ist das Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Land (ACSAD), eine Organisation der arabischen Liga mit Sitz in Damaskus, Syrien.

In den Jahren 2001 und 2002 führte die BGR mehr als 30 TZ-Projekte durch, an denen über 20 Partnerländer beteiligt waren (siehe Abb. folgende Seite).



In zahlreichen Ländern ist die Sicherstellung der Wasserversorgung das zentrale Problem der Daseinsvorsorge. Als verfügbare Wassermengen werden sowohl Grundwasser als auch Oberflächenwasser genutzt, welche im Wasserkreislauf mit den Grundwasserleitern in Verbindung stehen. Es besteht daher eine besondere Notwendigkeit, Methoden zu entwickeln und anzuwenden, die das Verhalten der Grundwassersysteme möglichst naturgetreu beschreiben. Sie bilden die Grundlage für ein Grundwassermanagement, das den lokalen Bedingungen angepasst ist und die Ressource Wasser nachhaltig schützt.

Im Rahmen der deutschen TZ werden weltweit Projekte zur Sicherung der Wasserversorgung durchgeführt. Dabei werden auf der Grundlage von Computermodellen nutzbare Wasserreserven ermittelt, zukünftige Bewirtschaftungsszenarien berechnet und Veränderungen im Grundwassersystem vorhergesagt. Seit den siebziger Jahren setzt die BGR solche Modelle für die Bewertung von Grundwasserressourcen ein. Auswirkungen, die z. B. durch eine Steigerung der

## Grundwassermodelle – ein verlässliches Werkzeug für eine nachhaltige Grundwasser-Bewirtschaftung?

Grundwasserentnahme eintreten können, wie regionale Absenkungen des Grundwasserstandes, zeigen sich in der Regel erst nach Jahren. Wegen der oftmals zu kurzen Laufzeiten der Projekte war es bis vor kurzem nicht möglich zu überprüfen, ob die Prognose-Modelle gültig waren oder nicht.

An Untersuchungsgebieten in Argentinien, Indonesien, Jordanien, Niger, Sambia und Zypern wurden in der Vergangenheit solche Prognose-Modelle erstellt. Heute sind Experten der BGR wieder in diese Untersuchungsgebiete zurückgegangen, um die aktuelle Situation mit den damaligen Ergebnissen der Prognoserechnungen zu vergleichen. Neue umfangreiche Datenbestände wurden unter Einbeziehung isotopenhydrologischer Methoden für diese Vergleiche genutzt.

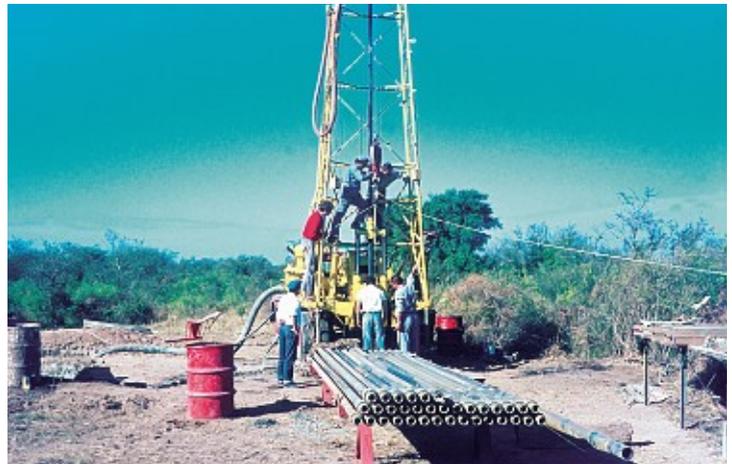
Diese Evaluierung der früheren Arbeiten bestätigte, dass die damals entwickelten hydrogeologischen Modelle auch heute noch gültig sind, auch wenn sich die Methoden seither weiterentwickelt haben. Grundwassermodelle sind damals wie heute ein wichtiges Instrument für die Quantifizierung von Grundwasserressourcen und für die Prognose von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen. Nicht in jedem Fall sind die gegebenen Empfehlungen in den Partnerländern umgesetzt worden. Überall da, wo sich Grundwasser-Manager anders entschieden hatten, beruhte dies nicht auf hydrogeologischen Gründen, sondern auf den oft sehr vielfältigen lokalen Rahmenbedingungen oder Nutzungsansprüchen. Diese müssen daher zukünftig noch stärker als bisher in die Beratung einbezogen werden.

## Das Conlara-Tal in Argentinien – ein Beispiel für eine erfolgreiche Prognose der BGR

Hydrogeologische Untersuchungen der BGR bis 1973 haben im Conlara-Tal in Argentinien beträchtliche Grundwasservorkommen nachgewiesen, deren zukünftige landwirtschaftliche Nutzung mit Hilfe von Modellrechnungen simuliert wurde. Damals wurden Gebiete ausgewiesen, die sich für einen Bewässerungsackerbau eignen. Die empfohlenen Nutzungspotenziale der dortigen Grundwasservorkommen wurden erst ca. 20 Jahre später erschlossen. Die Anfang der 70er Jahre gegebenen Empfehlungen wurden in die Entwicklungsplanung der Provinz übertragen und in der Folge haben sich große Agrarbetriebe etabliert. Heute,

nach fast 30 Jahren, wurde das 1975 eingerichtete Simulationsmodell für eine Modellfläche von 2700 km<sup>2</sup> reaktiviert. Die heutigen Berechnungen bilden die Entwicklung des Grundwasservorkommens bis zur aktuellen Situation

nach und bestätigen die damaligen Ergebnisse. Darüber hinaus prognostiziert das Modell auf einem jetzt noch stärker gesicherten Informationsniveau die Auswirkungen weiterer Grundwasserentnahmen.



CAAAS (1969–73): Wasserbohrung im Conlara-Tal.  
Quelle: [www.argenfarms.com.ar](http://www.argenfarms.com.ar)

# Die Schmuckstein-Kooperative Libertad – wirtschaftliche Zukunftshoffnung für eine argentinische Region

Die Provinz Misiones im äußersten Nordosten Argentiniens ist eine der strukturschwächsten Regionen des Landes, die insbesondere durch eine hohe Arbeitslosigkeit und ein geringes Bildungsniveau gekennzeichnet ist. Um in dieser Region Wege einer wirtschaftlichen Entwicklung zu fördern, hat die BGR in Kooperation mit dem argentinischen Staatssekretariat für Bergbau im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit wirtschaftsgeologische Untersuchungen von Halbedelsteinvorkommen, wie z. B. Amethyst und Achat, durchgeführt. Der Abbau, die Weiterverarbeitung und die Vermarktung von Schmucksteinen könnte sich hier in Zukunft zu einem wichtigen Erwerbszweig entwickeln.

Ein Blick über die Grenze in die brasilianische Nachbarregion zeigte, dass der Abbau, die Veredelung und der Handel mit Amethysten und Achaten die Existenzgrundlage für mehrere Tausend Menschen schaffen kann. Geologische Untersuchungen ergaben, dass die Vorkommen auf argentinischer Seite sowohl vom Ertrag als auch von der Qualität mit den brasilianischen Produkten durchaus vergleichbar sind und ein Abbau deshalb auch hier wirtschaftlich betrieben werden könnte.

Bislang dienten die wenigen in der Provinz Misiones noch produzierenden Minen nur noch als Attraktion für Touristen, während die angebotenen berühmten „Halbedelsteine der Provinz“ sowie deren Veredelungsprodukte seit langem von einigen Großimporteuren aus Brasilien eingeführt wurden. Dies war bis zum Zusammenbruch der argentinischen Wirtschaft im März 2002 gewinnträchtiger als der Abbau der eigenen Vorkommen. Solche Transaktionen waren allerdings nur für einige wenige Unternehmer lukrativ. Die dringend benötigten Arbeitsplätze für die ländliche Bevölkerung wurden dadurch nicht geschaffen.

An diesem Punkt setzt die deutsche Entwicklungszusammenarbeit mit einer Maßnahme an, die in Zusammenarbeit mit der nationalen und der regionalen Bergbaudirektion exemplarisch Wege zur Nutzung der regionalen Rohstoffe aufzeigen will. In Anbetracht der hohen Arbeitslosigkeit wird in der kleinen Ortschaft Libertad die Gründung einer Kooperative zum Abbau und zur Veredelung der Halbedelsteine unterstützt, um die wirtschaftlich lohnenden Schmucksteinvorkommen zu nutzen. Libertad liegt in der Nähe der weltberühmten Iguazú-Wasserfälle und bietet durch die Nähe zu einem der größten Touristenzentren Südamerikas gute Vermarktungsmöglichkeiten und Absatzchancen für die Schmucksteine. Die Möglichkeiten für eine wirtschaftliche Nutzung des dortigen Vorkommens werden daher als sehr günstig eingeschätzt.

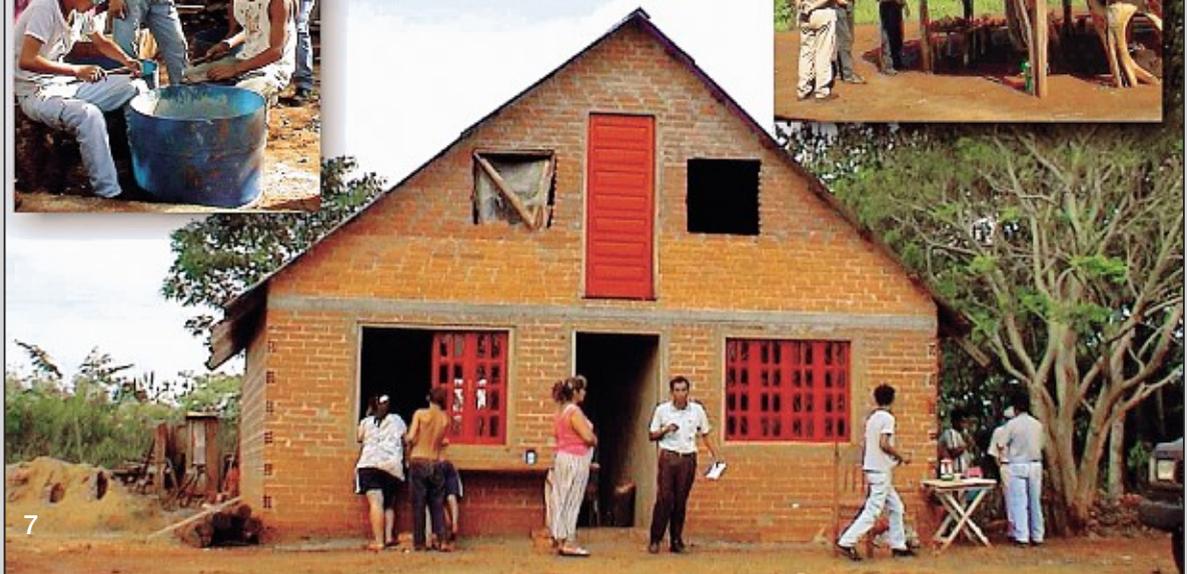
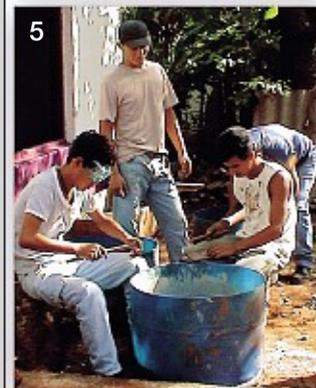
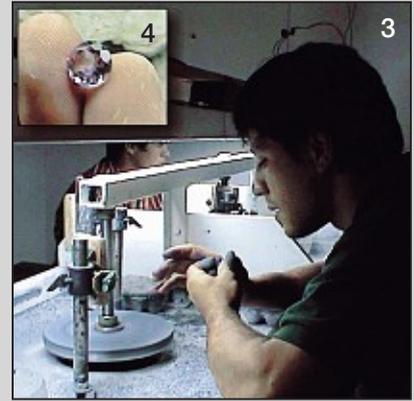
Die Kooperative soll die gesamte Produktionskette vom Abbau über die Verarbeitung bis hin zum Verkauf der Schmucksteine eigenständig und wirtschaftlich durchführen. Nebenbei wird dabei der gesamte Produktionsprozess als touristische Attraktion präsentiert: Entlang eines kleinen Wanderpfades sowie bei der Besichtigung der Werkstätten können sich die Besucher ein Bild über den Abbau und die Verarbeitung der Achate und Amethyste machen und anschließend in den Verkaufsräumen die Produkte erwerben.

Die Kooperative hat zur Zeit ca. 35 Mitglieder, die größtenteils arbeitslos waren und sich nun aktiv in den Bereichen Abbau, Aufbereitung / Veredelung und Verkauf der Achate und Amethyste engagieren. Neben dem Sägen, Schleifen und Polieren der Steine gehört dazu auch die Verarbeitung zu Schmuckgegenständen wie Schlüsselanhängern, Halsketten oder sogenannten „Steinbäumchen“.

In Eigeninitiative wurde die grundlegende Infrastruktur für die Kooperative aufgebaut. Durch Eigenarbeit und Sachspenden wurde der Bau eines Hauses ermöglicht, das heute als Verkaufsstand dient.

Unterstützung kam auch von der Deutschen Botschaft in Argentinien, die im Rahmen der Förderung von Kleinstprojekten den Kauf der dringend notwendigen Verarbeitungsmaschinen, wie z. B. einer Gesteinssäge oder einer Poliertrommel, ermöglichte.

Der Grundstein für die erfolgreiche Arbeit der Kooperative ist nun gelegt. Allerdings bleibt auch in Zukunft noch viel zu tun, um das Erreichte zu sichern. Neben den inzwischen geschaffenen äußeren Rahmenbedingungen geht es jetzt zunächst darum, den Mitarbeitern der Kooperative das nötige betriebswirtschaftliche Denken und Handeln zu vermitteln, damit die gemeinschaftlichen Interessen im Wettbewerb durchgesetzt werden können. Eine schwierige und langwierige, jedoch lösbare Aufgabe, die jedoch für die Beteiligten mehr als nur die Hoffnung auf einen Ausweg aus dem Teufelskreis von Arbeitslosigkeit und Armut bedeutet.



1: Mitarbeiter der Werkstatt bei der Einweihung ihres Gebäudes.

2: Hinweis auf die Edelsteinschleiferei an der Nationalstraße zu den Iguacú-Fällen.

3: Ein Arbeiter an der Facettiermaschine.

4: Ein Schmuckstein ist fertig.

5: Vorbereitung des Rohmaterials zur Weiterverarbeitung.

6: Verkaufsstand und Versammlungsort der Kooperative.

7: Das von der Kooperative erstellte Lagerhaus.

# Zehn Jahre Technische Zusammenarbeit mit der Mongolei; aber 40 Jahre deutsch-mongolische Kooperation auf dem Geo-Sektor

**B**lickt man auf eine Karte von Asien, gewinnt man den Eindruck, als ob die kleine Mongolei zwischen den Länderkolossen Russland und China regelrecht zerquetscht wird. Bei näherer Betrachtung der Mongolei ändern sich jedoch die Dimensionen. Mit rund 1,6 Mio. km<sup>2</sup> ist das Land fast fünfmal so groß wie Deutschland, hat aber mit rund 2,2 Mio. Einwohnern knapp 3 % der Einwohnerzahl Deutschlands. Den knapp zwei Einwohnern je km<sup>2</sup> der Mongolei stehen 230 Einwohner je km<sup>2</sup> in Deutschland gegenüber. Die Hauptstadt Ulaanbaatar mit 650 000 Einwohnern liegt auf demselben Breitengrad wie München mit 1,2 Mio. Einwohnern. Bei einer Ost–Westerstreckung von fast 2 400 km überdeckt die Mongolei drei Zeitzonen, Deutschland mit 500 km nur eine. Auch in der längsten Nord–Süderstreckung erreicht Deutschland gerade einmal 800 km, die Mongolei aber über 1 200 km.

In der Mongolei mit einer durchschnittlichen Höhenlage von 1 000 m über NN liegt die höchste Erhebung mit über 4 300 m im Altai im Westen, der tiefste Punkt mit etwas mehr als 530 m im äußersten Osten des Landes. Verglichen mit Deutschland ist die Infrastruktur äußerst gering entwickelt. Von Ulaanbaatar zum nächsten Hafen sind es über Russland nach Vladivostok 2 000 km, über China nach Tjanshin 1 400 km. Das Eisenbahnnetz umfasst ganze 1 900 km; zum ganzjährig befahrbaren Straßennetz gibt es keine genauen Angaben; die wenigen Asphaltstraßen sind auf den zentralen Wirtschaftsraum um Ulaanbaatar beschränkt.

Allgemein bekannt ist die Mongolei wegen ihrer ausgedehnten Wüstenflächen im Süden, der Gobi (was „Wüste“ heißt).

Mehr als 50 % des Landes werden aber von Steppengebieten eingenommen, mit Gras- und – im Norden – Baumbewuchs, in denen – abgesehen von den wenigen Städten – der überwiegende Teil der Bevölkerung lebt.

Die Mongolei als Partnerland in der Technischen Zusammenarbeit (TZ) rückte erst nach dem weltweiten Zusammenbruch des sozialistischen Systems im Jahr 1991 stärker in unser Blickfeld. Bis dahin war die Mongolei für westliche Geowissenschaftler ein fast unbeschriebenes Blatt. Geologische und Bergbau-Informationen sowie wissenschaftliche Kontakte stammten größtenteils aus dem frühen 20. Jahrhundert, als die Äußere Mongolei noch Teil des chinesischen Reiches war. Aus dem 19. Jahrhundert sind u. a. die Forscher A. VON HUMBOLDT und F. VON RICHTHOFEN zu nennen, die über die Mongolei berichtet haben. Um die Jahrhundertwende bis 1935 erschienen Übersichtsarbeiten von K. FÜTTERER (1896), K. LEUCHS (1916, 1919, 1924, 1925, 1935), MACHATSCHKEK (1914, 1918, 1920, 1935), A. PENCK (1931) und E. SUSS (1901); bereits spezifisch geologisch ausgerichtete Publikationen stammen von M. FRIEDERICHSEN (1900), A. W. GRABAU (1928) und G. MERZBACHER (1911).

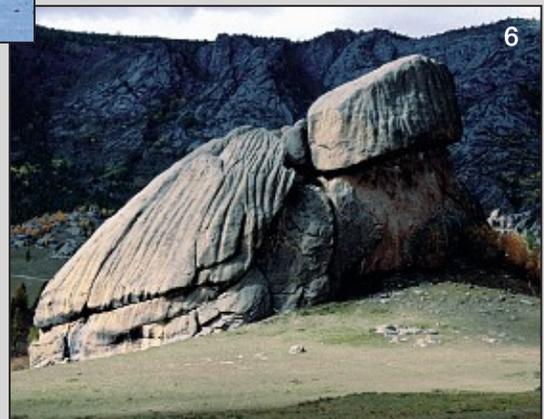
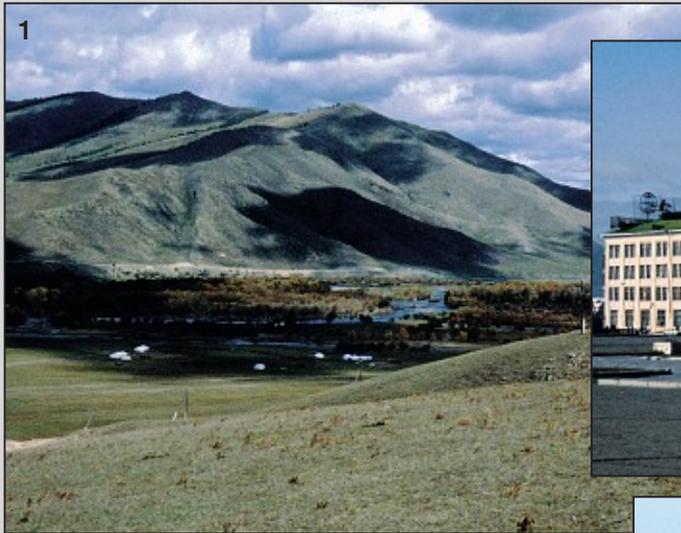
Mit der kommunistischen Machtübernahme und gleichzeitiger Loslösung der Äußeren Mongolei von China mit Hilfe der Sowjetunion im Jahre 1921 und der Ausrufung der Mongolischen Volksrepublik im Jahre 1924 rissen diese wenigen Kontakte zum Westen binnen kurzer Zeit für rund 70 Jahre ab. Die Mongolei wurde zum Vasallen der Sowjetunion; die Rohstofferkundung und -erschließung wurde den sowjetischen Planiern völlig zu- und untergeordnet.

## „DDR-Zeit“ 1962 bis 1991

1962 gab es wieder deutsch-mongolische Kontakte auf dem Geo-Sektor, und zwar durch Geologen der DDR, die im staatlichen Auftrag mit dem Geologischen Dienst der Mongolei Ansätze für gemeinsame geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen prüften.

1963 wurden zwei goldhöfliche Arbeitsgebiete zur Untersuchung ausgewählt und 1963/64 Projektvorschläge zur Suche von Goldvorkommen und Goldlagerstätten erarbeitet. Sie bildeten die Grundlage für ein Regierungsabkommen und den Beginn der geologischen Untersuchungen in den Gebieten Boroo (1965) und Bayankhongor (1966). Die Arbeiten wurden jeweils von einer deutschen Expedition mit mongolischen technischen Mitarbeitern auf Kreditbasis durchgeführt. Geländearbeiten fanden im Sommerhalbjahr statt, die Auswertung erfolgte im Winterhalbjahr in der DDR. Die bergmännischen Arbeiten in Sujigtey und Nariyn Tolgoy liefen ganzjährig. Von 1973 bis 1982 wurden die Untersuchungen ganzjährig in gemeinsamen Expeditionen in der Ost-Mongolei auf Buntmetalle und Wolframit sowie von 1982 bis 1991 erneut im Gebiet Boroo ganzjährig fortgesetzt.

Darüber hinaus waren deutsche Geologen und andere Fachleute an multilateralen Projekten des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) beteiligt, u. a. an den metallogenetischen Untersuchungen in der Ost-Mongolei von 1973 bis 1975 und an der Internationalen Geologenexpedition (IGE) von 1975 bis Ende 1990.



1: Tal des Tuul-Flusses, östlich Ulaanbaatar.  
2: Ulaanbaatar, Sukhbaatar-Platz.  
3: Ulaanbaatar, Kloster des Choy Jin Lama.

4: Khalzan Els, Sanddünen in der südlichen Gobi.  
5: Grassteppe bei Zuunmod.  
6: Chentii-Nationalpark bei Terelj, Granit-Verwitterung.

## „Wendezeit“ 1990 bis 1991

Nach dem Zusammenbruch des sozialistischen Blocks konnten die gemeinsamen lagerstättengeologischen Untersuchungen im Gebiet Boroo und den Projektierungsarbeiten zum Aufschluss der Lagerstätte Boroo zu Ende geführt werden, da die Mongolei zu den wenigen Ländern des ehemaligen Ostblocks zählte, in denen die Bundesregierung Entwicklungsprojekte der DDR übernahm. Mit der Präsentation des Berichtes und seiner Ergebnisse im Ministerium für Geologie und Bergbau der Mongolei im November 1991 wurde diese fast dreißigjährige Zusammenarbeit erfolgreich abgeschlossen.

## Bundesrepublik Deutschland – Kooperation seit 1992 im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit (TZ)

Nach einer zweimonatigen Prüfung von Ansatzmöglichkeiten für TZ-Projekte auf dem Geo-Sektor durch zwei Mitarbeiter der BGR erfolgte die Ausarbeitung des Projektantrages „**Unterstützung des Mongolischen Geologischen Dienstes (MGD)**“ in enger Abstimmung mit Fachleuten der zuständigen mongolischen Ministerien.

Das Projekt gliederte sich in zwei Phasen mit je zwei selbstständigen Projektcomponenten. Die erste Phase lief von 1993 bis 1996, die anschließende zweite Phase von Ende 1996 bis 1998.

### Erste Phase

- ♦ In der Projektcomponente **Bergwirtschaft (Beratung und Unterstützung bei der Bewertung von Lagerstätten)** wurden zwei Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Bergwirtschaft des MGD Kenntnisse und Fähigkeiten für die Bewertung von Lager-

stätten und die Steuerung von Vorhaben der Mineralprospektion / Exploration nach marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten vermittelt und eine Werbebroschüre mit Informationen über das Mineralpotenzial und die Investitionsbedingungen im Bergbau-sektor der Mongolei bedarfsgerecht erstellt.

- ♦ Die Projektcomponente **Beratung und Unterstützung bei der Gestaltung und beim Druck der Hydrogeologischen Karte der Mongolei** beinhaltete die Herausgabe des 14-blättrigen Kartenwerkes im Maßstab 1 : 1 Mio. Das Kartenwerk wurde gemäß internationalem Standard durch Anpassung an die international gültige Nomenklatur der International Association of Hydrogeology (IAH) / UNESCO von der Arbeitsgruppe Hydrogeologie des Instituts für Geologie und Mineralrohstoffe (IGMR) unter Anleitung und Beratung von Fachleuten der BGR erstellt. Der Kartendruck erfolgte bei einer Druckerei in Ulaanbaatar, womit die Hydrogeologische Karte das erste in der Mongolei gedruckte geowissenschaftliche Kartenwerk wurde.

### Zweite Phase

- ♦ Die neue Projektcomponente **Bergwirtschaft** war eine Fortsetzung der ersten Phase auf höherem Niveau in Form von Beratung und Unterstützung bei der Bewertung von Lagerstätten und um die Mitarbeiter zu befähigen, komplexere metallische Lagerstätten fachgerecht und selbstständig zu bewerten und ihr Wissen bei interessierten mongolischen Dienststellen und / oder privaten Investoren einbringen zu können.
- ♦ Die Projektcomponente **Steine und Erden (Unterstützung beim Aufbau einer Arbeitsgruppe Steine / Erden im Institut für Geologie und Mineralrohstoffe – IGMR)** sah eine Unterstützung und Beratung beim Aufbau einer entsprechenden Arbeitsgruppe vor. Weiterhin war die Einrichtung einer Datenbank für Steine und Erden-Lagerstätten und von bergbaubezogenen Statistiken sowie die

Durchführung einer Bedarfsanalyse für ausgewählte Steine und Erden-Rohstoffe vorgesehen. Unvorhersehbare Schwierigkeiten, unter anderem durch die Abwanderung des fachlich qualifizierten Personals verzögerten den Projektbeginn um ein Jahr, wodurch Änderungen des anfangs vereinbarten Arbeitskonzeptes einschließlich der Zielsetzung erforderlich wurden.

Das im September 1999 begonnene Projekt **Erfassung und Untersuchung nichtmetallischer Rohstoffe** stellt die nahtlose Fortsetzung der Projektcomponente „Steine und Erden“ dar, jedoch mit einem deutlich erweiterten Aufgabenprofil. Die mongolischen Mitarbeiter der Arbeitsgruppe wurden durch Seminare und daran anschließende praktische Geländearbeiten dahingehend qualifiziert, die neu eingerichtete Datenbank selbstständig zu nutzen sowie staatliche Institutionen und die Privatindustrie fachbezogen zu beraten.

Von BGR-Seite kamen ein Geologe und ein Bergingenieur als Langzeitfachkräfte sowie Kurzzeitfachkräfte verschiedener Fachrichtungen zum Einsatz. Trotz zahlreicher Erschwernisse, bedingt vor allem durch die mehrmalige Umstrukturierung des Geologischen Dienstes, konnte das Projektziel in der dreijährigen Laufzeit des Vorhabens erreicht werden, d. h. der Mongolische Geologische Dienst verfügt heute – durch das Engagement der BGR – in der Arbeitsgruppe Industriemineralien, Steine und Erden über gut qualifiziertes Personal, das mongolische Industriebetriebe, potenzielle Investoren und staatliche Behörden fachkompetent beraten kann.

1994 / 95 wurde von mongolischer Seite der Wunsch nach deutscher Unterstützung des Geologischen Zentrallabors (CGL) im Mongolischen Geologischen Dienst bei der Goldanalytik geäußert. Die Bestandsaufnahme im CGL ergab, dass mit dem vorhandenen Goldlabor wegen veralteter Ausrüstung und mangelnden Know-hows keine verlässlichen Analysenergebnisse produziert werden konnten.

In dem 1997 begonnenen Projekt **Technische und fachliche Unterstützung der Goldanalytik im Geologischen Zentrallabor** wurde unter Anleitung von BGR-Fachleuten zunächst der Laborbereich Goldanalytik im CGL

umstrukturiert, renoviert und instrumentell sowie methodisch modernisiert. Anschließend wurde während der dreijährigen Projektlaufzeit das mongolische Fachpersonal von BGR-Fachleuten durch umfassende Trainingsmaßnahmen in die Lage versetzt, die Goldanalytik selbstständig durchzuführen sowie spezielle Probleme zu erkennen und richtig einzuschätzen. Darüber hinaus wurden von den BGR-Fachleuten in Zusammenarbeit mit den mongolischen Partnern ein Qualitätshandbuch erarbeitet und professionelle Werbemaßnahmen eingeführt, damit das CGL als finanziell eigenständiges Dienstleistungsunternehmen ohne öffentliche Zuschüsse aus seinen analytischen Dienstleistungen auch ein positives betriebswirtschaftliches Ergebnis erzielen kann.

Als Ergebnis stieg von 1997 bis 2001 die Zahl privater Auftraggeber für Goldanalysen von neun auf 32, die Anzahl eingesandter Proben zur Goldbestimmung von 146 auf 1879. Die dabei erwirtschafteten Mittel flossen wieder dem Labor zu. Das CGL hat sich damit in den letzten Jahren von einem staatlichen Labor zu einem inzwischen finanziell ziemlich unabhängigen mittelständischen Dienstleistungsunternehmen mit ca. 100 Angestellten entwickelt, das sich in einem marktorientierten Wirtschaftssystem behaupten muss.

Das 2002 begonnene, auf drei Jahre ausgelegte Projekt Ausbildungsprogramm in **instrumenteller Analytik und marktwirtschaftlicher Unternehmensführung im Geologischen Zentrallabor** ist ein Anschlussvorhaben und eine sinnvolle Ergänzung des „Goldlaborprojektes“. Derzeit ist in der Mongolei kein Labor in der Lage, den Bedarf des Landes an Analysen in der geforderten Qualität abzudecken. Als Folge müssen umfangreiche, devisenträchtige Analysenaufträge an ausländische Labors vergeben werden. Das CGL bietet die besten Voraussetzungen dafür, dass in Zukunft ein Teil der Analysen im Land hergestellt werden kann, zumal in den letzten Jahren moderne Analysengeräte im Wert von ca. 2 Millionen US\$ als Schenkungen von anderen Geberländern geliefert wurden.

Die Aus- und Fortbildung des technischen Fachpersonals und des Managements erfolgt sowohl in der BGR in Form von mehrwöchigen Trainingsprogrammen als auch im Rahmen von Kurzeinsätzen von BGR-Fachkräften in der Mongolei.

Zum Abschluss des Projektes ist ein Audit durch eine anerkannte Akkreditierungsstelle vorgesehen, um den Status des CGL im Hinblick auf eine Akkreditierung im internationalen Rahmen festzustellen.

## Ausblick

Im Verlauf von 40 Jahren war die Zusammenarbeit auf dem Geo-Sektor zwischen beiden Ländern einem erheblichen Wandel unterzogen. Während in der sozialistischen Zeit ausnahmslos Aspekte der Rohstoffversorgung im Vordergrund standen, verlagerte sich die Kooperation in der postkommunistischen Zeit vornehmlich auf die Fortbildung und fachliche Qualifizierung des Personals der Partnerinstitutionen, wobei die Schwerpunkte technisch auf den Bereich Labor und fachlich auf den Bereich Industriemineralien, Steine und Erden gelegt wurden.

Wie soll es mit der Zusammenarbeit weitergehen? Die in den letzten sechs Jahren unterstützten Bereiche Labor sowie Industriemineralien, Steine und Erden sollten aufgrund des gewonnenen Know-hows versuchen und lernen, auf eigenen Füßen zu stehen. Doch es gibt andere Geo-Bereiche, in denen großer Beratungs-, Fortbildungs- und Unterstützungsbedarf besteht. Vorrangig zu nennen ist der Bereich Umwelt mit dem Geo-Schwerpunkt Bergbaualllasten, Bergbausicherheit und Berggesetzgebung. Hier hat die Mongolei großen Nachhol- und damit Beratungsbedarf. Die maßlose Ausbeutung von Rohstoffvorkommen – insbesondere von Seifengoldvorkommen – hat vor allem in den letzten zehn Jahren derart katastrophale Ausmaße angenommen, dass ganze Landstriche entlang der Flussläufe der Gefahr ausgesetzt sind, völlig zerstört zu werden und damit zu veröden.

In Anbetracht dieser gravierenden Umweltprobleme vereinbarten die Regierungen der Mongolei und Deutschlands im September 2002 die Fortsetzung der Technischen Zusammenarbeit im Geobereich mit dem Aufbau einer Bergaufsichts-Behörde, die durch eigene Beobachtungs-, Kontroll- und Beratungsmaßnahmen sowie durch Gesetzgebungsvorschläge den Raubbau an den Ressourcen und die damit verbundenen ökologischen Schäden eindämmen und diese auf ein ökologisch / ökonomisch vertretbares Maß reduzieren soll. Bei der Lernbegeisterung und -bereitschaft der mongolischen Partner ist dies sicherlich kein zu hoch gestecktes Ziel.



# Forschung in einzigartigen Naturlaboratorien und Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit

Wenn deutsche Geowissenschaftler Fragen zu Klimaveränderungen, Verhalten von Gletschern oder der Bewegung der Kontinentalplatten lösen wollen, so liegen die Antworten oft jenseits der deutschen Grenzen. Nur knapp 2 000 Kilometer weiter nördlich bietet die Arktis Forschern ein riesiges Naturlabor. Kilometerdicke Eisschichten dokumentieren die Geschichte der letzten Jahrtausende und einzigartige geologische Strukturen geben Auskunft über die Entstehung der Kontinente.

Zusammen mit kanadischen Universitäten und dem kanadischen geologischen Dienst führen deutsche Universitäten sowie die BGR Forschungsprojekte in der Arktis durch. Dabei profitieren beide Seiten: kanadische und deutsche Wissenschaftler lernen voneinander und verbessern so ihr wissenschaftliches und technisches Know-how und deutsche Forscher werden durch die hervorragende kanadische Logistik in dieser unzugänglichen Region unterstützt. So gibt es z. B. zwei kanadische Forschungsstationen in der Arktis, die jährlich die Infrastruktur für mehr als 100 Projekte und mehr als 600 Wissenschaftler bereithalten, oder kanadische Eisbrecher, die den Zugang zu den Gewässern der Arktis ermöglichen.

*Die Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit (WTZ) fördert die internationale Zusammenarbeit in Forschung und Technologie. Sie verbindet Forschungsinstitutionen weltweit und unterstützt kleine und mittlere Unternehmen in anwendungsorientierten Projekten. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe beteiligt sich im Auftrag der Bundesressorts – vor allem von BMWA und BMBF – und in Abstimmung mit nationalen Geoforschungsinstituten an der WTZ.*



*Kanadische und deutsche Wissenschaftler trafen sich im Oktober 2001 in der BGR zum Workshop „Geosciences in Polar Regions“.*

Im Oktober 2001 trafen sich deutsche und kanadische Wissenschaftler in Hannover zum Workshop „Geosciences in Polar Regions“, um die Ergebnisse und Perspektiven der laufenden Forschungsarbeiten in den Polarregionen auszutauschen.

Mit Kanada verbindet Deutschland auch die Frage nach der zukünftigen Rohstoffversorgung. Kanada auf der einen Seite verfügt über große, z. T. noch unerforschte Rohstoffvorräte, Deutschland ist als ebenfalls hochindustrialisiertes Land mit einer ca. 30-mal kleineren Fläche ein wichtiger Rohstoffimporteur. Mit der Frage, wie Rohstoffe für eine nachhaltige Entwicklung genutzt werden können, beschäftigt sich das kanadische Forschungsprogramm „Coasts under Stress“. Im Zentrum der Forschung des Teilprojektes, das an der University of Victoria mit Beteiligung der BGR durchgeführt wird, steht die Frage: Welche sozialen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen hat die Förderung von Erdöl und Erdgas vor der Küste von British Columbia? Grundlage einer ökonomischen und ökologischen Bewertung ist das Wissen um das lokale Vorkommen der fossilen Rohstoffe. In Zusammenarbeit mit einem deutschen Softwareunternehmen bewerten daher kanadische und deutsche Wissenschaftler die Ressourcen vor der kanadischen Küste mit neuen Berechnungsprogrammen. Eine im Oktober 2002 in Vancouver abgeschlossene Kooperationsvereinbarung (Memorandum of Understanding) hat den Start dieser gemeinsamen Arbeit offiziell besiegelt.

## Wissenschaftlich-Technologische Zusammenarbeit mit China – von der Plattentektonik zur Beurteilung des Lagerstättenpotenzials

Yunnan – auf Deutsch „Region südlich der Wolken“ – ist nicht nur eine der landschaftlich reizvollsten Provinzen Chinas, sondern zeichnet sich auch durch einen komplexen geologischen Bau aus, der während einer langen abwechslungsreichen Prägung entstand.

In West-Yunnan – am östlichen Ende des Himalaya – schwenken die aus Tibet bekannten West–Ost-orientierten Gebirgszüge und geologischen Einheiten plötzlich in Nord–Süd-Richtung um und sind auf einen extrem engen Raum zusammengepresst. Die großen Höhenunterschiede in der „Sanjiang / Drei-Flüsse-Region“ und die häufig auftretenden verheerenden Erdbeben belegen die noch anhaltende tektonische Aktivität. Aufgrund dieser extremen Morphologie sind große Teile der Region nur äußerst schwer zugänglich, so dass sich auch ihre geologische und lagerstättenkundliche Erkundung derzeit noch im Anfangsstadium befindet. Dieses komplizierte dreidimensionale „geolo-

gische Puzzle“ wurde in Forschungs-kooperation zwischen dem Geologischen Dienst der Provinz Yunnan, der Chinesischen Universität für Geowissenschaften Wuhan, der BGR, der Universität Göttingen und der Universität Clausthal untersucht.

Für eine optimale Lagerstätten-erkundung mineralischer Rohstoffe, wie z. B. Kupfer, Blei-Zink und Gold, ist es zunächst erforderlich, das Potenzial an Lagerstätten auf der Basis eines so genannten „geodynamischen Entwicklungsmodells“ einzuschätzen. In einem solchen Modell wird die geologische Entwicklung der Untersuchungsregion und der angrenzenden Gebiete über hunderte von Millionen Jahren rekonstruiert. Der „genetische Code“ von Gesteinen lässt relativ genaue Rückschlüsse auf klimatische und andere physiko-chemische Bildungsbedingungen zu. So kann beispielsweise festgestellt werden, ob es sich um Warmwasser- oder Kaltwasser-Ablagerungen oder Bildungen unter hohen Druck- und Temperaturbedingun-



*Jinshajiang, West-Yunnan.*

gen des tieferen Untergrundes handelt. Damit lassen sich für die einzelnen geologischen Zeitabschnitte auch die räumliche Anordnung der Kontinente rekonstruieren und Aussagen über die Kontinentalplattenverschiebung, die „Plattentektonik“, treffen. Hier in West-Yunnan können – wie auch in anderen Gebirgssystemen – enge Beziehungen zwischen gebirgsbildenden Vorgängen und Prozessen der Lagerstättenbildung postuliert werden.

Ziel der chinesischesch-deutschen Zusammenarbeit war deshalb eine Überprüfung der derzeit diskutierten plattentektonischen Vorstellungen West-Yunnans, um daraus Rückschlüsse auf das Potenzial mineralischer Rohstoffe ableiten zu können.

Die im Rahmen der chinesischesch-deutschen Kooperation erarbeiteten Daten deuten auf ein äußerst komplexes Prägungsmuster West-Yunnans hin. Dabei werden zwei große lagerstättenbildende Epochen, die paläozoische und die himalaische Epoche, deutlich:

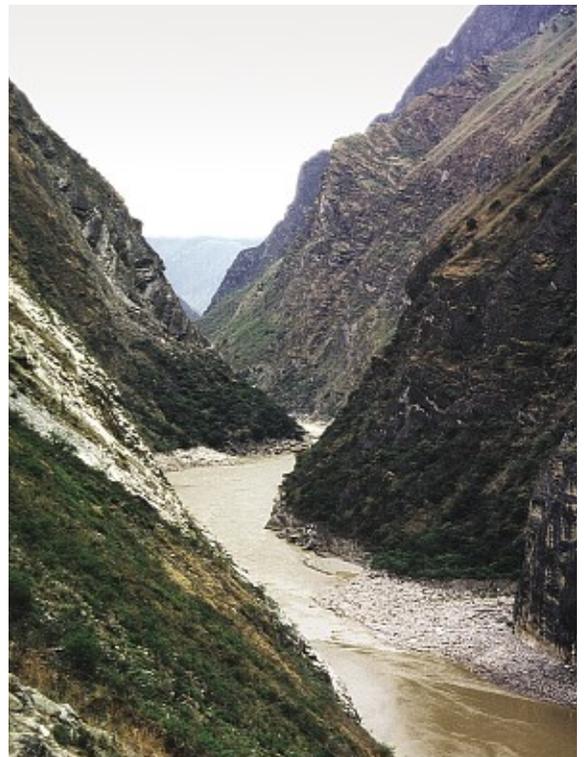
#### ◆ Paläozoische Epoche

Große Teile West-Yunnans müssen als hochmobile Randbereiche der „Yangtze-Plattform“ aufgefasst werden. Hier öffnete sich vor ca. 350 Mio. Jahren (im Zeitraum des Paläozoikums) ein Randmeer – vergleichbar mit dem heutigen Japanischen Meer. Dieses „Aufreißen“ der Erdkruste führte zum Magmenaufstieg und Vulkanismus, der für die Entstehung so genannter „schichtgebundener polymetallischer Sulfid-Lagerstätten“ (Blei, Zink, Kupfer, Gold, Silber) verantwortlich ist. Nach einem für geologische Maßstäbe kurzen Zeitraum wurde dieses Randmeer bereits vor ca. 265 Mio. Jahren wieder geschlossen. Für die Einschätzung des Lagerstättenpotenzials bedeutet dies, dass sich „schichtgebundene polymetallische Sulfid-Lagerstätten“ nur in Gesteinseinheiten finden, die paläozoisches Alter (ca. 350–260 Mio. Jahre) besitzen.

#### ◆ Himalaische Epoche

Ein hohes Potenzial für die Bildung von Lagerstätten mineralischer Rohstoffe wird auch durch junge transpressive, d. h. horizontal einengende Deformationsvorgänge begünstigt, die in enger Verbindung mit der Gebirgsbildung des Himalaya stehen. Diese Vorgänge führten nicht nur zu beträchtlichen Deformationen im gesamten Bereich West-Yunnans, sondern verursachten auch weit verbreitete und tiefreichende Störungssysteme – wie beispielsweise die Ailao-Shan–Red-River-Störungszone. Charakteristisch für derartige durch Transpression verursachte Störungssysteme ist, dass lokal auch Krustenausdehnungen auftreten: auf Satellitenaufnahmen und im Landschaftsbild sind diese Strukturen leicht an den jungen Gräben und Halbgräben zu erkennen. Diese durch Extension / Dehnung geprägten Bereiche sind bevorzugte Aufstiegswege heißer aggressiver wässriger Lösungen mit hohem Metallgehalt, so genannten „Fluidflüssen“, und sogar Magmen. Sowohl die „Fluidflüsse“ als auch die Magmen können als „Erzbringer“ betrachtet werden. Letztere führten zur Bildung von „Kupfer-Gold Porphyries“. Ihre Bedeutung ist sicher größer als bisher meist angenommen.

Die bisher erzielten Ergebnisse der chinesischesch-deutschen Kooperation beleuchten somit zwei neue Wege, auf welchen zukünftige Explorationsarbeiten zielgerichtet voranschreiten können. Für die wirtschaftlich und infrastrukturell wenig entwickelten Gebiete West-Yunnans sind dies also vielversprechende Szenarien. Die Erschließung neuer Lagerstätten stellt einen wesentlichen Motor der wirtschaftlichen Entwicklung dar.



*Tiger Leaping Gorge  
(3 700 m Höhendifferenz zwischen  
Berggipfel und Jinshajiang /  
Oberlauf des Yangtse).*

# Die BGR setzt modernste Technologie bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ein

Die BGR führt mittels modernster Technologie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (FuE) in großem Umfang durch. Die Schwerpunkte der FuE liegen in der Rohstoffsicherung, georelevanten Umweltfragen und in der Erforschung von Geo-Risiken. Durch die große Vielfalt geologischer Fachrichtungen in der BGR können geowissenschaftliche Fragestellungen und Probleme interdisziplinär bearbeitet und somit effektiver gelöst werden.

Am 14. März 2001 stellten Bundesforschungsministerin EDELGARD BULMAHN

und der zu der Zeit amtierende Bundeswirtschaftsminister Dr. WERNER MÜLLER das Aktionsprogramm der Bundesregierung ‚Wissen schafft Märkte‘ in Berlin vor. „Es wird schließlich immer wichtiger, Forschungs- und Entwicklungsergebnisse schnell im Markt zu plazieren“ betonte Dr. MÜLLER nochmals ein Jahr später in seiner Eröffnungsrede zur Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Hannover. Mit seiner Meinung steht der damalige Bundeswirtschaftsminister nicht allein, denn die BGR legte schon immer großen Wert auf eine enge Kooperation mit vor allem klein- und

mittelständischen Unternehmen (KMU), die über keine oder nur geringe eigene Forschungsmöglichkeiten verfügen. Diese KMU-Projekte haben zum Ziel, anwendungsorientierte Produkte schnell in die Praxis umzusetzen, damit die erzielten Ergebnisse der Allgemeinheit zu Gute kommen.

Zur Zeit laufen in der BGR fünf KMU-Projekte in den Bereichen Sensorentwicklung, Radar- sowie ultraschallseismische Messungen.

## Entwicklung innovativer und praxisbezogener Methoden in Zusammenarbeit mit klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU)

### Das modulare In-situ-Langzeitmonitoringsystem

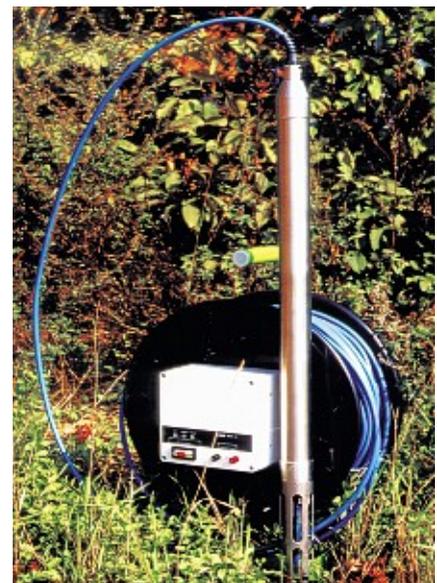
In Europa gibt es mehr als 750 000 Altlastenverdachtsflächen, z. B. Altablagerungen, Deponien und Industrieanlagen, die einer Langzeitüberwachung (Monitoring) bedürfen. Aber auch gefährdete Standorte, wie z. B. Wasserwerke, müssen in ihrer Umgebung hinsichtlich einer möglichen Schadstoffbelastung überwacht werden.

In Zusammenarbeit mit den Partnerfirmen Optosens (Optische Spektroskopie und Sensortechnik GmbH, Berlin) und Helzel Messtechnik GmbH (Kaltenkirchen) hat die BGR in den vergangenen Jahren im Rahmen eines vom BMBF geförderten Vorhabens ein Konzept und einen Prototyp für ein vollautomatisches,

rechnergestütztes Monitoringsystem entwickelt und erprobt. Der hier verfolgte Ansatz basiert auf der Kombination lokaler (in situ) Messungen mit Milieuparametersonden (Abb. rechts) und einem System zur optischen Spektrometrie (Partnerfirma Optosens) mit räumlichen Überwachungsmethoden eines elektromagnetischen Monitoringsystems (Abb. folgende Seite oben).

### Die Systemkomponenten

Das System besteht aus drei Komponenten: einer Milieuparametersonde, einem optischen Sensorsystem und einem elektromagnetischen Über-

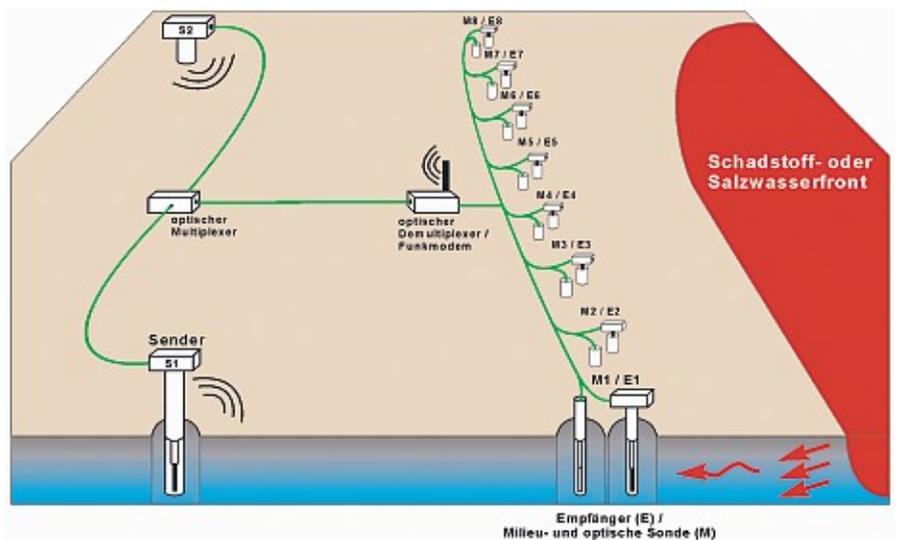


Milieuparametersonde.

wachungssystem. Die Milieuparameter-sonde bietet die Möglichkeit, die Beschaffenheit von Grund- und Oberflächenwässern vor Ort zu analysieren. Die Parameter Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Redoxpotenzial geben Aufschluss über Fließbewegungen, Konzentrationen und Aktivitäten gelöster oxidierender oder reduzierender Stoffe im Wasser oder auch über die Lebensbedingungen der Tier- und Pflanzenwelt in Oberflächengewässern.

Das optische Sensorsystem erlaubt die gleichzeitige Messung verschiedener Eigenschaften eines in das Messmedium eintretenden Lichtstrahls: es misst Streuung, Transmission, Fluoreszenz und Refraktion der Strahlung. Je nachdem, welche Moleküle, welche Teilchengröße und welche Konzentration eines Stoffes im Boden vorliegen, ändern sich diese Eigenschaften. So gibt es z. B. einige fluoreszierende Schadstoffe, wie Benzol und Phenol, die auf diese Weise gemessen werden können. Ebenso wird das unterschiedliche Refraktionsverhalten der Stoffe, d. h. ihre Fähigkeit, die Strahlung zu brechen, für die Erkennung von Farb- und Explosivstoffen genutzt. Trübungen, die entstehen, wenn Huminstoffe das „Durchschlagen“ von Deponiesickerwasser ins Grundwasser anzeigen, können auf diese Weise festgestellt werden.

Auch das elektromagnetische Monitoringssystem ist physikalischer Natur. Man bedient sich elektromagnetischer Wellen, die sich zwischen im Boden befindlichen Sende- und Empfangsstationen ausbreiten. Da die Art der Wellenausbreitung stark durch den Wasser- und Elektrolytgehalt des Bodens beeinflusst wird,



Elektromagnetisches Monitoringssystem.

können Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit zwischen den Stationen Hinweise auf mögliche Verunreinigungen geben. Damit stellt die elektrische Leitfähigkeit einen empfindlichen Parameter zur Überwachung von etwaigen Schadstoffausträgen aus Deponien und Altablagern sowie zur Kontrolle der Salz-/ Süßwassergrenze in Küstengebieten dar.

Mit diesem In-situ-Langzeitüberwachungssystem kann der Monitoringaufwand gesenkt und dabei die Aussagesicherheit erhöht werden. Das wird möglich, indem die Häufigkeit der regelmäßigen, personalintensiven Entnahme von Wasserproben aus Grundwassermessstellen mit anschließender chemischer Analytik vor Ort und / oder im Labor reduziert werden kann. Nachteile des herkömmlichen Überwachungsverfahrens, wie die

Unsicherheiten bei der Probenahme, beim Probentransport und bei der chemischen Analytik sowie die entstehende Datenflut, entfallen oder werden reduziert. Darüber hinaus kann durch die Online-Überwachung schneller auf Schadensereignisse reagiert werden. Die Aussagesicherheit wird durch die Kombination lokaler und räumlicher Überwachungsmethoden gegenüber der bisher üblichen Technik erhöht.

Das modulare In-situ-Langzeitüberwachungssystem soll mit einer Förderung durch das BMWA aus dem Programm „Leistungssteigerung Infrastruktur“ bis Ende 2003 die Serienreife erreichen und dann über die Firmenpartner als Gerät und als Dienstleistung vermarktet werden.





## *Geotechnische Sicherheit / Endlagerung*

---

*Vor allem die Energiewirtschaft, aber auch andere Zweige, wie beispielsweise Forschungsinstitute und die Medizin, produzieren radioaktiven Abfall.*

*Die BGR erkundet geeignete geologische Formationen und Standorte für eine sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle. Ihre Eignung und geotechnische Langzeitsicherheit müssen nachgewiesen werden.*

---



## Neue Wege in der Endlagerung – Beiträge der BGR zur geotechnischen Sicherheit und Endlagerung

Wenn über Endlagerung diskutiert wird, gibt es oft solche Stimmen wie: „Ein Endlager im Salzstock Gorleben kann nicht funktionieren – das Salz löst sich doch im Wasser auf! Und Wasser gibt's da reichlich, das Grundwasser, die Elbe ist auch nicht weit weg ...“

Die Skepsis ist groß, wenn es um die Frage geht: Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Seit Jahrzehnten wird in der Gesellschaft über Atomstrom, die Endlagerung der Abfälle und auch den Standort Gorleben heftig gestritten. Was den Standort betrifft, gab es Ende 2000 einen Schnitt, als die Erkundung des Salzstockes Gorleben nach einer Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgern unterbrochen wurde. Das stellte die BGR vor eine neue Herausforderung: Für die Endlagerarbeiten waren nunmehr alle in Frage kommenden Wirtsgesteine zu betrachten und gleichzeitig war der Kenntnisstand über das Salz zu sichern.

Hier zeigte sich, dass die Strategie der vorangegangenen Jahre richtig war: Durch langjährige Arbeiten mit internationalen Partnern zu unterschiedlichen Wirtsgesteinen hat sich die BGR eine breit angelegte Kompetenz in geowissenschaftlichen Fragen der Endlagerung erarbeitet, so dass sie schnell auf die neuen Randbedingungen reagieren konnte.

Die Wissenschaftler der BGR haben die neue Herausforderung angenommen.



*Gelegenheiten wie hier bei dem Tag der offenen Tür in der BGR werden genutzt, um mit Bürgern zum Thema Endlagerung ins Gespräch zu kommen.*

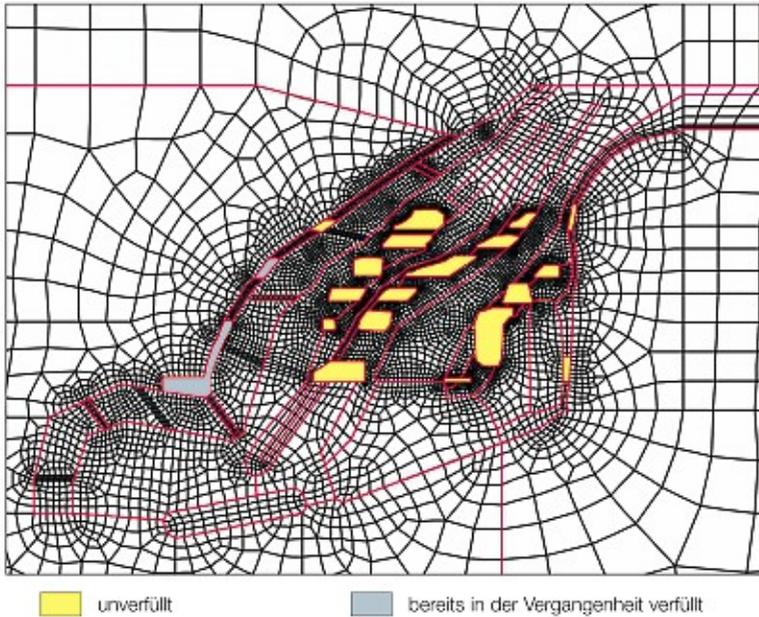
Sie haben die Untersuchungen in Gorleben beendet und die Beteiligung an internationalen Forschungsk Kooperationen verstärkt. In Frankreich, Schweden und in der Schweiz beteiligt sich die BGR an der Erforschung der Wirtsgesteine Ton und Granit. Auch mit Russland wurde eine Kooperation begonnen. Um für die zukünftige Auswahl eines alternativen deutschen Stand-

ortes gerüstet zu sein, erstellt die BGR ein Informationssystem, das die erforderlichen Daten enthält. Dabei sind notwendige Arbeiten an bestehenden Standorten, z. B. Berechnungen zur Dichtheit des Endlagers Morsleben, nicht liegen geblieben.

# Bleibt Morsleben dicht?

Am 30. November 2001 brach im Endlager Morsleben als Folge einer bergbaulichen Maßnahme eine etwa 4 000 t schwere Salzscherbe, der Bergmann sagt „Löser“, aus dem

Bereich zwischen zwei großen Abbaukammern heraus. Wie sich solche Ereignisse auf die Dichtheit des Endlagers auswirken, ist eine der Fragen, mit denen sich die BGR befasst.



Finite-Elemente-Modell.



Aufgelockerte Gebirgsbereiche nach 100 Jahren.

Das ehemalige Salzbergwerk Bartensleben in Morsleben wurde 1970 für die Einlagerung schwach- bis mittelradioaktiver Abfallstoffe ausgewählt. Ziel der untertägigen Endlagerung ist es, die radioaktiven Abfälle langfristig sicher von der Biosphäre fernzuhalten. Steinsalz bietet dafür gute Voraussetzungen: Es ist im unverritzten Zustand für Lösungen und Gase undurchlässig. Erst infolge geomechanischer Beanspruchung des Gebirges, z. B. aufgrund der Auffahrung eines Bergwerks, kann das Salzgestein auflockern und durchlässig werden. Es ist jedoch nachgewiesen, dass Beanspruchungszustände unterhalb der so genannten Dilatanzgrenze auch langfristig nicht mit Auflockerungen verbunden sind, so dass die Dichtheit des Salzgesteins gewährleistet bleibt. Erst Beanspruchungszustände oberhalb dieser Belastungsgrenze führen zu einer Auflockerung des Mikrogefüges, wodurch allmählich ein Netzwerk von Mikrorissen entsteht. Zu den Aufgaben der BGR gehört es, für das Endlager Morsleben die Barrierewirkung des Salzgebirges mit Hilfe von Modellberechnungen zu beurteilen.

Dazu erstellt die BGR Modelle nach der Finite-Elemente-Methode (Abb. links oben), in denen die geologischen Gegebenheiten, die Hohlraumsituation und die mechanischen Eigenschaften der Gesteine abgebildet sind. Mit diesen Modellen lassen sich die durch die Gebirgsauflast und die Hohlraum-auffahrung verursachten Verformungen der Salzstruktur und die Beanspruchung des Gebirges berechnen. Als Grundlage für die Berechnung wurde eine Standzeit der Hohlräume von 100 Jahren, das entspricht etwa dem Jahr 2035, angenommen.

Im Nahbereich der Hohlräume haben sich Auflockerungszonen gebildet. Die Schweben, das sind die Gebirgsbereiche zwischen übereinander liegenden Abbauen, sind nahezu durchgängig aufgelockert. Im Westen (Abb. links unten) hat sich oberhalb der 1. Sohle eine aufgelockerte Zone in Richtung des Salzspiegels, das ist die Grenze zwischen dem Salz und dem darüber liegenden Hutgestein, gebildet. Für die unmittelbar unterhalb des Salzspiegels liegenden Steinsalzscherben wird keine Auflockerung ermittelt, d. h. das Gebirge in diesem Bereich ist dicht.

Wie sich die Salzbarriere nach einem Ereignis wie dem Löserfall vom 30. November 2001 entwickeln kann, zeigen die Ergebnisse von Berechnungen. Nach dem unterstellten Versagen einer Schwebelage wird die Barrierewirkung kurzfristig nicht beeinträchtigt. Nach einigen Jahrzehnten entsteht jedoch am Salzspiegel ein aufgelockerter Bereich. Im weiteren Zeitverlauf würde ein durchgängig aufgelockerter Bereich zwischen dem Salzspiegel und den Grubenbauen entstehen. Das Gebirge ist dann in diesem Bereich nicht mehr dicht.

Eine dauerhafte Ertüchtigung der durch die Modellberechnungen ausgewiesenen potenziellen Schwachstellen in der Salzbarriere ist durch eine wirksame Verfüllung der Abbaue möglich. Die Verfüllung ausgewählter Grubenräume bewirkt, dass die Druckspannungen im Gebirge erhöht und schon nach wenigen Jahren die aufgelockerten Zonen in der Salzbarriere deutlich reduziert werden. Mit der Verfüllungsmaßnahme bleibt langfristig ein stabiler Zustand erhalten.

## Wie bewegt sich das Grundwasser in Gorleben?

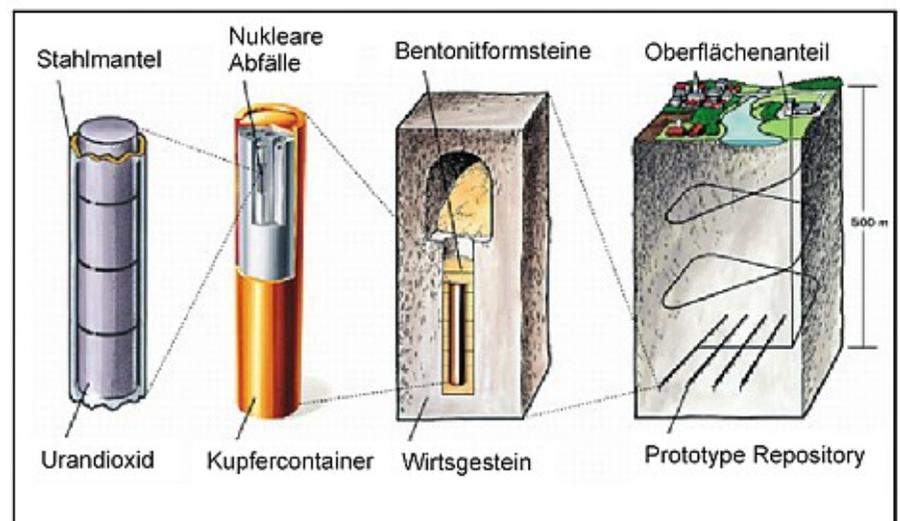
Die BGR hat bei der Erkundung des Salzstockes Gorleben neben den untertägigen Erkundungsarbeiten auch Untersuchungen des Deckgebirges durchgeführt. Sie ist dabei u. a. der Frage nachgegangen, welchen Stellenwert die Grundwasserbewegungen über dem Salzstock für die Sicherheit eines Endlagers haben.

Die Auswertung der erhobenen Daten hat ergeben, dass der Salzstock Gorleben von einer bis zu 300 m mächtigen Folge von Lockersedimenten (Sand, Kies, Schluff) überlagert wird. Bestimmend für die Grundwasserbewegung über dem Salzstock ist die Gorlebener Rinne, die während der ältesten Vereisungsphase, der Elster-Kaltzeit, entstand. Im Zentrum der Gorlebener Rinne lagern Sande und Kiese der Elster-Eiszeit unmittelbar auf dem Salzstock. Im Kontaktbereich kommt es zur Auflösung von Salz und dadurch zu einer starken Aufsalzung der Grundwässer auf Salzgehalte von etwa 100 g/l bis zu 320 g/l. Die Salzwässer sind von einem bis zu 160 m mächtigem Süßwasserkörper überlagert.

Auch in einer Muldenstruktur im Nordwesten des Salzstocks treten innerhalb des unteren Grundwasserleiters vergleichbar hohe Salzgehalte auf, während die Wässer in den darüber liegenden, gering durchlässigen Sedimenten erheblich niedriger salzhaltig sind. Die Verbreitung der stark salzhaltigen Wässer ist auf die Gorlebener Rinne und den tiefliegenden Bereich der nordwestlichen Randsenkenmulde beschränkt, die direkt miteinander verbunden sind. Die Basis des Wasserleiters in der Muldenstruktur liegt tiefer als die in der Gorlebener Rinne. Salzwässer, die in der Gorlebener Rinne nach Norden transportiert werden, folgen daher nicht dem weiteren Verlauf der Rinne, sondern werden dem Gefälle folgend zum Zentrum der Randsenke abgelenkt. Hier sammeln sie sich auf Grund ihrer erhöhten Dichte am Boden des Grundwasserleiters, der in diesem Bereich von gering durchlässigen Tonen überlagert ist. Die BGR stellte damit fest, dass ein Aufstieg von Salzwasser in das oberflächennahe Grundwasser nur in einem geringen Umfang möglich ist.

## Kann man im Granit radioaktive Abfälle endlagern?

Im schwedischen Felslabor Äspö wird das kristalline Grundgebirge als Wirtsgestein für ein Endlager untersucht. Die BGR beteiligt sich an den Arbeiten internationaler Forschergruppen mit dem Ziel, die Eigenschaften und Funktionsweise des Wirtsgesteins und der ingenieurtechnischen Barriere (Ton und Tongemische) zu prüfen. Im Mittelpunkt der internationalen Untersuchungen stehen der Wärmetransport, die Wasser- und Gasbewegung, Diffusions- und mikrobiologische Prozesse unter den für ein unterirdisches Endlager charakteristischen chemischen, hydraulischen und geologischen Bedingungen.



Einlagerungskonzept im Felslabor Äspö.

In dem als „Prototype Repository“ bezeichneten Test im tiefsten Abschnitt einer sich von der Erdoberfläche bis auf 450 m hinabziehenden Tunnelspirale wird die Einlagerung hochradioaktiver Abfälle simuliert. Dazu wird in sechs vertikalen Bohrungen durch Heizelemente die Wärme produziert, die durch die radioaktiven Zerfallsprozesse entstehen würde. Der Hohlraum zwischen den Heizelementen und dem Gebirge ist mit

Formsteinen aus quellfähigem Ton (Bentonit), der Tunnelausbruch mit Bentonit-Gesteinsmehl-Gemischen verfüllt. Nach Zutritt von Gebirgswasser über Kluftsysteme erreicht die technische Bentonitbarriere durch Quellung ihre volle abdichtende Wirkung.

Die Prozesse des Wasserzutritts in den Bentonit über Klüfte, seine Quellung sowie der Wärmeeintrag aus den Abfä-

len werden rechnerisch nachvollzogen. Die dazu erforderlichen Programme für die Modellierung von thermisch-hydraulisch-mechanisch (THM) gekoppelten Prozessen werden projektbegleitend entwickelt. Erste zweidimensionale Modellrechnungen der TH- und HM-Prozesse konnten von der BGR bereits abgeschlossen werden.

## Kann man im Ton endlagern?

In Frankreich ist die Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) für die Planung und Realisierung der Endlagerung radioaktiver Abfälle und der zugehörigen Forschungsarbeiten verantwortlich. Zur Erfüllung der Aufgaben richtet die ANDRA derzeit ein Versuchslabor unter Tage in einer Tonformation im östlichen Frankreich, nahe dem Ort Bure, ein.

Während des Abteufens des Hauptschachtes für das Versuchslabor wurden im Deckgebirge unterschiedliche Sprengmethoden getestet, um die Methode zu finden, die das umgebende Gestein am geringsten schädigend auflockert. Umfangreiche geotechnische und geophysikalische Messungen sowie Untersuchungen der Gebirgsdurchlässigkeit in Teufen zwischen 85 m und 120 m dienen dazu, die Schädigung des Gesteins zu prüfen.

Die Geschwindigkeit, mit der sich Erschütterungen im Gebirge fortpflanzen, nimmt in Gesteinen mit zunehmender Schädigung ab. Diesen Effekt misst eine von der BGR entwickelte Bohrlochsonde mit außerordentlich hoher räumlicher Auflösung und ermöglicht es so, die Auflockerung um Hohlräume unter Tage in ihrer Ausprägung und geometrischen Ausdehnung zu bestimmen. In insgesamt neun vom Bure-Schacht aus radial in das Gebirge gebohrten Bohrungen wurden diese Messungen durchgeführt. Zusammen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (Konvergenzmessungen, Extensiomermessungen, seismische Tomografie, hydraulische Messungen) ergab sich ein umfassendes Bild der mechanischen, dynamischen und hydraulischen Eigenschaften des den Schacht umgebenden Gesteins und der Veränderungen durch das Abteufen. Es zeigte sich, dass die Ausdehnung der geschädigten Zone in keinem Fall mehr als 2 m betrug. Daraus folgt, dass die eingesetzten Abteuftechniken geeignet sind, einen Schacht zu erstellen, ohne dabei die Eigenschaften des umgebenden Gebirges großräumig zu beeinträchtigen.



Versuchsaufbau unter engen Verhältnissen im Schachttiefsten. Das Bohrloch mit Sonde ist in der Bildmitte zu sehen. Geringe Mengen Spritzwasser von oben machen eine „Abschirmung“ der Apparatur erforderlich.

# Wie kann eine neue Standortsuche praktisch funktionieren?

**D**er vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eingesetzte Arbeitskreis „Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd)“ entwickelt ein Verfahren zur Endlagerstandortsuche. In diesem Auswahlverfahren kommen geo- und sozialwissenschaftliche Kriterien zur Anwendung, z. B. die Seismizität, Vulkangefährdung oder das Vorliegen von Schutzgebieten. Die BGR prüft im

Rahmen einer Machbarkeitsstudie, ob die praktische Durchführung eines solchen Verfahrens durch Geographische Informationssysteme (GIS) unterstützt werden kann. Dazu hat die BGR beispielhaft ausgewählte Kriterien des Verfahrens für Kristallinkommen in Deutschland in einem GIS erfasst.

Auf der Grundlage der GIS-Datenstruktur wurden durch die Anwendung

von sechs Ausschlusskriterien ungünstige Gebiete ausgeschlossen und günstige Gebiete durch Anwendung von sieben Abwägungskriterien gewichtet und vergleichend bewertet. Die so gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von GIS-Technologien der Forderung nach einem transparenten und nachvollziehbaren Verfahren zur Endlagerstandortsuche Rechnung getragen werden kann.

## Das Erdbeben am 11. Juli 2002 bei Bremen

**K**urz nach 23 Uhr in dem kleinen Ort Weyhe bei Bremen: Ein starker Knall und dumpfes Grollen zerreißen die nächtliche Stille, Blumentöpfe fallen herunter, Möbel schwanken, ganze Häuser zittern, Gläser und Fenster klirren; Menschen werden aus dem Schlaf gerissen und einige werden so erschreckt, dass sie auf die Straße rennen – eine Explosion im Nachbarhaus?

Die Polizei in Weyhe registriert in dieser Nacht ca. 100 Anrufe besorgter Bürger und am nächsten Tag nochmals 50 Anrufe. Nach einem Aufruf in der örtlichen Presse melden mehr als 30 Bewohner ihre Wahrnehmungen an die BGR in Hannover.

Die von den umliegenden deutschen Erdbebenstationen aufgezeichneten Seismogramme zeigen, dass die Beobachtungen in Weyhe nicht etwa die Folge einer Explosion waren, sondern dass sich hier ein Erdbeben ereignet hat.

Durch Erdbeben haben im vergangenen Jahrhundert weltweit mehr als zwei Millionen Menschen ihr Leben verloren. Die

durch diese Naturkatastrophen hervorgerufenen volkswirtschaftlichen Schäden sind immens. In Deutschland haben Erdbeben mit katastrophalen Ausmaßen bisher nicht stattgefunden und sind auch nach Kenntnis der geologischen und tektonischen Verhältnisse in der Zukunft kaum zu erwarten. Dennoch ist bei der hohen Siedlungs- und Industriedichte unseres Landes eine kontinuierliche Überwachung der Erdbebenaktivität unerlässlich. Diese Aufgabe wird vom seismologischen Datenzentrum der BGR wahrgenommen, das unterschiedliche seismologische Messanlagen betreibt und zusätzlich die von den verschiedenen seismologischen Einrichtungen in Deutschland übermittelten Erdbeben-daten zentral sammelt. Die Kenntnis der derzeitigen Erdbebenaktivität zusammen mit dem Wissen über historische Erdbeben – der ebenfalls von der BGR erstellte deutsche Erdbebenkatalog reicht zurück bis ins 9. Jahrhundert – ergibt die Datenbasis, um Bauwerke wie Hochhäuser oder sicherheitsrelevante Industrieanlagen konstruktiv gegen Zerstörungen durch Erdbeben auszulegen.

Aus den von den Erdbebenstationen aufgezeichneten Seismogrammen wurde die Magnitude des Bebens vom 11. Juli 2002 zu  $M_L = 2,6$  bestimmt. Es handelt sich somit um ein relativ energieschwaches Beben. Dagegen war die verspürte Intensität des Bebens recht hoch: Sie wurde aufgrund der gemeldeten Einzelbeobachtungen entsprechend der zwölfteiligen Europäischen Makroseismischen Skala EMS auf den Wert  $V$  EMS festgelegt. Die Ergebnisse der makroseismischen Erhebung sind in der makroseismischen Karte auf der folgenden Seite dargestellt.

In Deutschland ereignen sich energieschwache Erdbeben häufig in Tiefen um 8 km. Sie werden dann von Menschen nicht oder nur in Einzelfällen schwach verspürt. Die vergleichsweise hohe Intensität  $V$  EMS deutet daher auf einen Erdbebenherd in geringerer Tiefe hin. Gleichzeitig ist wegen der großräumigen Verspürbarkeit – gemäß makroseismischer Karte beträgt der Radius des Schüttergebietes ca. 5 km – ein Erdbebenherd sehr nahe der Erdoberfläche in wenigen 100 m Tiefe ausgeschlossen.

Als Ursache für Beben mit geringer Herdtiefe kommen wegen der besonderen geologischen Verhältnisse in Norddeutschland hauptsächlich zwei Mechanismen (außerhalb von Gebieten mit Bergbau) in Frage:

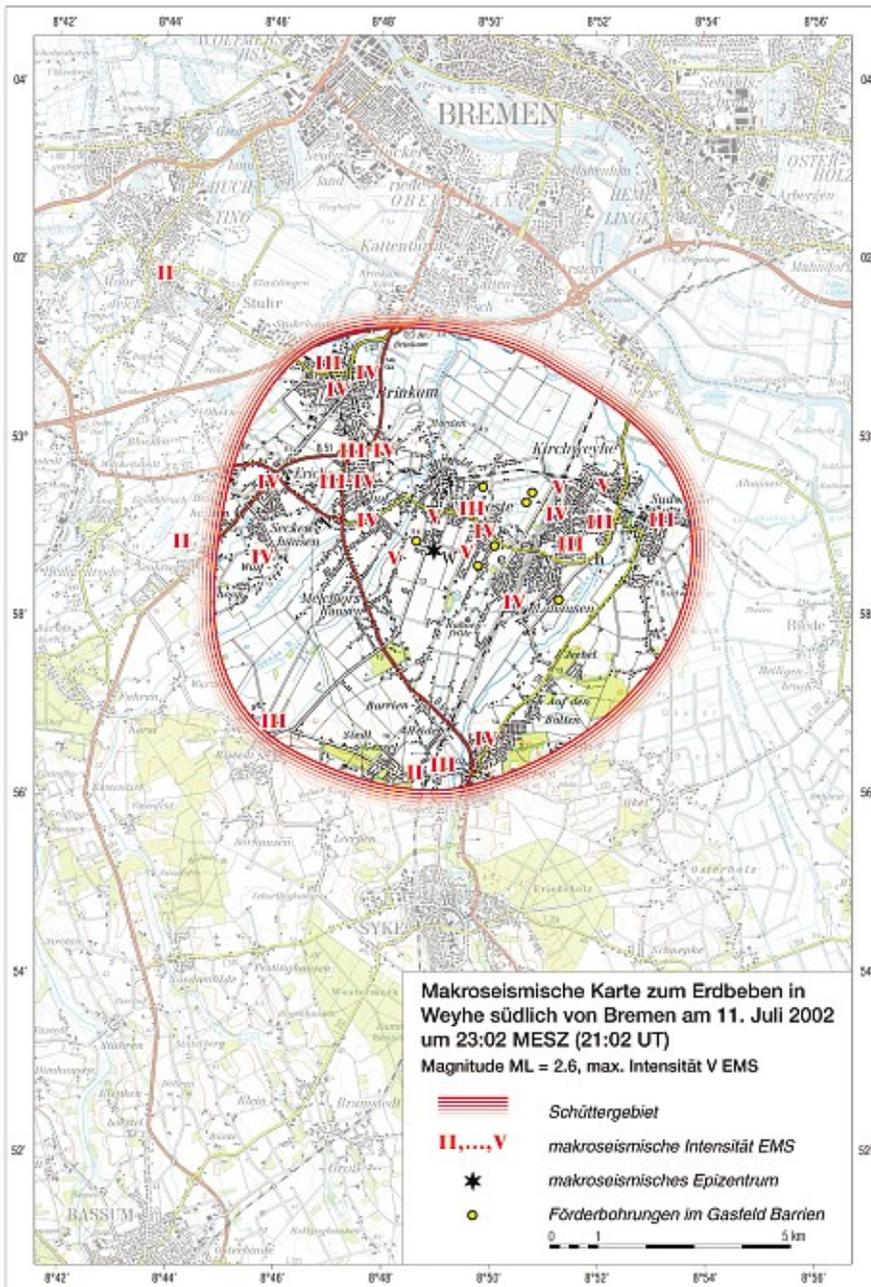
- ♦ der Einsturz natürlich ausgelagerter, unterirdischer Hohlräume von im Hydrosphärenbereich, also nahe der Erdoberfläche, lagerndem Salzgestein sowie

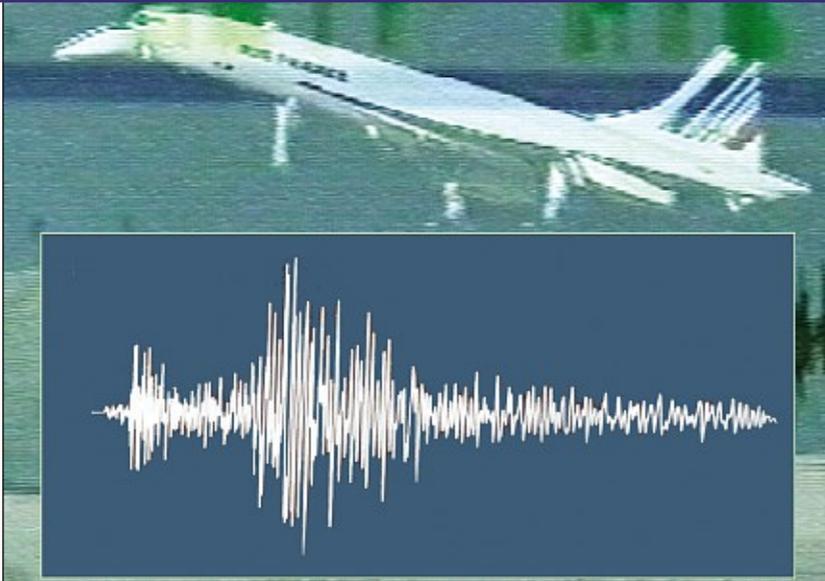
- ♦ eine durch Öl- oder Gasförderung bewirkte Druckentlastung im Speichergestein, die zu einem Spannungsausgleich über Verschiebungen umgebender, vorwiegend überlagernder, Schichten führen kann.

Wegen der weiten Verspürbarkeit des Bebens vom 11. Juli 2002 ist der Einsturz eines oberflächennahen natürlichen Hohlraums als Ursache auszuschließen.

Dagegen liegt das Fördergebiet des Gasfeldes Barrien innerhalb des Schüttergebietes. Gefördert wird aus 2 400 m bis 2 900 m Tiefe. Die Ursache des Bebens ist deshalb im Zusammenhang mit der Erdgasförderung zu sehen, und als Herdtiefe kann der Bereich zwischen 2 000 m und 3 000 m angenommen werden. Eine überschlägige Abschätzung ergibt, dass sich bei dem Beben zwei Gesteinsblöcke auf einer Fläche von gut 1 000 m<sup>2</sup> um im Mittel ca. 2 mm gegeneinander verschoben haben.

Ein Erdbeben im Norddeutschen Tiefland stellt eine Besonderheit dar. Nur wenige Beben sind aus dem Gebiet der nördlichen Bereiche von Nordrhein-Westfalen und von Niedersachsen sowie Hamburg, Bremen und dem Grenzbereich zu den Niederlanden bekannt geworden. Eine Zusammenstellung der Beben in diesem Gebiet aus den vergangenen 100 Jahren zeigt, dass nur das Beben von Soltau-Munster im Jahr 1977 und das bei Zarentin im Jahr 2000 tektonischen Ursprungs waren. Es ergibt sich weiterhin, dass alle in Norddeutschland bei der Gasförderung induzierten Erdbeben eine Magnitude ML kleiner als 3,0 hatten, dass sie maximal mit Intensität V verspürt wurden und dass es äußerst seltene Ereignisse sind.





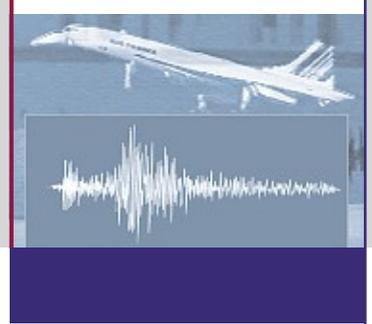
*Nationales Seismologisches  
Datenzentrum –  
Kernwaffenteststoppabkommen*

---

*Die BGR ist das Nationale Datenzentrum Deutschlands zur Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens.*

*Die im Rahmen des Kernwaffenteststoppabkommens zertifizierte Infrashallanlage IS 26 der BGR im Bayerischen Wald ist so empfindlich, dass sie sogar den Durchgang der Concorde durch die Schallmauer über dem Ärmelkanal aufnimmt.*

---



# Die Verpflichtung der Bundesrepublik Deutschland bei der Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens

Die letzten weltweit durchgeführten Kernwaffentests liegen fast fünf Jahre zurück. Im Mai 1998 testeten sowohl Indien (11. Mai 1998) als auch Pakistan (28. und 30. Mai 1998) Kernwaffen auf ihrem jeweiligen Testgelände. Trotzdem ist die Überwachung von Kernwaffentests auch heute noch ein bedeutendes Thema in der BGR, denn mit der Unterzeichnung des Vertrags zum umfassenden Verbot von Nuklearversuchen durch die Bundes-

republik Deutschland im Jahr 1996 ist sie die Verpflichtung eingegangen, sich an der Verifikation dieses internationalen Abkommens zu beteiligen. Das Ziel der Verifikation ist es, ein weltweites Überwachungssystem aufzubauen, mit dessen Hilfe das Aufspüren von Kernwaffentests, wie z. B. die in Indien und Pakistan, möglich ist. Weltweit verteilte Sensoren zur Erfassung von Messdaten bilden die Grundlage für das Aufspüren aller Ereignisse und die zuverlässige

Unterscheidung zwischen natürlichen Erdbeben und möglichen Kernsprengungen. Wissenschaftliche Untersuchungen sind notwendig, um neue Methoden zur besseren Unterscheidung zu entwickeln.

Die ausgewählten Beiträge geben einen kleinen Einblick in das breite Spektrum an Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Kernwaffenteststoppabkommen in der BGR durchgeführt werden.

## Das Nationale Seismologische Datenzentrum

Seit der Unterzeichnung des Vertrags zum Verbot von Kernwaffentests am 24. September 1996 beteiligt sich Deutschland aktiv an der Verifikation dieses Abkommens. Dazu gehört die Beteiligung an dem internationalen Überwachungssystem IMS (International Monitoring System), mit dem die Überprüfung der Einhaltung des Abkommens gewährleistet werden soll und das aus vier weltweit verteilten Messnetzen für Seismik, Infraschall, Hydroakustik und Radionuklide mit insgesamt 321 Messstationen besteht. Am Internationalen Datenzentrum (IDC) in Wien, dem Sitz der Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO), laufen die

Daten aller Stationen des IMS zusammen und werden dort ausgewertet. Deutschland ist an diesem Überwachungssystem mit fünf Stationen beteiligt. Nach der Unterzeichnung des Vertrags wurde das „Nationale Datenzentrum (NDC)“ in der BGR errichtet. Zu dessen Aufgaben gehört unter anderem der Betrieb der deutschen IMS-Stationen und die Entwicklung von Verfahren zur unabhängigen Bewertung verdächtiger bzw. nicht identifizierter Ereignisse, die möglicherweise gegen das Kernwaffenteststoppabkommen verstoßen.

Eine weitere Herausforderung stellt die Gewährleistung einer Datenverfügbar-

keit von mindestens 98 % für die betreuten IMS-Stationen dar. Zur Erreichung dieses Ziels wird vom Datenzentrum aus eine aufwändige Überwachung aller wichtigen Komponenten der Stationen, wie Kommunikation, Computer-Systeme und Netzwerke durchgeführt. Durch den Einsatz und die Entwicklung dieser modernen automatischen Verfahren konnte in den letzten Jahren die geforderte hohe Zuverlässigkeit erreicht werden.

Über die Datenleitungen von den IMS-Stationen sowie weiteren in der Bundesrepublik installierten Seismometerstationen laufen täglich über 700 Megabyte



Kontrollzentrum des Nationalen Seismologischen Datenzentrums in der BGR.

Daten am Datenzentrum ein. Die Daten werden in nahezu Echtzeit verarbeitet und für weitere Anwendungen in einer Datenbank archiviert. Über das IDC kann außerdem auf Daten der weltweit verteilten Stationen des IMS für umfangreiche Untersuchungen zugegriffen werden. Gleichzeitig werden die Daten über automatisch arbeitende Routinen den Hochschulinstituten und Forschungseinrichtungen für wissenschaftliche Untersuchungen bereitgestellt. Das Nationale Seismologische Datenzentrum wird

dadurch das zentrale Portal für die Nutzung seismologischer Daten in der Bundesrepublik Deutschland.

Das Kernstück des Nationalen Seismologischen Datenzentrums bildet ein Datenbank-Managementsystem, das den gesamten Fluss und Austausch verschiedenster Daten steuert, verwaltet und koordiniert. Die Datenvielfalt umfasst neben den Messdaten auch die Ergebnisse der Auswertung, die von der BGR und anderen nationalen und internatio-

nen Institutionen gewonnen werden. Pro Jahr werden Parameter von mehr als 2 000 Ereignissen in der Datenbank gespeichert. Bei einem starken Erdbeben in einer dicht besiedelten Region werden die Daten sofort über verschiedene Medien wie E-Mail und mobile Telefone verteilt und auf der eigenen Homepage auf Karten dargestellt. Dadurch erreichen diese Informationen nicht nur die eigenen Mitarbeiter sondern auch die breite Öffentlichkeit.

## Infraschallmessungen jetzt auch in der Antarktis

Infraschall ist die Bezeichnung für Druckwellen in der Atmosphäre, deren Frequenzen unterhalb von 10 Hertz liegen, also jenseits der für das menschliche Gehör gerade noch wahrnehmbaren tiefsten Töne. Solche Infraschallwellen entstehen zum Beispiel bei Vulkanausbrüchen, beim Eindringen von Meteoriten in die Atmosphäre oder im Zentrum von Orkanen über den Ozeanen. Die tiefen Frequenzen und die Ausbreitung und Reflexion der Infraschallwellen in der Stratosphäre und Thermosphäre ermöglichen es, dass Signale mit geringer Dämpfung auch in mehreren hundert Kilometern Entfernung noch registriert werden können. Dennoch liegt die Größe solcher Signale oft nur im Bereich von wenigen Millipascal. Wenn man die Druckunterschiede zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten zugrunde legt, die das tägliche Wetter bestimmen und in Hektopascal gemessen werden, lässt sich diese 100 000-mal kleinere Größenord-

nung nur schwer vorstellen. Ein anschaulicher Vergleich ist vielleicht über die Höhenabhängigkeit des Luftdrucks möglich, also die Tatsache, dass die Luft beim Besteigen von hohen Bergen „dünnere“ wird. Nimmt man die Abnahme des atmosphärischen Luftdrucks mit zunehmender Höhe als Maßstab, entspricht die Luftdruckdifferenz von einem Millipascal dem Höhenunterschied von der Dicke eines Blattes Papier. Das Messinstrument, das diese kleinen Änderungen des Luftdrucks messen kann, ist ein Mikrobarograph. Die hochempfindlichen Druckdosen in solch einem Mikrobarographen reagieren auf derart kleine Luftdruckwellen mit entsprechender Verformung, die in elektrische Signale umgewandelt werden.

Mit Infraschallmessungen ist es aber auch möglich, große Explosionen in der Atmosphäre nachzuweisen. Diese Möglichkeit wird genutzt, um nukleare Explo-

sionen zu detektieren. Deshalb wird zur Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens gegenwärtig ein weltweites Netz von 60 Infraschallstationen errichtet. Die Bundesrepublik Deutschland ist daran mit zwei Stationen beteiligt, für deren Aufbau und Betrieb die BGR verantwortlich ist. Die erste Station liegt bei Bischofsreut im Bayerischen Wald und wurde nach zweijähriger Bauzeit einschließlich ausgiebigem Testbetrieb im Jahr 2000 offiziell als erste Infraschallstation dieses internationalen Überwachungsnetzes eröffnet. Mittlerweile wurde bereits ein Viertel aller Stationen in Betrieb genommen.

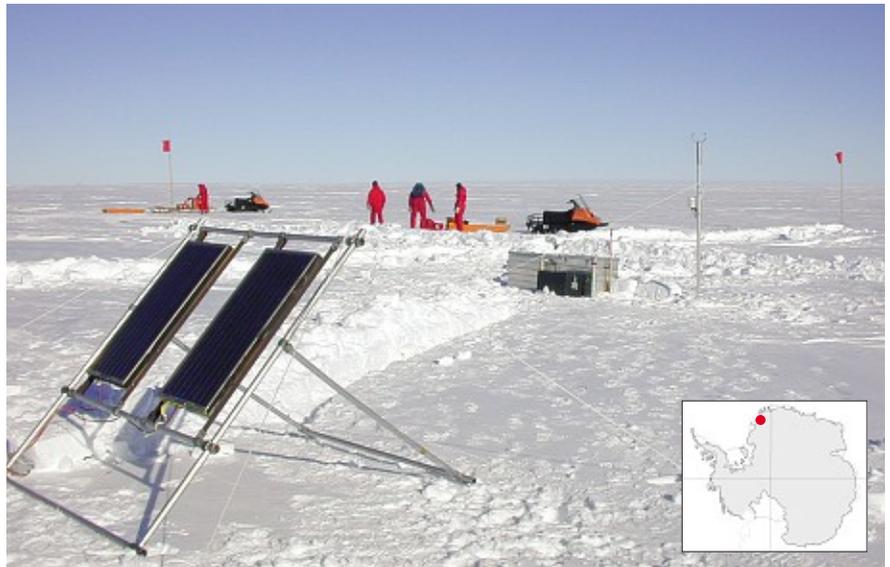
Mit den im Bayerischen Wald gemachten Erfahrungen wurde in den vergangenen zwei Jahren begonnen, den Aufbau der zweiten deutschen Infraschallstation zu planen. Der dafür im Kernwaffenteststoppabkommen festgelegte Standort ist die deutsche Antarktis-Forschungsstation

„Georg-von-Neumayer“. Sie liegt auf dem Schelfeis, dem Ekströmisen, am nordöstlichen Rande des Weddellmeeres. Diese Station wird vom Alfred-Wegener-Institut für Meeres- und Polarforschung Bremerhaven ganzjährig betrieben, was eine notwendige Voraussetzung für die erforderliche hohe Betriebszuverlässigkeit der zu errichtenden Infraschallstation unter den extremen antarktischen Bedingungen ist.

Im antarktischen Sommer 2000 / 2001 wurden mit sechs mobilen Infraschallstationen (Abb. rechts) Messungen in der Umgebung der Georg-von-Neumayer-Station durchgeführt, um die speziellen Bedingungen an diesem Standort zu untersuchen. Das Auftreten extrem niedriger Temperaturen ist nur eine der Randbedingungen, die bei der Konstruktion einer Messstation berücksichtigt werden müssen, um einen zuverlässigen, kontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten. Für die Messung von Infraschallsignalen stellt der Einfluss des Windes die größte Störquelle dar. Windgeschwindigkeiten von 9 m / s im Jahresmittel und häufig auftretende Stürme mit bis zu 47 m / s sind nicht gerade ideale Voraussetzungen für Infraschallmessungen. Die durchgeführten Testmessungen ergaben eine Zunahme des Rauschpegels um das Zehnfache bei einer Erhöhung der Windgeschwindigkeit um 3 m / s. Verschiedene Maßnahmen für eine bestmögliche Unterdrückung des Windrauschens wurden untersucht. Nach der umfassenden Auswertung aller registrierten Daten wurde die optimale Konfiguration dieses Arrays bestimmt sowie die technische Realisierung konzipiert.

Die geplante Infraschallstation soll aus neun Einzelstationen bestehen, die im Umkreis von 1 km aufgebaut werden und ein sogenanntes Array bilden. In dem vorgesehenen Gebiet gibt es keine Unterschiede in den Registrierbedingungen zwischen den Einzelstandorten. Das ermöglicht eine geometrisch ideale Anordnung der Einzelstationen ohne Beschränkungen, die eine optimale Detektionsfähigkeit von Infraschallsignalen gewährleistet. Gleichzeitig verbessert sich das Signal-Rauschverhältnis mit der Anzahl der im Array integrierten Stationen.

Eine weitere Maßnahme zur Reduzierung des Windrauschens in den registrierten Daten ist die flächenhafte Verteil-



Eine der mobilen Infraschallstationen, mit denen im antarktischen Sommer 2000 / 2001 Testmessungen durchgeführt wurden. Die Registrierungssysteme waren in den isolierten Aluminiumkisten (Mitte) untergebracht. Rechts davon ist die für die zeitgleiche Aufzeichnung der Windgeschwindigkeit, der Windrichtung und der Temperatur installierte Wetterstation zu sehen. Die Stromversorgung erfolgte mit Solarzellen (Vordergrund). Die zur Unterdrückung des Windrauschens verwendeten porösen Schläuche wurden in Gräben verlegt, die mit Schneeblöcken abgedeckt wurden. Im Schnittpunkt der im Bild zu erkennenden Gräben wurden die Schläuche an den Mikrobarographen angeschlossen.



Arrayzentrale in einem Laborcontainer nahe der Georg-von-Neumayer-Station.

lung von Einlasspunkten, die mit dem Mikrobarographen verbunden werden. Angepasst an antarktische Bedingungen besteht das an jeder Messstation verwendete Filtersystem aus 16 radial angeordneten, geschlitzten Rohrleitungen, in die poröse Schläuche integriert sind. Durch diese Schläuche gelangen die Druckwellen zum Mikrobarographen. Der Durchmesser eines solchen Filtersystems beträgt 70 m.

Während bei Infraschallstationen in anderen Gebieten der Welt, zum Beispiel auch im Bayerischen Wald, der Einfluss des Windes durch dichte Vegetation weiter vermindert wird, kann dieser Effekt in antarktischen Gebieten durch Schneebedeckung erreicht werden. Das Windrauschen wird reduziert, ohne dass die Infraschallsignale wesentlich gedämpft werden. Deshalb werden die Filter-

systeme in Gräben gelegt, die mit Schnee wieder abgedeckt werden. Zusätzlich wird durch den natürlichen Schneezutrag von durchschnittlich 60 cm pro Jahr eine homogene und immer dicker werdende Schneebedeckung erreicht. Dieser Schneezutrag macht es allerdings auch erforderlich, die Messstationen und Filtersysteme regelmäßig auszugraben und dicht unter der Oberfläche neu zu installieren.

Die von den Mikrobarographen registrierten Signale werden an jeder Messstation digital erfasst und per Telemetrie an die Arrayzentrale übermittelt. Diese Zentrale, die in einem Laborcontainer nahe der Georg-von-Neumayer-Station untergebracht wird, ist an das lokale Netzwerk der Georg-von-Neumayer-Station angeschlossen und mit der Satellitenanlage verbunden, über die die

registrierten Datenströme kontinuierlich und echtzeitnah an das Internationale Datenzentrum der Organisation zur Überwachung des Teststoppabkommens nach Wien übertragen werden.

Nach abgeschlossener technischer und logistischer Vorbereitung wurde in Kooperation mit dem Alfred-Wegener-Institut für Meeres- und Polarforschung, Bremerhaven, im Dezember 2002 mit der Installation aller Komponenten der Infraschallstation vor Ort begonnen. Mit der Inbetriebnahme im Februar 2003 geht die zweite der vier in der Antarktis vorgesehenen Infraschallstationen ans Netz. Das ist nicht nur ein Beitrag zur weiteren schrittweisen Vervollständigung des Überwachungsnetzes für das Teststoppabkommen, sondern gibt auch neue Impulse für die wissenschaftliche Forschung.

## Genauere Ortung von Kernwaffenexplosionen

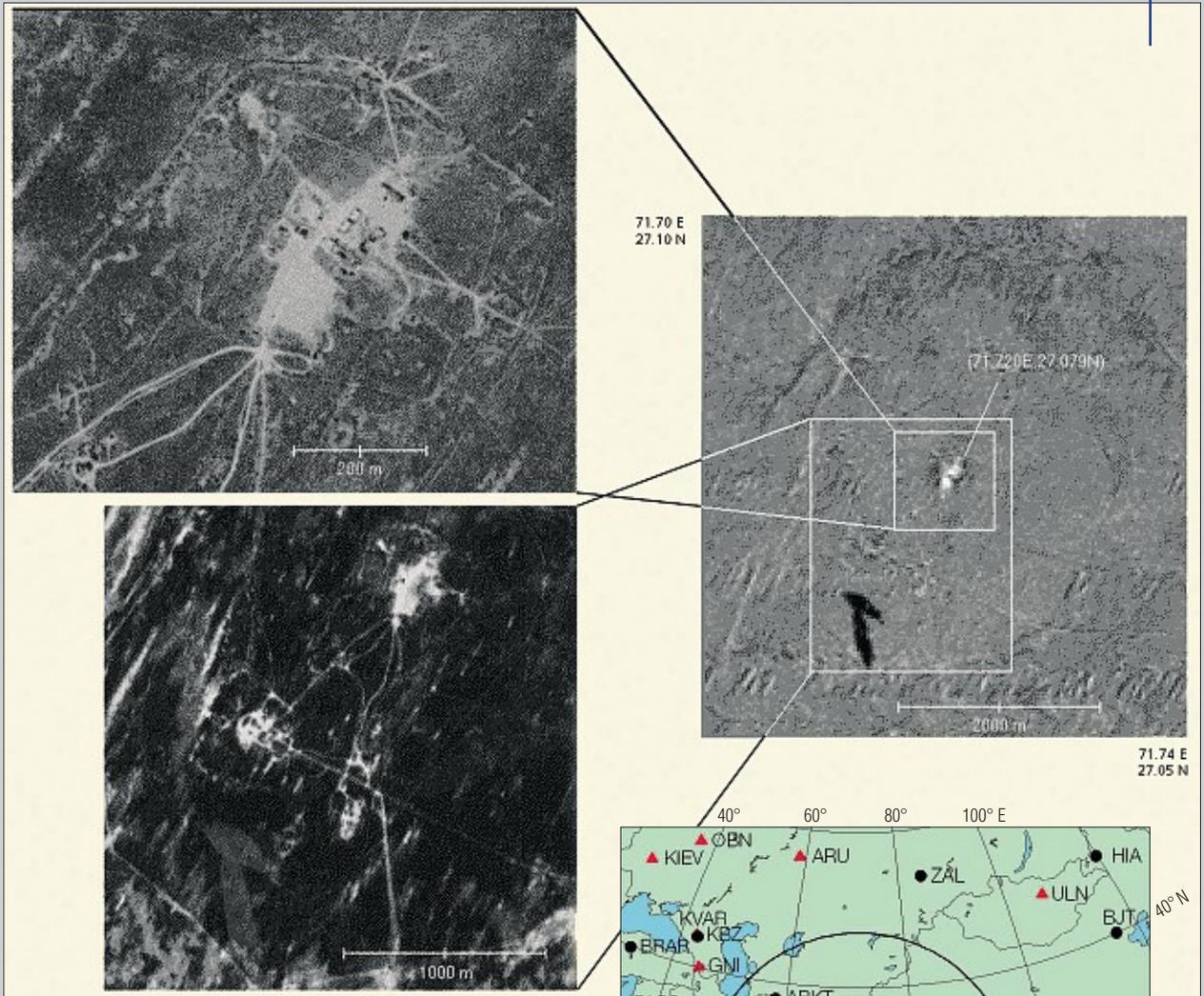
Die Überwachung des atomaren Teststoppabkommens CTBT (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) mittels genauer Lokalisierungen unterirdischer Kernexplosionen ist eine der wichtigsten Aufgaben der angewandten Seismologie. Die Kenntnis über den genauen Ort eines Ereignisses stellt ein wichtiges Indiz bei der Unterscheidung zwischen Erdbeben und Sprengungen dar und ermöglicht gezielte Vor-Ort-Inspektionen für weitergehende Untersuchungen im Testgebiet.

Im Rahmen eines Pilotprojektes wurde in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich ein Bildverarbeitungsverfahren verwendet, das die seismische Analyse ergänzt. Durch Anwendung des so genannten Änderungsdetektionsverfahrens auf frei erhältliche Satellitenbilder aus dem Gebiet der indischen Nuklearversuche vom Mai 1998 konnte die Lage des Herdes einer unterirdischen Kernexplosion auf wenige hundert

Meter genau bestimmt werden. Das Verfahren vergleicht Satellitenbilder einer Region zu unterschiedlichen Zeiten und ermittelt Änderungen an der Oberfläche. Der auf diese Weise entdeckte Einbruchskrater liegt etwa 4,1 km von jenem Punkt entfernt, der mit seismischen Verfahren als Herd der Kernexplosion berechnet worden war. Dass der so bestimmte Explosionsort innerhalb des von dem internationalen Datenzentrum angegebenen Fehlerbereiches liegt, wird als Indiz für die Zuverlässigkeit der seismischen Messungen gewertet, vor allem, wenn man berücksichtigt, dass zum Zeitpunkt der indischen Atomversuche das seismische Messnetz noch nicht vollständig betriebsbereit war.

Das Seismogramm von Indiens erstem Atomtest aus dem Jahre 1974, wie er zum Beispiel mit der Station des Gräfenberg Arrays bei Nürnberg aufgezeichnet wurde, ist den seismischen Aufzeichnungen der Nuklearversuche vom

11. Mai 1998 sehr ähnlich und die für die Kernexplosionen jeweils berechneten Magnituden als Maß für die Stärke sind von vergleichbarer Größe. Satellitendaten können für sich genommen oder in Verbindung mit seismischen Messungen für Beweiszwecke verwendet werden. So kann zum Beispiel die genaue Festlegung eines Nukleartests mittels unabhängiger Fernerkundung für hochgenaue Ortungen zukünftiger Explosionen benutzt werden. Die Beobachtung einer deutlich sichtbaren Veränderung in Satellitenbildern, in Verbindung mit einem seismischen Signal, das bei der Explosion erzeugt und mit Seismometern aufgezeichnet wird, kann als Beleg für die Durchführung und Lenkung einer Vor-Ort-Inspektion durch die CTBT-Überwachungsbehörde in Wien genutzt werden. Je genauer die Informationen über den möglichen Ort eines durchgeführten Nukleartests sind, desto effektiver wird eine Vor-Ort-Inspektion sein.



Ergebnisse des Änderungsdetektionsverfahrens. Das Bild rechts zeigt die berechneten Änderungen für zwei kurz vor bzw. nach den Atomtests vom 11. Mai 1998 über dem Pokaran-Testgelände aufgenommenen LANDSAT-Bildern. Helle bzw. dunkle Bildobjekte kennzeichnen Veränderungen, graue Flächen weisen auf unveränderte Merkmale des Erdbodens hin. So markiert der helle Fleck in der Bildmitte den Einsturzkrater der unterirdischen Nuklearexplosion, dessen geographische Koordinaten angegeben sind. Bei dem auffälligen „hammerförmigen“ Gebilde handelt es sich vermutlich um einen Buschbrand.

Die beiden Abbildungen links zeigen höher auflösende panchromatische Aufnahmen der russischen Weltraumkamera KVR-1000 (oben) bzw. des französischen SPOT Systems (unten), die als Hilfe bei der Interpretation der entdeckten Veränderungen dienen.

Karte mit dem Epizentrum derselben Atomtests (Stern) sowie der zur Kontrolle der Einhaltung des CTBT eingesetzten seismischen Stationen des Internationalen Monitoring Systems (IMS). Die konzentrischen Kreise um das Epizentrum entsprechen Entfernungen von ca. 600, 1 000 und 2 000 km.





## *Geologische Schadensrisiken*

---

*Weltweit müssen sich Menschen auf geogene Naturkatastrophen einstellen. Die Siedlungsdichte verschärft oft die Auswirkungen auf die Lebenssituation. Auch der hier gezeigte kolumbianische Vulkan Galeras birgt ein hohes Gefährdungspotential.*

*Die BGR versucht, die Mechanismen zu erkennen und Gefährdungen durch geologische Schadensrisiken schon im Vorfeld besser abzuschätzen.*

---



# Naturkatastrophen, Vulkanausbrüche, Erdbeben, Hangrutsche und Flutkatastrophen – Geowissenschaftler der BGR entwickeln Methoden zur Früherkennung

**A**m 24. August des Jahres 79 begrub der Vesuv die Städte Herculaneum und Pompeji unter Asche und Lava. Zu klären, ob die Bewohner der beiden antiken Städte die Anzeichen für den drohenden Vulkanausbruch nicht erkannten oder sich der Gefahr durch den Vulkan nicht bewusst waren, ist Aufgabe der Archäologen.

Verlässliche Anzeichen bevorstehender Naturkatastrophen, wie Vulkanausbrüche, aber auch Erdbeben, Hangrutsche und Flutkatastrophen, zu

erkennen und Methoden zu deren Früherkennung zu entwickeln, ist hingegen unsere Aufgabe. Seit dem tragischen Ereignis von Pompeji hat sich die Weltbevölkerung vervielfacht, so dass der Mensch nun auch Regionen besiedelt, die mit einem erhöhten potenziellen geologischen Schadensrisiko behaftet sind, wie z. B. in Japan die Besiedelung von Berghängen oder die Ausweitung der Skigebiete in den Alpen. Zudem hat sich die Verwundbarkeit unserer Gesellschaft z. B. durch die hochtechnisierte Infrastruktur stark erhöht. Grundsätzlich

verhindern lassen sich Naturkatastrophen nicht. Durch vorbeugende Maßnahmen können geogene Schäden jedoch in ihrer Auswirkung auf den Menschen und seine moderne Infrastruktur gemindert werden.

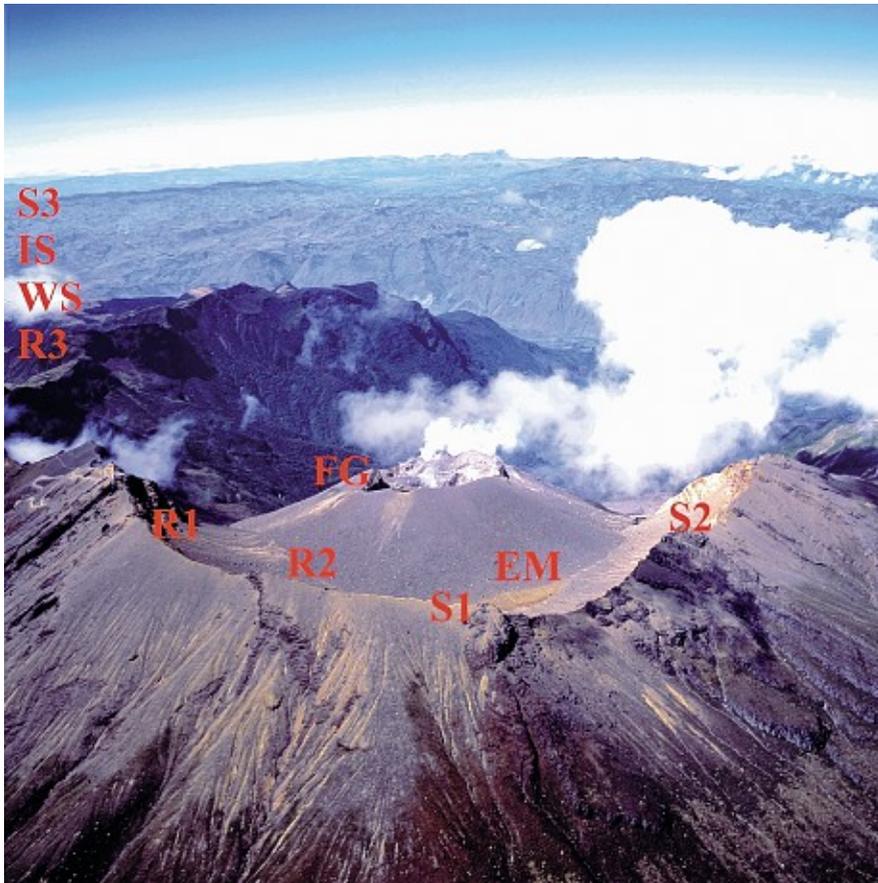
Durch die Untersuchung der komplexen Zusammenhänge, die zu geogenen Schäden führen können, leistet die BGR einen erheblichen Beitrag zur Begrenzung naturbedingter Schadensursachen und zum Schutz der menschlichen Lebensgrundlagen.

## Harmonische Klänge aus dem Innern aktiver Vulkane

**B**ei einer Vulkaneruption wird die in den aus dem tiefen Erdinnern aufsteigenden heißen Magmen gespeicherte potenzielle thermische Energie in kinetische mechanische Energien der ausgeworfenen Massenprodukte umgewandelt. Diese kinetischen Energien können gewaltige Größenordnungen erreichen. So wurden bei der Eruption des Vulkans Pinatubo auf den Philippinen am 15. Juni 1992 Massen mit Flusssichten bis zu 1 000 Millionen Tonnen pro Sekunde ausgeschleudert und zu einer über 30 km hohen Eruptions-

säule aufgebaut. Bei dieser Umwandlung von Wärme- in Bewegungsenergie spielen mannigfaltige dynamische Prozesse mit zum Teil chaotischem Verhalten eine Rolle, z. B. Entgasungen, Strömungsturbulenzen oder Druckstöße in dem komplexen Netz von Röhren und Kammern im Innern des Vulkans. Die Antriebskräfte sowie die Massen- und Energiebilanzen dieser Prozesse sind quantitativ noch nicht aufgeklärt und bilden daher heute ein wichtiges Forschungsgebiet der physikalischen Vulkanologie.

Die Bewegungen des Magmas und der Gase im Innern eines Vulkans verursachen verschiedene geochemische und geophysikalische Signale, die an der Oberfläche mit entsprechenden Sensoren gemessen werden können. Auf dem Vulkan Galeras in Kolumbien betreibt die BGR in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst Kolumbiens (INGEOMINAS) seit 1997 eine sog. Multiparameterstation, mit der seismische, gaschemische, elektromagnetische und akustische Signale aus dem Vulkaninnern registriert werden können.



Kraterregion des Vulkans Galeras mit den Positionen der verschiedenen Sensoren der Multiparameter-Station.

- |            |  |
|------------|--|
| S1, S2, S3 | Breitbandseismometer                         |
| FG         | Fumarolen-Gasstation                         |
| EM         | Elektromagnetisches Messfeld                 |
| IS         | Infraschall-Station                          |
| WS         | Wetterstation                                |
| R1, R2, R3 | Telemetrie-Repeater für die Datenübertragung |

Die Abbildung zeigt die Kraterregion des Galeras mit den Lokationen verschiedener Sensoren der Station. Die Daten dieser Multiparameterstation dienen zur Überwachung der vulkanischen Aktivität und zur Vorhersage von Eruptionen sowie zur Aufklärung der physikalischen Prozesse im Innern des Galeras.

Unter den seismischen Signalen spielt der so genannte vulkanische Tremor eine besonders wichtige Rolle. Unter diesem Begriff werden die vielfältigen Strömungsgeräusche zusammengefasst, die durch schnelle und turbulente Bewegungen des Magmas und der Gase im Innern eines Vulkans verursacht und mit Seismographen an der Oberfläche „abgehört“ werden können. Akustische Strömungsgeräusche sind aus der Technik und aus dem Alltag wohlbekannt. Die Untersuchung von solchen Geräuschen in Heizungs- und Kühlanlagen bildet heute ein wichtiges Gebiet der technischen Hydraulik. Hier sind diese Signale sowohl für den Energiehaushalt als auch für die Sicherheit hydraulischer

Anlagen entscheidend, da sie nicht nur unnötig Energie verbrauchen, sondern sich durch Resonanzprozesse sogar bis zu einer Zerstörung der Anlagen aufschaukeln können. Aus dem Alltag sind hydraulische Strömungsgeräusche ebenfalls in mannigfaltigen Formen bekannt, z. B. als „Wasserhammer“ in einer lufthaltigen Heizungsanlage, als Windgeräusche und als das Pfeifen eines Teekessels oder aus der Medizin als die mit einem Stethoskop abhörbaren Strömungsgeräusche des Blutes.

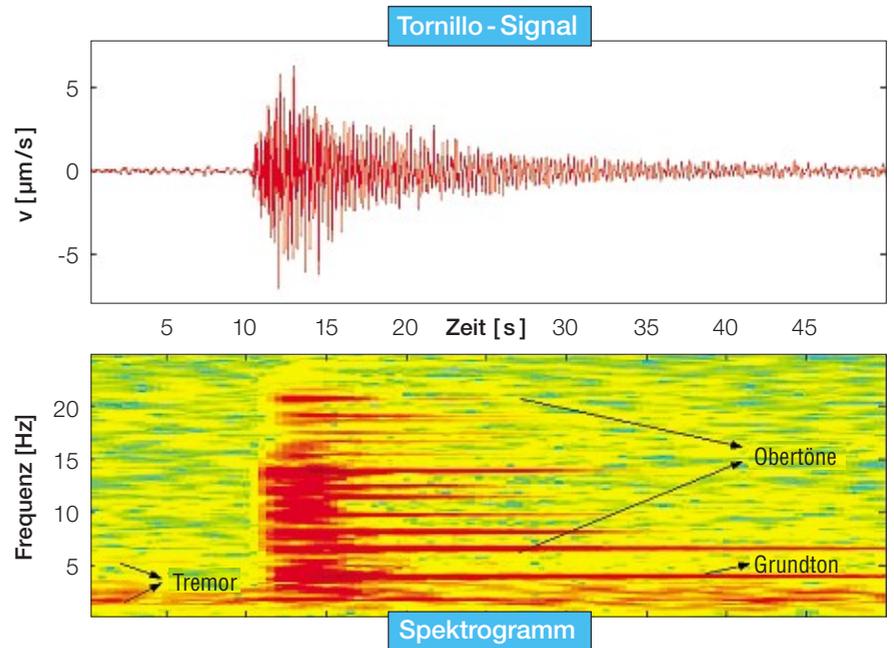
Der vulkanische Tremor ist aus den folgenden Gründen sowohl für die Vulkanphysik als auch für die Vorhersage von Eruptionen besonders wichtig. In der Vulkanphysik erlaubt der Tremor mit Seismographen als „Vulkan-Stethoskop“ ein unmittelbares Abhören der dynamischen Prozesse im Innern des Vulkans. Für die Vorhersage von Eruptionen ist der Tremor wichtig, weil in den Tremorregistrierungen an vielen Vulkanen vor Eruptionen so genannte Vorboten beobachtet werden, d. h. charakteristische

Änderungen der Signalmuster, der Klangfarben, der Energien und der Häufigkeiten der Tremorsignale. Atmosphärische Vorboten sind zum Beispiel aus der Meteorologie wohlbekannt, wo sie z. B. als schnelle Änderungen des Luftdrucks oder der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten eine wichtige Rolle für die empirische Wettervorhersage spielen.

Wegen seiner Bedeutung für die Vulkanphysik und für die Eruptionsvorhersage ist der vulkanische Tremor zurzeit weltweit ein besonders wichtiges Thema der Vulkanforschung. Entscheidend für die erforderliche hohe Datenqualität sind dabei die Installation von modernen Breitbandseismographen in unmittelbarer Nähe der Tremorquellen im Kraterbereich sowie eine kontinuierliche Datenübertragung mit digitaler Telemetrie in ein Daten- und Auswertezentrum. Diese technischen Voraussetzungen konnten mit der Multiparameterstation auf dem Galeras in optimaler Form realisiert werden.

Oben: Seismogramm der Bodengeschwindigkeit eines Tornillo mit Obertönen, registriert am 7. November 2001 an der Station S1.

Unten: Zeit-Frequenz-Spektrogramm des Tornillo mit einem Grundton bei 4,05 Hz und elf nicht-ganzzahligen Obertönen im Frequenzband von 5 bis 25 Hz. Vor dem Einsatz des Tornillo sind zwei Spektrallinien des kontinuierlichen harmonischen Tremors mit den Frequenzen 2,4 Hz bzw. 5,1 Hz zu erkennen.



Unter den Tremorsignalen des Galeras haben die so genannten Tornillos eine besonders wichtige Bedeutung. Das Seismogramm und das Spektrogramm eines typischen Tornillo-Signals zeigen im Profil die Form einer Holzschraube (spanisch Tornillo). Die Tornillos wurden bereits vor der Installation der Multiparameterstation mit den kurzperiodischen Seismometern des Vulkanobservatoriums in der Stadt Pasto am Fuß des Galeras beobachtet und empirisch als wichtigste Vorboten von Eruptionen erkannt. Den Schlüssel zu einer physikalischen Erklärung der Tornillo-Quellen als hydraulische Oszillatoren bzw. Resonatoren haben aber erst die Seismogramme der Breitbandseismometer mit neuen Informationen über die Tornillos geliefert.

In einem Spektrogramm sind Obertöne, markiert durch die Spektralbänder für verschiedene diskrete Frequenzen, erkennbar, die – als „akustischer Fingerabdruck“ – wie bei einem Musikinstrument die Klangfarbe des Tornillo beschreiben. Diese Obertöne können nur in unmittelbarer Nähe der Quelle beobachtet werden, da die höheren Frequenzen mit zunehmender Entfernung durch Absorption stark abgeschwächt werden. Der harmonische Tornillo, bestehend aus einem Grundton und zahlreichen Obertönen, lässt sich qualitativ als eine orgelartige Schwingung eines gasgefüllten Hohlraums deuten.

Aus den statistischen Mittelwerten und Verteilungsfunktionen der Frequenzen für viele Tornillos können Daten über die Ausdehnung der Hohlräume sowie über die Anregungsmechanismen gewonnen werden.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die am Galeras beobachteten verschiedenen Tremorformen (Tornillos sowie kontinuierlicher regelloser bzw. harmonischer Tremor) eine gemeinsame Quelle, aber verschiedene Anregungsmechanismen besitzen.

# Untersuchung der Erdbeben­­tätigkeit im Großraum Peking

Im Rahmen der deutsch-chinesischen Zusammenarbeit führen die BGR und das CSB (China Seismological Bureau) ein gemeinsames wissenschaftliches Projekt in der Region Peking durch. Wegen der hohen Bevölkerungsdichte und einer akuten Gefährdung durch stärkere Erdbeben gehört der Großraum Peking zu den Gebieten mit dem höchsten seismischen Risiko der Erde.

Das Untersuchungsgebiet liegt etwa 80 km nordwestlich der Hauptstadt, nahe der Stadt Yanqing. In diesem Gebiet wird aufgrund einer zeitlichen und räumlichen Lücke in vorliegenden Seismizitätskarten in nächster Zeit ein starkes Beben erwartet. Das Gemeinschaftsprojekt überwacht die laufende Seismizität in diesem Gebiet und erforscht die dort vorkommenden Erdbebenmechanismen und mögliche Erdbeben­­vorläuferphänomene. Die Dauer des Projektes ist auf mindestens fünf Jahre angelegt.

In der Startphase des Projekts wurden Standorte für zehn moderne seismologische Messstationen ausgesucht, bauliche Maßnahmen zur Sensorunterbringung durchgeführt und die Messinstrumente aufgestellt. Neun Stationen übertragen kontinuierliche Messreihen per Funk an ein Datenzentrum, wo sie sofort ausgewertet werden können. Für spätere genauere Untersuchungen werden alle Daten kontinuierlich auf beschreibbaren CDs und auf einem großen Festplattensystem archiviert.

Ziel des Projektes ist neben der aktuellen Erdbebenüberwachung die Auswertung aller registrierten Erdbeben, um genauere Aufschlüsse über die Vorgänge im Erdinnern zu erhalten, die das Auftreten von Erdbeben bestimmen.

# Geotec II – Lokalisierung, Erfassung und Voraussage von Erdfällen

Die Landschaft im Raum Mansfeld in Sachsen-Anhalt wird geprägt durch unzählige Karsterscheinungen, die auf natürliche Lösungsprozesse zurückzuführen sind. Ausgeprägte Geländeabsenkungen und Erdfälle durchziehen dieses Gebiet. Aber auch der Mensch hat durch

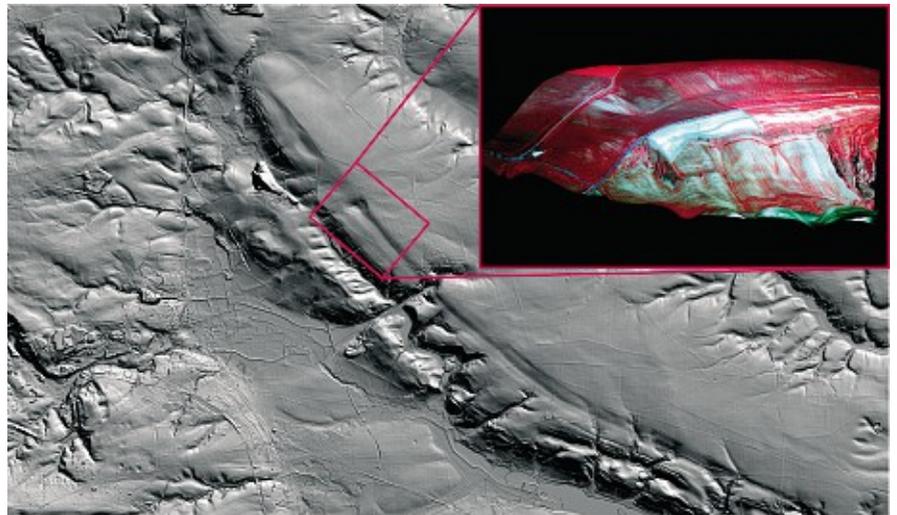
den über 800 Jahre andauernden Bergbau in dieser Region das Landschaftsbild geprägt. Er legte im Untergrund Schächte und Strecken an, um an das Kupfer zu gelangen. Der Bergbau im Mansfelder Revier wurde zwar 1969 eingestellt, jedoch führten die damit ver-

bundenen hydraulischen Eingriffe zu einer auch heute noch erhöhten Wegsamkeit unterirdisch fließender Wassermassen. Große Mengen Steinsalz werden so noch immer unkontrolliert im Untergrund gelöst, was zu fortlaufenden Geländeabsenkungen und Erdfällen führt. Daher sind die mit unterirdischen Lösungsprozessen verbundenen Gefahrenpotenziale für die Bevölkerung, für Gebäude und Verkehrswege von aktueller Bedeutung.



Frischer Erdfall auf der Bundesstraße B 180 bei Neckendorf.

Reliefdarstellung eines Laser-Datensatzes:  
Langgestreckte Auflockerungszone im  
Randbereich eines Absenkungsgebietes; die  
rechte obere Bildecke zeigt ein 3-D-animiertes  
Falschfarben-Luftbild (Vegetation in rot)  
einer  
Muldenstruktur.



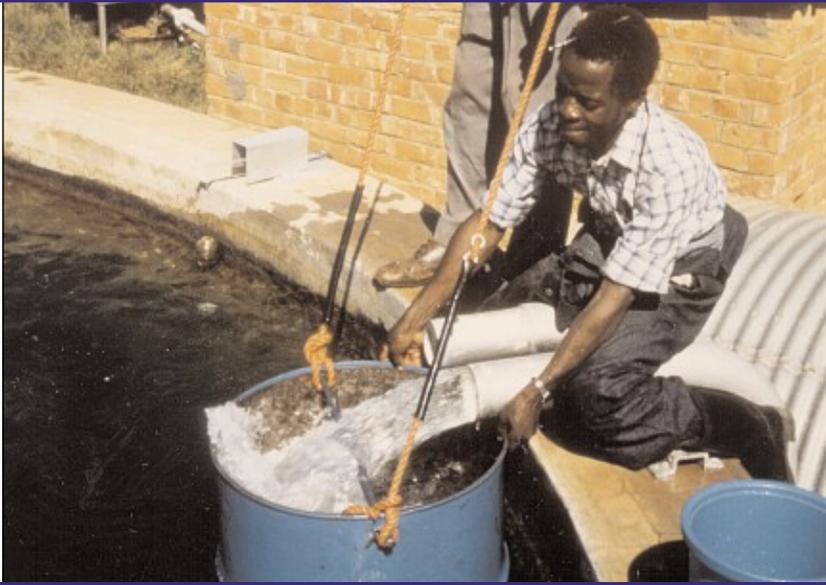
Im Oktober 1975 zum Beispiel bildete sich in einem Industriegebiet von Eisleben ein Senkungskessel. Im April des folgenden Jahres kam es in dessen Nachbarschaft zu einem kräftigen Gebirgsschlag, in dessen Folge sich ein neuer Senkungsbereich mit einem Bruch von ca. 150 m Durchmesser und 12 m Tiefe bildete. Dieses Ereignis war mit Millionen Schäden an den dortigen Industrieanlagen verbunden. In den vergangenen zwei Jahren haben sich südlich von Eisleben neue Erdfälle auf der B 180 bei Neckendorf (Abb. links unten) ereignet. Es ist ein Zufall, dass niemand dabei zu Schaden kam.

Die Lokalisierung, Erfassung und Voraussage derartiger Erscheinungen ist von lebenswichtigem Interesse. Aus diesem Grund wurde das GEOTEC-II-Projekt ins Leben gerufen. Angestrebt ist die Entwicklung einer Methode, mit deren Hilfe großflächig und frühzeitig zuverlässige Aussagen über potenzielle Bruch- und Senkungsrisiken in einem finanziell überschaubaren Rahmen gemacht werden können. In einem so genannten Multi-sensoransatz werden konventionelle Daten der Fernerkundung (Luft- und Satellitenbilder) mit Daten neuester höchstauflösender Sensoren und Methoden (Flugzeuglaser, Radar-Interferome-

trie) verschnitten, um Veränderungen der Geländeoberfläche qualitativ einschätzen und beurteilen zu können.

Die Reliefdarstellung eines solchen Laserdatensatzes der Region Eisleben (Abb. oben) zeigt typische Gelände-merkmale, die auf latente Bruch- und Senkungsgefahren hindeuten. Gelände-anomalien können so besser sichtbar gemacht werden. Dies soll dazu beitragen, Gefahren für Menschen und Tiere, Gebäude und Verkehrswege zu reduzieren.





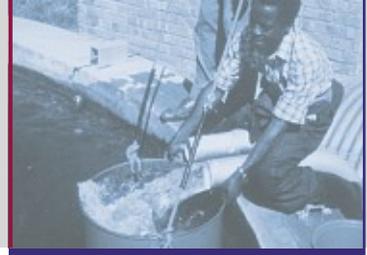
*Wasser*

---

*Viele Projekte in der Technischen Zusammenarbeit – wie hier im südlichen Afrika – sollen der lokalen Bevölkerung zu einer dauerhaften Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen verhelfen.*

*Neben der Wasserverfügbarkeit, insbesondere in trockenen Gebieten, spielt die Beschaffenheit des Wassers eine immer wichtiger werdende Rolle.*

---



## Die Experten der BGR und der Weg des Wassers

**W**asser ist für das Überleben von Mensch und Natur unerlässlich. Von uns im reichen und oft regenfeuchten Norden wird es meist nicht mehr bewusst wahrgenommen. Zu selbstverständlich erscheint der Umstand, dass Wasser ohne sichtbaren Aufwand zu jeder Zeit in ausreichender Qualität und Menge vorhanden ist. Die Frage nach dem Weg des Wassers stellt sich für die hoch technisierten Gesellschaften des Nordens anscheinend nicht mehr.

Das ist nicht überall so. Aufgrund der unterschiedlichen Klimaverhältnisse gibt es auf unserer Erde Bereiche, die sich durch sehr geringe Niederschläge auszeichnen. In den Trockengürteln unserer Erde, welche sich nördlich und südlich an die Tropen und Subtropen des Äquators anschließen, mangelt es an ausreichendem Niederschlag. Da in diesen Breiten die Oberflächengewässer nur wenige Wochen oder nur wenige Tage im Jahr fließen, kommt dem Grundwasser ein hoher Stellenwert zu. Ohne ausreichende Grundwasservorräte wären heute viele Staaten in den Trockengürteln nicht in der Lage, ihre wachsende Bevölkerung zu ernähren. Die BGR engagiert sich daher schon seit Jahrzehnten im Rahmen internationaler Forschungsvorhaben weltweit für die Erfassung und Bewertung von Grundwasservorkommen. Die Hydrogeologen der BGR sind hierbei im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit in einer Vielzahl von Einzelvorhaben involviert.

Ein aktuelles Beispiel ist die Erstellung der hydrogeologischen Karte von Namibia. Namibia ist nahezu ein idealtypischer

Vertreter von Staaten des südlichen Trockengürtels. Aufgrund der stetig wachsenden Bevölkerung kann der steigende Wasserbedarf nur durch die Aufsuchung und Bewirtschaftung neuer Grundwasservorkommen gedeckt werden. Damit dies auch nachhaltig geschieht, das heißt, damit die kostbare Ressource Grundwasser so bewirtschaftet wird, dass zukünftige Generationen noch darauf zurückgreifen können, bedarf es einer soliden Planungsgrundlage. Ein wesentlicher Teil – und zumeist auch die Grundlage jeglicher weiteren Planung – sind daher Kartenwerke, die das Grundwasser in seiner mengenmäßigen Verteilung und Qualität darstellen. Diese Kartenwerke werden von Hydrogeologen als hydrogeologische Karten erstellt. Die Vielzahl der im Rahmen der Bearbeitung anfallenden Informationen wird heutzutage mit Hilfe computergestützter, geographischer Informationssysteme bewältigt. Beiden Themenbereichen haben wir daher in unserem Bericht breiteren Raum gewidmet.

Ein weiterer Schwerpunkt befasst sich mit Grundwasservorräten, die durch eine nicht ausreichende Grundwasserqualität gekennzeichnet sind. Im vorgestellten Fall Kasachstan erfolgte die Beeinträchtigung durch eine maßlose Verschmutzung der Ressource Grundwasser im Verlauf der Industrialisierung. Nach dem Zerfall der Sowjetunion blieben viele der kleineren Nachfolgestaaten auf Umweltproblemen ungeheuren Ausmaßes sitzen. Die Tätigkeiten der BGR konzentrieren sich in diesen Staaten auf die Bildung und Bündelung der vor Ort vorhandenen Kompetenzen im Rahmen neu zu schaffender Institutionen. Durch diese Maß-

nahmen sollen die Nachfolgestaaten in die Lage versetzt werden, die anfallenden Probleme langfristig in eigener Regie zu bewältigen und gleichzeitig Anschluss an die gängigen, modernen Technologien zu erhalten.

Das Problem der mangelnden Grundwasserqualität stellt sich auch in anderem Zusammenhang. Zwei Beispiele hierfür sind das schmale und fruchtbare Beka'a-Tal in Jordanien und der semiaride Nordosten Botswanas. Beide Untersuchungsbereiche liegen in völlig unterschiedlichen Gegenden dieser Welt, in beiden Ländern sind aber die Grundwasservorräte von hohen Nitratgehalten betroffen. Die leicht löslichen Nitrate sind ab einer gewissen Konzentration für den Menschen gesundheitsschädlich, wobei besonders Kinder und Säuglinge bedroht sein können. Liegt die Konzentration noch höher – wie in den vorliegenden Fällen –, so kann auch die Tierzucht, wie z. B. die Rinderhaltung, bedroht sein. Dem komplexen Weg des Wassers – von der Infiltration der Niederschläge bis hin zu der Belastung des Grundwassers durch die Aufnahme und Anreicherung von Nitrat – haben wir daher zwei weitere Artikel gewidmet.

# Hydrogeologische Karte von Namibia (HYMNAM) – Instrument zur langfristigen und sicheren Wasserversorgung

Namibia, ein Land mit der 2,5-fachen Fläche Deutschlands aber weniger als zwei Millionen Einwohnern, liegt in der trockensten Region des südlichen Afrikas. Wassermangelsituationen sind daher häufig, denn die unregelmäßigen Niederschläge fallen räumlich und zeitlich sehr begrenzt. Trotz der gelegentlichen lokalen Stark- und Platzregen erreicht die jährliche Niederschlagssumme landesweit im Mittel nicht einmal 300 mm. Nur sehr wenige Gebiete bieten mit 450 mm Niederschlag und mehr die Basis für einen regelmäßigen Ackerbau. Aufgrund der geringen und nur saisonal auftretenden Niederschläge sind die meisten Oberflächengewässer über Monate hinweg ausgetrocknet. Das für die Menschen, die Viehwirtschaft und für die Bewässerung der Felder notwendige Wasser kann daher nur dem Grundwasser entnommen werden.

Auf der Suche nach einer langfristigen und sicheren Wasserversorgung bat die namibische Regierung die deutsche Bundesregierung um Unterstützung bei der landesweiten Erfassung der verfügbaren Grundwasservorräte. Die Idee einer nationalen Grundwasserkarte, der Hydrogeologischen Karte von Namibia 1 : 1 000 000 (Projekt HYMNAM), war geboren. Darin sollten die vorliegenden Daten und Informationen gesammelt, aufbereitet und so dargestellt werden, dass sie für die nationale Wasserplanung nutzbar sind.

Die Federführung für das Projekt HYMNAM lag gemeinsam bei der Abteilung Wasserwesen des namibischen Ministeriums für Landwirtschaft, Wasser und ländliche Entwicklung und beim Geologischen Landesamt Namibias des Ministeriums für Bergbau und Energie. Mit dieser ungewohnten ressortübergreifenden Kooperation wurde erreicht, dass die in beiden Institutionen reichlich vorhandenen Informationen und Kenntnisse optimal für das Projekt genutzt werden konnten. Im Verlaufe des Projektes wurde die Zusammenarbeit mit weiteren

Partnern gesucht, vor allem aus den Bereichen Landwirtschaft, Straßenbau, Naturschutz, Tourismusentwicklung sowie mit Fachleuten für Grundwassererkundung und Brunnenbau.

Als eine zentrale Planungsgrundlage für zukünftige Projekte sollte die Hydrogeologische Karte zeitgemäß mit den Werkzeugen eines modernen Geo-Informationssystems (GIS) bearbeitet und erstellt werden. Nur durch diese Vorgehensweise konnte sichergestellt werden, dass die erhobenen Daten später auch für Simulationsmodelle genutzt werden können, mit denen sich Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung der lebenswichtigen Ressource Wasser machen lassen. Bei der Erstellung der Hydrogeologischen Karte konnte auf vielfältige, bereits existierende Datenbestände zurückgegriffen werden. Wesentliche Informationen waren z. B. topografische Daten, die digitale Geologische Karte von Namibia, die digitale Straßenkarte, Bohrungsdatenbanken und Daten von chemischen Analysen. Leider besaßen einige Datenbestände nur eine unzureichende Qualität und mussten daher unter erheblichem Aufwand verbessert oder gar ersetzt werden. Dies galt vor allem für das Gewässernetz, die Landesgrenze und die Lage der Ortschaften. In der Geologischen Karte wurden einige für die Einsickerung des Niederschlags und Speicherung des Grundwassers wichtige Einheiten, speziell Dünen sande und Kalkablagerungen, so genannte „calcretes“, ergänzt. Diese aufwändige Detailarbeit erfolgte durch einen BGR-Experten, der gezielt hoch auflösende Satellitenbilder auswertete. Der entscheidende Schritt für die Hydrogeologische Karte bestand in der hydrogeologischen Interpretation, die auf der Grundlage der verbesserten geologischen Karte und der ca. 45 000 Datensätze umfassenden Bohrungsdatenbank vorgenommen wurde. Dabei wurden das aktuelle Fachwissen und die Ortskenntnis aller namhaften Hydrogeologen Namibias einbezogen.

Ende 2001 wurde die Hydrogeologische Karte als Anlage zu dem Begleitbuch „Groundwater in Namibia, an Explanation to the Hydrogeological Map of Namibia 1 : 1 000 000“ publiziert. Auf der Karte sind entsprechend der erheblich aktualisierten topografischen Karte flächenhaft die Gesteinsformationen, der Grundwasserleitertyp und das Grundwasserpotenzial dargestellt. Darüber hinaus enthält die Karte eine Vielzahl von nützlichen Detailinformationen über das Grundwasser, z. B. Quellen, Grundwasserfließrichtung und Tiefenlage der Grundwasser Oberfläche, über wasserbauliche Maßnahmen (Stauseen, Überleitungssysteme, Bewässerungsgebiete) und über weitere grundwasserrelevante Begebenheiten, z. B. Wasserschutz- oder Bergbaugebiete. Als Ergänzung wurden fünf kleinmaßstäbige Beikarten erstellt, anhand derer weitere wichtige Themen übersichtlich dargestellt werden können. Unter anderem beinhalten diese thematischen Karten Informationen über:

- ◆ die Lage Namibias im südlichen Afrika gemeinsam mit dem Gewässernetz, den Wasserscheiden und der Niederschlagsverteilung,
- ◆ die Höhenschichten der Geländeoberfläche,
- ◆ die Bohrungsdichte pro Kartenblatt im Maßstab 1 : 50 000,
- ◆ detaillierte Informationen über die Qualität des Grundwassers und
- ◆ die Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasservorkommen.

Drei Vertikalschnitte durch prominente Grundwasserstrukturen runden das Kartenbild ab.

Das Buch „Groundwater in Namibia“ gibt einen Überblick über die naturräumlichen Verhältnisse des Landes und beschreibt die Grundwassersituation in den zwölf Grundwasserprovinzen Namibias. Damit wird die überragende Bedeutung des Grundwassers für die



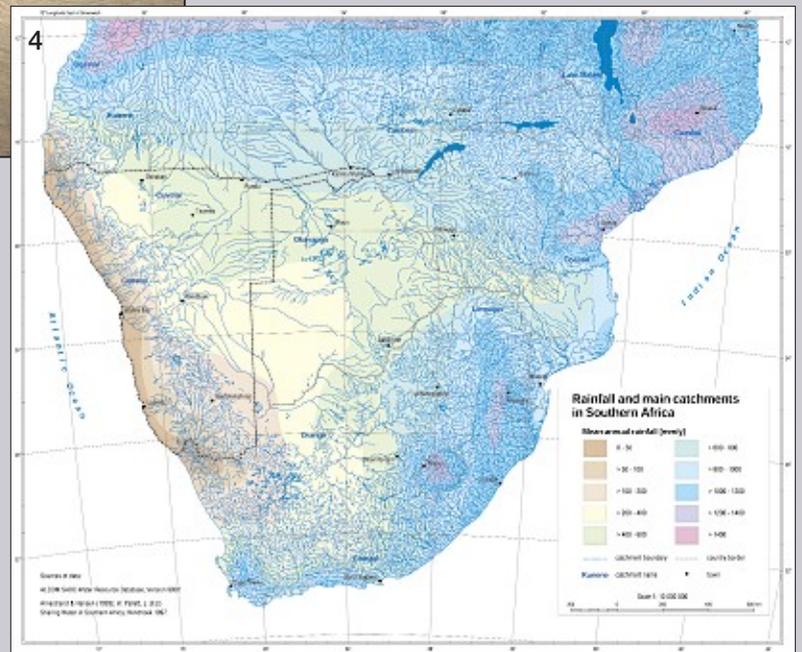
1



2



3



4

- 1: Die Quelle „Gemsbokbron“ im „Skeleton Coast Park“.
- 2: Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte von Namibia (Hauptkarte des HYMNAM-Projektes) im Originalmaßstab von 1 : 1 Million.
- 3: Geländearbeiten in den Dünen südlich des Flusses „Kuiseb“.
- 4: Die Beikarte „Rainfall and main catchments in Southern Africa“ verdeutlicht die enorme Trockenheit, die in Namibia herrscht. Originalmaßstab der Karte 1 : 10 Millionen, hier auf ca. 1 : 33 Millionen verkleinert.

Wasserversorgung deutlich. Das Hauptergebnis der durchgeführten Arbeiten belegt auf eindruckliche Weise, dass in weiten Regionen Namibias die natürlichen Grundwasservorkommen kostengünstig für eine sichere Wasserversorgung der Bevölkerung und der Landwirtschaft genutzt werden können. Etwa ein Drittel Namibias besitzt jedoch so ungünstige klimatische und hydrogeologische Verhältnisse, dass das Grundwasser aufgrund der fehlenden Menge oder der schlechten natürlichen Qualität nur in äußerst begrenztem Maße zur Verfügung steht. Letztlich sind hier Fernleitungssysteme der einzige Ausweg für die Wasserversorgung.



Unter gewaltigem artesischen Druck schießen mehr als 200 m<sup>3</sup>/h Wasser aus einem Bohrloch über dem „Oshivelo Artesian Aquifer“ hervor.

## Moderne computergestützte Informationssysteme helfen bei der Erstellung geowissenschaftlicher Karten für die Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen

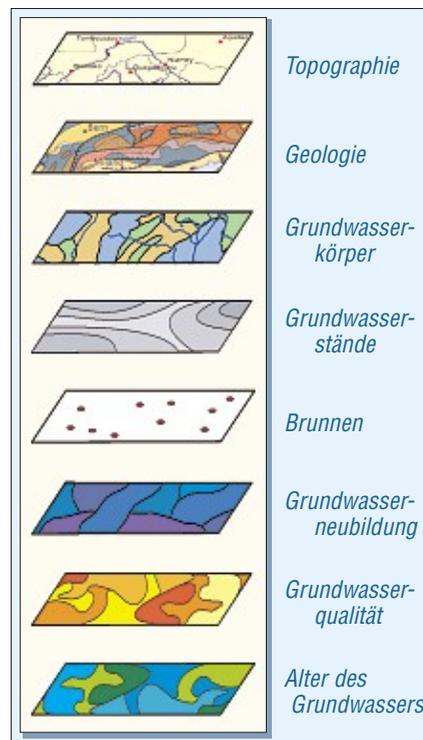
Für die Bearbeitung grundwasserrelevanter Fragestellungen sind genaue Kenntnisse über den Grundwasserkörper, z. B. seine räumliche Erstreckung und Mächtigkeit, seine Ergiebigkeit, Beschaffenheit sowie seine Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzung unerlässlich. Wichtig ist dabei auch immer der geographische Bezug.

Es stellen sich daher folgende Fragen:

- ◆ Wo gibt es viel, wo wenig Grundwasser?
- ◆ Wo ist das Grundwasser in einem qualitativ guten Zustand?
- ◆ Wo besteht die Gefahr von Verschmutzungen und Verunreinigungen?
- ◆ Wo und wie können sich nach Grundwasserentnahmen die Grundwasserkörper im Untergrund schnell wieder auffüllen?
- ◆ Wo droht eine Übernutzung der Grundwasservorräte?

Die Beantwortung dieser vielfältigen Fragen hängt in vielfacher Weise z. B. von der vorliegenden Landnutzung in Abhängigkeit von der regionalen Landesplanung ab. Dazu werden thematische Planungsgrundlagen benötigt. Zur Erstellung solcher Karten werden heute moderne Computerprogramme, so genannte Geographische Informationssysteme (GIS), eingesetzt.

Das Arbeitsmittel GIS erlaubt es, die umfangreichen Informationen aus unterschiedlichsten Quellen (gedruckte Karten, Satelliteninformationen, Messungen an Brunnen, Geländeuntersuchungen) digital zu erfassen und mit Informationen aus verschiedenen Datenbanken zu verknüpfen.



GIS-Layer.

Die einzelnen thematischen Informationen werden im GIS getrennt abgelegt und können beliebig neu kombiniert werden. Dies ist vergleichbar mit einem Stapel von mehreren transparenten Folien, die übereinander gelegt werden und somit ein neues Gesamtbild ergeben. Diese Ergebnisse werden unter Einsatz des GIS-Werkzeuges in neuen thematischen Karten zusammengefasst. Auf diese Weise lassen sich gezielte Maßnahmen entwickeln, die z. B. dem Schutz und damit einer gesicherten langfristigen Nutzbarkeit von Grundwasservorkommen dienen.

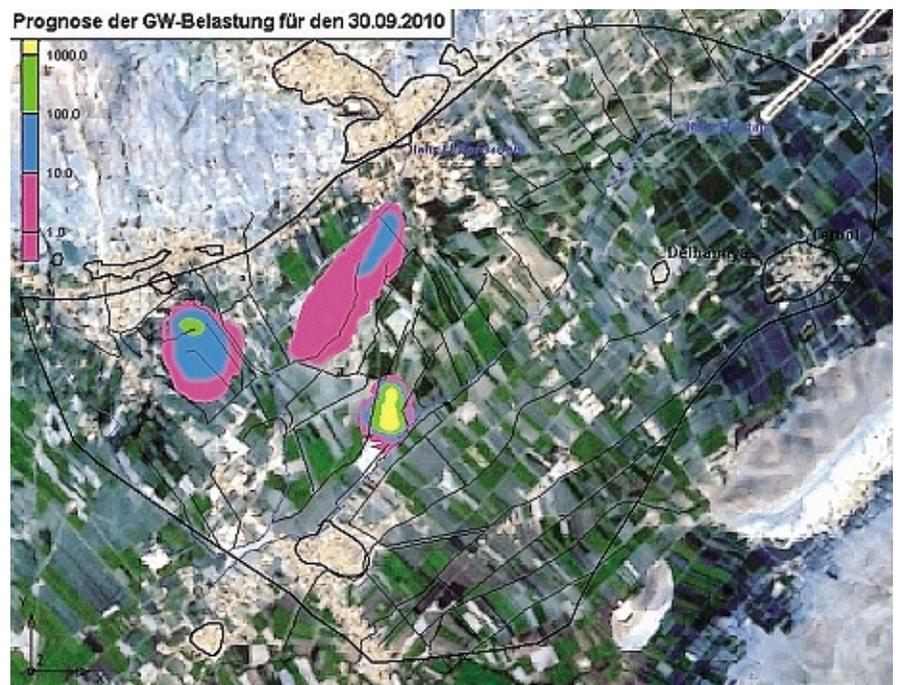
## Umweltprobleme in der Beka'a-Hochebene im Libanon

Die Beka'a-Hochebene ist ein Jahrtausende altes Kulturland, das schon vor 2 000 Jahren die Kornkammer des Römischen Reiches war. In diesem Kulturland wird noch heute intensiver Ackerbau betrieben (Bild rechts oben). Während hingegen in römischer Zeit die Landnutzung noch weitgehend im Einklang mit der Natur stand, ist die heutige Situation eine völlig andere. Ein hohes Bevölkerungswachstum sowie die Intensivierung der Landwirtschaft haben zu einer stetigen Verschlechterung der Umweltbedingungen geführt, so dass z. B. die Menschen, die noch vor wenigen Jahrzehnten in den Bächen der Beka'a-Ebene gebadet haben, heute einen weiten Bogen um die zu Abwasserkanälen verkommenen Gewässer machen. Der extrem hohe Wasserbedarf führt dazu, dass sowohl das Grundwasser als auch das verschmutzte Oberflächenwasser für die Bewässerung genutzt werden. Die zusätzliche, kaum kontrollierte Erschließung von Grundwasser in den westlichen und östlichen Bergketten des Libanon und Antilibanon, das teilweise aus mehr als 10 km Entfernung auf die Felder geleitet wird, gefährdet auch die dortigen bisher noch weitgehend unbelasteten Wasserressourcen. Diese sind jedoch für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung im Beka'a-Tal von überragender Bedeutung. Lokal werden aufgrund einer lückenhaften zentralen Wasserversorgung aber auch noch belastete Hausbrunnen zur Trinkwasserversorgung genutzt.

Der unkontrollierte Einsatz von Düngemitteln hat zu bedenklich hohen Nitratbelastungen in den Grundwasserleitern der Beka'a-Ebene geführt. Durch das Versickern der mit Düngemittelrückständen und Abwässern belasteten Oberflächengewässer entstehen im Grundwasser sehr hohe Nitratgehalte, die eine gesundheitsschädliche Belastung der Bevölkerung nach sich ziehen. Um dieses Problem in Zukunft besser in den Griff zu bekommen, untersuchen die BGR und



Landarbeiter bei der Knoblauchernte im Beka'a-Tal.



Berechnete Schadstoffausbreitung im oberen Grundwasserleiter des Pilotgebietes.

ihre Partner ACSAD (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, Damaskus) und NCRS (National Center for Remote Sensing, Beirut) in einem Pilotgebiet in der Beka'a-Ebene die Verlagerung von Nitrat, aber auch von anderen Schadstoffen. Dabei werden Kennt-

nisse über moderne Grundwasser- und Stofftransportmodelle vermittelt. Aufbauend auf den Ergebnissen werden Empfehlungen formuliert, die den lokal verantwortlichen Behörden das Management der Grundwasservorräte und der Landnutzung im Beka'a-Tal erleichtern.

# Wege zur Grundwassersanierung in Kasachstan

Ust-Kamenogorsk, eine Stadt mit 290 000 Einwohnern im Nordosten Kasachstans, war zur Zeit der Sowjetunion ein Zentrum für Metallurgie und Schwerindustrie. Als Folge unkontrollierter Entsorgung von Industrieabfallstoffen über mehr als fünfzig Jahre lagern heute 300 000 t arsenhaltige Schlämme, 6 000 t PCB- und mineralöhlhaltige Schlämme und 19 Mio. t Hüttenschlacken, die mobile Metallreststoffe enthalten, im Stadtgebiet. Dazu kommen weitere 8 Mio. t fluorid- und borhaltige Flugaschen aus Kohlekraftwerken.

Aus dem hochproduktiven alluvialen Grundwasserleiter unter den Wohn- und Industrieflächen wird das Trinkwasser für die Stadt entnommen. Weite Bereiche des Grundwasserleiters sind hochkontaminiert mit Arsen, Bor, Cadmium, Kupfer, Blei, Mangan, Selen, Zink, Chlorid, Nitrat und Sulfat. Die Kontaminationsfahnen lassen sich anhand der auftretenden Verunreinigungsstoffe eindeutig auf Schlackehalden, Schlammteiche, lecke Abwasserleitungen und Undichtigkeiten im Rohrnetz der Hütten zurückführen. Die Flüsse Irtysh und Ulba, an deren Zusammenfluss Ust-Kamenogorsk liegt, sind durch unzureichend vorgeklärte Industrieabwässer und belastete Sickerwasser aus den Haldengebieten ebenfalls verunreinigt. Die Böden in den Fabrikgeländen und einem Großteil der Wohngebiete sind massiv mit Schwermetallen kontaminiert.

Aufgabe für die BGR war es im Jahre 2000, im Auftrag des BMZ und der Weltbank ein Sanierungskonzept zu erarbeiten.

Die große Zahl der Kontaminationsherde, die komplexe Natur der Grundwasserkontamination und die großflächige Erstreckung der kontaminierten Industriegebiete nebst ihrer Verflechtung mit Wohngebieten machen allein aus Kostengründen eine umfassende Umweltsanierung undurchführbar.

Als Prämisse für die Sanierungsempfehlungen der BGR galt daher, dass Sanierungen innerhalb eines realistischen Zeit- und Kostenrahmens durchführbar sein müssen. Außerdem war zu beachten, dass die Existenz der Industriebetriebe als alleinige Arbeitgeber und Steuerzahler der Stadt durch kaum erfüllbare Umweltauflagen nicht in ihrer Existenz gefährdet werden dürfen. Im Gegenteil, es galt, die Industrie als Partner für die Umweltsanierung zu gewinnen.

Es wurden technische sowie flankierende politische Maßnahmen als Vorgehensweise empfohlen.

## Politische Maßnahmen

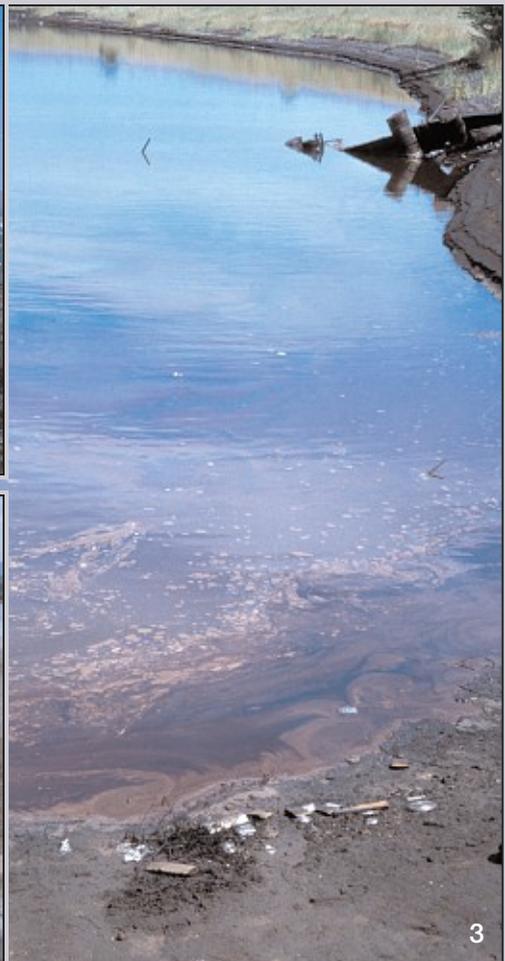
### Zuteilung von Zuständigkeiten:

- ◆ Die Regierung ist verantwortlich für die Abfallstoffe aus der Zeit der Sowjetära und die Industrie für die Abfallstoffe aus der Produktion nach der Unabhängigkeit.
- ◆ Staatlicherseits Unterstützung der Industrie bei der Entwicklung bzw. Einführung sauberer Fertigungsverfahren aus den Einnahmen der Zahlungen von Umweltbußgeldern.
- ◆ Finanzierung des Baues einer Sondermülldeponie für Ust-Kamenogorsk aus Umweltbußgeldern.

## Technische Maßnahmen

- ◆ Formung und Abdeckung aller stillgelegten Halden und Schlammteiche nach dem Multibarrierenkonzept zur Reduzierung der Auslaugung von Schadstoffen.
- ◆ Verstärkt Nutzung kontaminierten Grundwassers zur Kühlung bei metallurgischen Fertigungsprozessen.
- ◆ Instandsetzung undichter Abwasserrohrleitungsnetze.
- ◆ Anschluss aller Stadtgebiete an die zentrale Wasserversorgung und Schließung der kontaminierten Hausbrunnen. Neue Stadtplanung mit dem Ziel einer schrittweisen Umsiedlung der Bewohner kontaminierter Wohnsiedlungen in neue industrieferne Wohngebiete.

Bereits im Jahr nach der Übergabe der Empfehlungen hat die Weltbank kasachische Firmen mit der Vorplanung der dringlichsten Sanierungsmaßnahmen beauftragt. Die Blei-Zink-Hütte hat aus betriebseigenen Mitteln die Kapazität der Kühlanlagen zur Nutzung kontaminierten Grundwassers erhöht und damit den Verbrauch von kostbarem Trinkwasser für diese Zwecke verringert.



- 1: Ansicht des Industriegebietes von Ust-Kamenogorsk.
- 2: Abwasserleitungen enden oft ungeklärt im Gewässernetz.
- 3: Kontamination am Ufer der Ulba.
- 4: Erste Sanierungsmaßnahmen durch den Bau einer Sondermülldeponie bei Ust-Kamenogorsk.

# Nitrat im Grundwasser semiarider Gebiete im südlichen Afrika – ein Problem für die Trinkwasserversorgung

Nitrat im Grundwasser entsteht durch die Umwandlung organischer Stoffe im Verlauf von Zersetzungsprozessen. Eine andere, weithin bekannte Quelle sind heutzutage die modernen Kunstdünger. Zwar ist das Nitrat für das Pflanzenwachstum förderlich, jedoch können Nitratgehalte über 50 mg / l im Trinkwasser gesundheitsschädlich sein. Besonders gefährdet sind Säuglinge und Kleinkinder, die das Nitrat mit der Babynahrung aufnehmen. Aber auch die Landwirtschaft und hier insbesondere die Aufzucht von Rindern kann durch zu hohe Nitratwerte beeinträchtigt werden. So treten ab 200 mg / l Nitrat bei Jungtieren bereits Vergiftungserscheinungen auf.

Untersuchungen haben gezeigt, dass erhöhte Nitratgehalte im Grundwasser ein globales Problem geworden sind. Obwohl es zumeist auf anthropogene Kontamination zurückzuführen ist, werden gleichwohl auch in den kaum besiedelten Regionen Botswanas, Namibias und Südafrikas Grundwässer mit hohen Nitratgehalten angetroffen. Die Quelle für das Nitrat ist bisher nicht klar identifizierbar. Darum werden im Rahmen einer im Jahre 2000 eingerichteten Forschungskoooperation zwischen der BGR, dem Department Geological Survey Botswana, dem Department Water Affairs Namibia (DWA) und dem Council for Scientific and Industrial Research South Africa (CSIR) die Nitratanreicherungsprozesse untersucht.

Südafrika konzentriert seine Forschung auf Nitratkontamination als Folge der landwirtschaftlichen Bodennutzung sowie auf die Entwicklung von Technologien für die Aufbereitung nitrathaltigen Trinkwassers für ländliche Haushalte. Namibia untersucht zeitweilig auftretende, extrem hohe Nitratkonzentrationen in einem Quarzit-Grundwasserleiter am Rande der Kalahari, die zum Tod vieler Rinder geführt haben. Weiterhin wird die Nitratbelastung eines tiefen Sandstein-Grundwasserleiters in der Kalahari im Rahmen eines Gemeinschaftsprojek-



*Geländearbeiten in der Kalahari.*

tes zwischen Botswana und der BGR untersucht. Da auch hier die Herkunft der erhöhten Nitratgehalte nicht geklärt ist, besteht dringender Handlungsbedarf, da diese Grundwasservorräte zugleich von entscheidender Bedeutung für die Trinkwasserversorgung der Diamantmine Orapa / Letlhakane und der Siedlungszentren im Osten Botswanas sind.

Als potenzielle Nitratquellen kommen in der Kalahari in Frage:

- ◆ **Vegetation und Böden:**  
Nitratanreicherung in der Wurzelzone während langer niederschlagsarmer Perioden und Auswaschung durch Starkregen, was typisch für das semiaride Klima ist,
- ◆ **Viehhaltung:**  
Auswaschung aus Rinderkot, der besonders an Viehtränken in großen Mengen vorhanden ist, sowie Einschwemmung von Kot in die Bauten grabender Nagetiere und Insekten,

- ◆ **Gesteine:**  
Lösung nitrathaltiger Salze aus fossilen Salzpflannen, Paläoböden, Kalk- und Silikatkrusten sowie
- ◆ der Aufstieg nitrathaltiger Tiefenwässer.

Das Forschungsvorhaben der BGR hat Ende 2001 begonnen. Erste belastbare Untersuchungsergebnisse werden Anfang 2003 erwartet.



## *Geoumwelt- und Ressourcenschutz*

---

*Bei der nachhaltigen Nutzung der Rohstoffe muss der Geomwelt- und Ressourcenschutz stark berücksichtigt werden. Zum Beispiel müssen Abfälle aus der Cyanidlaugung im Bergbau – wie auf der Abbildung – vermieden werden.*

*Strategien zur Vermeidung schädlicher Einwirkungen durch Stoffeinträge müssen Bewertungen zum dynamischen Verhalten von Schadstoffen in verschiedenen geologischen Medien enthalten.*

---



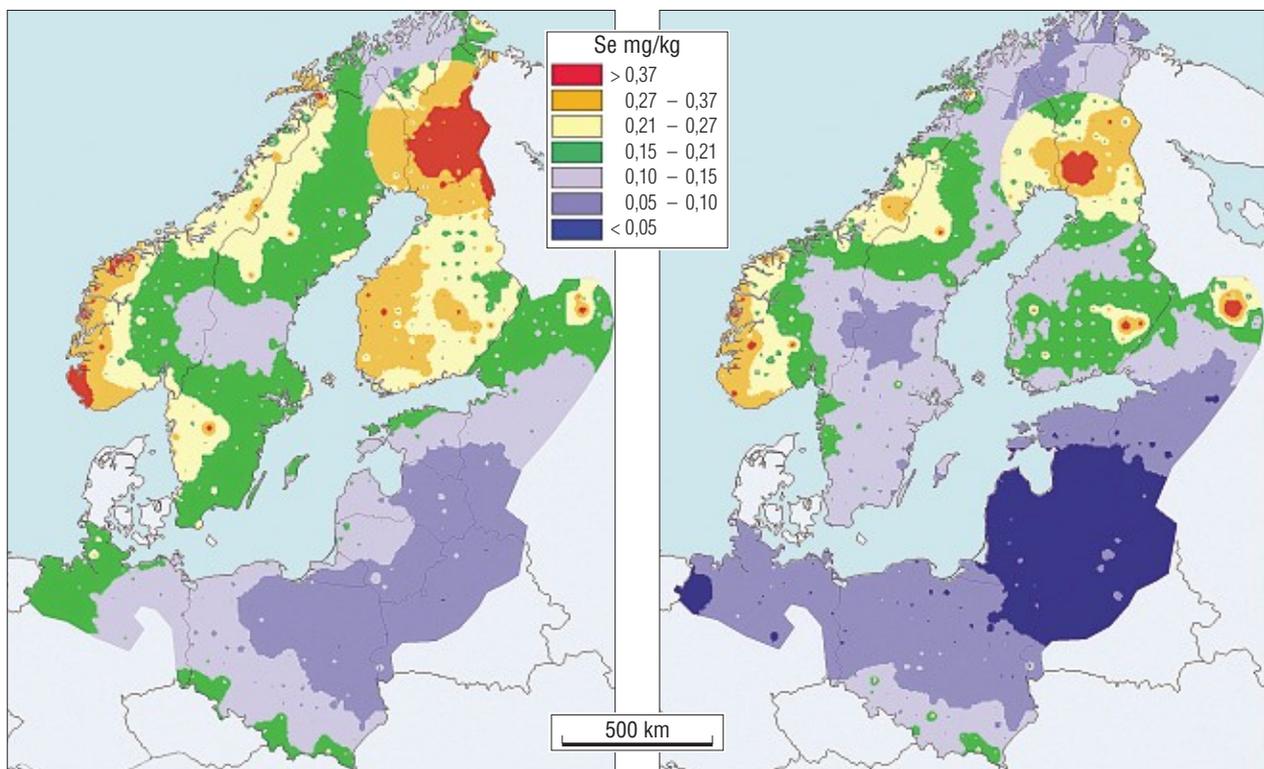
# Geoumwelt- und Ressourcenschutz – ein Schwerpunkt in den Arbeiten der BGR

## Baltic Soil Survey

In den Jahren 1996 und 1997 wurden unter Beteiligung der Geologischen Dienste in zehn nordeuropäischen Staaten (Weißrussland, Estland, Finnland,

Deutschland, Lettland, Litauen, Norwegen, Polen, Russland und Schweden) an 748 Standorten Ackerböden vom A<sub>P</sub>- und B- / C-Horizont entnommen. Die

Standorte waren gleichmäßig über eine Fläche von 1 800 000 km<sup>2</sup> verteilt mit einer durchschnittlichen Probendichte von einer Probe je 2 500 km<sup>2</sup>.



Selengehalte in Ackerböden in Nordeuropa: Oberboden (A<sub>P</sub>-Horizont) links und Unterboden (B- und C-Horizont) rechts.

Die Fraktion < 2,0 mm (in Polen: < 1,0 mm) von allen 1 500 Proben wurde auf bis zu 62 chemische Elemente mit je einem Ammoniumacetat-, Aqua Regia- und einem HF-Aufschluss und die Gesamtgehalte mit der Röntgenfluoreszenzanalytik (in der BGR) bestimmt. Zusätzlich wurden die elektrischen Leitfähigkeiten, die pH-Werte (Wasser-Extraktion) und die Glühverluste bei 1 030 °C bestimmt. Jede einzelne Analysenmethode wurde jeweils für alle Proben in nur einem Labor eingesetzt.

Auf den Karten dargestellt, zeigen die analytischen Ergebnisse – selbst bei dieser ungewöhnlich niedrigen Proben-dichte – für alle Elemente regionale geochemische Muster. Die Einflüsse der Geologie, der Landwirtschaft, der Topographie, der marinen Aerosole und des Klimas sind alle auf den regionalen Mustern erkennbar. Den größten Einfluss auf die gemessenen Elementgehalte haben überraschenderweise auf der regionalen Skala die klimaabhängigen Prozesse. Der industrielle Eintrag in Form

von Immissionen wird als lokaler Effekt gesehen, wobei die messbaren Auswirkungen nicht weiter als 100 bis 200 km von der Quelle reichen. Im Gegensatz dazu sind die verkehrsbedingten Einträge auf weit größere Areale verteilt. Für alle gemessenen Elemente sind die natürlichen Variationen der Elementgehalte über zwei bis vier Größenordnungen verteilt.

Die Unterschiede in den Medianwerten aus den einzelnen Staaten sind oft groß und können mehr als eine Größenordnung betragen. Für viele Elemente treten die höchsten Gehalte in den drei nördlichen Staaten Finnland, Norwegen und Schweden auf. Dies kann auf das Klima, aber auch auf die Bodenbildung und einen höheren organischen Anteil zurückzuführen sein, der wiederum einen geringeren pH-Wert in den Ackerböden in jenen Staaten hervorruft. In Schweden werden die höchsten Gehalte für viele Schwermetalle festgestellt und diese gehen eindeutig auf die Geologie zurück (vorwiegend granitisches Grundgebirge).

Die Unterschiede in den gemessenen Gehalten zwischen den Oberböden (A<sub>p</sub>-Horizont) und den Unterböden (B- / C-Horizont) sind für die meisten Elemente sehr gering. Neun Elemente und die Glühverluste sind jedoch allgemein im ganzen Gebiet in den Oberböden angereichert in absteigender Ordnung von Schwefel (Faktor 4) zu Cd-P-Glühverlust-Se-Pb- Zn-Bi-Sb zu Mn (Faktor 1,2). Diese Anreicherungen gehen für alle Elemente auf natürliche Prozesse zurück, die nur lokal durch anthropogene Einträge überlagert werden. Die Unterschiede in der Verfügbarkeit der Elemente in Prozent der Gesamtgehalte sind für alle Elemente unterschiedlich groß und oft auch unterschiedlich groß zwischen den Staaten. Die Ergebnisse aus den einzelnen Extraktionen sind für die Interpretation der Ergebnisse hilfreich.

Der geochemische Atlas für die Ackerböden in zehn nordeuropäischen Staaten wird in 2003 gedruckt.

## Der Geochemische Atlas von Europa

Bei einem Treffen der Direktoren der Geologischen Dienste Europas wurde 1996 die Durchführung eines Programms zur geochemischen Kartierung in Europa entsprechend den Anforderungen der IGCP-259- / IGCP-360-Projekte als europäischer Beitrag zur IUGS-Arbeitsgruppe „Global Geochemical Baselines“ beschlossen.

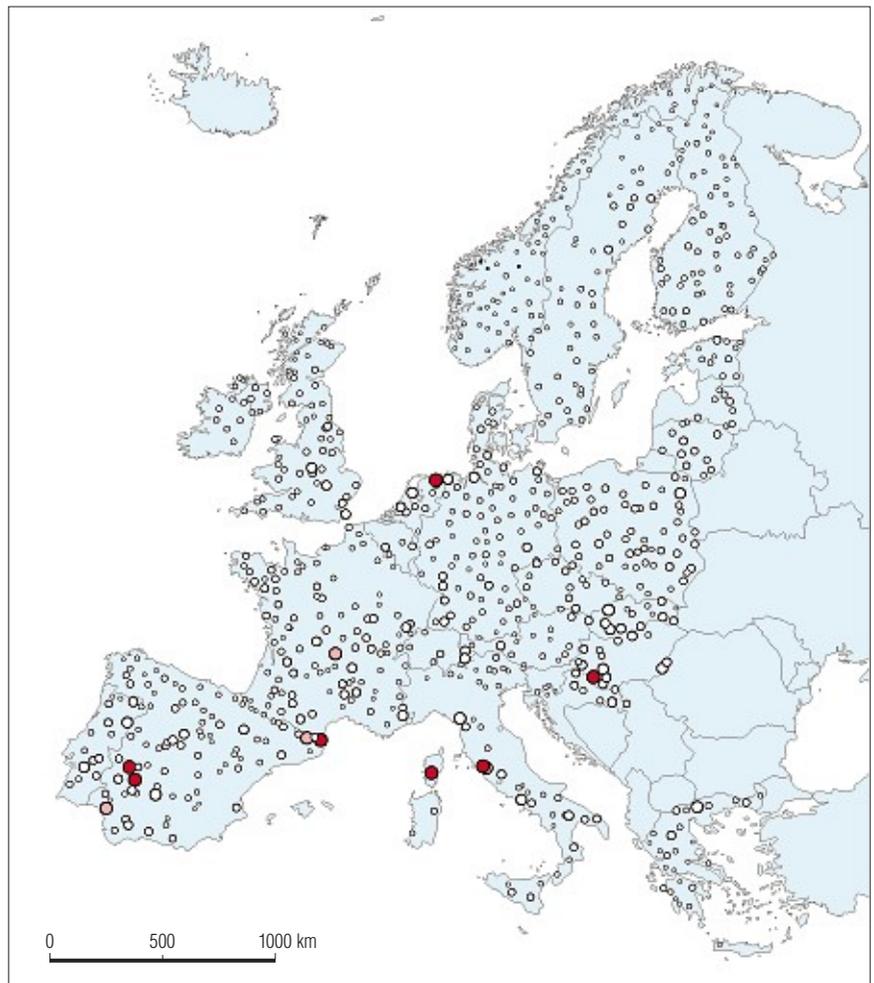
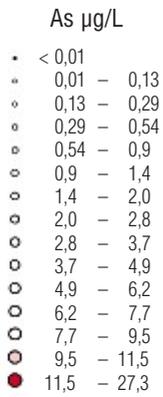
Derartige systematische umweltgeochemische Untersuchungen liefern u. a. eine wichtige Datenbasis für die europäischen Gesetzgeber.

Folgende Voraussetzungen müssen dabei erfüllt sein:

- ♦ Die Verfahren müssen international standardisiert sein.
- ♦ Die Datensätze sollten den größtmöglichen Teil aller potenziell schädlichen Elemente und Verbindungen umfassen.
- ♦ Die geochemischen Informationen sollten aus Probenserien gewonnen werden, die Böden, Bachsedimente, Oberflächenwässer sowie marine Sedimente abdecken.

- ♦ Die Daten müssen, für Geoinformationssysteme (GIS) verwertbar, in digitaler Form vorliegen, so dass die Kompatibilität mit anderen Datensätzen (z. B. medizinischen Daten aus dem Bereich Medical Geology) gewährleistet ist.

Ziel der Kartierung ist es, mit der Entnahme, der Aufbereitung und der Analyse von Proben die Zellen des „Global Terrestrial Network (GTN)“ abzudecken. Dieses Material soll als Referenz dazu dienen, die Ergebnisse nationaler geochemischer Kartierungen auf einen europäischen bzw. weltweiten Maßstab ausweiten zu können. Die Auswahl der Standorte für eine Probenentnahme erfolgt nach dem Zufallsprinzip und wird die aktuelle Situation Europas abbilden.



Ärsenkonzentrationen in Oberflächenwässern in Europa.

Geplant ist die Probenentnahme folgender Medien:

**Oberflächenwässer:**

Charakterisierung der Wechselwirkung Geosphäre / Hydrosphäre sowie die Erfassung anthropogener Einträge als wichtigen Beitrag zur Trinkwasserversorgung.

**Bach- bzw. Flusssedimente:**

Beschreibung der geogenen Verhältnisse der Einzugsgebiete und Vergleich mit nationalen Datenbeständen aus vorhandenen Sedimentuntersuchungen.

**Böden:**

Sie sind u. a. von geologischen Variationen in der oberen Erdkruste beeinflusst. Der Vergleich unterschiedlicher Horizonte liefert Informationen über Ab- und Anreicherungsprozesse und über anthropogene Einträge.

**Humus:**

Charakterisierung pedogener und atmosphärischer, anthropogener Einträge.

Der geochemische Atlas für 26 europäische Staaten wird in 2003 gedruckt.

# Umweltbelastungen in China – Umweltgeochemie in der Region Quinhuangdao in der Provinz Hebei

Dem Zustand und den Veränderungen der Umwelt, insbesondere auch der Geosphäre, wird in der VR China zunehmend Bedeutung beigegeben. In einem nationalen geochemischen Erkundungsprogramm hat das Ministry of Land and Resources die Stoffgehalte in oberflächennahen Gesteinen, Böden und fluviatilen Sedimenten in ganz China erfasst und in Kartenwerken dokumentiert.

In einer vom Institut für Geophysikalische und Geochemische Erkundung, Langfeng/China, und der BGR gemeinsam angefertigten Studie für die Provinz Hebei im Nordosten Chinas wurde der Datenfundus aus einer vollständigen Bestandsaufnahme des Untergrundes (ca. 2 000 Proben auf 7 500 km<sup>2</sup>, max.

39 Parameter) statistisch aufgearbeitet und kritisch bewertet. Im Vordergrund stand die Frage, ob der wechselhafte geologische Untergrund für die Elementverteilung maßgeblich ist und in wie weit der natürliche Zustand durch menschliche Einwirkungen über die Jahrhunderte verändert wurde.

Die Provinz Hebei an der Nordküste der Bohai-Bucht ist im Norden Bergland mit sehr variablen Kristallin- und Sedimentgesteinen und geht nach Süden zur Küste hin in Ebenen mit sandigen Quartärsedimenten über. Über längere Zeit wurde Kohlebergbau betrieben. In den Stadtgebieten von Shanghaiguang und Beidaiké wurden detaillierte Studien zur Erfassung urbaner und industrieller Bodengehalte durchgeführt.

In den 39 erfassten Parametern spiegelt sich im wesentlichen die natürliche Variabilität der natürlichen Bodengehalte der überwiegend ländlichen Provinz Hebei wider, die mit den Mittelwerten für Gesamt-China relativ gut übereinstimmt. Lokale Anomalien sind durch kleinere Erzvorkommen erklärbar.

In der alten Stadt Shanghaiguang an der Bohai-Bucht sind deutliche anthropogene Anreicherungen von Schwermetallen (Hg, Cu, Pb, Zn) und Phosphor festzustellen, während im Sommerurlaubsort Beidaiké und in anderen kleineren Städten kaum Verschmutzungen zu konstatieren sind. Keinesfalls aber werden Umweltbelastungen wie in den Ballungsräumen von Beijing erreicht. In Küstennähe und im Süden der Provinz ist der Meereseinfluss durch erhöhte atmosphärische Salzverfrachtung (u. a. NaCl aus dem Meerwasser) nachweisbar.

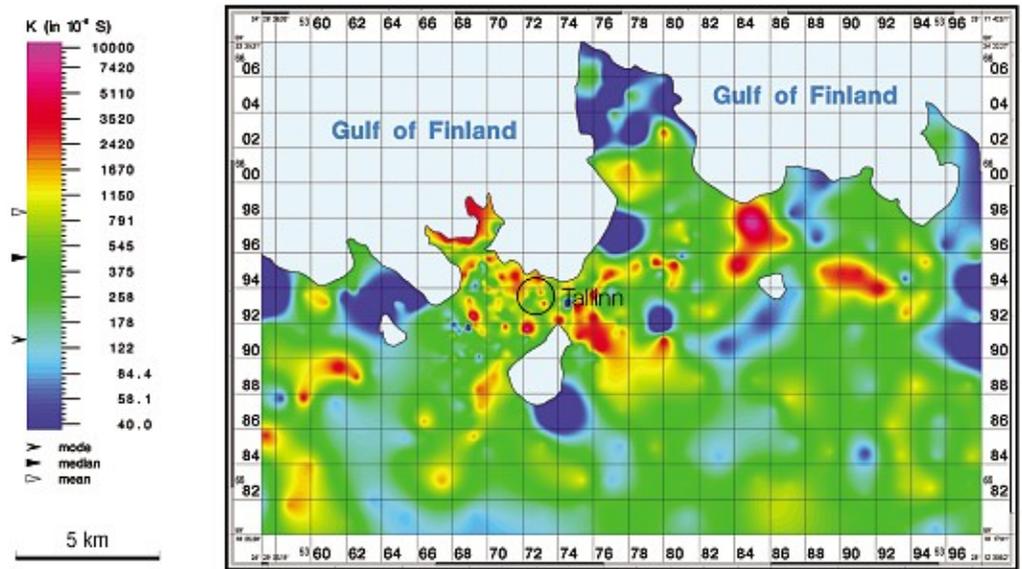
## Geochemisches Monitoring zur Umweltüberwachung in Tallinn



Altstadt von Tallinn.

Die obersten Schichten der Geosphäre sind besonders geeignet, stoffliche Zustände und ihre Veränderungen in der Zeit zu beschreiben. Böden und Gewässersedimente überliefern nicht nur die Zusammensetzung ihrer Herkunftsgesteine sondern als Senken für Schad- und Nutstoffe auch die verschiedenen Einträge im Verlaufe ihrer Entstehung. Wiederholte Untersuchungen derselben Bodenablagerung am selben Ort ermöglichen Aussagen über den ursprünglichen Zustand der Umwelt, ihre Veränderungen durch Besiedlung und Industrietätigkeit, aber auch die Wirksamkeit ökologischer Maßnahmen.

Verteilung der magnetischen Suszeptibilität in den Oberböden der Region Tallinn.



Gemeinsam mit dem Institut für Geologie der TU Tallinn/Estland hat die BGR am Beispiel der Hauptstadt Tallinn und ihrer Umgebung in Estland nachgewiesen, dass mit einem lang-jährigen Monitoring-Programm Stoffveränderungen in Oberböden dokumentiert und die Effektivität von Umweltverordnungen überprüft werden können.

Die Hafenstadt Tallinn und ihr Umland weisen einen sehr variablen geologischen Untergrund mit Fest- und Lockergesteinen auf. In Teilgebieten wurden phosphathaltige Gesteine zur Düngemittelherstellung abgebaut. Die Halbmillionenstadt ist Estlands größtes Industrie-, Eisenbahn- und Seehafen-Zentrum. In zwei Kampagnen wurden 1988 bis 1990 und 1996 bis 1997 über 1 400 Bodenproben gewonnen und auf bis zu 47 Parameter analysiert. Zur Bewertung des Ausgangszustandes und der späteren Veränderungen wurden die geochemischen Datensätze mit

statistischen Verfahren (Faktoranalyse) zu Faktoren zusammengefasst, die die Herkunft der Stoffe eindeutig belegen. Bodenregionen mit klarer geogener – also durch den natürlichen Untergrund geprägter – Zusammensetzung konnten ebenso wie Gebiete mit Phosphatabbau und Weiterverarbeitung abgegrenzt werden.

Im Stadtgebiet selbst wurde eine Vielzahl von geochemischen Schwermetallanomalien (Cu, Pb, Zn, Ni, Mo, Cr, Mn, As) ermittelt, die unterschiedlichen metallverarbeitenden Betrieben, Recycling- und Maschinenbau-Firmen sowie Verkehrsknotenpunkten zugeordnet werden konnten. Ein Teil der Anomalien konnte durch geophysikalische Messungen überzeugend bestätigt werden (magnetische Suszeptibilität, s. Abb. oben). Die Schwermetallgehalte der Böden liegen in der Stadt Tallinn um das Drei- bis Fünffache über den geochemischen Untergrundwerten des Umlandes.

Die Wiederholungsmessungen nach sieben Jahren erbrachten z. T. überraschende Veränderungen. Während die Gehalte der Buntmetalle Cu, Sn, Zn, Stahlveredler V und Phosphatgemengteile Y unverändert blieben, haben die Gehalte anderer Buntmetalle (Ni, Pb), Stahlveredler (Cr, Mn) und weiterer Elemente (As, Ba, Ga) im Boden drastisch abgenommen. Dies ist nur durch Auswaschungen und Wegfuhr dieser Schadstoffe sowie durch die Stilllegung der Betriebe zu erklären, die als Quellen der Kontamination anzusehen sind.

Mit diesen geochemischen Monitoring-Experimenten ist der Nachweis erbracht, dass die Untersuchung geologischer Medien ein sicheres Werkzeug zur Umweltüberwachung darstellt.

# Umweltgeochemische Bestandsaufnahme des Stadtgebietes Staßfurt, Sachsen-Anhalt

In den letzten hundert Jahren Staßfurter Industriegeschichte haben sich natürliche Vorgänge mit Einflüssen aus industrieller Tätigkeit mehrfach überlagert. Sie liefern heute ein sehr vielgestaltiges und z. T. kompliziertes Verteilungsmuster unterschiedlichster Schadstoffe und Verbindungen.

Um die Verteilungsmuster geochemisch aufklären zu können, bedarf es nicht nur eines umfangreichen Parameterspektrums bei der Analytik der Proben, sondern auch genauer Kenntnisse über die historischen und heutigen Kontaminationsursachen der Region.

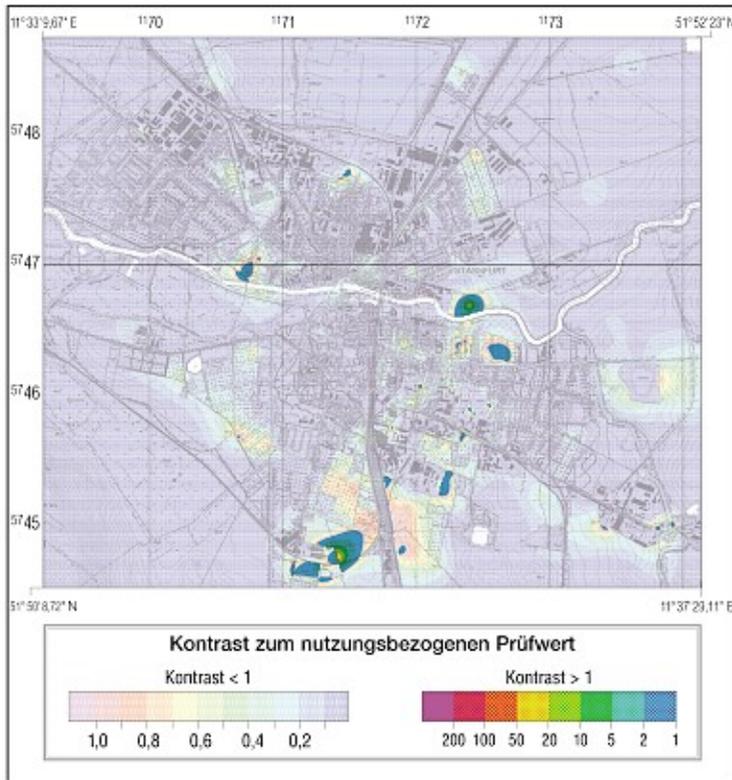
Im Staßfurter Stadtgebiet befinden sich 36 Altablagerungen und Deponien, die seit 1863 angelegt und überwiegend mit Reststoffen der Kali- und Sodaindustrie sowie mit Abprodukten aus Kraftwerken und der chemischen Industrie verfüllt wurden. Bei den Altablagerungen und Halden handelt es sich um historisch gewachsene Deponien, auf denen Industrieabfälle teilweise unterschiedlichster Zusammensetzung und Herkunft ungeordnet verkippt wurden. Insgesamt wurden 77 Altlastenverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet lokalisiert.

Im Rahmen der Vorstudie des vom BMBF geförderten Forschungsverbundvorhabens „Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt“ wurden die umweltgeochemischen Untersuchungen im gesamten Stadtgebiet mit einer Probenbelegungsdichte von 21 Proben/km<sup>2</sup> durchgeführt.

Die geochemischen Untersuchungen hatten das Ziel, die geochemischen Hintergrundgehalte sowie die anthropogen bzw. technogen bedingten



*Staßfurt; Stadtgebiet Leopoldshall um 1916/1917, Bernburger Straße.*



Kontrastwerte der Benzo(a)pyren-Gehalte im Oberboden des Stadtgebietes Staßfurt.

(Kontrast = Quotient aus gemessenem Wert / Prüfwert, Kontraste > 1 markieren Prüfwertüberschreitungen)

Prüfwerte für Benzo(a)pyren nach BBodSchV (1999) für den Wirkungspfad Boden – Mensch.

Nutzung	Prüfwert [mg/kg]
Kinderspielflächen	2
Wohngebiete	4
Park- und Freizeitanlagen	10
Sport- und Bolzplätze	3 <sup>1)</sup>
Industrie- und Gewerbegebiete	12
Haus- und Kleingärten	1 <sup>2)</sup>
Acker- und Landwirtschaftsflächen	1 <sup>2)</sup>
nicht agrarische Ökosysteme	2 <sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Toxizitätswert (nach EKEMANN, KLOKE & LÖHR 1991), Prüfwert (Sachsen-Anhalt 1992)

<sup>2</sup> Prüfwert nach BBodSchV (1999) für den Pfad Boden – Pflanze

<sup>3</sup> Toleranzwert für Haus- und Kleingärten (nach EKEMANN, KLOKE & LÖHR 1991)

Schadstoffanteile zu charakterisieren, die Belastungsursachen mit statistischen Verfahren aufzuklären und eine flächennutzungsbezogene Auswertung der Daten auf der Grundlage der Prüf- und Maßnahmewerte der Bundesbodenschutz-Verordnung (BBodSchV 1999) vorzunehmen. Erstmals wurde an einem Beispielstandort durch die Einbeziehung des ATKIS-Landschaftsmodells (digitale amtliche topografische Daten) und des Flächennutzungsplanes der Stadt Staßfurt die flächennutzungsbezogene Auswertung geochemischer Daten auf der Basis der Prüf- und Maßnahmewerte der BBodSchV 1999 und deren Darstellung in flächendeckenden Karten vorgenommen.

Die Verteilung der organischen Schadstoffe im Oberboden des Untersuchungsgebietes wird überwiegend durch technologische Prozesse, die z. T. der Industriegeschichte der Stadt angehören, beeinflusst (Industrieimmissionen, Deponierung von Müll und industriellen Reststoffen, Altablagerungen). Neben der Wirkung

technologischer Einflussfaktoren sind auch geologisch bedingte Stoffverteilungen nachweisbar (pH-Wert, Al, Ti, Y, Nb, K, Rb, Zr).

Die Durchschnittsgehalte der PAK (Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe) und des Benzo(a)pyrens (gefährlichste Verbindung dieser Gruppe) steigen mit der Intensität der anthropogenen Flächennutzung an. Die Verteilung der Benzo(a)pyren-Konzentrationen spiegelt den Verteilungstrend der Summenverteilung der PAK wider. Der Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentrationen mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten (s. Tab. rechts) der BBodSchV (1999) ergab den Nachweis von insgesamt 14 Flächen mit Kontrastwerten (Prüfwertüberschreitungen) bis maximal > 10 (s. Abb. oben), für die einzelfallbezogene Sachverhaltsermittlungen mit entsprechenden Nutzungsüberprüfungen und gegebenenfalls -einschränkungen vorgeschlagen werden.





# *Energierohstoffe*

---

*Die statische Reichweite unserer fossilen Energierohstoffe ist zeitlich begrenzt. Die BGR untersucht mögliche neue Vorkommen und entwickelt neue Aufsuchungsverfahren innerhalb internationaler Projekte.*

*Dabei richtet die BGR ihr Augenmerk auf Fragen wie: Reichen die Energierohstoffe der Welt für das 21. Jahrhundert? Welche alternativen Energiequellen aus der Erde lassen sich erschließen? Wie lassen sich fossile Energierohstoffe umweltverträglicher nachhaltiger nutzen?*

---



## Wandel vom Gestern zum Heute, neue Nutzungswege in der Zukunft – das breite Spektrum der Aufgabe Energierohstoffe

In den vergangenen etwa 150 Jahren wurden in allen Regionen der Welt Energierohstoffe gesucht und vielfach gefunden. Die BGR trägt seit ihrer Gründung 1958 kontinuierlich das weltweite Wissen über Energierohstoffe zusammen. Heute wird immer deutlicher, dass die Vorkommen fossiler Energieträger begrenzt sind. In unserer Gesellschaft setzt ein von der BGR begleitetes Umdenken ein. Die BGR richtet ihr Augenmerk heute auf die Fragen: Reichen die Energierohstoffe der Welt für dieses 21. Jahrhundert? Welche alternativen Energiequellen aus der Erde lassen sich erschließen? Wie lassen sich

fossile Energierohstoffe umweltverträglicher und nachhaltiger nutzen? Welche klimaschonenden Wege der Vermeidung von Kohlendioxidemissionen gibt es bei der Verbrennung fossiler Energieträger?

Zur Beantwortung dieser Fragen werden BGR-eigene, umfangreiche Datensätze ausgewertet, beurteilt und die Ergebnisse publiziert, etwa in Form einer weltweiten Energiestudie. In der technischen Zusammenarbeit mit Südostasien und Rumänien werden neue und umweltverträgliche Nutzungswege für Steinkohle, Braunkohle und Biomasse entwickelt – mittels Marktanalysen und Optimierung

der so genannten Karbonisierungstechnologie, einer Methode zur Veredelung des Rohstoffs Kohle. In Deutschland selbst gibt es ein bisher kaum bekanntes großes Potenzial, geothermische Energie zur Stromerzeugung heranzuziehen. Dieses ist das Ergebnis einer BGR-Studie im Auftrag des Deutschen Bundestages. Außerdem wird in der BGR die Möglichkeit untersucht, Kohlendioxid an Kraftwerken in großem Stil aufzufangen und im Untergrund zu speichern – etwa in erschöpften Öl- und Gaslagerstätten. Näheres hierzu folgt in den anschließenden Beiträgen.

## Klimaschutz durch unterirdische CO<sub>2</sub>-Speicherung

Ein direkter Zusammenhang zwischen dem extremen Hochwasserereignis an der Elbe und ihren Nebenflüssen im Sommer 2002 und der gegenwärtigen Klimaentwicklung lässt sich wohl kaum nachweisen. Allerdings zeigt uns dieses Ereignis, was wir in Zukunft auch in Mitteleuropa verstärkt befürchten müssen, nämlich extreme Witterungsereignisse und dadurch verursachte Schäden.

Das Treibhausgas CO<sub>2</sub>, das bei der Verbrennung fossiler Energierohstoffe entsteht, wird mit für die beobachteten Klimaveränderungen verantwortlich gemacht. Daher ist die Verringerung der anthropogenen Treibhausgasemissionen ein wichtiges Ziel nationaler und internationaler Umweltpolitik (Kyoto-Protokoll). Ein kurzfristiger Umstieg auf erneuerbare Energieträger ist nicht möglich. Zusätzlich steigt der

Energiebedarf des Verkehrssektors. Daher ist die angestrebte drastische Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen schwierig.

Eine mögliche Lösung des Problems könnte die unterirdische Speicherung von CO<sub>2</sub> sein. Mittlerweile existiert eine Vielzahl internationaler Projekte, die sich mit Möglichkeiten zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> an großen Industrieanlagen oder Kraftwerken und dessen Rückführung in



*Braunkohlekraftwerk Jäntschtal:  
Hier könnte man im großen Stil  
CO<sub>2</sub> für die untertägige  
Speicherung abscheiden  
(Bildquelle: VEAG).*

den Untergrund befassen. Ehemalige oder nahezu erschöpfte Öl- und Gasfelder können z. B. als CO<sub>2</sub>-Speicher genutzt werden. Aber auch technisch und wirtschaftlich nicht nutzbare Kohleflöze und salzwasserführende Aquifere in mehr als 1 km Tiefe kommen als Speicher für CO<sub>2</sub> in Frage. Die BGR unter-

sucht gemeinsam mit anderen nationalen geologischen Diensten Fragen der Speicherkapazität und -sicherheit in den beiden EU-geförderten FuE-Projekten GESTCO („Geological Storage of CO<sub>2</sub> from Fossil Fuel Combustion“) und NASCENT („Natural Analogues for the Study of CO<sub>2</sub> in the Geological Environ-

ment“). Die BGR wird sich ab 2003 an weiteren internationalen Forschungsvorhaben zur Vorbereitung von Demonstrationsprojekten zur Abtrennung und Speicherung von CO<sub>2</sub> beteiligen.

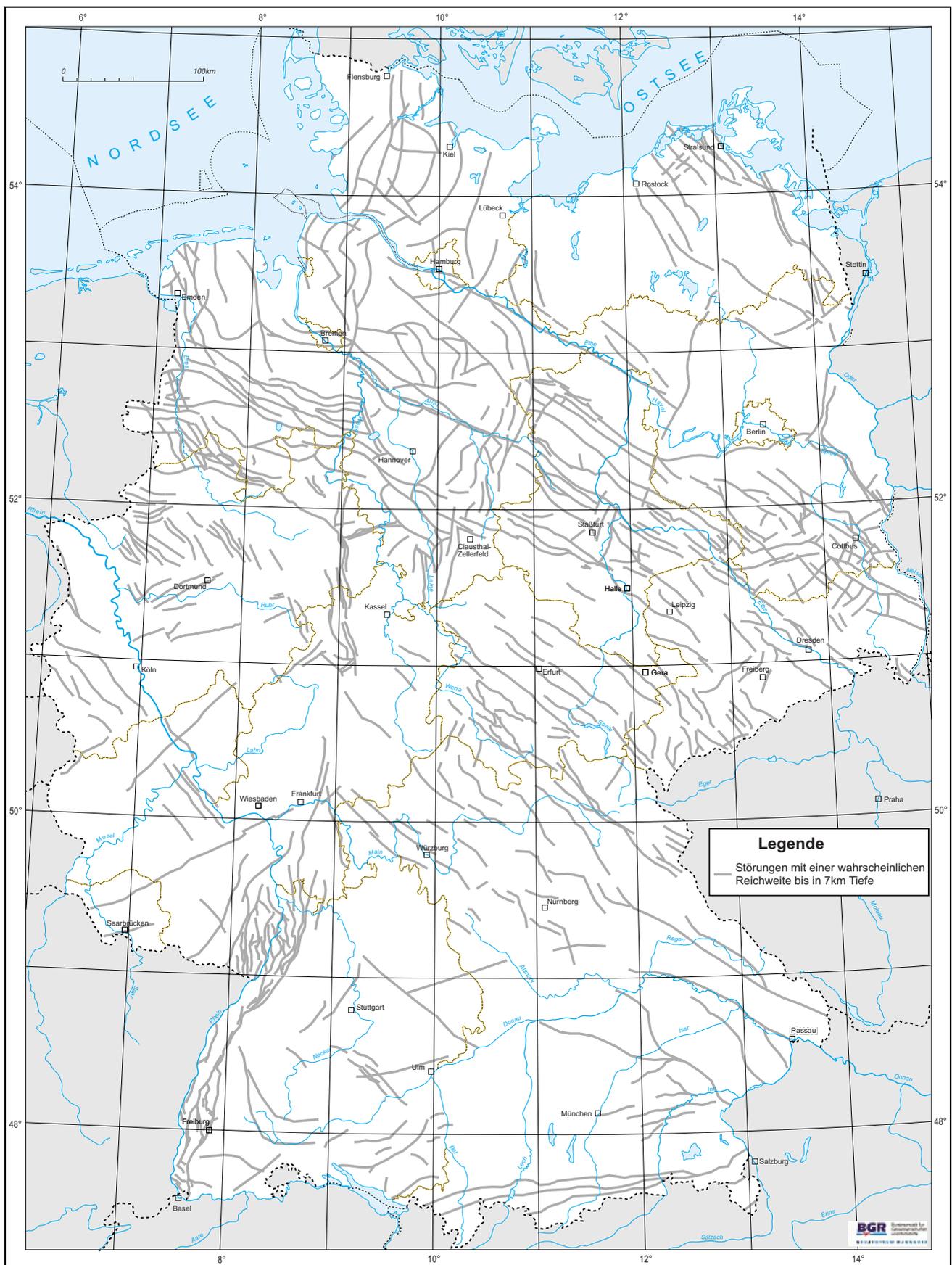
## Deutschland könnte seinen Strom aus der Tiefe zapfen

Im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag wurde von der BGR gemeinsam mit dem GGA das technische Potenzial der geothermischen Stromerzeugung und der geothermischen Kraft-Wärmekopplung in Deutschland abgeschätzt.

Durch neuere Wandlungstechniken, die eine Stromerzeugung bei Temperaturen

ab 100 °C zulassen, wird die geothermische Stromerzeugung auch in Ländern ohne aktiven Vulkanismus – wie Deutschland – realisierbar. Legt man den normalen Temperaturgradienten von 30 °C/km und 10 °C als mittlere Oberflächentemperatur zugrunde, so wird eine Temperatur von 100 °C in 3 000 m Tiefe erreicht. Standardmäßig lassen sich heute Bohrtiefen von ca. 7 000 m erreichen. Damit ist ein Eckwert für eine

Potenzialstudie definiert. Zieht man weitere Eckwerte (etwa zur Mindestfließrate und zur Druckdifferenz) hinzu, kann das Strompotenzial für die drei in Deutschland vorhandenen Reservoirtypen – Heißwasseraquifere, tiefreichende Störungen und kristalline Gesteine – abgeschätzt werden. Als Modell wird eine Bohrlochdublette, bestehend aus einer Produktionsbohrung und einer Injektionsbohrung, verwendet.



Lage tiefreichender Störungszonen in Deutschland.

Im Falle der Heißwasseraquifere wird das Lagerstättenwasser über die Produktionsbohrung einem geothermischen Kraftwerk zugeführt. Der Wärmeinhalt des Lagerstättenwassers wird dort teilweise entzogen und das abgekühlte Wasser über eine Injektionsbohrung wieder in den Aquifer eingespeist. Störungen bzw. Störungszonen sind Bruchflächen in der Erdkruste mit z. T. erhöhtem hydraulischen Leitvermögen. Die Gesteinswärme wird durch Wasserzirkulation auf den Bruchflächen entnommen.

Bei heißen und trockenen (Kristallin-) Gesteinen muss zur Gewinnung der im Gestein gespeicherten Energie ein Rissystem im Gebirge erzeugt werden. Dieses künstliche Rissystem stellt eine Wärmeaustauschfläche im Untergrund dar, über die Wasser im Dublettenbetrieb zirkuliert.

Für alle Reservoirtypen lässt sich das Verhältnis zwischen Wärmeinhalt und gewinnbarer Wärme abschätzen und es gilt: je höher die Temperatur, desto größer ist der zu gewinnende Wärmeanteil. Für Heißwasseraquifere sind Gewinn-

ungsfaktoren zwischen 14 und 21 % anzusetzen, während für Störungen und kristalline Gesteine die Werte zwischen 2 und 5 % liegen. Der Wirkungsgrad bei der Wärme-Stromwandlung liegt je nach Temperatur zwischen 9 und 14 %.

Das mittel- und süddeutsche Kristallengebiet ist die mit Abstand größte Ressource für die geothermische Stromerzeugung. Das Strompotenzial (elektrische Energie) beträgt dort  $1,1 \times 10^{21}$  Joule, entsprechend 35 000 GWh (Gigawattjahre). Das Strompotenzial der Störungen beträgt  $4,5 \times 10^{19}$  Joule bzw. 1 400 GWh und für das Strompotenzial der Heißwasseraquifere (Norddeutsches Becken, Molassebecken, Oberrheingraben) erhält man  $9,4 \times 10^{18}$  Joule, entsprechend 300 GWh. Das gesamte geothermische Strompotenzial Deutschlands entspricht also etwa dem 600-fachen Jahresstrombedarf (ca.  $2 \times 10^{18}$  Joule). Allein das Strompotenzial der Heißwasseraquifere kommt fast dem 5-fachen Jahresstrombedarf gleich. Strom könnte in Deutschland also durchaus rein geothermisch gewonnen werden.

Der Energiegewinn lässt sich generell steigern, wenn man die Wärme nicht nur zur Stromerzeugung nutzt, sondern zusätzlich eine Direktwärmenutzung (z. B. Raumheizung) vorsieht, was aber nur in dicht besiedelten Gebieten sinnvoll ist. Ohne Wärmepumpen ließe sich das Potenzial um das 1,5-fache, mit Wärmepumpen sogar um das 2,5-fache steigern. Bei einer Erdwärmenutzung in großem Maßstab ist allerdings zu bedenken, dass sie im allgemeinen mit einem lokalen Abbau gespeicherter Erdwärme einhergeht, da die entnommene Wärmemenge normalerweise größer ist, als die aus der Tiefe nachfließende. Der Prozess der Wiedererwärmung kann Jahrhunderte dauern.

Die vorgenommene Bewertung des Strompotenzials in Deutschland ist eine Maximalabschätzung. Bei allen Reservoirtypen bestehen noch Forschungsbedarf sowie große Fündigkeits- und Methodikrisiken. Dennoch stellt die geothermische Energie eine ernstzunehmende Option für die zukünftige Energieversorgung dar, insbesondere, da sie im Grundlastbereich einsetzbar ist.

## Erprobung der Wasserfrac-Technik und des Einsonden-Zweischichtverfahrens für die Direktwärmenutzung aus gering permeablen Sedimenten

### Die Aktivitäten der BGR-Projektgruppe GeneSys

Im GeoZentrum Hannover wird durch die BGR, das NLFb und die GGA die Untersuchung der Erdwärmenutzung seit 20 Jahren mit dem Hot-Dry-Rock-Verfahren betrieben. Dieses ermöglicht es, auch Gesteine mit geringer hydraulischer Durchlässigkeit (Permeabilität) geothermisch zu nutzen.

Wissenschaftliche Voruntersuchungen des GeoZentrums Hannover haben dazu geführt, Überlegungen für eine Nutzung der Erdwärme am Standort der BGR in Hannover zu konkretisieren. Nach den Voruntersuchungen zeigt sich, dass in

3 500 m Tiefe Temperaturen von ca. 120 bis 140 °C vorhanden sind, die als Voraussetzung für eine Erdwärmenutzung ausreichen.

Deshalb wurde von der Projektgruppe GeneSys der Vorschlag entwickelt, am Standort die in Tiefen zwischen 2 800 und 3 500 m liegenden Zielhorizonte des Muschelkalks und des Buntsandsteins auf ihre Nutzung hin zu untersuchen.

Zur Vorbereitung des Projektes wurde zunächst eine verfahrenstechnische Konzeptstudie durchgeführt. In einem anschließenden Review wurde die Machbarkeit hinsichtlich der Technik, Risiken und Wirtschaftlichkeit untersucht. Zur Verringerung bestehender Unwägbarkei-

ten wurde empfohlen, die Schlüsseltechnologie des Wasserfracs ohne Stützmittel mit dem Einsonden-Zweischichtverfahren zunächst in einer bestehenden Erdgasbohrung zu testen. Hierzu wurden in Zusammenarbeit mit der BEB / EMPG in Frage kommende Bohrungen in Hinblick auf ihre geologischen und geophysikalischen Eigenschaften hin überprüft, um eine in ihren Eigenschaften entsprechende Bohrung zum Erlaubnisfeld Hannover zu finden. Die Wahl fiel auf die Bohrung Horstberg Z 1 in der Nähe von Unterlüß, da deren Geologie weitgehend mit der in Hannover zu erwartenden übereinstimmt und somit eine Übertragbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist. Die Bohrung Horstberg Z 1 geht nun in die Verantwortung der BGR über.

# Bezahlbarer und umweltverträglicher Brennstoff für Entwicklungsländer soll Urwälder retten

In Schwellen- und Entwicklungsländern stellt der Brennstoff Holz oftmals eine der wichtigsten Energiequellen dar. Zurzeit sind ca. 55 % der Weltbevölkerung, das bedeutet 2,8 Milliarden Menschen, von einer zentralen Energieversorgung, wie sie in den Industrienationen existiert, abgeschnitten. Bis zum Jahr 2020 wird dieser Anteil auf 65 % ansteigen. Als Brennstoff für die Bevölkerung dienen Holz, Holzkohle und Biomasse. Nicht nur ländliche Regionen sind diesem Problem ausgesetzt, sondern auch in urbanen Regionen kann es aufgrund hoher Einwohnerdichten zu einer verstärkten Energienachfrage und zu Energiemangel kommen. Die Folge ist eine Zunahme des Holzeinschlags. Raubbauartige Nutzungsmethoden haben z. B. in Südostasien bereits heute zu deutlichen Übernutzungserscheinungen der tropischen Wälder geführt. Eine rasant fortschreitende Abholzung und eine nur ungenügende Aufforstung wird nicht nur Folgen für die direkt betroffene Bevölkerung haben, sondern auch Auswirkungen auf die globale Klimasituation nach sich ziehen.

Ersatzbrennstoffe für Feuerholz und Holzkohle sind in vielen Ländern in Form von Braunkohle vorhanden. Sie wird aber in Haushaltungen und Kleinindustrie nicht genutzt, weil die natürliche, unveränderte Braunkohle nur unter störenden Rauch- und Geruchsentwicklungen verbrennt. Abhilfe schaffen kann hier die Reduzierung des hohen Anteils an für die Rauchentwicklung verantwortlichen flüchtigen Bestandteilen vor der eigentlichen Verbrennung. Mit der Nutzung dieses teilentgasten Brennstoffs in den bestehenden Feuerstätten treten keine belästigenden und gesundheits-schädlichen Emissionen mehr auf.

Derzeit existieren in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern keinerlei umweltfreundliche Technologien zur Erzeugung von rauchfreien Ersatzbrennstoffen aus Braunkohle. Daher entwickelt die BGR in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen eine Karbonisierungstechnik zur umweltfreundlichen Erzeugung eines rauchfreien Brennstoffs aus Braunkohle. Ziele dieser Projekte der Technischen Zusammenarbeit mit Südost-Asien sind:

- ♦ die Entwicklung einer für Entwicklungs- bzw. Schwellenländer angepassten Technologie,
- ♦ Transfer dieser Technologie sowie Training von Counterparts und
- ♦ die Kommerzialisierung der Technologie und des Produkts.



Demonstrationsanlage zur Karbonisierung.



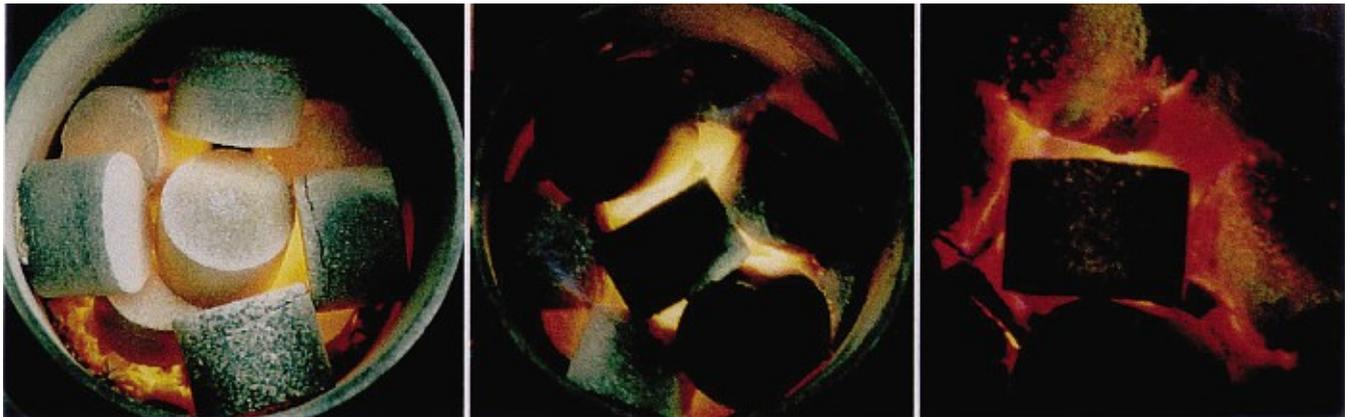
Demonstrationsanlage in Kuching, Sarawak, Malaysia.

In den Abbildungen sind Demonstrationsanlagen dargestellt – links der Bau in Deutschland, oben der aktuelle Standort in Kuching, Sarawak, Malaysia – die in einem TZ-Vorhaben mit dem Geoscience and Mineral Resources Department Sarawak entwickelt und getestet wurden.

Das Karbonisat wird, je nach Zustand und Anwendungsfall, grobstückig oder in brikettierter Form verbrannt. In den Abbildungen unten sind Aufnahmen von stückigem und brikettiertem Karbonisat gezeigt. Restflüchtigengehalte unterhalb von 12 Gew.-% liefern ein rauchfrei und geruchlos verbrennendes Karbonisat.

Untersucht wurden bisher Braunkohlen unterschiedlicher Qualität aus Malaysia und eine aschereiche Braunkohle aus den Philippinen. Selbst mit der aschehaltigen Kohle konnte ein thermisch selbstständiger Betrieb gewährleistet und ein umweltfreundliches Karbonisat produziert werden. Damit auch aschereiche Kohlen ohne aufwändige Aufbereitungsmaßnahmen durch die Karbonisierung zu einem hochwertigen Produkt veredelt werden können, wurden in weiteren Testläufen die Kohlen mit Biomasseabfällen aus der lokalen Holzindustrie versetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass Biomasse ebenfalls problemlos verarbeitet und zur Energiegewinnung verwendet werden kann.

Um die Technologie auf einen von der lokalen Industrie gewünschten Massenumsatz zu bringen, ist die Weiterentwicklung des Verfahrens in eine Drehrohrtechnologie notwendig. Gewünschte Durchsätze der Palmölindustrie in Malaysia und Indonesien liegen bei 3 bis 5 t/h Aufgabeeleistung. Eine Drehrohrdemonstrationsanlage soll im Jahr 2003 auf der Insel Semirara getestet werden.



Abbrand verschiedener Karbonisatformen.



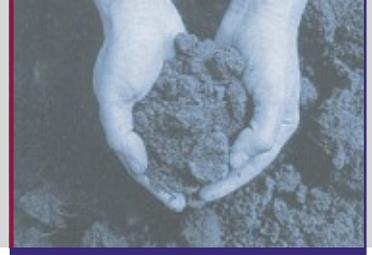
# *Boden*

---

*Boden ist nicht vermehrbar. Diese kostbare Ressource muß vor Schädigung und Zerstörung bewahrt werden, um die Versorgung mit Nahrungsmitteln nachhaltig zu gewährleisten.*

*Versalzung und Erosion gehören zu den Problemen, mit denen wir uns beschäftigen.*

---



## Die Bedeutung der Böden

Die Bedeutung der Böden für nachhaltige Entwicklung hat in den zurückliegenden Jahren kontinuierlich zugenommen. Als Meilensteine sind die Konferenz in Rio 1992 ebenso zu nennen wie die UN-Konvention zur Bekämpfung der Wüstenbildung und – auf nationaler Ebene – das Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) am 01. März 1999. Die Entwicklung und Verabschiedung einer „spezifischen Bodenschutzstrategie“ durch die EU (Soil Communication) im April 2002 ist die jüngste Entscheidung, die das Medium Boden in das Zentrum länderübergreifenden Handelns gestellt hat.

Böden sind andauernd einer großen Zahl von Belastungen ausgesetzt, die von stofflichen Einträgen aus verschiedensten

Quellen über Substanzverlust durch Erosion bis zur völligen Versiegelung durch Überbauung reichen. Auch die Funktion des Bodens als Filterkörper wird zunehmend wichtiger. Hintergrund dieser Entwicklung sind z. B. die europäische Wasserrahmenrichtlinie, Zulassungsverfahren für Pflanzenschutz- und Düngemittel sowie die Novellierung der EU-Klärschlammrichtlinie.

Auf dieser Grundlage wird bei der BGR weiter daran gearbeitet, die für die Bewertung von Bodennutzung und Bodenschutz geeigneten Bodeninformationen im Fachinformationssystem Bodenkunde FISBo BGR bereitzustellen und für die Politikberatung auszuwerten.

Der Themenkomplex „Stoffgehalte und Stoffmobilitäten in Böden und ungesättigter Zone“ hat in jüngster Zeit besonders an Aktualität gewonnen, da die unlängst verabschiedete Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie die zu erwartende Fortschreibung europäischer Rahmenrichtlinien sowohl methodische Erfahrung als auch national und europäisch einheitliche Datensätze erfordern. Arbeiten zur Beurteilung flächenrepräsentativer Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden sowie Fragen der Stoffverlagerung in Böden erfordern dabei eine enge Vernetzung der Forschungsansätze.

## Beiträge der BGR zum Bodenschutz in Deutschland

Die Arbeiten der Geologischen Dienste der Bundesländer zum Bodenschutz orientieren sich vor allem an der Aufgabe, die wichtigen und vielfältigen Funktionen unserer Böden zu sichern bzw. im Fall schon bestehender Einschränkungen wiederherzustellen. Zur Förderung nachhaltiger Bodennutzungen sind die Geologischen Dienste gefordert, bodenkundliches Fachwissen für alle Arten raumbezogener Planungen in verständlicher und rasch zugänglicher Form aufzubereiten und vorzuhalten. Dies setzt voraus, dass die Kenntnisse

über die Eigenschaften und die Verbreitung der Böden flächendeckend vorliegen und die Auswirkungen alternativer Bodennutzungen auf die Umwelt prognostiziert werden können.

Mit der neuen Bodenübersichtskarte von Deutschland im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200) wird unter Federführung der BGR erstmals für die Gesamtfläche Deutschlands ein bodenkundliches Grundlagenkartenwerk nach einheitlicher Methodik von Bund und Ländern gemeinsam erstellt und herausgegeben.

Der Bestand der zugehörigen Flächen-datenbank wird auf dieser Maßstabsebene in den nächsten Jahren die bedeutendste Informationsgrundlage für den Bodenschutz darstellen. Die BGR kann dabei die Arbeiten der Länder schon im Vorfeld durch die Aufbereitung und Interpretation verfügbarer Informationen zur Landnutzungsart (CORINE Land Cover des Statistischen Bundesamtes) und zum Relief (Geomorphographische Karte Deutschlands 1 : 1 000 000) unterstützen. Auf diese Weise können den Ländern zukünftig Konzeptkarten bereit-

gestellt werden, die sowohl bei der räumlichen Abgrenzung als auch bei der inhaltlichen Beschreibung der Bodeneinheiten Hilfestellung bieten und somit die Fertigstellung des Kartenwerks wesentlich erleichtern werden.

Eine der wichtigsten zukünftigen Anwendungen der neu geschaffenen BÜK 200 besteht in der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, die im Dezember 2000 in Kraft getreten ist und die Mitgliedsländer der Europäischen Union u. a. zur Berichterstattung über den Belastungszustand von Grund- und Oberflächenwässern verpflichtet.

Eine zentrale, für diesen Zweck zu bestimmende Größe ist die mittlere jährliche Sickerwasserrate aus dem Boden, die primär durch den Bodenwasserhaushalt bestimmt und vorzugsweise mit bodenkundlichen Methoden ermittelt wird. Neben der quantitativen Bedeutung für die Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser bestimmt das Sickerwasser in entscheidender Weise auch die Verlagerung und Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen. Insbesondere für qualitative Aspekte des Gewässerschutzes ist die Sickerwasserrate deshalb eine entscheidende Eingangsgröße. Zu ihrer Bestimmung werden neben bodenkundlichen Standorteigenschaften auch Klimadaten sowie Informationen über die aktuelle Art der Landnutzung benötigt. Zur Ermittlung langjähriger Mittelwerte wurden in der Vergangenheit in mehreren Stufen einfach zu handhabende empirische Gleichungen entwickelt, die jedoch alle den Nachteil hatten, nur für ein begrenztes Spektrum an Standortbedingungen gültig zu sein bzw. nur für bestimmte Teilräume Deutschlands Ergebnisse hinreichender Genauigkeit liefern zu können.

Vor diesem Hintergrund wurde von der BGR ein Forschungsvorhaben mit dem Ziel gestartet, die Schwächen des bisherigen Verfahrens zu beseitigen und ein bundesweit anwendbares Alternativverfahren neu zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden Modellrechnungen mit einem Wasserhaushaltsmodell für eine Vielzahl von Standorten unterschiedlicher bodenkundlicher und klimatischer Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse aller Szenarien wurden mittels multipler Regressionsanalyse ausgewertet und neue Regressionsgleichungen abgeleitet, die verlässliche Schätzungen

der Sickerwasserrate aus dem Boden für die gesamte Bundesrepublik Deutschland erlauben. Die Ergebnisse des neuen Verfahrens wurden an langjährigen Gebietsabflüssen ausgewählter Einzugsgebiete unterschiedlicher Größe, Landnutzung, Bodeneigenschaften sowie geomorphologischer und klimatischer Bedingungen überprüft. Die gute Korrelation zwischen gemessenen und berechneten Werten zeigt an, dass die neu aufgestellten Verknüpfungen dem geforderten Anspruch deutschlandweiter Gültigkeit gerecht wird. Für bundesweite Themenkarten zum Bodenschutz wurde das neue Verfahren erstmals für eine Karte der mittleren jährlichen Sickerwasserrate aus dem Boden im Maßstab 1 : 2 000 000 im neuen Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) genutzt.

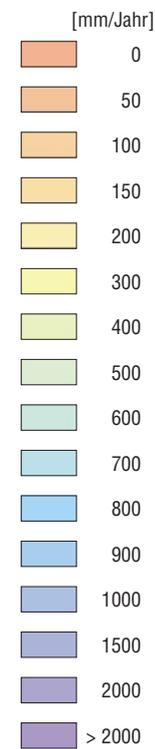
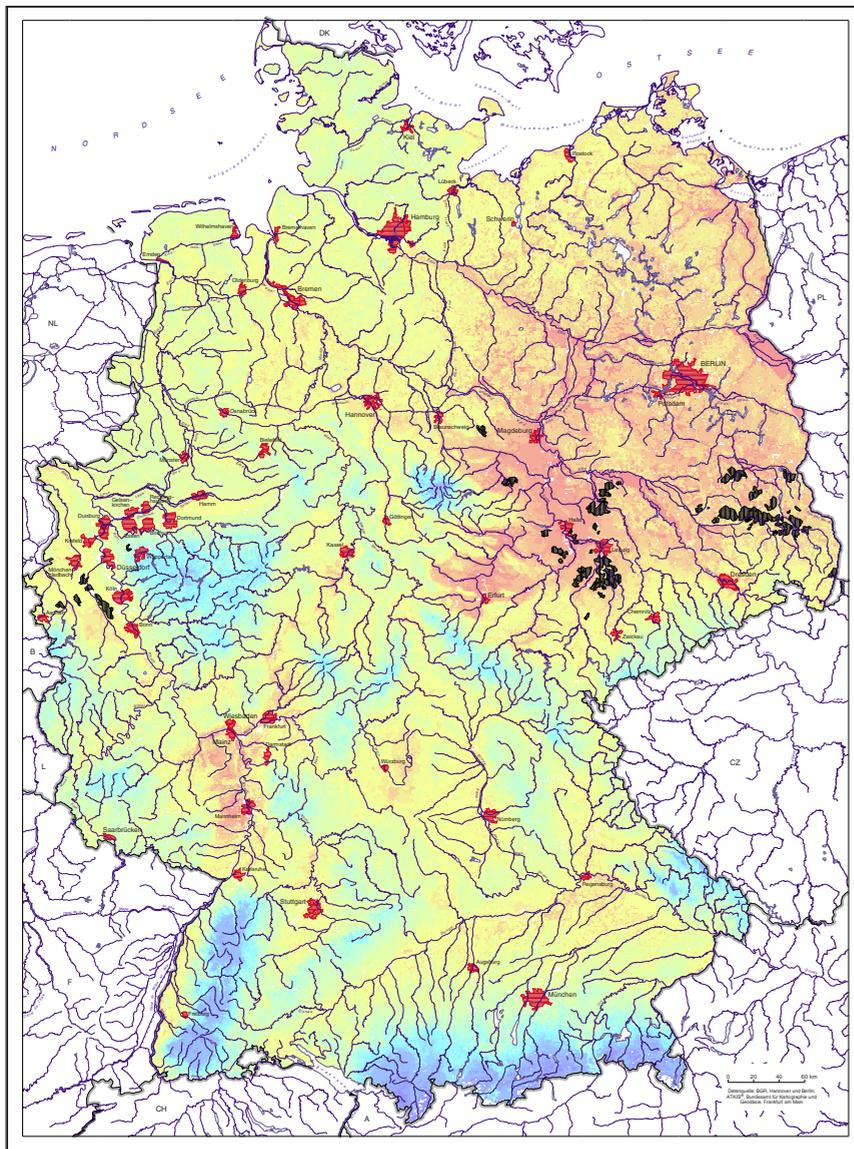
Die räumliche Verteilung der langjährigen mittleren Sickerwasserrate aus dem Boden in Deutschland ist vorrangig vom Niederschlag abhängig und wird zumeist erst an zweiter Stelle von den Einflussgrößen Nutzungsart und Bodeneigenschaften bestimmt. Maximalwerte im deutschlandweiten Maßstab werden in den Alpen sowie den Hochlagen der Mittelgebirge (Harz, Rheinischer Schiefergebirge, Schwarzwald, Bayerischer Wald, Thüringer Wald und Erzgebirge) erreicht. Minimalwerte von < 50 mm / a verzeichnen die ostdeutschen Trockengebiete in der Magdeburger Börde und im Thüringer Becken.

Für eine standortangepasste Nutzung der verfügbaren Grundwasserressourcen sind nicht allein quantitative Aspekte, wie die Bemessung der langfristigen mittleren Sickerwasserrate aus dem Boden, zu berücksichtigen, sondern es sind auch qualitative Aspekte, wie die Abschätzung mittel- bis langfristig zu erwartender Schadstoffgehalte im Grundwasser, die über die Notwendigkeit praktischer Maßnahmen zum Boden- und Grundwasserschutz entscheiden. In Mitteleuropa wird die Grundwassergüte über den Wirkungspfad „Boden – Grundwasser“ vor allem durch diffuse Verschmutzungsquellen, wie z. B. Pestizid- und Düngereinsatz in der Landwirtschaft, Klärschlammabbringung, atmosphärische Deposition von Schwermetallen, Säurebildnern oder Stickstoff, aber auch durch punktuelle Verschmutzungsquellen, wie Altlasten, bedroht. Deshalb ist es erforderlich,

Instrumente zur Vorhersage der Qualität der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der puffernden und filternden Bodeneigenschaften zu entwickeln und anzuwenden. Diesen Notwendigkeiten wird im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und in dem dazugehörigen untergesetzlichen Regelwerk, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Rechnung getragen. Mit ihrem Inkrafttreten wurden weitreichende Neuregelungen zur Beurteilung der von schädlichen Bodenverunreinigungen und Altlasten ausgehenden Gefahren wirksam, die auch auf die für den Pfad „Boden – Grundwasser“ anzuwendenden Verfahren und Methoden große Auswirkungen haben.

Für den Wirkungspfad „Boden – Grundwasser“ wird bei der ersten Gefährdungsabschätzung eines Standorts ein Verfahren eingeführt, das grundsätzlich zwischen dem Ort der Probenahme und dem Ort der rechtlichen Beurteilung (OB) unterscheidet. Als OB ist in diesem Zusammenhang der Übergangsbereich von der gesättigten zur ungesättigten Zone zu verstehen. Im Sinne der BBodSchV ist die „Abschätzung der von einer Verdachtsfläche ... ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Stoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone“ als „Sickerwasserprognose“ definiert. Grundsätzlich sind zur Prognose der zu erwartenden Frachten im Grundwasser verschiedene Verfahren anwendbar. Neben einer allgemein beschreibenden Vorhersage oder experimentellen Methoden, wie z. B. Perkolationsversuchen, kann die Sickerwasserprognose auch durch Anwendung von Stofftransportmodellen erfolgen, die sowohl die Möglichkeit zu lokal differenzierten als auch flächenbezogenen Aussagen und Prognosen bieten. Gegenüber einer verbalargumentativen Betrachtung besteht zudem der Vorteil, dass durch quantitative Angaben zu Konzentrationen und Frachten am OB direkte Abgleiche mit den Prüfwerten nach BBodSchV möglich sind.

Vor dem Hintergrund des BBodSchG und der BBodSchV werden in einem hausinternen Querschnittsprojekt von BGR und



Karte der mittleren jährlichen Sickerwasserrate aus dem Boden in Deutschland. Originalmaßstab 1 : 2 Mio., hier auf ca. 1 : 5,5 Mio. verkleinert.

Versiegelte Flächen in größeren Städten sind rot schraffiert, technogen gestaltete Böden, große Abbaufelder und Halden weisen eine schwarze Schraffur auf.

NLFB Methoden zur Sickerwasserprognose für die in der BBodSchV geregelten anorganischen Schadstoffe entwickelt und beispielhaft angewendet. Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt in der Beantwortung der Frage, ob und wie die räumliche Variabilität der Eingangsparameter und deren Unsicherheit bei der Sickerwasserprognose mit Stofftransportmodellen mit betrachtet werden müssen. Die Ausprägungen der für die Verlagerung grundwassergefährdender Substanzen entscheidenden Bodeneigenschaften können in einem betrachteten Landschaftsausschnitt unter Umständen im Bereich mehrerer Größenordnungen variieren. Diese Unschärfen der

Modelleingangsgrößen übertragen sich bei der Modellrechnung als Prognoseunsicherheit in die Modellergebnisse. Besonders bei flächenhaften Bodenbelastungen ist deshalb die Berücksichtigung von Variabilität und Unsicherheit von besonderer Bedeutung. Für Fragestellungen dieser Art bietet eine Kombination von deterministischen Modellen mit stochastischen Methoden, wie der Monte-Carlo-Simulation, die Möglichkeit, für einzelne Zielgrößen (z. B. Grenz- oder Prüfwerte) Eintrittswahrscheinlichkeiten und Vertrauensintervalle abzuleiten.

Im Rahmen eines Teilvorhabens des o. g. Querschnittsprojekts wurde eine Sicker-

wasserprognose in Form einer stochastischen Stofftransportmodellierung für das Schwermetall Cadmium im regionalen Maßstab unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Als Beispielgebiet wurde die Umgebung der Stadt Nordenham gewählt, die seit Beginn des 20. Jahrhunderts hohen Immissionen schwermetallhaltiger Stäube durch eine ortsansässige Blei- und Zinkhütte ausgesetzt war. Aus zahlreichen Untersuchungen der Vergangenheit sind sowohl die örtliche Belastungssituation der Böden als auch die sorptionsbestimmenden Bodeneigenschaften bekannt. Der Schwerpunkt des Vorhabens lag in dem Versuch, räumliche Variabilität und Prog-

noseunsicherheit der transportrelevanten Bodenparameter mittels geostatistischer Modellierung charakterisieren und bei der Simulation der Cadmium-Verlagerung berücksichtigen zu können. Dieser Ansatz erlaubt die Berechnung lokal variierender Prognosewerte, aus denen sich lokale Prüfwertüberschreitungswahrscheinlichkeiten ableiten lassen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die angewendeten Modellkonzepte geeignete Werkzeuge zur Beantwortung zahlreicher Fragestellungen im Sinne der BBodSchV darstellen. Im Untersuchungsgebiet Nordenham ist aus der zeitlichen Entwicklung der Cadmium-Frachten in der Grundwasserneubildung erkennbar, auf welchem Teil der betrachteten

Flächen innerhalb von 50 bis 150 Jahren mit eventuellen Überschreitungen des Prüfwertes der BBodSchV für Cadmium zu rechnen ist. Auf diese Weise können den Verantwortlichen vor Ort detaillierte Hinweise zur Notwendigkeit weiterer Untersuchungen oder eventueller Sanierungsmaßnahmen vermittelt werden.

## Bodenversiegelung und Schwermetallbelastung – hat eine der ältesten Oasen der Welt, die Damaskus-Ghouta, noch eine Zukunft?

Die Versorgung mit Trinkwasser ist ein Grundbedürfnis des Menschen, die Verfügbarkeit von Wasser geeigneter Qualität ist Voraussetzung jeder landwirtschaftlichen und industriellen Entwicklung. Besondere Probleme bei der Versorgung der einheimischen Bevölkerung mit Trinkwasser ausreichen-

der Qualität bestehen in den Ländern der arabischen Welt mit ihren ariden bis semiariden Klimaten und dort besonders in den großen Ballungsräumen, wo eine schnell wachsende Bevölkerung und eine Zunahme des individuellen Wasserverbrauchs die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen bedrohen.

Ein Beispielsgebiet, in dem die damit verbundenen Probleme hervortreten, ist der Ballungsraum Damaskus, in dem heute mit ca. 3,5 Millionen Menschen ungefähr ein Viertel der syrischen Gesamtbevölkerung lebt. Ihre Entstehung als Fluss-oase verdankt die Stadt dem Barada-Fluss, der ganzjährig Wasser aus dem Antilibanongebirge heranzuführt und östlich der Stadt in einer weiten Schwemmlandebene, der Damaskus-Ghouta, versickert. Auf den schweren, tiefgründigen Böden aus Fluss- und Seesedimenten der Damaskus-Ghouta werden in kleinbäuerlicher Wirtschaftsweise die Agrarprodukte zur Versorgung der Damaszener Bevölkerung erzeugt.

Syrien verharrte lange in den Strukturen eines sozialistischen Staates, der sich nur langsam der Moderne öffnete. Das Land befindet sich nun im Aufbruch in ein neues Zeitalter und entwickelt sich schrittweise hin zu einer modernen Gesellschaft. Fortschritt und Ressourcenschutz sind in vielen Ländern noch ein Widerspruch. Auch in der heutigen syrischen Gesellschaft ist der Gedanke an Umwelt- und Ressourcenschutz nur im Ansatz erkennbar.



Bewässerung mit Abwasser.

Die Schattenseite dieses Fortschritts ist der zunehmende Druck auf die schon jetzt immer knapper werdenden Ressourcen Wasser und Boden. Industrialisierung und Verstädterung des Landes während der letzten Jahrzehnte führten zu einer Konzentration von Industrieanlagen in den Randgebieten der großen Städte und zu einer zunehmenden Bodenversiegelung fruchtbarer Ackerlandes, so auch in der Damaskus-Ghouta.

Aufgrund der Wasserknappheit in der Region (mittlere jährliche Niederschläge von 260 mm) setzte man schon in der Vergangenheit neben Brunnenwasser das gesamte städtische Abwasser zur Bewässerung ein. Mit dem Abwasser gelangen zunehmend mehr Schadstoffe auf Obst- und Gemüseanbauflächen. Die hohe Chrombelastung auf den Feldern durch Abwasser im Bereich von Gerbereibetrieben ist hierfür ein eindringliches Beispiel.

Der Luftpfad ist eine weitere wirksame Quelle für den Eintrag von Schadstoffen kommunalen und industriellen Ursprungs. Die mehrheitliche Verwendung von verbleitem Benzin und der veraltete Bestand an Fahrzeugen repräsentieren dabei ein enormes Verschmutzungspotenzial. Die Schadstoffbelastung der Böden kann über verschiedene Wirkungspfade negative Auswirkungen für den Menschen haben. So können die Schadstoffe über den Verzehr von Nahrungsmitteln aus belasteten Bereichen oder über Trinkwasser, das aus belasteten Brunnen gewonnen wird, aufgenommen werden.

Die schweren Böden der Ghouta besitzen eine hohe Filterwirkung, deshalb besteht derzeit keine akute Gefahr für die Lebensmittelerzeugung und die Trinkwasserqualität. Dennoch sollte der Schadstoffeintrag durch eine Abwasseraufbereitung minimiert werden, um eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen Boden und Grundwasser sicherzustellen. Die Intensivierung der Landwirtschaft führte zu einem hohen, aber wenig kontrollierten Einsatz von Düng- und Pflanzenschutzmitteln, was eine stellenweisen Nitratbelastung der Grundwasserressourcen ergab. Weitere Folgen der Modernisierung sind die Übernutzung der natürlichen Grundwasserressourcen sowie die wachsende Verschmutzung der Landschaft.



*Abwasserkanal und Verschmutzung der Landschaft.*

Aktivitäten der BGR haben in diesem Umfeld zwei Zielsetzungen: einerseits sollen die verantwortlichen Instanzen für die beschriebene Problematik sensibilisiert werden, andererseits brauchen sie verlässliche Informationsgrundlagen und angemessene Empfehlungen für die weitere Landnutzungsplanung. Zu diesem Zweck arbeitet die BGR gemeinsam mit dem Arab Center

for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) in dem Projekt „Management, Schutz und nachhaltige Nutzung von Grundwasser- und Bodenressourcen“. ACSAD, mit Sitz in Damaskus, ist ein überregionales Institut der Arabischen Liga. Seine Aufgabe ist es, zu einer dauerhaften sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung der Partnerländer beizutragen.

Am Beispiel der Bodenbelastungen der Damaskus-Ghouta werden musterhafte Lösungen für gleichartige Probleme in weiten Teilen der arabischen Welt entwickelt. Diese betreffen vor allem:

- ◆ Konzepte und Methoden zur Ermittlung der Schadstoffgehalte im Boden,
- ◆ die Bewertung der festgestellten Belastungen nach bestehenden Grenzwertkonzepten und
- ◆ die Ableitung von Empfehlungen für eine verbesserte und zukunftsorientierte Landnutzungsplanung.

Diese Ziele werden erreicht, indem ACSAD's Rolle als kompetenter Berater für grundwasser- und bodenbezogene Fragestellungen nationaler Institutionen der arabischen Region hervorgehoben und gestärkt wird. Den ACSAD-Fachkräften werden im Rahmen des Projektes geeignete methodische Werkzeuge und Leitlinien für Management, Schutz und nachhaltige Nutzung von Grundwasser- und Bodenressourcen vermittelt und somit das fachliche Know-how und das Umweltbewusstsein bei Fachkräften und folglich auch bei Entscheidungsträgern und in der Gesellschaft gestärkt.



## *Mineralische Rohstoffe*

---

*Gebäude bestehen aus Stahl, Sand und Kies.  
Computer würden ohne Metalle nicht funktionieren.  
Artikel des täglichen Bedarfs ständen ohne  
ausreichende Rohstoffe nicht in der uns  
gewohnten Vielfalt zur Verfügung.*

*Die Grundbedürfnisse unserer Gesellschaft sind  
ohne Geowissenschaften nicht zu befriedigen.*

---



## Mineralische Rohstoffe – Basis unserer Rohstoffindustrie

Die Reserven und Ressourcen von mineralischen Rohstoffen, wie Metallen, Industriemineralen und Steine und Erden, sind zwar nicht erneuerbar und damit endlich, in der Regel aber nicht unmittelbar knapp. Leider sind Rohstoffe auf der Erde sehr ungleich verteilt. Globalisierung war daher schon immer ein wichtiges Konzept für die Rohstoffindustrie.

Im Gegensatz zu den Steinen und Erden sowie einigen Industriemineralen werden in den Industrieländern Europas aus geologischen, ökonomischen und ökologischen Gründen nur noch wenige metallische Rohstoffe bergmännisch gewonnen. Die Veredelung von Rohstoffen zu marktfähigen Produkten findet jedoch gerade in diesen Ländern statt. Somit benötigt Deutschland mineralische Rohstoffe aus aller Welt in einer breiten Vielfalt. Die Industrie stellt daraus Produkte für das tägliche Leben her, z. B. Metalle aus Erzen, Zement aus Kalkmergeln oder Glas aus Sand. Auch die Landwirtschaft benötigt mineralische Rohstoffe in Form von Düngemitteln. Berechnungen zufolge verbraucht ein Bundesbürger in seinem durchschnittlich 78-jährigen Leben 30 t Sand und Kies, 72 t Kalkstein, 39,5 t Stahl und 1,1 t Kupfer.

In Anbetracht der Bevölkerungszunahme und des zunehmenden Bedarfs an Konsumgütern muss heute nach neuen Rohstoffvorkommen oder nach Lagerstätten alternativer Materialien gesucht werden. Diese Aufgaben stellen sich auch im Hinblick auf den Bedarf für neue technologische Anforderungen oder Produktentwicklungen und auf die Diversifizierung des Rohstoffangebots. Letztere ergibt sich aus der Notwendigkeit einer möglichst ungestörten Versorgung mit den „strategischen“ mineralischen Rohstoffen, deren Vorkommen auf nur wenige Länder konzentriert sind oder deren Vorratslage mittelfristig nicht gesichert ist („Metalle kurzer Reichweite“). Auch die unvermeidlichen Umweltbelastungen beim Rohstoffabbau fordern die Geowissenschaftler heraus, Lösungsmöglichkeiten zu finden, damit der Eingriff in die Umwelt möglichst schonend gestaltet werden kann.

Die Anforderungen im Tätigkeitsbereich „Mineralische Rohstoffe“ sind vielseitig und wechselnd, sowohl im Hinblick auf die aktuelle Bedarfssituation, Verwertung und Verfügbarkeit von Rohstoffen, die mittelfristige Bedarfentwicklung und die unterschiedlichen Qualitätsanforderungen an einzelne Rohstoffe oder Rohstoffgruppen.

Aktuelle BGR-Projekte befassen sich mit strategischen Metallen (Platinmetalle in Zimbabwe, Südafrika, Albanien und im Polar-Ural), Metallen kurzer Reichweite (Hochtechnologiemetalle wie Germanium und Indium) und Industriemineralen (Zeolithe, Tonminerale, Phosphate), über die im Folgenden berichtet wird.

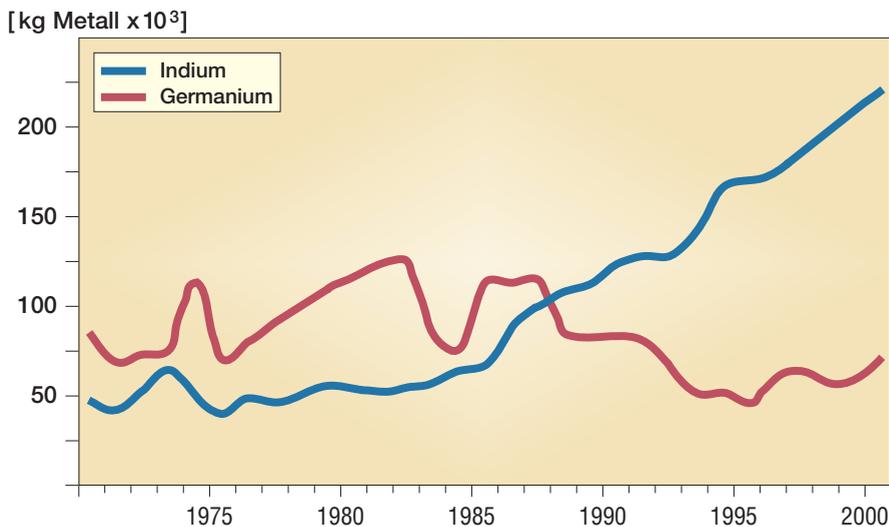


# Hochtechnologiemetalle – ein boomender Markt und eine Herausforderung für die Lagerstättenforschung

**H**and aufs Herz: wer weiß schon, dass bestimmte seltene Metalle unverzichtbare Bestandteile in alltäglichen Geräten unserer Informationstechnologie sind? Hochtechnologiemetalle wie Germanium und Indium werden zwar nur in geringen Mengen für Produkte wie Handys, Fernsehmonitore, LCD-Anzeigen oder optische Lichtleiter benötigt, aber ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften machen sie dort nahezu unersetzlich. Da Germanium und Indium als Beiprodukte aus einigen Zink-, Blei- und Kupfererzen gewonnen werden, hängt ihre Produktion maßgeblich von der Entwicklung des Buntmetallmarktes ab. Die heute bekannten Reserven würden – angenommen, der Verbrauch bleibt konstant – weniger als 20 Jahre ausreichen.

Germanium hat die elektrischen Eigenschaften eines Halbleiters. Die Entwicklung von Germanium-Transistoren führte dazu, dass der Markt von 1950 bis 1970 regelrecht boomte. Danach wurde Germanium in Transistoren zunehmend von hochreinem Silizium verdrängt. Seit einigen Jahren wird Germanium jedoch wieder verstärkt eingesetzt, vor allem in Glasfaserlichtleitern (50 %), als Katalysator in der Kunststoffproduktion (20 %) und in der Infrarottechnik, beispielsweise in Nachtsichtgeräten (15 %). In Zukunft wird mit stark zunehmendem Einsatz in der schnurlosen Telekommunikation gerechnet. Die Weltproduktion stieg im Zeitraum 1995 bis 2001 von 45 auf 70 Tonnen an (Abb. unten); dies steht einer Weltjahresproduktion von etwa 13 Millionen Tonnen Kupfer gegenüber. Da der Bedarf mit 100 Tonnen Germanium pro Jahr zur Zeit größer ist als die primäre Produktion, muss verstärkt nach neuen Gewinnungsstrategien gesucht werden.

Schwerpunkt eines BGR-Projektes sind Germanium-reiche Sulfiderze des Otavi-Berglandes in Namibia. Die Lagerstätte Tsumeb (Abb. rechte Seite), vor allem unter Sammlern bunter und seltener Mineralstufen bekannt, war von 1900 bis 1996 in Betrieb; ihr ursprünglicher Metallinhalt wird mit 2160 Tonnen Germanium angegeben, wovon lediglich 87 Tonnen gewonnen wurden. Ein Großteil des Germaniums ist heute in Schlackenhalden der Hüttenanlagen in Tsumeb gebunden und soll in Zukunft durch verbesserte technologische Verfahren gewonnen werden. Neue Lagerstätten, wie die seit 1995 im Abbau stehende Khusib-Springs-Lagerstätte, werden von der BGR auf seltene Metalle untersucht. Das Erz enthält bis zu 150 g/t Germanium, wobei die Hauptmenge in Germanium-führendem Colusit  $[Cu_{26}V_2(As,Ge)_6S_{32}]$  konzentriert ist. Die laufenden Untersuchungen der BGR werden durch Projekte der Hochschulvergabe an die Universitäten Gießen und Göttingen unterstützt.



Produktionsdaten von Germanium und Indium für 1969 bis 2000.



Tagebau im Eisernen Hut der Tsumeb-Mine.

Indium wird zu über 50 % als Hauptkomponente in elektrisch leitenden Schichten verwendet (Indium-Zinn-Oxide = ITO), die als LCD's für Uhren, Fernsehmonitore und Flachbildschirme stark steigende Marktanteile aufweisen. Einer Weltproduktion von etwa 220 Tonnen (2000) steht ein errechneter Bedarf von 250 Tonnen für 2005 gegenüber. Hauptverbraucher ist Japan, das über 75 % des Indiums zu ITO verarbeitet. Das Statistische Bundesamt verzeichnet für Deutschland seit 1995 stark steigende Importe an Germanium und Indium. Indium ist in der Erdkruste mit durchschnittlich etwa 0,06 g/t gleich selten wie Silber. Die geologischen Reser-

ven von etwa 2 600 Tonnen sind vor allem in Kanada und den USA konzentriert. Lagerstätten, in denen Indium als Beiprodukt der Zinkverhüttung gewonnen werden kann, sind beispielsweise an vulkanische Gesteine gebundene Kupfer-Zink-Sulfidlagerstätten sowie granitgebundene Zinn-Wolfram-Lagerstätten in Kanada und epithermale Lagerstätten in Japan.

Im Auftrag der BGR wurden von der TU Freiberg geologische, mineralogische und ökonomische Daten zu Indium recherchiert und in einem Buch veröffentlicht sowie eine lagerstättenkundliche Untersuchung der Maranda-Mine in

Südafrika durchgeführt. Die Arbeiten zeigten, dass diese Lagerstätte den höchsten bekannten Durchschnittsgehalt an Indium (323 g/t) enthält. Das Element tritt als Beimengung in Zinkblende und Kupferkies auf, wird derzeit aber nicht aus den Erzen gewonnen.

In ihrem Auftrag, die Versorgung Deutschlands mit Rohstoffen zu sichern, führt die BGR auch Projekte zur Exploration von seltenen Hochtechnologiemetallen durch. So werden Möglichkeiten der Gewinnung aus Buntmetallagerstätten aufgezeigt und Strategien zur Suche nach Anreicherungen dieser Metalle entwickelt.

# Chromerzvorkommen und Anreicherung von Platinmetallen im Balkan – Bewertung und ökonomische Chancen

Die konfliktreiche Entwicklung der letzten Jahre hat zu einem starken Einbruch der Bergbauproduktion in den Ländern des Balkans geführt. Die Reaktivierung dieses vormals sehr bedeutenden Wirtschaftszweiges kann einen wesentlichen Beitrag zur Wiedererlangung der wirtschaftlichen Stabilität leisten. Mit der damit verbundenen Bereitstellung von Arbeitsplätzen ist auch ein Rückgang der derzeitigen Migrations- und Abwanderungsbewegungen zu erwarten.

Ein wesentlicher Anteil an der Bergbauproduktion der Balkanländer entfiel früher auf den Chromerzbergbau. Im Rahmen einer umfassenden Studie der BGR über die Chromerz- und Platingruppenelement-Vorkommen Europas wurden auch die zahlreichen Lagerstätten in so genannten Ophiolithen des Balkans (Abb. unten) nach spezifischen Kriterien klassifiziert und bewertet. Ophiolith bezeichnet ehemalige ozeanische Kruste und darunterliegende Erdmantelanteile, die durch tektonische Prozesse in die Gebirgsbildung einbezogen worden sind.

Die Auswertung der Daten hat ergeben, dass nur die großen Chromit-Erzkörper mit ausgeprägter Falten tektonik (kontinuierlich aushaltende Erzlager) im untersten Abschnitt der Ophiolithkomplexe die Voraussetzung für einen industriellen Bergbau bieten. Diese Lagerstätten sind durch Erzreserven von mehreren Millionen Tonnen und hohe Chromgehalte gekennzeichnet. Lagerstätten dieses Typs sind aus Albanien, Makedonien und Griechenland bekannt. Für ihre Exploration sind strukturelle Analysen und computergestützte Modellierung von wesentlicher Bedeutung.

Die große Mehrheit der balkanischen Chromerzmineralisationen ist durch Bruchtektonik geprägt, die zu kleinen, unregelmäßig verteilten Erzlagern führt. Diese Vorkommen weisen zwar kleine Tonnagen (< 100 000 t), häufig jedoch eine hochgradige Erzkonzentration auf. Sie eignen sich deshalb für Kleinbergbau auf kooperativer Basis. Als wichtige Begleitmaßnahme für die Exploration wird die Heranziehung von erfahrenen Geologen mit profunden Kenntnissen über die Verteilung von Chromerkonzentrationen in den Ophiolithen empfohlen.

Der Abbau kleinerer Chromerzlagerstätten gewinnt an Bedeutung, wenn die Erze zusätzlich ungewöhnliche Anreicherungen der Edelmetalle Platin oder Palladium aufweisen. Zwei Mineralisationstypen mit Edelmetall-Anreicherungen von mehreren Gramm/Tonne wurden zuerst in Albanien erkannt: Platinmineral-Chromit-Assoziationen (Typ Bregu i Bibes, Nord-Albanien) und Palladium-angereicherte Sulfide in Chromititen (Typ Krasta, Zentral-Albanien). Sie sind auf den mittleren Abschnitt der Ophiolithkomplexe beschränkt. Aus einer detaillierten Untersuchung dieser Typlokalitäten und ihrer charakteristischen Merkmale wurden Parameter zur Suche nach ähnlichen Erzen abgeleitet und auf Chromerzvorkommen im gleichen geologischen Zusammenhang in anderen Gebieten des Balkans angewandt.



Vorkommen von Chromerzen und Platinmetallen (Platin, Palladium) im Balkan.

Dieses Verfahren hat bisher zum Nachweis weiterer Platin- und Palladium-Anreicherungen in Chromititen in Südost-Albanien und Griechenland geführt. Hinweise auf weitere mögliche Vorkommen in Albanien, Kosovo und Jugoslawien sollen zukünftig überprüft werden.

Der Abbau von kleineren Chromerzvorkommen mit Anreicherungen von Platin oder Palladium in gut organisiertem Kleinbergbau und in logistischer Kooperation mit größeren Chromitgruben im näheren Umfeld könnte profitabel werden, wenn eine kombinierte Gewinnung von Chrom und Edelmetallen in Erwägung gezogen wird. Dies trifft besonders für verschiedene Lagerstättenbezirke in Albanien, Makedonien und im Kosovo zu. Versuche im Labormaßstab zur Aufbereitung der Chromerze und Abtrennung der edelmetallhaltigen Phasen wurden bereits in der BGR begonnen.

## Aluminium-Phosphat-Sulfat-Minerale (APS) – eine Mineralgruppe nur für Sammler?

**T**ürkis ist vielen Menschen bekannt und für manche ein beliebter Halbedelstein. Wohlgestaltete Variscit-Kristallaggregate sind bei Sammlern ein begehrtes Objekt und ein Schmuckstück in ihrer Vitrine. Was kann man aber mit gelbbraunen Jarositkrusten anfangen oder wer hat schon einmal etwas von Florencit gehört?

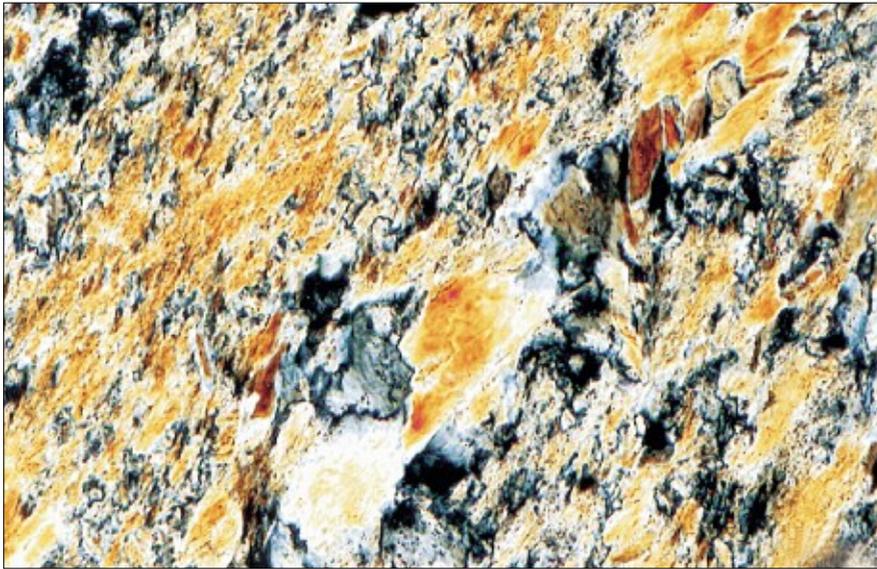
Sie eignen sich weder für einen Capochonschliff, noch wird ein Sammler sehr viel Freude mit dem unansehnlichen Jarosit-Gekrümel in seinem Hobbyraum haben. Jarosit kann aber für das Auge eines geschulten Umweltgeologen ein Hinweis auf eine von einer Abraumhalde ausgehende potenzielle Gefährdung des Wassers sein. Ein Lagerstättengeologe, andererseits, der sich etwas näher mit dem Material beschäftigt, wird zu einem gänzlich anderen Schluss kommen und dieses Mineral als ein Zeigermineral verwenden, das ihn auf den Pfad zu einer Buntmetall- oder Edelmetallagerstätte

führen kann, wenn er die Zusammensetzung kennt und die Entstehung des Minerals richtig zu deuten versteht.

Wenden wir uns wieder dem Mineral Florencit zu. Es sind nicht nur die umweltbelastenden oder lagerstättenanzeigenden Indizien, die von dieser Gruppe von Mineralen ausgehen, sondern sie können für sich auch Träger von Wertelementen sein, mit anderen Worten, man könnte mit dem Mineral selbst Geld verdienen, wenn es in genügender Menge vorliegt, und man die genaue Zusammensetzung des jeweiligen Aluminium-Phosphat-Sulfat-Minerals kennt. Beim Florencit sind diese wertschöpfenden Anteile im Mineral, die Seltenen Erden, wie der Name schon ausdrückt, gewissermaßen die „Apokryphen des Periodischen Systems der Elemente“. Selten sind sie jedoch nur in der Natur. Im täglichen Leben sind diese Elemente gar nicht so verborgen. Kein TV-Bildschirm flimmert ohne sie.

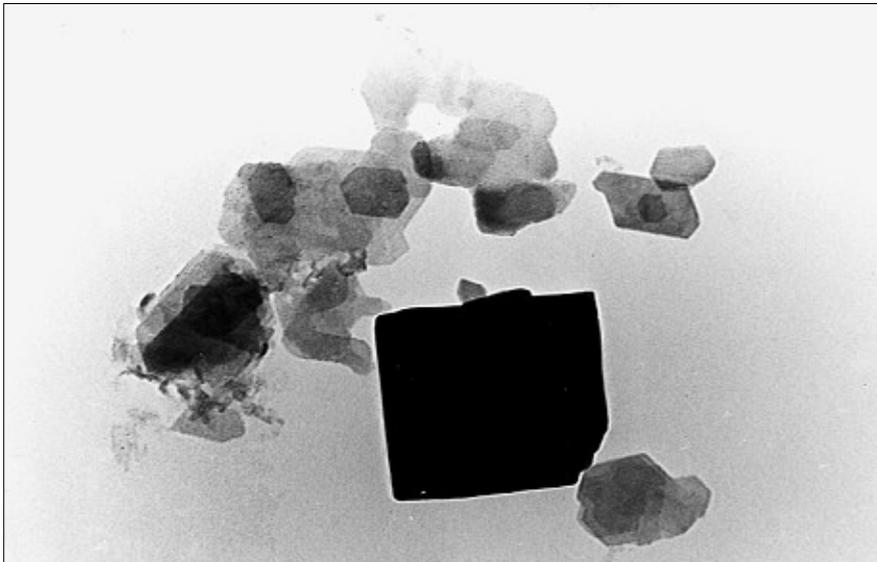


Alunitblöcke aus der Lagerstätte Mad Kiralhegy (Ungarn).



200 µm

*Textur eines Alunitgesteins aus dem Kaolini-Alunit-Vorkommen La Noemia in Peru unter dem Polarisationsmikroskop.*



1 µm

*TEM-Aufnahmen von pseudokubischem Alunit umgeben von Kaolinit (hexagonale Plättchen) aus der Lagerstätte El Sol 3, Peru.*

Ein gänzlich anderer Ansatz wird von Geowissenschaftlern der BGR verfolgt, die sich mit der „Endlagerproblematik“ auseinandersetzen müssen. Aluminium-Phosphat-Sulfat-Krusten enthalten nicht nur Seltene Erden, sondern auch das Element Uran. Das radioaktive Element ist fest in diese Mineral-Krusten eingebaut. Was vor Millionen von Jahren von der Natur selbst konzentriert wurde, liegt heute als Uran-Kleinlagerstätten z. B. im Sudan vor. Der Umkehrschluss zwingt sich förmlich auf. Warum kann der Mensch nicht die Natur kopieren, Schadstoffe in diese Minerale einkapseln und damit die Einwirkung dieser Stoffe auf zukünftige Generationen minimieren? Ein Gedanke, der in der Erforschung dieser Minerale und Verbindungen eine zunehmende Rolle spielt.

Man weiß vieles über die Entstehung der Aluminium-Phosphat-Sulfat-Mineralen. Wie sehen diese Minerale aber aus? Meist sind sie nicht sehr spektakulär, sieht man von den eingangs genannten Vertretern ab. Unter dem Polarisationsmikroskop wird die Sache schon etwas bunter (Abb. oben). Der Forscher gibt sich jedoch mit dieser Vergrößerung nicht zufrieden, besonders wenn es darum geht, die Zusammensetzung und den Aufbau des Minerals zu entschlüsseln. Er verwendet hierzu das Transmissions-Elektronen-Mikroskop (TEM) (Abb. unten) oder das Scanning-Elektronen-Mikroskop (SEM). Betrachtet man sich die vielfältigen Entstehungsbereiche in der Natur, die Anwendungsmöglichkeiten und den doch ziemlich großen Aufwand in der Untersuchung der Minerale, dann muss man sich die eingangs gestellte Frage, was die Beliebtheit dieser Mineralgruppe angeht, nochmals vor Augen führen.

**Fazit:**  
Nur zum Sammeln zu schade!

## „Erfassung und Untersuchung nichtmetallischer Rohstoffe“ – BGR-Experten in einem Seminar in der Mongolei

**M**ineralische Rohstoffe haben im Binnenland der VR Mongolei eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung; sie machen etwa 40 % des Industriesektors (etwa 10 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP)) und rund 60 % der Exporte aus. Außerdem tragen sie zu etwa 30 % zu den Staatseinkünften bei. Im Zuge des wirtschaftspolitischen Umstellungsprozesses besteht ein dringender Bedarf nach einer Neubewertung

aller Lagerstätten nach marktwirtschaftlichen Kriterien.

Im Rahmen des TZ-Projektes „Erfassung und Untersuchung nichtmetallischer Rohstoffe“ führte die BGR im März 2002 ein Seminar unter dem Titel „Vorratsberechnung und wirtschaftliche Bedeutung von Lagerstätten“ in Ulaanbaatar durch. Am Seminar nahmen Interessenten aus Industrie, Consultingfirmen,

Universitäten, dem Ministerium für Industrie und Handel sowie der Agentur für Bodenschätze (Geologischer Dienst und Bergbauamt) teil. Die Neubewertung von Lagerstätten ist neben den neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen das wichtigste Instrument, um ausländische und heimische Investoren für den Bergbau zu gewinnen.

## Erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch zur Tonmineral-Quantifizierung

**I**m Zuge der gestiegenen Qualitätsmanagement-Anforderungen ist die Teilnahme an Ringversuchen für BGR-Labors Routine. Ein besonders schwieriges Fachgebiet für solche internationalen Plazierungsvergleiche ist jedoch die Tonmineralogie, insbesondere die Quantifizierung. Ein gutes Abschneiden sichert hier die Qualität auf hohem Niveau.

Am 30. Januar 2002 wurde von der ChevronTexaco in Houston / Texas ein Aufruf für einen Ringversuch anlässlich der Jahrestagung der Clay Minerals Society of America in Boulder / Colorado verbreitet. Ziel war die Quantifizierung des Mineralbestandes von drei künstlichen Ton-Mischproben bekannter Zusammensetzung. Die gewählte Mineralpalette gilt als relativ typisch für die Bohrindustrie und wird als schwierig für eine Quantifizierung eingestuft. Der hohe Schwierigkeitsgrad ergibt sich vor allem aus der uneinheitlichen chemischen Zusammensetzung der beteiligten Tonminerale. Dies

führt dazu, dass eine Routineauswertung nicht erfolgreich sein kann. Hoher präparativer und apparativer Aufwand und vor allem Erfahrung in der Auswertung sind unabdingbar.

Am 27. Mai 2002 wurde das offizielle Ergebnis verkündet: Unser neu aufgebautes Tonminerallabor hat den 2. Platz belegt, ganz knapp hinter Dr. R. KLEEBERG aus Freiberg / Sachsen (Institut für Mineralogie der TU). Das ist im internationalen Vergleich eine hervorragende Platzierung, für solche Ergebnisse hatte man uns (bisher) nicht auf der Rechnung!

Um Erfolg zu haben, wurden zuverlässige Analysen benötigt: Röntgenbeugung, Röntgenfluoreszenz, Kationenaustauschkapazität, Korngrößenverteilung, Abtrennung einzelner Fraktionen und Infrarotspektroskopie.

Die Synthese der Daten war mit einem großen Rechercheaufwand verbunden,

weil die eingesetzten Schichtgitterminerale teilweise sehr untypische kristallchemische Zusammensetzungen aufwiesen. An den Grobfraktionen ließ sich die Rietveldmethode sehr gut verwenden. Dieses Verfahren berücksichtigt die gesamte Information einer Röntgenbeugungsanalyse. Bei den Gesamtproben konnten diese Quantifizierungen für bestimmte Minerale, wie Quarz, Feldspäte, Karbonate und Baryt, gut weiterverwendet werden. Mit Hilfe einer hierfür optimierten Auswertetabelle wurden die so berechneten – und bei den Feinfraktionen  $< 2 \mu\text{m}$  die abgeschätzten und interpolierten – Mineralanteile mit der chemischen Zusammensetzung verrechnet. Dies geschah für die abgetrennten Fraktionen einzeln. Zum Schluss wurde gemäß der Korngrößenverteilung ein theoretischer Gesamtmineralbestand berechnet und auf Plausibilität nochmals gegen die Chemie gerechnet und mit der Kationenaustauschkapazität abgestimmt.





*Erkundung der Meere  
und Polarregionen*

---

*Die Meere und Polarregionen bergen Rohstoffquellen, deren Ausmaß wir noch nicht abschätzen können.*

*Die BGR arbeitet in internationalen Forschungsprojekten mit und leistet so auch einen Beitrag zum Erhalt des Konsultativstatus Deutschlands im Rahmen des Antarktisvertragssystems.*

---



## Wissenschaftler der BGR erkunden Meere und Polarregionen

**W**arum fahren Geologen mit Schiffen vor den Küsten Chiles und Sabahs? Was gibt es im Polar-Ural zu entdecken? Und wieso braucht man einen Hubschrauber auf dem Gletscher? Solche Fragen treten sicherlich beim Lesen der folgenden Kapitel auf.

Das grundlegende Verständnis der plattentektonischen Prozesse und ihrer Auswirkungen auf unserer Erde zu verbessern und die Entwicklung von neuen Methoden zur Erkundung ihrer schwer zugänglichen Gebiete sind nur zwei Aspekte dieser Projekte. Daneben geht es auch um das Auffinden metallischer

Rohstoffe wie Chrom und Platin oder potenzieller neuer Energierohstoffe, wie Gashydrate. Ein Beitrag über den Zweck der Internationalen Meeresbodenbehörde erläutert rechtliche Zusammenhänge, die daraus erwachsen.

## BGR auf der Suche nach neuen Energieträgern

**A**nknüpfend an die langjährige Zusammenarbeit mit Malaysia wird das Tiefwassergebiet des Kontinentrandes vor Sabah, Borneo, von der BGR in Zusammenarbeit mit der malaysischen Erdölfirma Petronas auf mögliche Energierohstoffe hin untersucht.

In diesem Teil des Südchinesischen Meeres gibt es zum einen verbreitete Anzeichen für Methaneis (Gashydrate) im Meeresboden, das in seismischen Aufzeichnungen meist als so genannte „Meeresbodensimulierende Reflektoren (BSR)“ zu erkennen ist. Aber auch konventionelles Erdöl und Erdgas könnte in den steil verlaufenden Störungen des Gebietes angesammelt worden sein und damit zu den bestehenden umfangrei-

chen Vorkommen auf dem Kontinentalschelf zusätzliche Fördermöglichkeiten im Tiefwasserbereich eröffnen.

Abschätzung und Modellberechnungen möglicher Rohstoffvorkommen setzen immer das Verständnis der vorgefundenen Strukturen voraus. Auf den ersten Blick erscheint der Kontinentrand vor Nordwest-Sabah vergleichbar zu sein mit dem vor Südamerika oder Japan. Unter diese Kontinente taucht die Kruste des pazifischen Ozeans ab, bildet jeweils einen Tiefseegraben und schiebt Sedimente vor dem Kontinenthang auf.

Der entscheidende Unterschied zu Nordwest-Sabah ist, dass hier die untere Platte starke Hinweise auf einen kontinentalen Ursprung aufweist. Damit

müssen die sedimentären Schuppenstrukturen entweder als Überreste einer Kollision von Lithosphärenplatten kontinentalen Ursprungs oder durch seewärtige Rutschungen infolge der Sedimentauflast erklärt werden. Letztere sollten sich in einem seewärts geneigten Abscherhorizont widerspiegeln, der in den Messdaten bisher nicht vorgefunden wurde. Nachdem die Meeresbodenspreizung im Südchinesischen Meer vor etwa 17 Millionen Jahren endete, die Schuppenstrukturen aber deutlich jünger interpretiert werden, fehlen auch die treibenden Kräfte zur Erklärung einer Kollision. Möglicherweise stehen die vorgefundenen Strukturen in Zusammenhang mit einer Drehung Borneos, die bis in das späte Miozän, vor etwa 5 bis 6 Mio. Jahren, andauerte.

# Georadar vom Hubschrauber untersucht Gletscher in den Alpen

Für weiträumige Untersuchungen des Untergrundes schwer zugänglicher Gebiete bieten sich geophysikalische Messverfahren an, die vom Hubschrauber aus eingesetzt werden. Georadar hat hierbei als Untersuchungsverfahren in den letzten Jahren einen wichtigen Stellenwert eingenommen.

Seit 1995 verfügt die BGR über ein hubschraubergestütztes Radarsystem auf Basis der Pulsradartechnik, das an der TU Hamburg-Harburg entwickelt wurde. Dieses Messverfahren eignet sich bevor-

zugt für die Vermessung polarer Gletscher, bei der große Eindringtiefen gefordert sind. Das System wurde mehrfach erfolgreich für solche Aufgaben im Rahmen der Antarktisexpeditionen GEOMAUD und GANOVEX VIII eingesetzt.

Die Weiterentwicklungen dieser Messtechnik ermöglicht zur Zeit, die Mächtigkeit und Ausdehnung temperierter Gletscher der Alpen vom Hubschrauber aus zu bestimmen. Anhand dieser Größen können Massenbilanzen erstellt werden, die ein wichtiger Indikator für die globa-

len Klimaschwankungen sind. Die bisherigen Untersuchungen dieser Gletscher von der Eisoberfläche aus haben in den meisten Fällen nicht deren Mächtigkeit bestimmen können. Außerdem sind diese Begehungen mit einem hohen Risiko verbunden. Georadar-Messungen vom Hubschrauber hingegen sind relativ unproblematisch und schnell durchzuführen. Erste Georadar-Messungen vom Hubschrauber auf dem Careser Gletscher in Südtirol haben sehr erfolgreich die Mächtigkeit dieses Gletschers aus der Luft erfassen können.



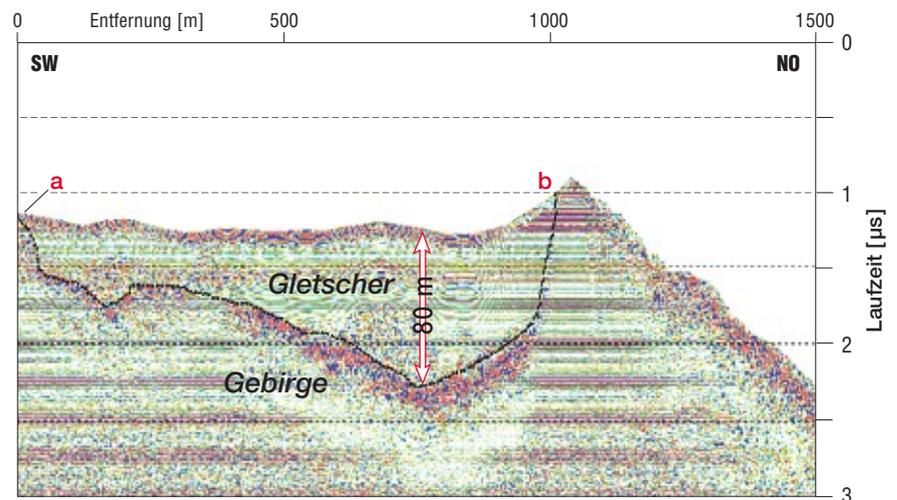
Hubschrauber mit dem Antennensystem des Georadars der BGR.

# Fluglinie über den Careser Gletscher im Ortler-Gebirgszug in Südtirol

Interne Strukturen dieser Gletscher können den Glaziologen Hinweise über Entstehung und Bewegungen der Gletscher geben. Um diese zu erkunden, gilt es, die Georadar-Messmethodik zu verfeinern. Weiterhin sind für viele Bereiche der geologischen Erkundung in der Hydrogeologie, Lagerstättenkunde und im Umweltschutz Kenntnisse über die oberflächennahen Strukturen der Erde von besonderem Interesse. Auch hier ist eine flächenhafte schnelle Ermittlung vom Hubschrauber gefragt.

Aus diesem Grunde führt die BGR weitere Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung der Georadar-Messmethodik durch.

In einem zur Zeit in der BGR laufenden Forschungsvorhaben wird ein neues Radarmessverfahren erprobt, das „stepped frequency“-Radarverfahren, ein Verfahren, das sich in der Satteliten-erkundung erfolgreich bewährt hat. Mit diesem Verfahren soll eine bessere Auflösung der oberflächennahen Strukturen erreicht werden.



Bestimmung der Mächtigkeit des Careser Gletschers, Ortler, Südtirol.

# Fossile Ozeankruste im Polar-Ural in Russland – Rohstofflieferant für Chromit und Platin?

**D**urch den Zerfall der Sowjetunion in unabhängige Teilrepubliken verlor Russland mit Kasachstan seine wichtigsten Chromit-Lagerstätten. Die Chromit-Vorkommen sind an so genannte Ophiolithe gebunden, die perlschnurartig entlang der gesamten Länge des Urals an der Erdoberfläche zu Tage treten. Ophiolithe sind Überreste ehemaliger ozeanischer Kruste, die durch plattentektonische Vorgänge auf kontinentale Kruste überschoben wurden. Neben Chromit kommen auch Platingruppenelemente als wichtige Rohstoffe vor. Allerdings kann längst nicht jeder Ophiolith als Rohstofflieferant genutzt werden. Einige plattentektonische Randbedingungen müssen bei der Entstehung der Gesteine erfüllt sein, damit eine genügende Anreicherung mit den genannten Erzen stattfinden kann.

In Zusammenarbeit mit zwei geologischen Instituten der Russischen Akademie der Wissenschaften (in Moskau und in Syktyvkar) führte die BGR zwei geolo-

gische Landexpeditionen in den Polar-Ural durch: PURE (Polar Urals Expedition) 2001 und 2002. Im Zielgebiet der Expedition, dem rund 150 km langen und 20 km breiten Voykar-Ophiolithmassiv, wurde die Verteilung der schon mit bloßem Auge erkennbaren Chromitanreicherungen und der tektonische Bau des Ophioliths untersucht.

Es stellte sich heraus, dass die ehemals flache Ozeankruste des Uralischen Ozeans während der Überschiebung auf die Osteuropäische Kontinentalplatte verkippt wurde und heute nach Osten einfällt. Dadurch wandert man im Gelände von Ost nach West in immer tiefere Zonen der ehemaligen Ozeankruste und des oberen Erdmantels, bis man eine große Störzone, die „Uralische Hauptstörung“, erreicht, an der der Ophiolith auf die kontinentale Kruste überschoben wurde.

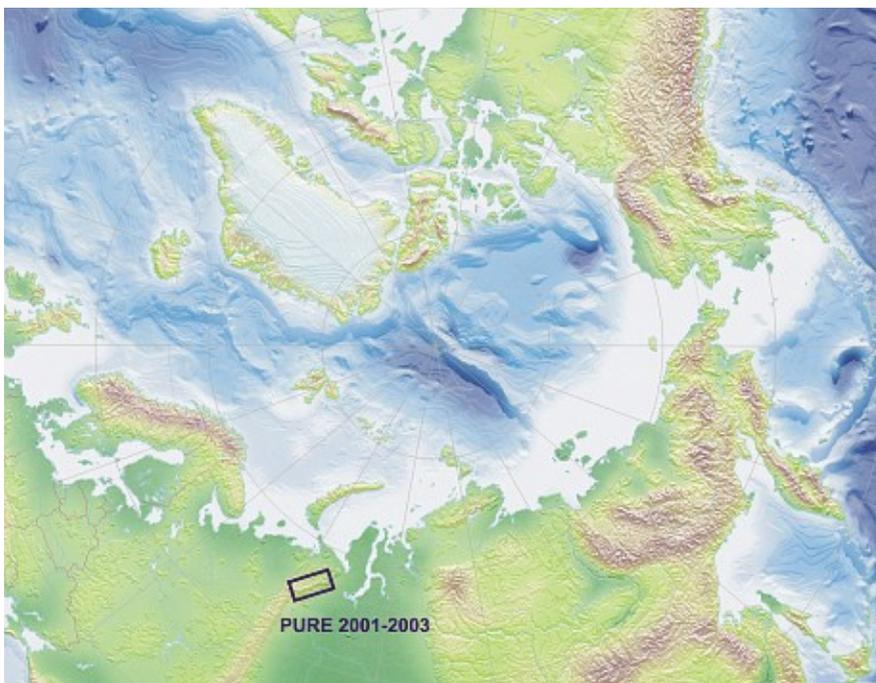
Die erste Expedition, PURE 2001, untersuchte das Voykar-Ophiolithmassiv an

seiner äußersten Südspitze. Hier fehlen die untersten und auch die obersten Teile der Ophiolith-Gesteinsabfolge – normalerweise bestehend aus Tiefseesedimenten, Basalten, basaltischen Gängen, Gabbros und Peridotiten (extrem kieselsäurearme Gesteine der unteren Kruste und des oberen Mantels) –, so dass im Gelände nur Gabbros und Peridotite in verschiedenen Varianten anstehen. Auch scheint der Ophiolith hier verfaultet und verschuppt zu sein, so dass nicht die Basis, sondern das Dach der Abfolge auf den osteuropäischen Kontinent überschoben wurde. Eine nennenswerte Anreicherung mit Chromit konnte nicht festgestellt werden.

Das Zielgebiet der zweiten Expedition, PURE 2002, lag im zentralen Bereich des Voykar-Ophiolithmassivs. Hier ist die vorgefundene Ophiolith-Abfolge vollständiger und umfasst basaltische Gänge, Gabbros und Peridotite. Im Übergangsbereich zwischen Kruste und Mantel, nahe der fossilen Moho, wurden Chromitanreicherungen in zwei Horizonten gefunden. Der liegende Horizont wurde bereits in den 1970er Jahren durch Schurfe und Bohrungen auf seine Lagerstättenqualität hin untersucht – und wieder aufgegeben. Der hangende Horizont war bislang in der Literatur nicht beschrieben. Er wurde während der Expedition aufgrund der geologischen Situation an dieser Stelle vermutet, gezielt aufgesucht und gefunden.

Die während beider Expeditionen entnommenen Proben werden unter dem Mikroskop untersucht und geochemisch analysiert. Zusammen mit der tektonischen Modellierung sollen die Analyseergebnisse aufzeigen, in welcher plattentektonischen Position der Ophiolith entstanden ist, um die Verteilung möglicher Rohstoffe besser einschätzen zu können.

In 2003 soll eine dritte und letzte Expedition in den nördlichen Teil des Voykar-Massivs durchgeführt werden, um die Verbindung des Voykar-Ophioliths zu dem chromitreichen Ophiolith des nördlich gelegenen Railz-Massivs zu überprüfen.



Lage des Arbeitsgebietes.

*Geologencamp im Voykar-Massiv.*



*Russische und deutsche Wissenschaftler untersuchen ein Bohrkernlager, das von Explorationsteams in den 1970er Jahren im Gelände zurückgelassen wurde.*



*Probenahme von Plagiogranit für die Altersbestimmung.*



# Rechts- und Fachkommission bei der Internationalen Meeresbodenbehörde – auf dem Weg zur geregelten Nutzung mariner Rohstoffvorkommen

Die Internationale Meeresbodenbehörde (IMB) mit Sitz in Kingston / Jamaika ist diejenige Organisation, die nach dem Internationalen Seerechtsübereinkommen (SRÜ) das „Gebiet“, d. h. den Meeresboden seewärts der Territorialgewässer und Ausschließlichen Wirtschaftszonen der Meeresanrainerstaaten, verwaltet.

Im Jahr 2000 hat das höchste Organ der IMB, die Versammlung, nach jahrelangen schwierigen Verhandlungen die Vorschriften zur Prospektion und Exploration von polymetallischen Knollen (auch Manganknollen genannt) im „Gebiet“ verabschiedet. Auf dieser rechtlichen Grundlage wurden anschließend zwischen IMB und so genannten Pionierinvestoren Verträge geschlossen, welche diesen die Exploration von Manganknollen in Lizenzgebieten gestattet. Die Vorschriften fordern von der IMB u. a. auch die Aufstellung und Überwachung

von Regeln und Vorschriften, die dem Umweltschutz während der Explorationsaktivitäten im „Gebiet“ dienen. Deshalb wurden auf der Grundlage einer vorangegangenen Tagung von Experten für marinen Umweltschutz 2001 und 2002 von der IMB Richtlinien zur Anleitung der Vertragsnehmer für die Ermittlung möglicher Umweltbeeinflussungen bei der Manganknollen-Exploration aufgestellt. Es steht dabei das Vorsorgeprinzip der Rio-Deklaration im Vordergrund. Die IMB wurde bei ihrer Arbeit wesentlich von der Rechts- und Fachkommission (RFK) des Rates der IMB, in der auch die BGR durch einen ihrer Mitarbeiter vertreten ist, beraten.

Da die Russische Föderation 1998 Rat und Versammlung der IMB aufgefordert hatte, auch für andere Ressourcen im „Gebiet“, namentlich hydrothermale polymetallische Sulfide und kobaltreiche Eisen-Mangan-Krusten, Vorschriften zur

Prospektion und Exploration zu erstellen, haben sich IMB-Sekretariat und RFK seit 2001 intensiv mit dieser Materie befasst. Workshops und Seminare unter Beteiligung renommierter Experten, auch aus Deutschland, wurden abgehalten und ein umfangreicher Katalog von Themen und möglichen Texten für ein späteres Prospektions- und Explorations-Regelwerk zusammengestellt. Verschiedene Arbeitsgruppen der RFK werden bis Mitte 2003 einen Textentwurf für das Regelwerk vorlegen.

Eine weitere Funktion der RFK ist die Begutachtung der Arbeitsberichte der Vertragsnehmer bei der IMB für die Manganknollen-Exploration. 2002 lagen solche Berichte erstmals vor. Die RFK hat Vorschläge zur Vereinheitlichung des Formats und zu Minimalanforderungen an den Inhalt zukünftiger Berichte gemacht.

## Hangrutschungen vor Chile – den Erdbeben auf der Spur

Der Kontinentalrand vor Chile ist tektonisch sehr aktiv; dort wird der pazifische Ozeanboden mit einer Geschwindigkeit von rd. 8 cm pro Jahr unter den südamerikanischen Kontinent geschoben. Dabei entsteht entlang der Koppelungszone beträchtliche Reibung, die immer wieder zu starken Erdbeben führt. Auch das Epizentrum des stärksten (Magnitude 9,5) in historischer Zeit registrierten Erdbebens von 1960 liegt hier, bei etwa 38° südlicher Breite. Dieses Gebiet ist Gegenstand einer

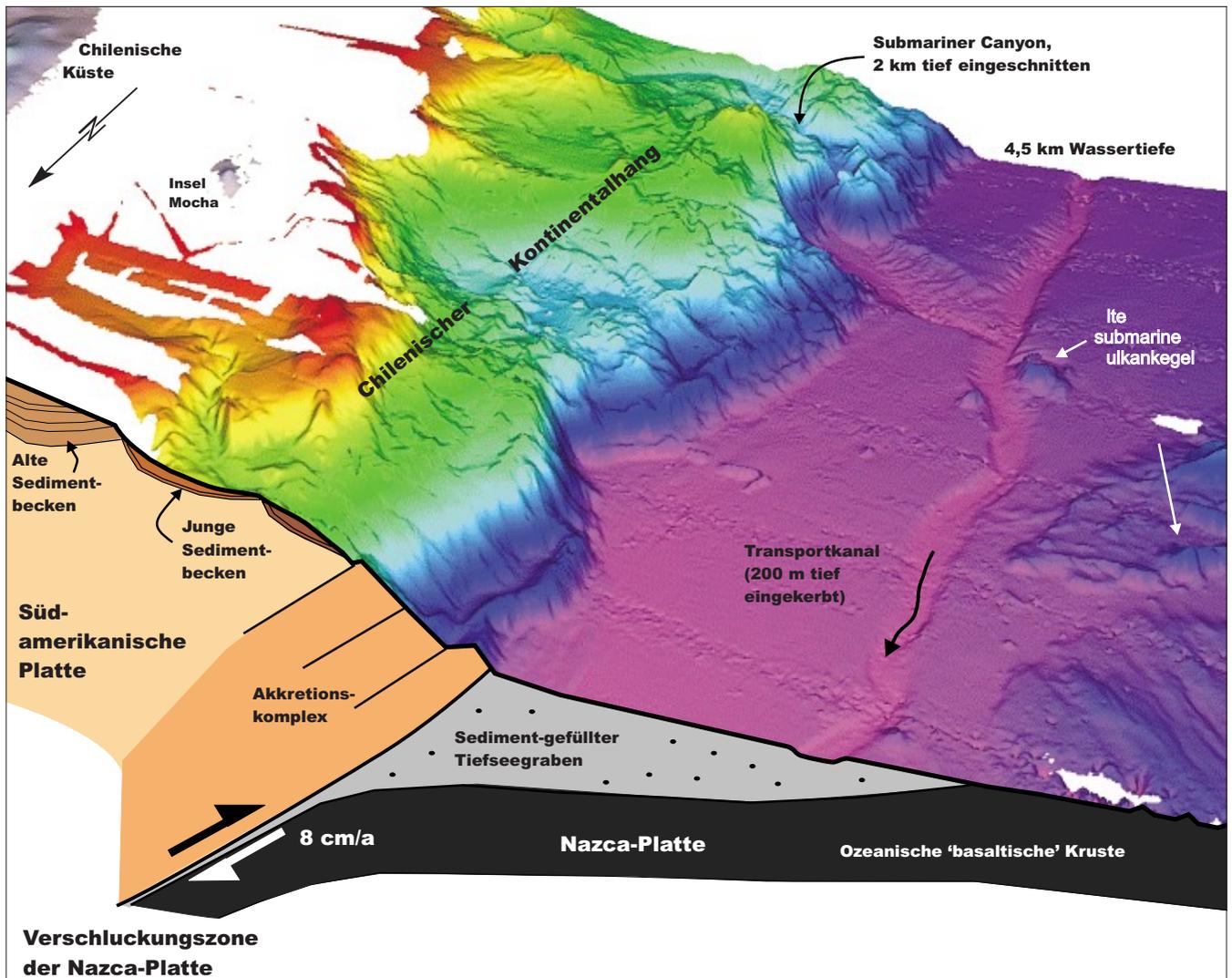
Forschungskampagne (SO-161) mit dem Forschungsschiff FS SONNE, welche in Kooperation mit chilenischen Universitäten, der staatlichen chilenischen Explorationsgesellschaft ENAP sowie der Freien Universität Berlin und dem GFZ Potsdam durchgeführt wurde. Geophysikalische Vermessungen mit Luftpulsern und Schleppsonden (Tiefenseismik, Magnetik, Gravimetrie) sollten Aufbau und Architektur der Kruste in mehreren Profilschnitten von der Küste bis zum Tiefseeegraben ermitteln.

Die bathymetrische Vermessung mit einem neuen System zeigt einen stark modellierten, kleinräumig zergliederten Hang mit ausgeprägten Hangbecken und mehreren untermeerischen Canyons, die bis 2 km tief in den Hang eingeschnitten sind. Die Hangneigung erreicht in einigen Arealen für submarine Verhältnisse ungewöhnlich hohe Werte von bis zu 20 Grad. Daraus lassen sich zum einen aktive bzw. junge kräftige Hebungen ableiten, deren Hebungsbeiträge zu ermitteln eines unserer Ziele ist.

Zum anderen ist mit großen untermeerischen Rutschungen zu rechnen, die durch Erdbeben an den Steilhängen ausgelöst werden können. Abhängig von ihrer flächenhaften Erstreckung stellen derartige Rutschungen ein beträchtliches Georisiko dar; sie können katastrophale Flutwellen (Tsunami) auslösen, die die benachbarten Küstenzonen verwüsten.

Im Tiefseeegraben und in den genannten Hangbecken werden die Rutschmassen wieder abgelagert. Sedimentkerne aus Bohrungen in diesen Hangbecken zeigen in der Tat eine Folge mehrerer Ereignisse von Massenumlagerungen – so genannter Seismoturbidite. Diese Lagen sollen mit Hilfe radiometrischer Methoden ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) mit dem Ziel einer überregionalen Zuordnung datiert werden.

Wenn es gelingt, einzelne dieser Horizonte großen historischen Erdbebenereignissen zuzuordnen, erhoffen wir uns, aus der marinen Ablagerungsfolge eine Erdbeben-geschichte (bzw. eine Geschichte der untermeerischen Hangkatastrophen) der vergangenen Jahrhunderte bis Jahrtausende erarbeiten zu können.



Bathymetrische Karte und schematischer Schnitt durch den aktiven Kontinentalrand vor Chile.





SONDERTHEMA *Klima*

---

*Das Klima fährt Achterbahn – nicht nur heute, sondern schon unzählige Male in der Erdgeschichte. Eislandschaften, wie hier in der Antarkis, bieten eindrucksvolle Zeugnisse von Extremen.*

*Ob der Mensch einen Einfluss auf kurzfristige Klimaänderungen hat, kann durch geowissenschaftliche Methoden untersucht werden.*

---



## Das Buch zur Klimaentwicklung

Das von 45 Mitarbeitern des GeoZentrums Hannover verfasste und im Jahr 2000 erschienene Buch „Klimafakten. Der Rückblick – Ein Schlüssel für die Zukunft“ hat eine unerwartet hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit hervorgerufen. Wegen der außerordentlich regen Nachfrage sind inzwischen drei Auflagen erschienen.

Das Buch hat in der Presse vielfach positive Besprechungen und in Fachkreisen weitestgehend Zustimmung gefunden, aber auch Widerspruch, der zu einem lebhaften, auch in der Presse geführten Disput geführt hat, dessen Schärfe aus unserer Sicht nicht immer für die öffentliche Darlegung der Klimathematik sachdienlich und angemessen war.



Die von der BGR mit diesem Buch vertretene Sichtweise hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung veranlasst, einen Vertreter des Hauses in den Arbeitskreis „Klimadiskussion“ des Sachverständigenkreises „Globale Umweltaspekte“ zu berufen. Dieser Arbeitskreis wird im Jahr 2003 eine Schrift unter dem Titel „Herausforderung Klimawandel – eine Bestandsaufnahme und Perspektiven der Klimaforschung“ herausgeben.

Das Buch „Klimafakten“ war Ende der 90er Jahre verfasst worden. Fortschritte in der Klimaforschung haben uns veranlasst, das Buch fachlich zu überarbeiten und zu ergänzen. Das Buch wird im Laufe des Jahres 2003 in seiner überarbeiteten, vierten Auflage erscheinen, für die bereits über 600 Vorbestellungen vorliegen.

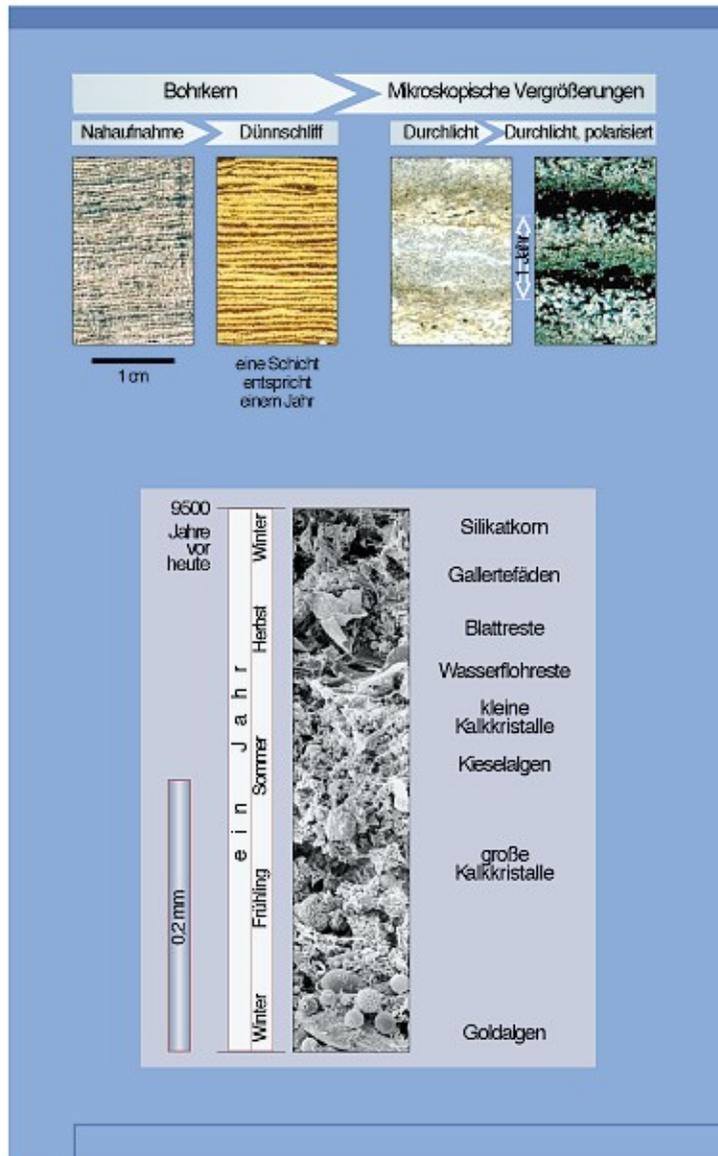
Wir nehmen diesen publizistischen Erfolg zum Anlass, ausgewählte Thematiken der aktuellen Klimaforschung mit unverminderter Intensität weiter zu bearbeiten. Im Vordergrund steht hierbei die Paläoklimaforschung, da nach unserer Auffassung nicht nur in der Geologie, sondern auch in der Klimaforschung das Leitprinzip gilt, wonach die geologische Vergangenheit den Schlüssel zum Verständnis von Gegenwart und Zukunft beinhaltet.

# geo.standpunkt – unsere Sicht zur Klimaentwicklung

Seit Beginn des Industriezeitalters, das maßgeblich durch die Verfügbarkeit fossiler Energieträger als billiger Energiequelle ermöglicht wurde, beobachten wir eine stete Zunahme des Kohlendioxidgehaltes in der Atmosphäre. Der Konzentrationsanstieg der populärwissenschaftlich so genannten „Treibhausgase“ – darunter das Kohlendioxid – in der Erdatmosphäre hat eine breite Diskussion in Wissenschaft und Öffentlichkeit zu der Frage verursacht, inwieweit diese Entwicklung sich auf die zukünftige Klimaentwicklung auswirken wird.

Die Frage nach der Klimazukunft lässt sich nur beantworten, wenn man das Klimasystem der Vergangenheit verstanden hat. In der gegenwärtigen Situation kann man nur von einem unvollständigen Verständnis sprechen, weil einige wesentliche, in der Erdatmosphäre ablaufende physikalische und chemische Prozesse nur unvollständig verstanden bzw. erforscht sind.

Geowissenschaftler können in besonderem Maße zur Klärung der Klimaverhältnisse in der Vergangenheit beitragen, weil sedimentären Ablagerungen – Meeressedimente, Eis, Sedimente von Binnenseen (vergl. nebenstehende Abbildung) – Informationen zur Klimavergangenheit, dem Paläoklima, entnommen werden können. Aus diesem Grund sah sich die BGR veranlasst, in ihrer Broschüre geo.standpunkt zur Frage der Ursachen der gegenwärtigen Klimaentwicklung Stellung zu beziehen.



oben: Jahreszeitlich geschichtete Seeablagerungen.

unten: Eine Jahresschicht unter dem Rasterelektronenmikroskop. Reste winziger Wassertiere, Algen und größerer Pflanzen, die im See oder seiner Umgebung leben, werden im Ablauf der Jahreszeiten in einer typischen Abfolge am Seeboden aufgeschichtet.

Aus geowissenschaftlicher Sicht erscheint es uns wichtig, die kurz-, mittel- und langfristige Variabilität des Klimas zu verdeutlichen, wie wir sie mit Hilfe unserer geologischen Klimaarchive belegen können. Diese Klimavariationen waren auch in Zeiten vor der industriellen Revolution und somit vor der Zeit gegeben, in der der Mensch zusätzliche Treibhausgase, wie zum Beispiel das Kohlenstoffdioxid, in die Atmosphäre entlassen hat. Damit ergibt sich von selbst die Frage, in welchem Maße die heute zu beobachtende Klimaerwärmung Teil einer natürlichen bzw. einer vom Menschen verursachten Schwankung ist.

Eine Klimaänderung, wie wir sie heute erleben, hat es auch in der Vergangenheit viele Male gegeben. Das mittelalterliche Klimaoptimum zum Beispiel ist bezüglich seiner Intensität, Verbreitung und Dauer gut belegt. Es hat ähnliche klimatische Verhältnisse in Europa hervorgerufen, wie wir sie auch heute erfahren.

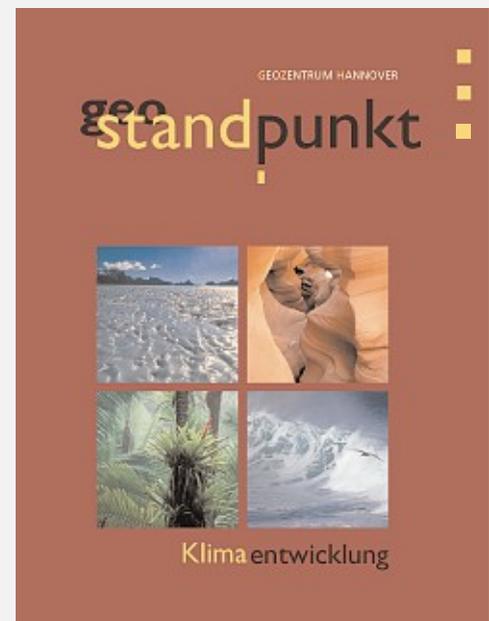
Die sogenannte „kleine Eiszeit“ im Spätmittelalter bzw. in der frühen Neuzeit ist ein Ereignis, das nicht nur durch geologische Befunde, sondern auch durch eine Vielzahl von historischen Aufzeichnungen belegt ist. Interessanterweise sind beide Klimaphasen, das mittelalterliche Klimaoptimum und die „kleine Eiszeit“ eng korreliert mit Variationen der Sonnenaktivität – ein Zusammenhang, den wir auch für andere Klimaschwünge im Holozän (den letzten 11 500 Jahren) immer wieder finden. Die heutige Phase der Klimaerwärmung geht ebenfalls mit einer Zunahme der Sonnenaktivität einher.

Selbstverständlich spielen auch andere Faktoren, wie z. B. Treibhausgase bzw. in die Atmosphäre verbrachte Stäube und Substanzen, bei der Beeinflussung des Klimas eine Rolle. Wie groß die Rolle einzelner, das Klima beeinflussender Faktoren ist, kann aus unserer Sicht noch nicht abschließend beurteilt werden, weil, wie schon erwähnt, die Wirkung einer Vielzahl natürlicher Prozesse auf das Klimageschehen nur unvollständig erforscht ist.

Ein uns wichtig erscheinender Punkt unserer geo.standpunkt-Broschüre berührt die zukünftige Verfügbarkeit fossiler Energiequellen, deren Verbrennung wesentlich zum Anstieg von Kohlendioxid in der Atmosphäre beiträgt. Unsere fossilen Vorräte sind endlich und werden zum Teil ab Mitte des 21sten Jahrhunderts zur Neige gehen. Diese Situation sollte uns zu einem sparsamen Verbrauch dieser Ressourcen führen.

Daher muss gelten:

Selbst falls sich der Einfluss des Treibhausgases Kohlendioxid auf die weitere Entwicklung des Weltklimas als weniger gravierend, als von einigen Klimaforschern postuliert, herausstellen sollte, so ist dennoch ein verantwortungsvoller Umgang mit unseren fossilen Energieressourcen ratsam, um unseren Nachfolgenerationen einen adäquaten Spielraum für eigenverantwortliches Handeln im energiewirtschaftlichen Sektor zu ermöglichen.







SONDERTHEMA

# *Geojahr*

---

*Die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Frau EDELGARD BULMAHN, hat das Jahr 2002 zum „Jahr der Geowissenschaften“ ausgerufen.*

*Ziel der zahlreichen Veranstaltungen war es, die Erkenntnisse, die Möglichkeiten und vor allem den Nutzen geowissenschaftlicher Aktivitäten allgemeinverständlich an die Bürger zu vermitteln. Auch die BGR hat ihre Tätigkeiten und Ergebnisse auf Straßen und Plätzen präsentiert. Hauptereignis war das dreitägige Rohstoff-Event auf dem Opernplatz in Hannover.*

---



## Das GeoZentrum Hannover und das „Jahr der Geowissenschaften“

Die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Frau EDELGARD BULMAHN, hat das Jahr 2002 – nach dem „Jahr der Physik“ (2000) und dem „Jahr der Lebenswissenschaften“ (2001) – zum „Jahr der Geowissenschaften“ ausgerufen.

Ziel der zahlreichen Veranstaltungen war es, die Erkenntnisse, die Möglichkeiten und vor allem den Nutzen geowissenschaftlicher Aktivitäten allgemeinverständlich an die Bürger zu vermitteln.

Die beteiligten Institutionen sollten ihre Areale verlassen und ihre Tätigkeiten und Ergebnisse auf Straßen und Plätzen, in Veranstaltungshäusern und Einkaufszentren verständlich präsentieren.

Als eine der großen deutschen geowissenschaftlichen Einrichtungen hat auch das GeoZentrum Hannover mit seinen drei Einrichtungen einen prominenten Platz bei den öffentlichen Präsentationen im „Jahr der Geowissenschaften“ eingenommen.



Wasserausstellung im Hauptbahnhof Hannover anlässlich des internationalen „Tag des Wassers“ im März 2002.

# Warum eine so intensive Öffentlichkeitsarbeit?

**A**ls nachgeordnete Behörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit wird die BGR mit ihren Aktivitäten als Element der technisch-ökonomischen Infrastruktur fast vollständig aus Steuergeldern finanziert.

Nun erschließen sich dem Bürger die Stichworte

- ◆ geotechnische Sicherheit / Endlagerung,
- ◆ nationales Datenzentrum Seismologie / Kernwaffenteststopp,
- ◆ Grundwasser,
- ◆ Energierohstoffe,
- ◆ Boden,
- ◆ mineralische Rohstoffe: Rohstoffwirtschaft / Rohstoffforschung,
- ◆ Erkundung der Meere und Polarregionen,
- ◆ Geomwelt- und Ressourcenschutz,
- ◆ geologische Schadensrisiken

nicht unmittelbar.

Welchen Nutzen kann der Bundesbürger für sich hieraus ableiten? Welche Arbeiten sind erforderlich, welcher Aufwand personell wie auch materiell steckt dahinter, um diese Leistungen zu erbringen?

Durch einfache und sehr anschauliche interaktive Experimente haben wir den interessierten Mitbürgern die einzelnen fachlichen Zusammenhänge wie auch unsere Tätigkeiten und darauf aufbauend den Nutzen für die Gesellschaft nahegebracht. Warum nicht einmal mit endlagerhöffigem Ton Figuren formen oder einen riesigen Salzklotz zerkleinern? Wie kann ich mit einem Hammer mein eigenes Erdbeben auslösen? Wo fließt das Grundwasser? Wie unterschiedlich kann sich der Boden unter meinen Füßen anfühlen? Kann man Minerale aus einem Sandgemisch automatisch sortieren? Welche Geräte und Techniken brauche ich zur Erforschung der Meere? Wie sieht ein Zelt in der Antarktis aus? Welche Gase messe ich an aktiven Vulkanen?

Besonders auf Kinder und Jugendliche waren die Präsentationen zugeschnitten. Spiele, Versuche, Quiz und Schatzsuche standen hier im Vordergrund. Darüber hinaus wurde auch eine zweite, tiefer gehende Informationsebene angeboten. Talkshows, Filme und Poster gaben inhaltliche Informationen zu den einzelnen Tätigkeiten und erklärten den Nutzen für unsere Gesellschaft.

Viele Veranstaltungen im Geojahr wurden bundesweit über das Internet sowie Radio- und Fernsehbeiträge beworben, andere beschränkten ihren Wirkungskreis auf die Region des Veranstalters.





## Auch zukünftig „Geowissenschaften zum Anfassen“?

Das „Jahr der Geowissenschaften“ im Jahr 2002 war für das GeoZentrum Hannover besonders spannend. Mehr als 200 000 Menschen haben bei Events, Ausstellungen und Vorträgen einen Einblick in das GeoZentrum Hannover erhalten.

Allein bei den Highlights, der Wasser- ausstellung im Foyer des Hauptbahnhofs Hannover, dem Rohstoffevent auf dem Opernplatz in Hannover, dem kleinen Rohstoffevent auf der Lister Meile und dem Tag der offenen Tür in Hannover - Buchholz konnten wir ca. 100 000 Besucher begrüßen. Bei den verschiedenen Veranstaltungen im ganzen Bundes- gebiet haben wir mindestens die gleiche Anzahl an Kontakten erzielt.

Die Medienresonanz hat die Publizität um ein Vielfaches erweitert. Die Begeisterung an geowissenschaftlichen Themen zeigt uns, dass der Informationsbedarf und auch das Interesse an den Geowissenschaften in der Bevölkerung sehr groß ist.

Sicher können wir nicht jedes Jahr in diesem Umfang auftreten. Eine starke und kontinuierliche Präsenz in der Öffentlichkeit ist jedoch auch zukünftig unser Ziel.





# Zahlen und Fakten

## Budget (Ist-Ausgaben)

- 2001** 60,4 Mio. € Haushaltsmittel, davon 12 Mio. € innerhalb externer Kooperationen und Projekte, also Drittmittel.
- 2002** 61,8 Mio. € mit 13,7 Mio. € aus Drittmittelprojekten.

## MitarbeiterInnenanzahl

- 2001** 740, davon 316 WissenschaftlerInnen.  
*Neueinstellungen:*  
46 Mitarbeiterinnen und 44 Mitarbeiter.
- 2002** 762, davon 331 WissenschaftlerInnen.  
*Neueinstellungen:*  
15 Mitarbeiterinnen und 42 Mitarbeiter.

## Auszubildende

- 2001** 18 Auszubildende, 16 weiblich und 2 männlich.
- 2002** 18 Auszubildende, 12 weiblich und 6 männlich.

Ausbildungszweige:

- ◆ *Fachangestellte für Büroorganisation,*
- ◆ *Chemielaboranten,*
- ◆ *KFZ-Mechaniker,*
- ◆ *Feinmechaniker und*
- ◆ *Kartographen.*



## Die Homepage der BGR

Anzahl der Dateien auf dem Web-Server: 13 860

- 2001** 3 500 424 Zugriffe auf Text-Dateien (Page-Impressions), durchschnittlich 9 590 pro Tag.
- 2002** 5 845 932 Zugriffe auf Text-Dateien (Page-Impressions), durchschnittlich 16 016 pro Tag.

## Die Fachbibliothek

Mit mehr als 347 000 Büchern und Zeitschriften sowie 117 000 Kartenblättern eine der größten geowissenschaftlichen Spezialbibliotheken der Welt.  
4 000 Neuzugänge pro Jahr;  
mehr als 1 000 Tauschpartner weltweit.

## Die Sammlung

Eine der größten geowissenschaftlichen Sammlungen Deutschlands;  
30 000 wissenschaftliche Originale;  
mehrere 100 000 Belegstücke (Fossilien, Gesteine, Mineralien);  
65 km Bohrkerne.

## GeoSport

250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nutzen das Sportangebot regelmäßig.

Die Sportgemeinschaft SBL der BGR bietet an:

- ◆ *Fußball,*
- ◆ *Haltungsschulung,*
- ◆ *Kegeln,*
- ◆ *Lauftraining,*
- ◆ *Schwimmen,*
- ◆ *Segeln,*
- ◆ *Taekwondo,*
- ◆ *Tischtennis,*
- ◆ *Volleyball,*
- ◆ *Yoga und*
- ◆ *Badminton.*

	<b>Präsident</b>	<b>Vizepräsident</b>	<b>Pressesprecher</b>	
<b>LB</b> Leiter Dienstbereich Berlin	<b>Abteilung Z</b>	<b>Abteilung 1</b>		<b>Abteilung 2</b>
	Zentrale Angelegenheiten	Rohstoffe Internationale Zusammenarbeit		Ingenieurgeologie, Geotechnik
	<b>Z.1</b>	<b>Fachgruppe 1.1</b>	<b>Fachgruppe 1.2</b>	<b>2.C</b>
	Personal	Internationale Zusammenarbeit, Grundwasser	Mineralische Rohstoffe, Energierohstoffe, Methodenentwicklung	Controlling Endlagerung
	<b>Z.2</b>	<b>1.11</b>	<b>1.21</b>	<b>2.1</b>
	Betriebstechnik, Innerer Dienst	Grundlagen der Internatio- nalen Zusammenarbeit, Controlling	Metallrohstoffe, Rohstoffwirtschaft	Felsmechanik, Baugeologie
	<b>Z.3</b>	<b>1.12</b>	<b>1.22</b>	<b>2.2</b>
	Organisation	Amerika	Nichtmetallrohstoffe, Explorationsmethoden	Bodenmechanik, Ingenieurseismologie
	<b>Z.4</b>	<b>1.13</b>	<b>1.23</b>	<b>2.3</b>
	Haushalt, Finanzcontrolling	Afrika	Energierohstoffe	Salzmechanik
	<b>Z.5</b>	<b>1.14</b>	<b>1.24</b>	<b>2.4</b>
	Beschaffung, Materialwirtschaft	Europa, Asien Ozeanien	Fernerkundung	Gebirgsmechanik im Bergbau
	<b>Z.6</b>	<b>1.15</b>	<b>1.25</b>	<b>2.5</b>
	Geowissenschaftliche Informationsdienste	Grundwassererkundung, Methodenentwicklung	Internationale Kartierung, Karten	Salzgeologie
	<b>Z.7</b>	<b>1.16</b>	<b>1.26</b>	<b>2.6</b>
	Bibliothek, Archiv	Grundwasserressourcen, Grundwasserdynamik	Bergwirtschaft, Bergbaumweltschutz	Geomechanik, Großnumerik
	<b>Z.8</b>	<b>1.17</b>		<b>2.7</b>
	Öffentlichkeitsarbeit, Schriftenpublikationen	Grundwasser- beschaffenheit, Grundwasserschutz		Berlin Informationsgrundlagen Ingenieurgeologie, Fachinformationssystem Endlagerung
	<b>Z.9</b>	<b>1.18</b>		
	Zentrale Informationstechnik	Berlin Hydrogeologisches Fachinformationssystem		

# Organigramm

... der BGR

Endlagerung  
radioaktiver Abfälle

Einzelprojekte  
Morsleben • Gorleben • Konrad

## Abteilung 3

Geophysik,  
Meeres- und Polarforschung

### Fachgruppe 3.1

Geophysikalische  
Forschung

#### 3.11

Seismologie

#### 3.12

Seismologisches  
Zentralobservatorium

#### 3.13

Lagerstätten-,  
Bergbaugeophysik

#### 3.14

Aerogeophysik

#### 3.15

Berlin  
Geophysikalische  
Methoden für das  
Ressourcenmanagement

#### 3.16

Marine seismische  
Messverfahren,  
Methodenentwicklung

#### 3.17

Marine nichtseismische  
Messverfahren,  
Methodenentwicklung

### Fachgruppe 3.2

Geologische  
Forschung

#### 3.21

Berlin  
Nutzung des  
tieferen Untergrundes

#### 3.22

Strukturgeologie

#### 3.23

Meeresgeologie,  
Tiefseebergbau

#### 3.24

Polargeologie

#### 3.25

Paläontologie,  
Sammlungen

## Abteilung 4

Geochemie, Mineralogie, Bodenkunde

### Fachgruppe 4.1

Geochemie

#### 4.11

Organische Geochemie,  
Organische Petrographie

#### 4.12

Geomikrobiologie

#### 4.13

Gasgeochemie,  
Isotopengeochemie

#### 4.14

Geochemische  
Informationstechnologie

#### 4.15

Geochemie,  
Gesteine und Erze

#### 4.16

Hydrogeochemie

#### 4.17

Berlin  
Internationale  
geochemische Forschung

### Fachgruppe 4.2

Mineralogie,  
Bodenkunde

#### 4.21

Technische Mineralogie,  
Sedimentologie

#### 4.22

Petrologie und  
Isotopengeologie

#### 4.23

Lagerstättenforschung

#### 4.24

Berlin  
Informationsgrundlagen im  
Boden- und Umweltschutz

#### 4.25

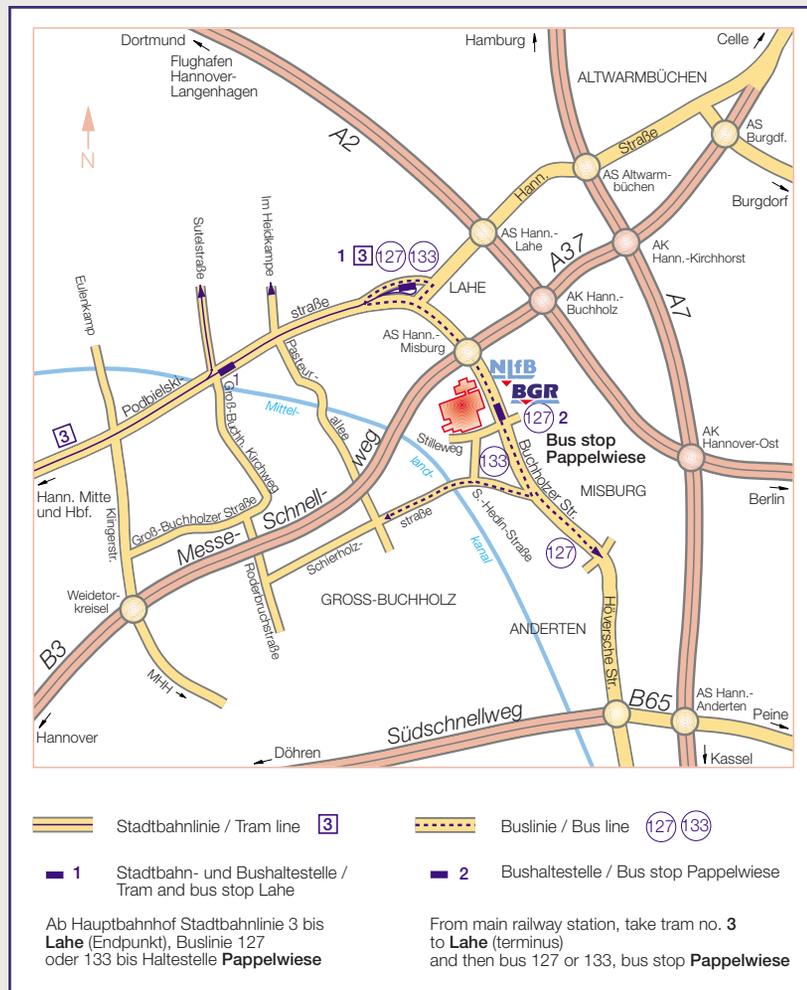
Bodennutzung,  
Bodenschutz,  
Bodenanalytik

#### 4.26

Bodenwasser,  
Stoffhaushalt

# Anfahrtskizze

... so finden Sie uns



**BGR** Bundesanstalt für  
Geowissenschaften und Rohstoffe  
Hannover

# Kontakt

Bundesanstalt für Geowissenschaften  
und Rohstoffe (BGR)  
Stilleweg 2  
30655 Hannover

Telefon (05 11) 6 43 – 22 99  
Telefax (05 11) 6 43 – 36 85  
Internet <http://www.bgr.de>

