



# TERRESTRISCHE POLARFORSCHUNG

DER BUNDESANSTALT FÜR  
GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE



<b>Vorwort</b>	3
<b>1 Fakten in Kürze</b>	4
1.1 Historie	4
1.2 Die BGR-Polargeologie: Fachliche Expertise und fundierte politische Beratung	6
1.3 Die Antarktis: Kontinent der Wissenschaft	8
1.4 Die Arktis: Internationale Kooperation über Staatsgrenzen hinweg	10
<b>2 Methoden: Mit Vielfalt zum Erfolg</b>	12
2.1 Strukturgeologie	12
2.2 Petrologie/Geochemie	13
2.3 Geochronologie	13
2.4 Sedimentologie	14
2.5 Aerogeophysik (Geomagnetik)	14
2.6 Geologische Kartierung	15
2.7 Fernerkundung	15
2.8 Marine Seismik	15
<b>3 Antarktis</b>	16
3.1 Das Herz Gondwanas	18
3.2 Vielfältige Projekte mit zahlreichen Partnern: Die BGR-Projekte in der Antarktis	20
3.3 Die Ostantarktis: Puzzle unter dem Eis	23
3.4 Gondwana: Lebenslauf eines Großkontinents	25
3.5 Bohrungen in der Antarktis: Geologische Erkenntnisse aus der Tiefe	30
<b>4 Arktis</b>	32
4.1 Schlüssel zum Erdsystem: Die Kontinente am Rand des Arktischen Ozeans	34
4.2 Die Erforschung der Landmassen rings um den Arktischen Ozean: Die BGR-Projekte in der Arktis	36
4.3 Klima auf der Achterbahn	38
4.4 Der nordamerikanische Kontinentrand - eine arktische San Andreas-Verwerfung	40
4.5 Spitzbergen: Eine Inselgruppe auf Reisen	44
<b>5 Das Nationale Polarprobenarchiv</b>	46
<b>6 Logistik</b>	48
6.1 Unverzichtbare Grundlage für die Polarforschung	50
6.2 Logistik in der Antarktis: Eigene Forschungsstation mit kleinem ökologischen Fußabdruck	52
6.3 Logistik in der Arktis: Starke Partner für Forschung unter herausfordernden Umständen	55
<b>7 Vernetzt im In- und Ausland</b>	58
<b>8 Glossar</b>	60

## VORWORT

Seit mehr als vier Jahrzehnten leistet die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) wichtige Beiträge zur Erforschung der Erdkruste in den Polargebieten und damit auch zu einem besseren Verständnis des Gesamtsystems Erde. Die BGR kooperiert bei ihrer geowissenschaftlichen Forschung mit in- und ausländischen Institutionen. Als Ressortforschungseinrichtung unterstützt sie die Bundesregierung bei der Weiterentwicklung des Antarktis-Vertragssystems und der Stärkung von Mitspracherechten bei wirtschafts-, umwelt- und forschungspolitischen Entscheidungen in Bezug auf die arktischen Gebiete.

Die Forschungsarbeit in den Polarregionen ist geprägt durch unterschiedliche politische, wissenschaftliche und logistische Herausforderungen. Als gemeinsames Erbe der Menschheit ist die Antarktis durch internationales Recht geschützt. Jegliche Ausbeutung von Rohstoffen ist hier untersagt. Die BGR betreibt im Rahmen ihres GANOVEX-Forschungsprogramm terrestrische Grundlagenforschung und untersucht die Struktur, den Aufbau und die erdgeschichtliche Entwicklung des antarktischen Kontinents.

Die Sommerstation GONDWANA der BGR an der Terra-Nova-Bucht des Rossmeeres dient dabei als Basis für die wissenschaftliche Forschung, die in Kooperation mit internationalen Partnern durchgeführt wird.

Im Gegensatz zur Antarktis sind die Landgebiete der Arktis und Teile des Arktischen Ozeans Hoheitsgebiete der Anrainerstaaten. Daher ist die BGR bei ihren Forschungsprogrammen und Expeditionen an Land und zur See auf intensive Zusammenarbeit mit den jeweiligen Nationalstaaten angewiesen. Zusätzlich wächst auch in der Arktisforschung hinsichtlich der steigenden finanziellen Aufwendungen zunehmend die Bedeutung internationaler Kooperationen. Ein gutes Beispiel dafür ist das seit 1992 laufende CASE-Programm unter Federführung der BGR. An den Forschungsarbeiten zur geologischen und plattentektonischen Entwicklung des gesamten arktischen Raumes haben in den zurückliegenden Jahrzehnten bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Partner-Institutionen teilgenommen. Vorbildfunktion hat auch die bilaterale Forschungsk Kooperation zwischen Deutschland und Kanada. Hier arbeiten die BGR und der Geologische Dienst von Kanada, GSC, bei ihren Untersuchungen zum geologischen Aufbau der kanadischen Arktis eng zusammen.

Mehr als 40 Jahre Polarforschung der BGR – das steht sowohl für hohe fachliche Expertise und fundierte politische Beratung als auch für enge Partnerschaft und hohe wissenschaftliche Sichtbarkeit in der Forschung.

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



# 1 FAKTEN IN KÜRZE

## 1.1 HISTORIE

**1973**

Erste geophysikalische Forschungen der BGR im Nordatlantik zur Erkundung des Kohlenwasserstoffpotentials von Kontinenträndern

**1976**

Erste geowissenschaftliche Antarktisforschung der BGR im Rahmen von US-amerikanischen Expeditionen

**1978**

Erste deutsche seegeophysikalische Expedition in antarktischen Gewässern nach dem 2. Weltkrieg durch die BGR

**1979**

Beitritt der Bundesrepublik Deutschland zum Antarktis-Vertrag

**1979/1980**

Erste Landexpedition (GANOVEX) ins Nordviktoraland: Beginn der terrestrischen Polarforschung der BGR

**1980**

Errichtung der Lillie-Marleen-Hütte auf Mount Dockery am Lillie Gletscher im Nordviktoraland

**1981**

Aufnahme der Bundesrepublik Deutschland in die Runde der Konsultativstaaten des Antarktisvertrages

**1983**

Errichtung der Gondwana-Station an der Terra-Nova-Bucht

**1984/85**

Die BGR führt mit GANOVEX IV die erste umfassende, kombinierte geophysikalisch-geologische Expedition ins Nordviktoraland durch

**1987/88**

Ausweitung der Antarktisforschung auf die Shackleton Range (Weddellmeer-Gebiet) mit der Expedition GEISHA

**1988/89**

Erweiterung der Gondwana-Station zum Mehrcontainerbau

**1988 & 1991**

Erste geowissenschaftliche Arktisforschung im Rahmen einer Expedition der Universität Münster 1988 und der Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition SPE '91 nach Spitzbergen

**1990**

Integration von Personal und Arbeitsschwerpunkten der geowissenschaftlichen Antarktisforschung der DDR in die BGR Polarforschung

**1992 & 1994**

Beginn des CASE-Programms auf Spitzbergen und Nordgrönland



**1995/1996**

Ausweitung der antarktischen Forschungsaktivitäten vom Nordviktoraland (Rossmeer-Gebiet) und der Shackleton Range (Weddellmeer-Gebiet) auf das Dronning Maud Land (GeoMAUD).

**1997-1999**

Durchführung der internationalen Forschungsbohrung „Cape Roberts Project“ im Rossmeer unter Beteiligung der BGR

**1998-2003**

Ausdehnung der arktischen Forschungsaktivitäten auf den polaren Ural (Russland) und auf Ellesmere Island (Kanada). Erste kombinierte terrestrisch-marine geowissenschaftliche Expedition der BGR in die Naresstraße.

**2002/2003**

Antarktis: Ausdehnung der Arbeiten auf den Lambertgletscher in der Ostantarktis (PCMEGA).

**2006/07**

BGR beteiligt sich an der internationalen Forschungsbohrung ANDRILL im Rossmeer

**2008/09**

BGR beteiligt sich im Rahmen des Internationalen Polarjahrs 2007-09 an AGAP (Gamburtsewgebirge) in der Hochantarktis

**2009/10**

Die BGR beginnt mit ersten hochauflösenden aeromagnetischen Detailbefliegungen im Nordviktoraland im Rahmen von GANOVEX X

**ab 2010**

Ausdehnung der Forschungsarbeiten im Rahmen des CASE-Programms auf die Neusibirischen Inseln (russische Arktis) und Ellef Ringnes Island, Yukon North Slope und Banks Island in der kanadischen Arktis

**2010/2011**

Beginn des Forschungsprogramms GEA in Kooperation mit dem AWI im Dronning Maud Land der Ostantarktis

**2015-2017**

Hauptphase der Renovierung und umweltgerechten, technischen Modernisierung der Gondwana-Station

**2017**

BGR und AWI beginnen mit der geologisch-geophysikalischen Erkundung von möglichen Bohrlokalationen unter dem Ekström-Schelfeis (Sub-EIS-Obs)

**2017**

Bisher umfangreichste geowissenschaftliche Land-Expedition seit Beginn der terrestrischen Arktis-Forschung der BGR an den Nordrand von Ellesmere Island, Kanada (CASE 19)



## 1.2 DIE BGR-POLARGEOLOGIE: FACHLICHE EXPERTISE UND FUNDIERTE POLITISCHE BERATUNG

**In der Polarforschung hat sich Deutschland in den vergangenen mehr als 40 Jahren einen guten Ruf erworben. Gestützt auf aufwändige Programme an beiden Polen und die Arbeit von Hunderten von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kann das Land eine einflussreiche Rolle spielen, wenn die Zukunft von Arktis und Antarktis verhandelt werden.**

Nachdem die ehemalige DDR bereits 1974 dem Antarktisvertrag beigetreten war, folgte ihr die alte Bundesrepublik im Jahre 1979 und startete ein ehrgeiziges Polarforschungsprogramm. In den vergangenen mehr als vier Jahrzehnten erweiterte Deutschland sein Engagement in Antarktis und Arktis ständig und gilt heute als führende Forschungsnation. Deutschland zählt zu den Konsultativstaaten des Antarktisvertrages und ist ebenso aktiver Beobachter im Arktischen Rat, in dem die Staaten und indigenen Völker der Arktis organisiert sind. In ihren „Leitlinien deutscher Arktispolitik“ aus dem August 2019 betont die Bundesregierung, dass sie „größere Verantwortung für den Arktischen Raum“ übernehmen will. Bereits in der Denkschrift von 2011 „Deutsches Engagement für den weißen Konti-

Starke Schneedrift im Helliwell Hills Camp während der Antarktisexpedition GANOVEX XI.



nent“ betonte die Regierung, dass Deutschland „dem Schutz der Antarktis auch in Zukunft verpflichtet“ bleibe.

Die Forschung ist eines der Instrumente, mit denen sich Deutschland Gewicht an den Polen verschafft, ohne dort selbst territoriale Ansprüche zu haben. Durch intensive Polarforschung in der Antarktis dokumentiert Deutschland Interesse an der Region, das laut Antarktisvertrag den Konsultativstatus eines Staates begründet. In der Arktis unterstützt ein derartiges Engagement, den Status eines Beobachters beim Arktischen Rat zu erlangen, der zwar nicht mitentscheiden, aber mitdiskutieren und beraten kann. Die BGR stellt zusammen mit dem Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Projektförderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) den Kern der diversifizierten Polarforschungsszene in Deutschland dar. Ihre Forschung trägt nicht nur zum besseren Verständnis der Polarregionen bei, sie sichert Deutschland auch Mitspracherechte in den Gremien, die über die Zukunft von Arktis oder Antarktis entscheiden. Die BGR hat zudem den Auftrag, die Bundesregierung in geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragen zu beraten und sie mit Informationen aus erster Hand zu versorgen, wenn sie sich zu entsprechenden internationalen Fragen positionieren will.

Über das deutsche Nationalkomitee SCAR-IASC, welches die beiden Internationalen Wissenschaftsräte SCAR in der Antarktis und IASC in der Arktis auf nationaler Ebene spiegelt, wird für die Integration der deutschen Wissenschaft in die internationale Forschungsagenda gesorgt. BGR und AWI verfügen über die Infrastruktur und die logistischen Mittel, die für Forschung in den entlegenen und lebensfeindlichen Polargebieten nötig sind, und stellen diese auch Forscherinnen und Forschern von Universitäten und anderen Institutionen zur Verfügung. So haben diese die Möglichkeit, an Expeditionen in die Polargebiete teilzunehmen.

Da Forschung häufig auf internationale Vernetzung und Zusammenarbeit angewiesen ist, die gemäß Artikel 2 des Antarktis-Vertrags explizit gewünscht sind, nehmen an den Polarexpeditionen auch regelmäßig internationale Partner teil. Dieses Konzept hat die BGR auf ihre Arktisaktivitäten übertragen. So ist in den vergangenen Jahrzehnten ein ausgedehntes Netz aus nationalen und internationalen Kooperationspartnern entstanden. Mit ihm kann das BGR-Team alle Aspekte zur Erforschung der komplexen Fragestellungen abdecken, die die Bundesanstalt in den Polarregionen bearbeitet. Die internationalen Kontakte erlauben es überdies, Ressourcen und regionale und internationale wissenschaftliche Expertise zu bündeln und so trotz steigender Kosten weiterhin anspruchsvolle Expeditionen durchzuführen.

Dabei zieht es Forscherinnen und Forscher der BGR regelmäßig in die wissenschaftlich spannendsten und oft entlegensten Gebiete der ohnehin schwer erreichbaren Pole. Seit dem Beitritt zum Antarktisvertrages durch die Bundesrepublik 1979 und der Gründung des AWI 1980 gibt es zwischen der BGR und dem Bremerhavener Helmholtz-Zentrum eine Arbeitsteilung in der Polarforschung. Die Hannoveraner Bundesanstalt erforscht mit geowissenschaftlichen Methoden den antarktischen Kontinent und die Kontinente rings um den Arktischen Ozean, wohingegen Kryosphären-, Klima-, ozeanographische und biologische Forschung federführend beim Bremerhavener Alfred-Wegener-Institut liegen. In ihrem Bereich verfolgt die BGR an den Polen



Blick vom Westrand des Campbell Gletschers auf den Stratovulkan Mt. Melbourne im Nordviktoraland.

zwei übergeordnete wissenschaftliche Fragestellungen, die weit in die geologische Vergangenheit zurückreichen und bis heute großen Einfluss auf das globale Erdsystem besitzen: Entstehung, Entwicklung und Zerfall der Landmassen Rodinia, Gondwana und Pangäa bis hin zur heutigen Antarktisregion im Süden und die Öffnung des Arktischen Ozeans und die Entwicklung dessen umliegender Kontinente auf der Nordhalbkugel beim Zerfall des Großkontinents Laurasia. Die entsprechenden Forschungsprogramme GANOVEX in der Antarktis und CASE in der Arktis laufen bereits seit mehr als vier bzw. drei Jahrzehnten und haben in dieser Zeit wesentlich zur Kenntnis der geologischen Vergangenheit der Polargebiete beigetragen.

**GEOWISSENSCHAFTLICHE  
FORSCHUNG DER BGR STÜTZT  
DEUTSCHLANDS POSITION AN  
DEN POLEN.**

## 1.3 DIE ANTARKTIS: KONTINENT DER WISSENSCHAFT

**In der Antarktis ruhen die territorialen Ansprüche einzelner Nationalstaaten. Zur Erforschung der Region und ihrer Rolle im Erdsystem ist Kooperation angesagt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR sind in den Gremien, die dafür geschaffen wurden, sehr aktiv.**

Die Antarktis ist der einzige staatenfreie Kontinent der Erde. Weit entfernt von den nächsten Siedlungen, nahezu vollständig mit Eis bedeckt und daher absolut unwirtlich, zog der Südkontinent seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert größeres Interesse auf sich. Nach dem Rennen um die Entdeckung des Südpols zwischen dem Briten Scott und dem Norweger Amundsen meldeten schließlich nach und nach sieben Staaten konkrete Gebietsansprüche an. Seit 1959 ruhen diese allerdings und mit ihnen die Konkurrenz um Einflusszonen. Denn auf dem Höhepunkt des Kalten Krieges fanden die beiden konkurrierenden politischen Blöcke allen Gegensätzen zum Trotz die diplomatische Kraft, um sich auf den internationalen Antarktis-Vertrag zu einigen.

Dieses Vertragswerk regelt das friedliche Miteinander der Nationen auf dem antarktischen

Die Sør Rondaneberge im östlichen Dronning Maud Land, Ostantarktis.



Kontinent und in den Meeresgebieten südlich des 60. Breitengrads. Seither ist die wissenschaftliche Zusammenarbeit zur Erforschung der Antarktis und ihrer Rolle im Erdsystem Richtschnur für alle menschlichen Operationen am Südpol. Nicht erlaubt sind die militärische Nutzung und seit dem Inkrafttreten des Umweltschutzprotokolls (PEPAT) 1998 auch der Rohstoffabbau. Mit den beiden Konventionen zum Schutz der antarktischen Robben (CCAS) und zum Schutz der lebenden Meeresschätze (CCAMLR) wurde die antarktische Lebewelt noch einmal besonders unter Schutz gestellt.

Mittlerweile sind dem Antarktisvertrag 54 Staaten beigetreten. Nicht jeder hat das Umweltschutzprotokoll und die Schutzvereinbarungen ratifiziert und nicht jeder besitzt den Status eines sogenannten Konsultativstaats. Nur solche Staaten haben auf den seit 1961 stattfindenden Konsultativtreffen des Vertrages Stimmrecht, wenn dort über die Geschicke des flächenmäßig fünftgrößten Kontinents der Erde und der ihn umgebenden Meeresgebiete entschieden wird. Der Konsultativstatus hängt vom wissenschaftlichen Engagement ab, das laut Vertrag so erheblich sein soll, dass es Interesse an der Antarktis bekundet.

29 Vertragsstaaten gehören zum Kreis der Konsultativstaaten, die Bundesrepublik seit 1981. Die Rechtfertigung dafür lieferten unter anderem die erste GANOVEX-Expedition ins nördliche Viktorialand und die geophysikalische Vermessung des Rossmeers, die die BGR im antarktischen Sommer 1979/80 durchführte. Seither haben die BGR und das AWI Forschungsstationen errichtet und regelmäßig Expeditionen organisiert, an denen zahlreiche Forscher anderer Institute und Universitäten teilgenommen haben und mit denen das beträchtliche Forschungsinteresse der Bundesrepublik an der Antarktis unter Beweis gestellt wurde. Allein im Rahmen des langfristig angelegten Forschungsprogramms „GANOVEX“ hat die BGR mittlerweile 14 Expeditionen durchgeführt.

Die jährlichen Konsultativtreffen des Antarktisvertrages sind ein Forum der Staaten. Polargeologinnen und Polargeologen der BGR beraten als Teil der Regierungsdelegation das Auswärtige Amt in allen fachlichen Fragen. Deutsche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sitzen zudem in zahlreichen Fachausschüssen, die die entsprechenden Regeln erarbeiten. So war die BGR in die Erarbeitung des Umweltschutzprotokolls PEPAT eingebunden.

Ein rein wissenschaftliches Gremium ist dagegen das Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). Es wurde noch vor Abschluss des Antarktisvertrages als Folge des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957-58 gegründet und koordiniert die weltweite Antarktisforschung. SCAR ist Teil des International Science Council, dessen Wurzeln bis in die 30er Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurückreichen. Im SCAR sitzen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus mittlerweile 45 Nationen.

Deutschland zählt zu den 34 Vollmitgliedern und ist mit zwei Delegierten und in etlichen Arbeitsgruppen engagiert. Der Ausschuss und seine Mitglieder beraten basierend auf seinem Beobachterstatus seinerseits die Konsultativtreffen des Antarktisvertrages. Deutschland wird im SCAR durch die DFG vertreten.

In Deutschland gibt es seit 1978 ein der DFG unterstelltes nationales Gremium, das den Kontakt zum internationalen SCAR hält und so die deutsche Antarktisforschung international verankert. Mittlerweile wird diese Aufgabe durch das deutsche Nationalkomitee SCAR-IASC wahrgenommen, in dem die Vertreter der wichtigsten Polarforschungsinstitutionen, unter anderen die BGR, vertreten sind. Das Komitee hält Kontakt sowohl zu SCAR als auch zu seinem Gegenstück in der Arktis, dem IASC (International Arctic Science Committee).

**DIE ANTARKTIS  
BLEIBT DER FORSCHUNG  
VORBEHALTEN.**

## 1.4 DIE ARKTIS: INTERNATIONALE KOOPERATION ÜBER STAATSGRENZEN HINWEG

In der Arktis ist das Festland durch die Territorien der Anrainerstaaten abgedeckt, die überdies weitreichende Gebietsansprüche auf den Arktischen Ozean erheben. Als zwischenstaatliches Forum mit den Schwerpunkten nachhaltige Entwicklung, Interessen der indigenen Völker, internationale Forschung und Umweltschutz wurde der Arktische Rat eingerichtet. In ihm finden auch Staaten ohne Territorialanspruch wie Deutschland Gehör und Mitsprachemöglichkeit.

Im Gegensatz zur Antarktis ist die Arktis alles andere als staatsfrei. Zurzeit zählen zwar noch weite Teile des zentralen Arktischen Ozeans zur Hohen See und sind damit frei für Forschung und Wissenschaft. Die Festländer und Schelfgebiete wiederum gehören zu den Anrainerstaaten Russland, Norwegen, Dänemark (Grönland), Kanada und den USA. Vier dieser fünf Staaten haben vor der zuständigen UN-Kommission über die Grenzen des Kontinentalschelfs Pläne ihrer Einflusszonen offengelegt und Anträge über das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (SRÜ) eingereicht, die ihre Territorialansprüche am Arktischen Ozean weit über die Schelfbereiche begründen. Ein Blick auf die Karte zeigt, dass sich diese Zonen stellenweise überlappen, die meisten Konkurrenzsituationen müssen jedoch noch gelöst werden. Die Ansprüche der fünf Arktisanrainer sind weitgehend unbestritten, noch nicht endgültig festgelegt sind jedoch die Gebiete, auf die sie sich erstrecken. Daher wird in Zukunft der Zugang zum Arktischen Ozean sehr eingeschränkt sein. Dabei geht es um viel: Rings um den Nordpol werden große Ressourcen vermutet, auch könnten sich mit dem Abschmelzen des Meereises neue Fischgründe und schnelle Schifffahrtsrouten zwischen Europa und Fernost eröffnen.

Seit 1996 gibt es mit dem Arktischen Rat ein Forum, in dem die arktischen Staaten kooperieren, um vor allem die nachhaltige Entwicklung, den Umweltschutz und die Rolle der indigenen Völker zu fördern und zu regeln. Sitz und Stimme haben neben den fünf Anrainerstaaten des Arktischen Ozeans auch Island, Schweden und Finnland, deren Staatsgebiete teilweise in der Arktis liegen, die jedoch keine Küsten am Arktischen Ozean besitzen. Neben den Staaten sind als ständige Teilnehmer sechs Dachorganisationen Mitglied, die die indigenen Völker im zirkumarktischen Raum repräsentieren. Das Mandat des Rates wurde bewusst beschränkt, damit er nicht zum Beispiel durch die strategische Konkurrenz zwischen den USA und Russland blockiert wird. 13 Staaten, 13 Regierungsorganisationen und zwölf Nichtregierungsorganisationen sind als gegenwärtige Beobachter im Arktischen Rat zugelassen. Sie dürfen nicht mitentscheiden, arbeiten aber in den sechs ständigen und vier nichtständigen Arbeitsgruppen des Rates mit. Deutschland wurde 1998 als Beobachter beim Arktischen Rat zugelassen. Die Leitung der Delegation liegt beim Auswärtigen Amt, jedoch gehören ihr zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an, die in deutschem Namen in den Arbeitsgruppen mitarbeiten. Mit den intensiven Aktivitäten trägt die BGR dazu bei, dass Deutschland seinen Beobachterstatus beim Arktisrat wahr, und berät die Bundesregierung und Ministerien durch regelmäßige Teilnahme am Arktisdialog der Ressorts.

### WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATION BÜNDELT DIE INTERNATIONALE ARKTISFORSCHUNG ÜBER DIE STAATSGRENZEN DER ARKTISANRAINER HINAUS.



Karte der Kooperationspartner im CASE-Programm weltweit.

Unabhängig vom Arktischen Rat haben Wissenschaftsorganisationen der acht arktischen Staaten bereits 1990 das International Arctic Science Committee (IASC) gegründet, das Wissenschaft und Forschung nördlich des Nordpolarkreises fördern und koordinieren soll. Die Aufgabe des IASC erstreckt sich auf alle natur-, sozial- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen und umfasst ebenfalls die Förderung und Erschließung des traditionellen Wissens der Arktisbewohner. Mittlerweile gehören dem IASC Wissenschaftsorganisationen aus 15 nichtarktischen Staaten an, unter ihnen die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) für Deutschland.

Das IASC besitzt fünf ständige Arbeitsgruppen, die alle Aspekte der Forschung in der Arktis abdecken, zusätzlich kann das Komitee noch Arbeitsgruppen zu bestimmten Themen einrichten. Deutsche Vertreter, unter ihnen Forscherinnen und Forscher der BGR, sitzen in allen ständigen Arbeitsgruppen. Das Nationalkomitee SCAR-IASC dient dem IASC als Schnittstelle zur deutschen Forschungsszene.

Angesichts der politischen Bedeutung, die die Arktis genießt, gibt es in Deutschland institutionalisierte Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik. 2013 wurde der sogenannte Arktisdialog gestartet, ein Diskussionsforum zwischen Bundesministerien und -behörden einerseits und wissenschaftlichen Instituten und Stiftungen andererseits. Mit diesem Forum wird der Informationsaustausch zwischen den beiden Bereichen verbessert und das Wissen, das Forschung und Wissenschaft produzieren, den politischen Akteuren zur Verfügung gestellt. Das Deutsche Arktisbüro am AWI koordiniert diese Plattform und dient darüber hinaus Politik und Wirtschaft als wichtiger Ansprechpartner in Fragen der Arktisforschung.

Karte des Seerechtsübereinkommen (SRÜ) der Vereinten Nationen in der Arktis. Verändert nach IBRU (2015).



Interessengebiete jenseits 200 Seemeilen

<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> Dänemark (Antrag 2014)	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Überschneidungen:
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Kanada	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border:1px solid black;"></span> Dänemark - Russland
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Norwegen (Antrag 2006)	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border:1px solid black;"></span> Dänemark - Kanada
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> Russland (Antrag 2015)	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background: repeating-linear-gradient(-135deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border:1px solid black;"></span> Dänemark - Norwegen
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Interessengebiet USA	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> 200 Meilen-Zone

## 2 METHODEN: MIT VIELFALT ZUM ERFOLG

Um ein umfassendes Bild von den komplexen geologischen Vorgängen in den Polargebieten zu erhalten, arbeiten Forscherinnen und Forscher aus vielen Disziplinen zusammen. Das Team der BGR deckt etliche Methoden selbst ab und sucht sich Unterstützung von außen zur Ergänzung der Forschungsarbeit.

Die geowissenschaftliche Arbeit in den Polargebieten ist in hohem Maße interdisziplinär und setzt eine Vielzahl von Methoden ein, um die geologischen Vorgänge im Laufe der Erdgeschichte interpretieren und rekonstruieren zu können. Das Polargeologie-Team der BGR besitzt Expertise in den Disziplinen Strukturgeologie, Petrologie/Geochemie, Geophysik, Geochronologie und Sedimentologie. Zu den weiteren Methoden, die von Haus aus eingesetzt, weiterentwickelt oder an die Einsatzbedingungen an den Polen angepasst werden, zählen etwa die Fernerkundung und die marine Seismik. Darüber hinaus besitzt der Arbeitsbereich Polargeologie ein dichtes Netz von externen Kooperationspartnern im In- und Ausland, um Disziplinen wie Paläontologie oder Methoden wie die Thermochronologie abzudecken.

**INTERDISZIPLINARITÄT  
UND METHODISCHE  
VIELFALT  
MAXIMIEREN DIE  
WISSENSCHAFTLICHE  
ERKENNTNIS.**



BGR-Geologen während der Expedition CASE 20 bei der Probenahme und Dokumentation eines Aufschlusses in eozänen Sedimenten am Kap Rigsdagen, Nordost-Grönland.

## 2.1 STRUKTUR- GEOLOGIE

Die Plattentektonik gestaltet die Oberfläche der Erde seit Milliarden von Jahren. Die Prozesse, die die Krustenplatten bewegen, sind für menschliche Maßstäbe langsam, doch sie hinterlassen deutlich sichtbare Spuren in den Gesteinen, die durch die Kollision, seitliche Verschiebungen und den Zerfall kontinentaler Platten großräumig bewegt und deformiert wurden. Die Strukturgeologie erfasst diese Bewegungen und ermöglicht so, plattentektonische Prozesse interpretieren, verstehen und rekonstruieren zu können. Dazu nehmen die Forscherinnen und Forscher im Gelände strukturelle Daten von Flächen und Linearen auf und dokumentieren Indikatoren zu deren Bewegungsrichtung. Eine weitere Methode der Strukturgeologie ist die Untersuchung von Dünnschliffen aus Proben der Deformationszonen, um die mikroskopischen Strukturen zu identifizieren, die durch die Bewegungen verursacht wurden.

Einmessen der Lineation eines Gneises mit dem Geologenkompass im Dronning Maud Land, Ostantarktis.



## 2.2 PETROLOGIE/ GEOCHEMIE

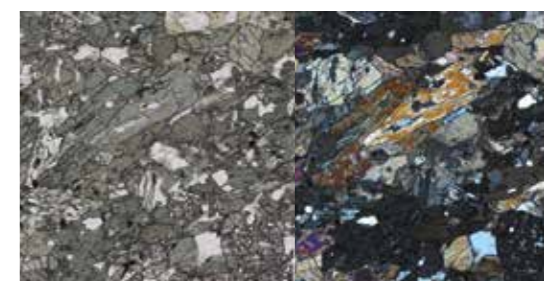
Die mineralogische und geochemische Zusammensetzung der Gesteine ist Schlüssel zum Verständnis, wann und wo sie sich bildeten und welche Prozesse sie in ihrem weiteren Dasein durchlaufen haben. Um diese Informationen zu erhalten, werden im Gelände zahlreiche Proben genommen, die später in den Laboren der BGR zu Dünnschliffen verarbeitet oder zu Pulver und/oder Mineralseparaten zerkleinert werden, um danach mit verschiedenen Geräten und Messmethoden wie Polarisationsmikroskop, Röntgenfluoreszenzanalytik, Röntgendiffraktometrie oder Massenspektrometrie analysiert zu werden.

## 2.3 GEOCHRONOLOGIE

Zeit ist ein wesentlicher Aspekt für die Rekonstruktion der Bewegungen, die die Oberfläche der Erde prägen. Die Entstehungsgeschichte großräumiger Gebirgszüge in der Erdkruste und die Chronologie der Kontinentalbewegungen erschließen sich durch das Alter ihrer Gesteine. Die im Gelände gesammelten Proben werden in den Laboren der BGR zerkleinert und für die Datierung geeignete Minerale, wie z.B. Zirkon, separiert. Diese werden mit Hilfe der Massenspektrometrie auf bestimmte radioaktive Isotope analysiert, deren Zerfallsdauer bekannt ist, um daraus das Alter abzuleiten. Mit diesen Informationen kann das Entstehungs- und Deformationsalter kristalliner Gesteine und die Herkunft sedimentärer Gesteine bestimmt werden. Neben Zirkon wird auch das Mineral Apatit genutzt, um durch auswärtige Thermochronologielabore mit Hilfe der Spaltspurmethode die Abkühlungs- und Hebungsgeschichte eines Gebietes ermitteln zu lassen. Damit kann man die Entwicklung der heutigen Landschaften in den Polargebieten nachzeichnen.



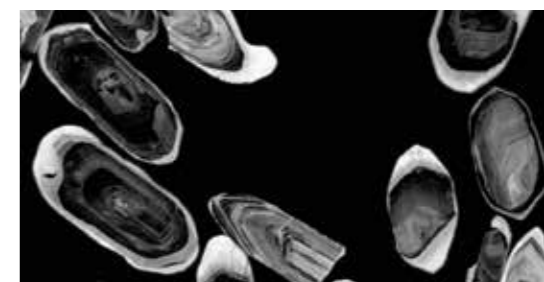
Dünnschliff eines gefalteten Glimmerschiefers aus Spitzbergen bestehend aus Biotit, Muskovit und Quarz. Darstellung im ungekreuzt (links) und gekreuzt (rechts) polarisierten Licht.



Amphibolitisches Gestein aus Spitzbergen im Dünnschliff bestehend aus Amphibol, Plagioklas, Granat und Chlorit. Darstellung im ungekreuzt (links) und gekreuzt (rechts) polarisierten Licht.



Gerundete und idiomorphe Zirkone aus einem Metasandstein aus dem Nordviktorialeand.



Kathodolumineszenzbilder von angeschliffenen Zirkonen aus einem Gneis aus Spitzbergen. Helligkeitsunterschiede werden durch unterschiedliche Gehalte an Uran hervorgerufen (hell = wenig U, dunkel = viel U). Die oszillierende Zonierung entsteht während der Kristallisation des Zirkons.



## 2.4 SEDIMENTOLOGIE

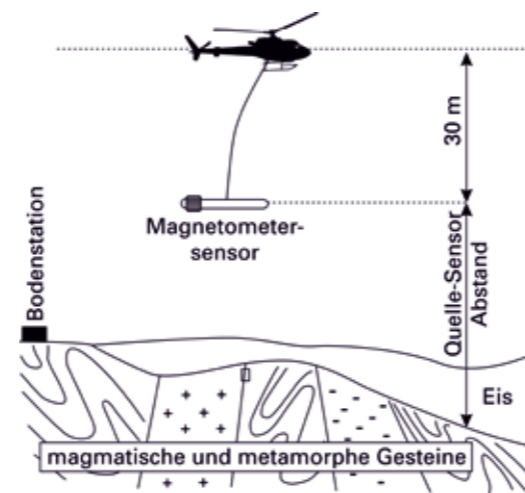
Die Untersuchung sedimentärer Gesteine liefert Informationen zu Ablagerungsbedingungen vergangener Sedimentbecken. Dazu werden die Gesteine und ihre sedimentären Strukturen beschrieben und mineralogisch, geochemisch, aber auch hinsichtlich ihres Ablagerungsalters untersucht. Eine Möglichkeit der Datierung erfolgt mit Hilfe von Pflanzen- und/oder Tierfossilien, die paläontologisch bestimmt und zeitlich eingeordnet werden. Mit deren Identifizierung kann man häufig auch auf die Umweltbedingungen zum Zeitpunkt der Ablagerung schließen. Für die Rohstoffgeologie liefert diese Analyse darüber hinaus wichtige Erkenntnisse über mögliche Vorkommen von Kohle oder Erdöl- und Erdgas.



Helikopter kurz vor dem Start zu einem Messflug von der Station Nord, Nordost-Grönland.

## 2.5 AEROGEOPHYSIK (GEOMAGNETIK)

Um Strukturen oder Gesteinseinheiten auch unter dem Meer, unter Schnee- und Eisbedeckung verfolgen oder korrelieren zu können, nutzt ein Teilgebiet der Aerogeophysik deren magnetische Eigenschaften. Diese unterscheiden sich je nach ihrer Zusammensetzung und können so mit einem entsprechenden Messsystem aufgenommen werden. Eine Sonde wird mit einem Hubschrauber oder Kleinflugzeug über das Messgebiet geflogen und kann diese Informationen mittels Magnetometer unter Schnee, Eis oder Wasser erfassen. Wichtig ist hier eine gute Zusammenarbeit der Geologinnen und Geologen am Boden (Strukturgeologie, Petrologie) und der für die fluggesteuerten Untersuchungen zuständigen Geophysikerinnen und Geophysiker, um die erfassten geomagnetischen Daten mit den Daten am Boden zu korrelieren.



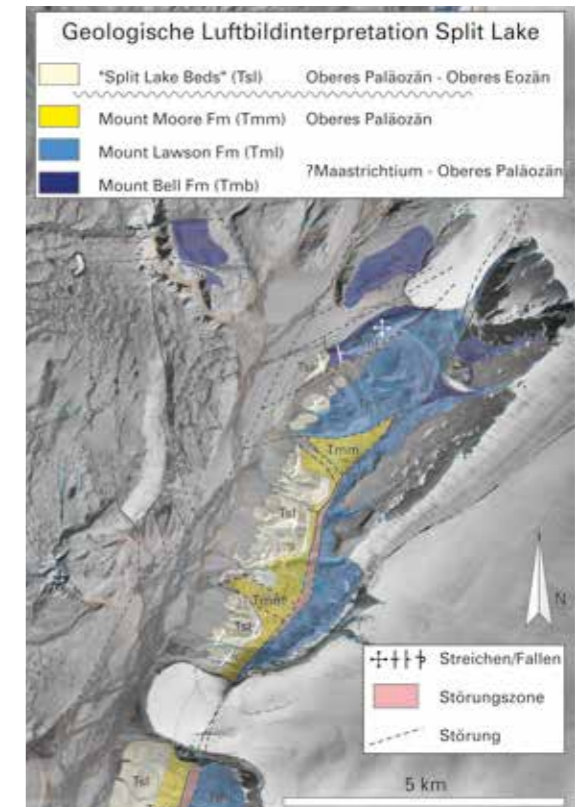
Darstellung der aeromagnetischen Messmethodik mit einem Helikopter. Mit Hilfe eines sich in einer ca. 30 m unter dem Helikopter und in einer festen Bodenstation befindenden Magnetometer werden Variationen im Erdmagnetfeld aufgezeichnet. Diese geben Hinweise auf die magnetischen Eigenschaften und damit auf die Zusammensetzung und Struktur der Erdkruste.

## 2.6 GEOLOGISCHE KARTIERUNG

Die geologische Kartierung und Erstellung geologischer Karten stellen bis heute die Basisarbeit für alle weitergehenden geowissenschaftlichen Forschungsarbeiten dar. Darüber hinaus liefern sie wichtige Grunddaten in angewandten Bereichen wie der Bautechnik oder Rohstoffforschung. Sie geben komplexe Informationen zur Verbreitung der an der Erdoberfläche zu Tage tretenden Gesteinseinheiten einer Region und deren räumliche Verteilung. Die geologische Kartierung wird heute zudem durch moderne Methoden wie z.B. die Fernerkundung unterstützt.

## 2.7 FERNERKUNDUNG

Die Erkundung weit entlegener Gebiete unserer Erde wird mehr und mehr von Satelliten unterstützt. Hier ergeben sich Möglichkeiten, um geologische Strukturen, Gesteinsformationen und eventuell mineralische Rohstoffe aus dem All erkennen und bestimmen zu können. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen der Fernerkundung der BGR oder anderer Institutionen und der geologischen Geländearbeit des Arbeitsbereiches Polargeologie dient der Verfeinerung der Methoden beispielsweise durch den Einsatz neuartiger Sensoren.



Luftbild von Split Lake, Ellesmere Island, kanadische Arktis, mit Interpretation der Verbreitung der geologischen Einheiten und Strukturen. Die Interpretation erfolgte in Vorbereitung auf die Geländearbeiten für CASE 8.

Bojen von Luftpulsern für seismische Messungen vor Nordost-Grönland.



## 2.8 MARINE SEISMIK

Zu den Polarregionen gehören nicht nur Festlandsgebiete. Auch die Fortsetzung von Gesteinseinheiten und Großstrukturen in den angrenzenden marinen Bereichen sind von großer Wichtigkeit. Um solche Strukturen zu erfassen, werden in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsbereich Marine Seismik der BGR und anderen Institutionen schiffsbasierte seismische Messungen durchgeführt, welche den Untergrund unterhalb des Meeresspiegels erfassen können. Zusätzlich werden Proben vom Meeresboden aufgenommen, die später in den Laboren der BGR untersucht werden.

# 3 ANTARKTIS



## 3.1 DAS HERZ GONDWANAS

**Der Kontinent Antarktika ist ein zentraler Faktor im System Erde. Seine Erforschung ist entscheidend für das Verständnis der Prozesse, die den Wandel im globalen Erd- und Klimasystem bestimmen. Dabei spielt auch seine geologische Geschichte eine wichtige Rolle. Deshalb erforscht die BGR in großangelegten Programmen wie GANOVEX und GEA ebenso wie in zahlreichen Einzelprojekten die lange Entwicklung, die Antarktika durchlief, während sich die Kontinente Rodinia und Gondwana bildeten und wieder zerfielen.**

Bereits seit rund 70 Millionen Jahren befindet sich der Kontinent Antarktika an seiner isolierten Lage am Südpol, ein angesichts der Dynamik in der Plattentektonik unglaublich ausdauerndes Verhalten. Einst war der Kontinent das Herzstück Gondwanas, eine Position, die er auch schon in dessen Vorläufer, dem Superkontinent Rodinia, innegehabt hatte. Doch dann löste sich eine Landmasse nach der anderen und driftete davon, der zirkumpolare Meeresstrom setzte ein, der die Antarktis isoliert, die Temperaturen sinken und die Gletscher wachsen ließ. Doch so

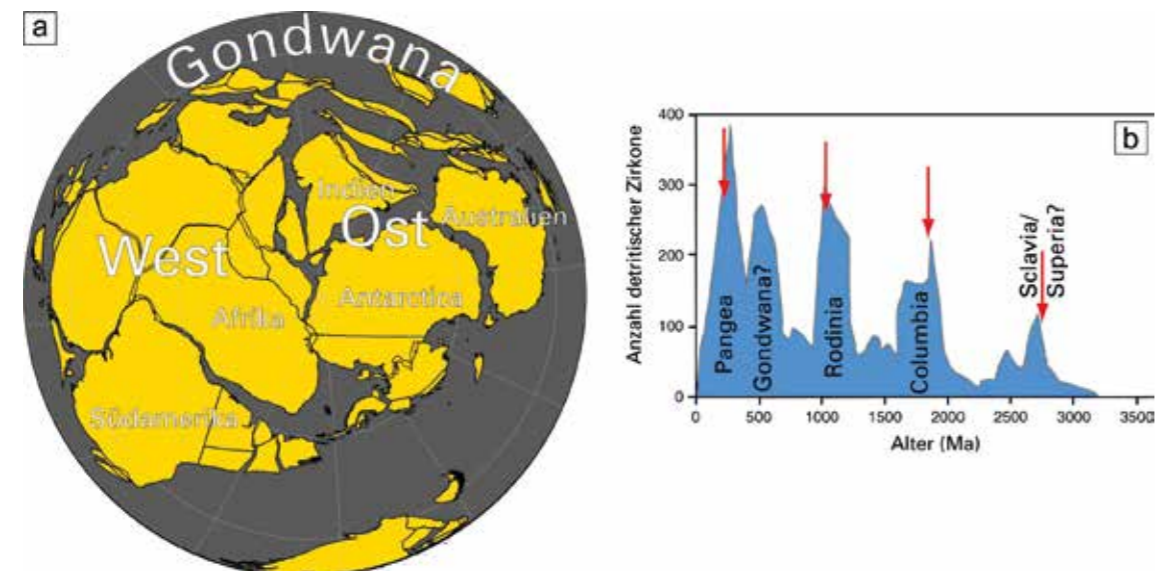
abgeschieden die Lage inmitten des Südozeans auch zu sein scheint: die Antarktis, der Kontinent selbst und das ihn umgebende Meeresgebiet bis zum 60. Breitengrad, ist ein zentraler Faktor im System Erde. Für die Erforschung durch den Menschen kommt noch hinzu, dass man auf dem Südkontinent Prozesse exemplarisch studieren kann, die anderswo nicht mehr oder nur untergeordnet sichtbar sind.

Um die dynamischen Prozesse zu verstehen, die zur Entstehung der modernen Antarktis geführt haben, und ihre Rolle im Erdsystem, ist die Entschlüsselung der geologischen Geschichte des Kontinents von zentraler Bedeutung. Als daher 2014 SCAR für seine zukünftige Strategie die Felder auflistete, deren weitere Erforschung in den kommenden Jahrzehnten Priorität haben sollte, wurde die Erkundung der geologischen Vergangenheit in die Liste aufgenommen.

Wie beim Rest der Südkontinente auch, ist die Entwicklung von Antarktika während der vergangenen etwa 550 Millionen Jahre vor allem die Geschichte Gondwanas: von seiner Entstehung, die schon im späten Proterozoikum begann, von seinem Schicksal als zunächst eigenständige Landmasse, die vorübergehend im Superkontinent Pangäa aufging und nahezu unverändert dessen Auseinanderbrechen überstand, und schließlich von seinem Zerfall in die heute eigenständigen über die Erdoberfläche verteilten Bestandteile.

Antarktika ist zu rund 98 Prozent von Eis bedeckt. Dadurch sind die direkten Zeugnisse nur an wenigen Stellen zugänglich, zum Beispiel in manchen Teilen des Transantarktischen Gebirges und dort, wo die Gipfel anderer Gebirgszüge als Nunatakker aus dem Eispanzer ragen. Daher setzt die BGR seit Beginn ihrer Forschung auf die Kombination aus geologischen und geophysikalischen Arbeitsmethoden. Alle Phasen seiner Geschichte lassen sich auf dem antarktischen Kontinent erforschen, und die BGR untersucht sie mit ihren großangelegten Projekten GANOVEX im Nordviktoraland und GEA im Dronning Maud Land. Als Kooperationspartner ist die BGR zudem an den internationalen Bohrprojekten im Rossmeer (ANDRILL, Cape Roberts Project) und gemeinsam mit dem AWI an dem Projekt SUB-EIS-Obs beteiligt. Darin untersuchen Forscherinnen und Forscher die tektonische, vulkanische und sedimentäre Entwicklung sowie die Vereisungsgeschichte der Antarktis seit dem Aufbruch Gondwanas.

Große Landmassen und Superkontinente. a) GPlates Rekonstruktion von Gondwana vor etwa 400 Ma (Matthews et al., 2016). b) Spektrum detritischer Zirkone (Hawkesworth et al., 2010) im Vergleich zu Hauptgebirgsbildungsphasen hier mit roten Pfeilen versehen (Runcorn, 1962).



**▼ DIE ANTARKTIS  
ERMÖGLICHT  
AUSSERGEWÖHNLICHE  
EINBLICKE IN  
DIE ERDGESCHICHTE.**



## 3.2 VIELFÄLTIGE PROJEKTE MIT ZAHLEICHEN PARTNERN: DIE BGR-PROJEKTE IN DER ANTARKTIS



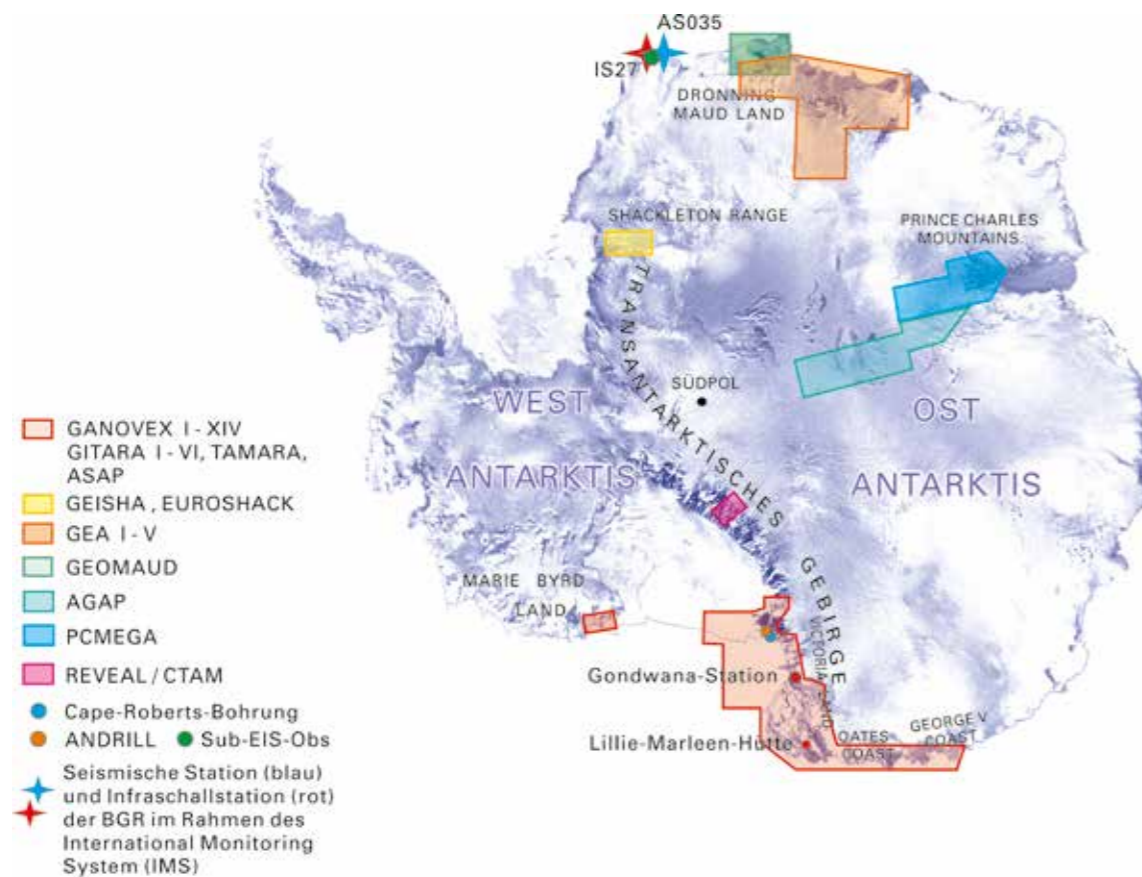
Mit langjährigen Forschungsprogrammen und einer Vielzahl von Teilprojekten erforscht die BGR seit mehr als 40 Jahren Antarktika. Der Fokus der Arbeiten liegt dabei auf der Ostantarktis und der Rossmeer-Region an der Grenze zur Westantarktis und ihrer Entwicklung im Lauf der Erdgeschichte.

Die BGR mit ihrem Profil im Bereich der Festgesteinsgeologie und der Geophysik untersucht geodynamische Prozesse wie Entstehung und Zerfall des Großkontinents Gondwana und dessen Vorläufer Rodinia, die Entstehung von Gebirgsgebirgen am Rande und im Inneren Antarktiskas, die Entwicklung von Riftsystemen sowie die Entwicklung der heutigen Landschaftsformen als Resultat des komplexen Zusammenspiels von Faktoren wie Tektonik, Lithologie und Klima.

Dazu ist sie im Transantarktischen Gebirge und im Dronning Maud Land tätig. Die Bohrprojekte haben das Rossmeer und das Ekström-Schelfeis als Ziel.

Seit Beginn der bundesdeutschen Antarktischforschung ist das Nordviktoraland im pazifischen Teil der Antarktis Ziel von BGR-Forschungsexpeditionen. Das Areal grenzt an das Rossmeer und umfasst Teile des Transantarktischen Gebirges. Vierzehn Expeditionen haben bislang dorthin oder in die angrenzenden Areale des Gebirges stattgefunden, sie alle laufen unter dem Programmnamen GANOVEX (German Antarctic North Victoria Land Expedition).

Karte der Antarktis mit den geologischen und aeromagnetischen Arbeitsgebieten der BGR seit 1979. Die Karte zeigt außerdem die Lage der Gondwana-Station und Lillie-Marleen-Hütte, der Bohrprojekte Cape Roberts Project, ANDRILL und Sub-EIS-Obs und der durch die BGR zusammen mit dem AWI bei der Neumayer Station III im Rahmen des Kernwaffenteststoppabkommens betriebenen Infraschallstation IS27.



Im Nordviktoraland und im Transantarktischen Gebirge finden sich direkte wie auch indirekte Zeugen für die gesamte Geschichte der Antarktis: vom Entstehen und Vergehen des Großkontinents Gondwana bis zum Auseinanderdriften der ost- und westantarktischen Kontinentblöcke, was sich in der Entstehung des Rossmeer-Rifts und der Hebung des Transantarktischen Gebirges im Känozoikum zeigt.

Mit dem italienischen Antarktis-Forschungsprogramm PNRA, das auch die der Gondwana-Station benachbarte Mario-Zucchelli-Station betreibt, kooperierte die BGR in verschiedenen Expeditionen des GANOVEX-Programms und aeromagnetischen Kampagnen im Rahmen des GITARA-Programms (German-Italian Aeromagnetic Research in Antarctica). Gemeinsam erarbeiten beide Partner eine geologische Karte des Nordviktoralandes. 1994 nahm die BGR am internationalen ACRUP-Programm (Antarctic CRUstal Profile) teil, das ein seismisches Profil quer durch das westantarktische Riftsystem im Rossmeer erstellte. Weitere Kooperationsprojekte im Transantarktischen Gebirge waren TAMARA (TransAntarctic Mountains Aerogeophysical Research Activities) und REVEAL/CTAM (REmote Views and Exploration of Antarctic Lithosphere/Central TransAntarctic Mountains) mit den USA.

**BGR-PROJEKTE  
IN ALLEN WICHTIGEN  
TEILEN ANTARKTIKAS.**

Das zweite große Forschungsprogramm der BGR hat seinen Schwerpunkt auf der anderen Seite der Ostantarktis, im Dronning Maud Land, das in den Sektoren des Atlantischen und des Indischen Ozeans der Antarktis liegt. GEA (Geodynamic Evolution of East Antarctica) ist ein Gemeinschaftsprogramm mit dem Alfred-Wegener-Institut als Mitorganisator und verschiedenen Partnern aus der nationalen und internationalen Antarktisforschung. Ziel des Projektes ist die Untersuchung der Krustenentwicklung und der Krustenstruktur der Ostantarktis sowie die Entstehung der heutigen Antarktis mit ihrer isolierten Landmasse am Südpol der Erde. GEA schließt an eine Reihe früherer Projekte an, die seit den 1990er Jahren in verschiedenen Regionen der Ostantarktis durchgeführt wurden. Kooperationspartner waren damals neben dem AWI die Antarktisforschungsprogramme mehrerer Staaten.

Diese Projekte hatten verschiedene Gebirgszüge der Ostantarktis zum Ziel. GEISHA (Geologische Expedition In die SHACKleton Range) führte im Südsommer 1987/88 und EUROSHACK (EUROpean SHACKleton Range Expedition) 1994/95

Blick auf den Priestley Gletscher im Nordviktorialand während GANOVEX XIII.



in die Shackleton Range am Südwestrand des Weddellmeeres. GeoMAUD (Geoscientific Expedition to Dronning MAUD Land) besuchte 1995/96 einige Regionen im zentralen Dronning Maud Land wie etwa die Dallmannberge oder das Wohlthatmassiv. Ziel von PCMEGA (Prince Charles Mountains Expedition of Germany and Australia), das mit der Australian Antarctic Division in den frühen 2000er Jahren durchgeführt wurde, waren die südlichen Prince Charles Mountains, ein Gebirgszug im Bereich des Lambertgletschers. AGAP (Antarctica's GAMBURTSEV Province) war eines der Flaggschiff-Projekte des Internationalen Polarjahres 2007 bis 2009 und untersuchte mit unterschiedlichen geophysikalischen Methoden zum ersten Mal das vollständig von Eis bedeckte Gamburtsevgebirge.

Auch an zwei internationalen Forschungsbohrungen im Rossmeer war die BGR beteiligt – dem Cape-Roberts-Projekt und ANDRILL (ANTarctic DRILLing Project). Beide Vorhaben sollten neben der Vereisungsgeschichte im Bereich des Rossmeers auch dessen tektonische, vulkanische und sedimentäre Entwicklung aufklären. Bei den Cape-Roberts-Bohrungen war die BGR Mitglied im wissenschaftlichen Steuerungskomitee. Zur Auswahl der ANDRILL-Bohrpunkte führte die BGR die aeromagnetische Befliegung ASAP (Aeromagnetic Surveys for the ANDRILL Programme) in Kooperation mit Neuseeland durch. In Kooperation mit dem AWI führt die BGR das Projekt Sub-EIS-Obs (Sub-Ekström Ice Shelf-Observations) durch. Hier werden mithilfe reflexionsseismischer Profile und Beprobung der Oberflächensedimente der Aufbau und die Zusammensetzung des Meeresbodens unterhalb des Ekström-Schelfeises untersucht. Mit den Arbeiten sollen Bohrlokationen festgelegt werden, um mit Kernmaterial weitere Informationen über die Aufbruchsgeschichte Gondwanas und die Gesteinszusammensetzung im eisbedeckten antarktischen Hinterland sowie über vergangene Klimaänderungen zu erforschen.

### 3.3 DIE OSTANTARKTIS: PUZZLE UNTER DEM EIS

Über den Aufbau und die Entwicklung des ostantarktischen Kontinentblocks ist nur wenig bekannt. Der dicke Eisschild, der ihn bedeckt, lässt für geologische Untersuchungen nur wenige Gelegenheiten. Im Forschungsprogramm GEA setzt die BGR daher auf die Kombination von Geologie und Geophysik, um die Geschichte und Dynamik des ostantarktischen Anteils des Kontinents zu entschlüsseln.

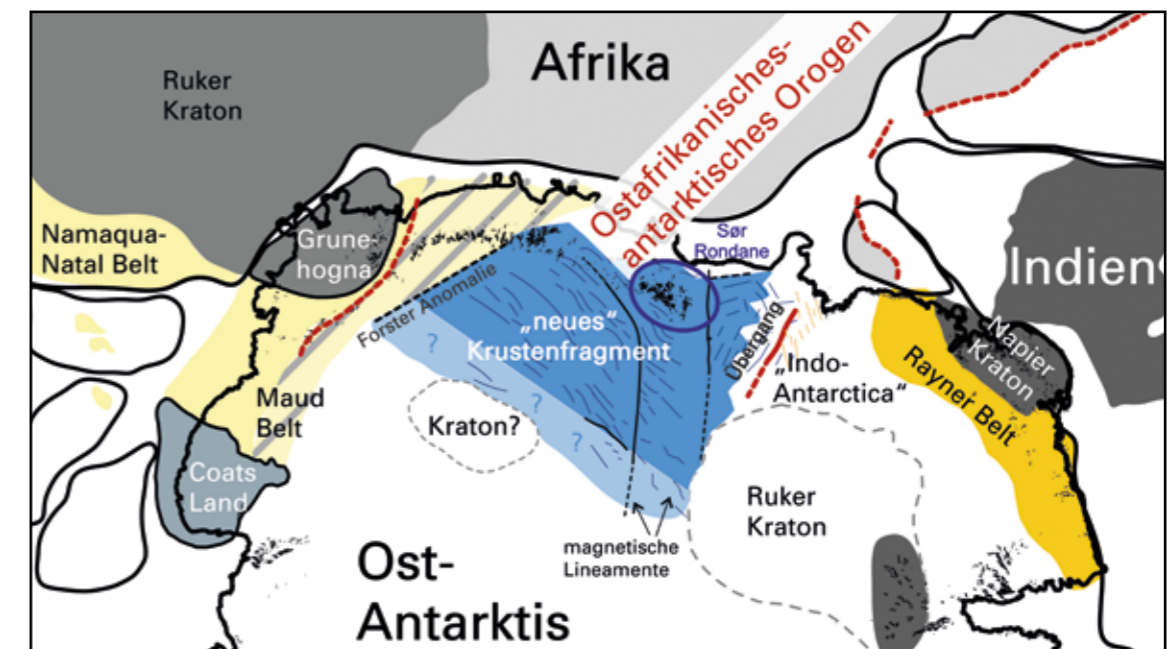
Strahlend weiß leuchten die Gletscher des östlichen Dronning Maud Landes in der antarktischen Sonne. Vom Flugzeug aus verschwimmen schnell die Konturen zwischen dem Eis und einem zum Horizont hin immer milchigeren Himmel. Schroffe, scharfkantige Felsspitzen ragen aus der glatten Oberfläche und zeigen an, dass sich unter der Eisdecke ein Gebirge versteckt. Die Gipfel der Sør Rondaneberge sind bis zu 3400 Meter hoch, doch sind an wenigen Stellen nur die obersten 1000-1500 Meter davon sichtbar. Den Rest bedecken die Eismassen der Ostantarktis.



Dieser stark deformierte und umgewandelte Gesteinskomplex formte sich vor ca. 1000-900 Ma entlang ausgedehnter Inselbögen und ist Teil eines während der GEA-Expeditionen neu beschriebenen Krustenfragments, des TOAST (Tonian Oceanic Arc Superterrane). Person als Maßstab.

Die Sicht der Geowissenschaften auf die Ostantarktis ist kaum klarer als der Blick aus dem Flugzeug. Weite Gebiete sind auf den Karten buchstäblich ebenso weiß wie die Oberfläche der Gletscher, weil noch keine geologische Expedition dorthin gelangt ist. Ein solches unentdecktes Gebiet erschließt das Forschungsprogramm GEA (Geodynamic Evolution of East Antarctica), das die BGR zusammen mit dem Alfred-Wegener-Institut im Dronning Maud Land durchführt. Es soll Aufbau und Entstehung der ostantarktischen Kruste aufklären und den Weg des Kontinents an seine heutige Position nachzeichnen.

Schematische Darstellung der Krustenprovinzen in der Ostantarktis mit Hauptaugenmerk auf das zuvor unbekannte Krustenfragment (TOAST), welches durch kombinierte geophysikalische und geologische Untersuchungen beschrieben werden konnte (verändert nach Ruppel et al., 2018).



## UNTER DEM OST-ANTARKTISCHEN EISSCHILD LIEGT EINE LANDMASSE MIT KOMPLEXER ENTSTEHUNGSGESCHICHTE.

Das Programm setzt besonders stark auf die enge Zusammenarbeit zwischen Geologinnen und Geologen und Geophysikerinnen und Geophysikern. Denn nur durch diese Partnerschaft von Geländearbeit am Boden und großflächige Messung vom Flugzeug aus lassen sich Erkenntnisse über den weitgehend von kilometerdickem Eis bedeckten Kontinent gewinnen. GEA bündelt Forschungsstränge, die aus einer ganzen Reihe von internationalen Kooperationsprojekten der vergangenen drei Jahrzehnte erwachsen. Als Partner sind neben Universitäten auch andere internationale Antarktisprogramme involviert, deren Stationen in der Region genutzt werden können.

Die bislang fünf Expeditionen haben gezeigt, dass die Ostantarktis keineswegs der alte stabile Kontinentblock ist, als der sie bislang galt. Stattdessen gleicht die Landmasse, die rund zwei Drittel des antarktischen Kontinents ausmacht, einem Puzzle von Einzelteilen, die erst während der Bildung Gondwanas zu dem heutigen Kontinent verschmolzen. Die Geophysik spielt bei GEA eine herausgehobene Rolle, je weiter sich das Erkundungsgebiet auf das Hochplateau des ostantarktischen Eisschildes im Landesinneren ausdehnt, dessen Eis zum Teil fast 4000 Meter dick ist. Hier treten nur noch wenige Felsspitzen zutage, die Hinweise auf die Geologie liefern.

Auf der Expedition GEA IV flogen die Geophysikerinnen und Geophysiker mit dem AWI-Forschungsflugzeug Polar 6 bis zu 800 Kilometer tief ins Landesinnere, um ein magnetisches Anomalienmuster in der Kruste zu verfolgen, das bereits bei der Befliegung der Sør Rondaneberge während GEA I bis III entdeckt wurde. Die geologischen Feldarbeiten im Rahmen dieser Expeditionen ergaben, dass die Anomalien mit Gesteinen eines bislang unbekanntes Krustenfragments zusammenhängen, die von ausgedehnten Inselbögen aus dem frühen Neoproterozoikum stammen. Ihr Alter wurde später auf rund 1000 bis 900 Millionen Jahre datiert und reicht damit in die Zeit des Superkontinents Rodinia hinein.

Die weitere Befliegung des angrenzenden eisbedeckten Terrains im Rahmen von GEA IV zeigte, dass dieses Fragment sich bis zu 800 Kilometer tief ins Landesinnere erstreckt. Die Auswertung der aerogeophysikalischen Messungen ergab, dass das Krustenstück eine Fläche von rund 500.000 Quadratkilometern besitzt und damit ungefähr so groß wie Frankreich ist. Diese Kruste aus dem Neoproterozoikum wurde offenbar im Zuge der Gondwanabildung rund 350 Millionen Jahre später von den umliegenden Kontinenten in die Zange genommen und verschmolz schließlich mit ihnen zu dem Großkontinent Gondwana. Datierungen an Gesteinsproben und strukturgeologische Arbeiten, die in den Sør Rondanebergen durchgeführt worden waren, ergaben, dass sich dieser Prozess dort rund 150 Millionen Jahre hingezogen hat.

Die geophysikalischen Messflüge mit Eisradar und Gravimeter an Bord haben zudem die von Eismassen begrabene Erdoberfläche ans Licht gebracht. So zeigte das Küstengebiet zwischen dem Sør Rondanegebirge im Westen und den Yamato-Bergen im Osten starke Anzeichen von Erosion, die auf eine kurze Periode von alpiner Vergletscherung kurz vor der völligen Vereisung der Antarktis und auf ein ausgeprägtes Flusssystem zurückgehen, das sich im Jura kurz vor und während des Zerfalls von Gondwana gebildet hatte. Die mächtigen Gletscher, die in der Zeit seit rund 34 Millionen Jahren die Region überströmten, konnten die Spuren dieses Erosionsgeschehens nicht beseitigen.

## 3.4 GONDWANA: LEBENS-LAUF EINES GROSSKONTINENTS

**Das Transantarktische Gebirge ist die sichtbare Grenze zwischen Ost- und Westantarktis. Es liefert nicht nur Informationen über den jüngeren Teil der Antarktischgeschichte, der durch das großräumige Westantarktische Riftsystem und die Gebirgshebung gekennzeichnet ist, sondern auch über die vielen Hundert Millionen Jahre zuvor, als die Landmassen Teil Gondwanas waren. Expeditionen des GANOVEX-Programms ins Nordviktoraland am pazifischen Ende des Gebirgszugs decken den kompletten Zeitraum seit der Bildung des Großkontinents ab.**

Schier endlose 3500 Kilometer zieht sich das Transantarktische Gebirge durch den gesamten Kontinent und markiert mit seinen Gipfeln die morphologische Grenze zwischen der Ost- und der Westantarktis. Große Teile des Gebirgszugs liegen unter Gletschereis begraben, das vom Ostantarktischen Eisschild über und durch die Bergkette zu den Eisschelfen der Westantarktis hinabfließt. Dennoch ragen etliche Viertausender heraus, der höchste Gipfel ist der Mount Kirkpatrick am Ross-Schelfeis mit 4528 Metern. Wenn Geologinnen und Geologen die Geschichte des Kontinents über dem Südpol erforschen wollen, dann bietet das Transantarktische Gebirge die wohl beste Gelegenheit dazu, denn es gibt nur wenige andere Stellen, an denen Gesteine aus der tiefen geologischen Vergangenheit derart offen zutage liegen. Außerdem ist das Gebirge eine der beiden Schultern des Westantarktischen Riftsystems, an dem West- und Ostantarktis auseinanderreißen und so den vermutlich letzten Akt im Zerfall des Superkontinents Gondwana dokumentieren.

Seit rund 180 Millionen Jahren dauert dieser Zerfall bereits an. Doch Gondwana ist ein uralter Kontinent: Seine Bildung, Existenz und Zerfall ist während der vergangenen 500 Millionen Jahre der beherrschende Vorgang auf der Südhalbkugel der Erde gewesen. Immerhin hatte der Großkontinent über 300 Millionen Jahre Bestand. Vom späten Karbon bis in den Jura war Gondwana über rund 150 Millionen Jahre Teil des Superkontinents Pangäa, und die Antarktis war immer sozusagen ein zentraler Teil des Geschehens. Bildung und Zerfall von Gondwana ist daher das große Thema von GANOVEX, dem antarktischen Flaggschiffprogramm, das die BGR seit mehr als 40 Jahren am Südpol vorantreibt.

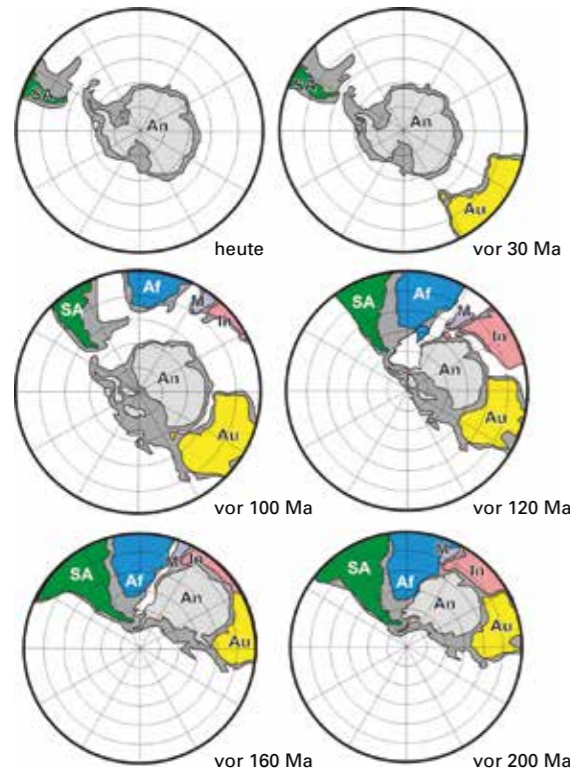
GANOVEX ERFASST  
DEN GESAMTEN  
LEBENSZYKLUS EINES  
GROSSKONTINENTS.

GANOVEX hat mit mittlerweile 14 Expeditionen das nördliche Viktorialand und angrenzende Gebiete am pazifischen Ende des Transantarktischen Gebirges erkundet: immerhin ein Areal von ungefähr der Fläche Deutschlands. Resultat sind neben zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen unter anderem eine geologische Karte des gesamten Nordviktoralandes im Maßstab 1:500.000 sowie verschiedene geologische, strukturgeologische und Magnetfeldkarten von Teilgebieten im Maßstab 1:250.000. In Zusammenarbeit mit dem italienischen Antarktisforschungsprogramm erscheinen zudem im Rahmen des Programms GIGAMAP (German-Italian Geological Antarctic MAP Program) mehrere geologische Kartenblätter, die das Nordviktoraland und Teile Südviktoralands in diesem Maßstab abbilden.



Gesteinsfragment mit einem versteinerten Fußabdruck eines frühen Sauriers der Triaszeit aus einer während GANOVEX XI neu entdeckten Gesteinsabfolge in den Helliwell Hills.

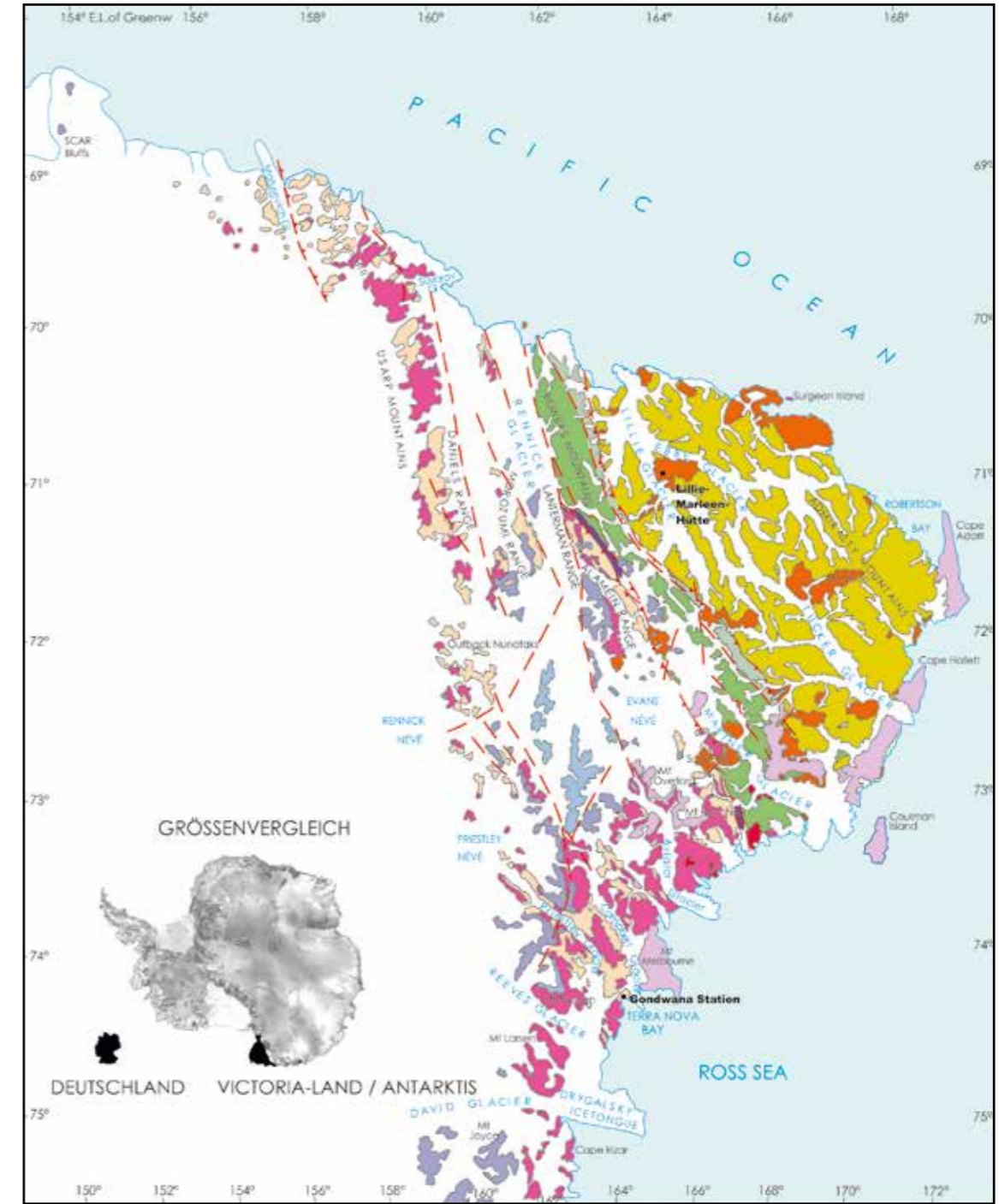
Zerfall des Gondwana-Kontinents. SA=Südamerika, Af=Afrika, M=Madagaskar, I=Indien, Au=Australien, An=Antarktika / Ma = Millionen Jahre (nach Walther 1998).



Mit ihren interdisziplinären Expeditionen wollen sich die Forscherinnen und Forscher der BGR und ihrer Partnerinstitutionen ein umfassendes Bild von den Geschehnissen seit dem ausgehenden Proterozoikum verschaffen. Von der Geologie kommen Informationen über die Gesteine selbst, während die Strukturgeologie die tektonische Entwicklung entziffert. Die Geochronologie versteht das Geschehen mit einem Alter, so dass die Entwicklung in die Erdgeschichte eingeordnet werden kann, und die Geophysik liefert Hinweise darauf, wie ausgedehnt die Prozesse waren, die man exemplarisch an einzelnen Fundstellen untersucht hat. Die Geochemie liefert wiederum unter anderem Hinweise auf die Umweltbedingungen, die zu verschiedenen Zeiten auf dem antarktischen Kontinent beziehungsweise Gondwana herrschten. Wenn es zudem Fossilienfunde gibt, reichert die Paläontologie dieses Bild um Informationen darüber an, welche Lebensbedingungen vorgeherrscht haben.

Die GANOVEX-Expeditionen haben gezeigt, dass das Transantarktische Gebirge ein hervorragendes Fenster in die Geschichte Gondwanas bietet.

Geologische Karte von Nordviktoraland, verändert nach der gemeinsam durch PNRA und BGR herausgegebenen Kartensammlung GIGAMAP.



KÄNOZOISCHER MAGMATISMUS DES ROSSMEER-RANDES

- McMurdo Magmatischer Komplex: Meander-Granit und -Syenit (a), Malta, Hallett Melbourne Vulkanite (b)
- Kirkpatrick Basalt (a), Ferrar Dolerit und Beacon Supergruppe (b)
- Admiralty Magmatischer Komplex
- Überschiebungen
- Störungen

TERRANE UND EINHEITEN DES ROSS OROGENS

- Wilson „Terran“ / Wilson Mobilgürtel
- Wilson Metamorphischer Komplex (a) und Granite Harbour Magmatischer Komplex (b)
- Dessent Ridge Einheit in der Mountaineer Range und mögliche korrelierbare Einheiten am Ostrand der Lanterman Range
- Bowers „Terran“ / Bowers Inselbogen
- Millen Schiefer
- Robertson Bay „Terran“

Zwar begann seine Geschichte als morphologisches Hochgebirge aktuellen Erkenntnissen aus den jüngeren GANOVEX-Expeditionen zufolge erst vor rund 35 Millionen Jahren, also in der Zeit, in der sich mit Tasmanien der letzte Teil Australiens von der Antarktis trennte. Das Grundgebirge jedoch, auf dem es aufbaut, ist das Ross-Orogen aus der Zeit der Gondwana-Bildung.

Dieses Gebirge war vom selben Typus wie die heutigen Anden. Es entstand, als die ozeanische Platte des Paläopazifiks in einem tiefen Ozean graben unter dem Rand der ostantarktischen Kontinentalplatte abtauchte und diesen Plattenrand wie Falten eines Tischtuchs aufwarf. Ähnlich wie an der Westküste Südamerikas wurden dabei Teile des Erdmantels aufgeschmolzen, das aufsteigende Magma hob den Kontinentrand zusätzlich und speiste etliche Vulkane in dem sich auftürmenden Ross-Orogen. Dieses setzt sich jenseits der Ostantarktis im heutigen Australien fort, denn beide Kontinente waren damals unmittelbare Nachbarn. Dort allerdings wird es das Delamerische Orogen genannt.

Viele Detailfragen sind noch ungeklärt, zum Beispiel, wann die Orogenese begann und wie lange sie sich hinzog. Bislang ging die Wissenschaft davon aus, dass die Gebirgsbildung vor rund 530 Millionen Jahren einsetzte und rund fünfzig Millionen Jahre andauerte. Ergebnisse der jüngeren GANOVEX-Expeditionen sprechen jetzt aber dafür, dass die Gebirgsbildung gut doppelt so lange dauerte und entsprechend früher, nämlich vor 580 bis 590 Millionen Jahren einsetzte. Was diese Erkenntnisse für die tektonischen Modelle bedeutet, die die Gondwana-Bildung simulieren, muss sich erst noch herausstellen.

Auf einer dieser Expeditionen wurde ein Bereich der Lanterman-Suturzone in der Lanterman Range im Gebiet des Rennick Gletschers intensiv geophysikalisch befliegen. Die Aeromagnetik-Messungen mit einem Hubschrauber ergaben ein hochaufgelöstes Bild der magnetischen Anomalie in dieser Kontaktzone zwischen zwei Krustenblöcken. Frühere Messungen hatten dort eine großflächige Anomalie gezeigt, diese Befliegung



Das Außencamp Marinella am Mariner Gletscher während GANOVEX XIII/2. Die „Tomate“, ein kleines Fiberglas-Iglu, diente dem 4-köpfigen Geophysik-Team gleichzeitig als Küche, Büro und Aufenthaltsraum.

konnte deren Struktur jetzt für einen eng begrenzten Bereich der Sutur besser erfassen.

Aus der Zeit zwischen der Ross-Orogenese während der Bildung Gondwanas und der Entstehung des Transantarktischen Gebirges im Zuge seiner Auflösung sind nur verhältnismäßig wenige geologischen Spuren bekannt. Dieser Zeitraum umspannt immerhin 300 Millionen Jahren, in denen ein Superkontinent entstand und verging, Eiskappen wuchsen und wieder verschwanden, die Dinosaurier aufstiegen und jäh verschwanden und Gondwana selbst in einem langsamen, mehr als 100 Millionen Jahre dauernden Prozess in seine heute bekannten Bestandteile zerfiel. Es war auch der Zeitraum, in dem sich der antarktische Teil des Großkontinents von einer Lage in Höhe des Äquators mehr und mehr in Richtung Südpol bewegte, bis die Antarktis schließlich in der jüngeren Kreidezeit in der Lage am Südpol ankam, in der sie sich noch heute befindet.

Dass eine solche Periode völlig ruhig und ohne Umwälzungen ablief, ist kaum denkbar. Die aktuelle Forschung zeigt, dass die Erdkruste während dieser Zeit sehr aktiv war. Alt angelegte Brüche aus der Zeit der Ross-Gebirgsbildung wurden in späterer Zeit vielfach reaktiviert, das Gebirge selbst durchlief den üblichen Erosionsprozess und wurde vollständig abgetragen, bis eine hügelige Fluss- und Seenlandschaft das Bild des Viktorialandes zu Gondwana-Zeiten bestimmte. Parallel dazu kam es allerdings andernorts, so am weiterhin aktiven und durch anhaltende Subduktion gekennzeichneten Pazifikrand der Ur-Antarktis, zu weiteren Auffaltungen, Grabenbrüchen und intensiven vulkanischen Eruptionen. Diese Prozesse dauerten bis in die untere Kreidezeit an, als der größte Teil Gondwanas schon längst im Zerfall begriffen war. Im Nordviktoraland wurde die Kollision der paläopazifischen Platte mit dem ostantarktischen Kontinent abgelöst durch eine großräumige Dehnung und riesige Seitenverschiebungen. Ergebnisse der GANOVEX-Expeditionen zeigen, dass sich an diesem Rand der Ostantarktis und Australiens spätestens mit der späten Trias ein ausgedehntes Becken innerhalb des Gondwana-Großkontinents bildete, das bis in die frühe Erdneuzeit Bestand hatte. Das langsame Auseinanderdriften der beiden Kontinentblöcke und die Ausbildung des Westantarktischen Riftsystems, das schließlich zum Aufstieg des heutigen Transantarktischen Gebirges führte, beendeten das Dasein dieses interkontinentalen Beckens erst relativ spät, nämlich kurz vor der endgültigen Lostrennung der letzten Gondwana-Splitter und der Isolierung Antarktikas.

Als ein Highlight der jüngeren Expeditionen des GANOVEX-Programms fanden die Forscherinnen und Forscher zahlreiche Zeichen für ein vielfältiges Ökosystem aus der späten Trias. Sie entdeckten die Überreste eines 200 Millionen Jahre alten versteinerten Waldes, in dessen fossilisiertem Holz noch die Grabgänge von Maden und Insektenkot erhalten waren. Damals war das Nordviktoraland schon keine schroffe Gebirgslandschaft mehr, sondern ein flaches Terrain, über das Flüsse mäandrierten und das von ausgedehnten Seen bedeckt war. Offenbar lebten

auch Reptilien und vermutlich auch andere Wirbeltiere dort, denn auf der Expedition fand man den versteinerten Fußabdruck eines triassischen Sauriers. Die genaue Zuordnung ist schwierig, allerdings gehört es wohl einer eher seltenen Gruppe an, die vom ausgehenden Perm bis zur späten Trias bezeugt ist und auf verschiedenen Kontinenten gefunden wurde. Der Fund war der erste Hinweis auf deren Existenz im Nordviktoraland.

Vor 180 Millionen Jahren begann Gondwana mit einer Serie von gewaltigen Vulkanausbrüchen auseinanderzubrechen. Im Transantarktischen Gebirge wie auch der gesamten Antarktis außer der Antarktischen Halbinsel gibt es nach dieser Zeit außer jungen vulkanischen Gesteinen und Ablagerungen der jüngsten Vereisungsperioden keine direkten Zeugen mehr. Sicher ist, dass sich nacheinander die heutigen Südkontinente, Madagaskar und Indien von der Antarktis lösten. Als einer der letzten Krustenblöcke begann sich Australien ab etwa 95 Millionen Jahren vor heute abzutrennen. Auf den jüngeren GANOVEX-Expeditionen wurde ein System bislang unbekannter Störungen vermutlich aus jener Zeit entdeckt, durch die sich der konkrete Abtrennungsprozess beider Kontinente plausibler erklären lässt. Die Ablagerungen des ehemaligen ausgedehnten Beckens des Erdmittelalters und der frühen Erdneuzeit sind seither infolge der intensiven Hebung des Transantarktischen Gebirges erodiert und abgetragen worden und landeten schließlich als über zehn Kilometer mächtige Sedimente in den Riftbecken des Rossmeeres.

Gletscherspalten des Campbell Gletschers am Gerlache Inlet.







Probenahme mit Schwerelot während der Expedition Sub-EIS-Obs II auf dem Ekström Schelfeis.

## 3.5 BOHRUNGEN IN DER ANTARKTIS: GEOLOGISCHE ERKENNTNISSE AUS DER TIEFE

**Die Vereisung erschwert die geologische Spurensuche in der Antarktis stark. Die Gletscher haben viel Sediment in die Schelfmeere transportiert und den Rest unter kilometerdickem Eis begraben. Die einzige Möglichkeit, speziell an Informationen aus der Zeit nach dem Vorstoß der Gletscher zu gelangen, stellen Bohrprojekte dar. Die BGR ist an zwei internationalen Großvorhaben beteiligt gewesen und arbeitet gemeinsam mit dem AWI an einem dritten.**

Die Rolle als eine der Kälteregeonen der Erde spielt die Antarktis erst seit vergleichsweise kurzer Zeit. Rund 34 Millionen Jahre, also erdgeschichtlich gesehen kaum mehr als ein Wimpernschlag, ist es her, dass die Gletscher sich über den größten Teil des Kontinents ausdehnten und ihn in eine unwirtliche Eislandschaft verwandelten. Heute bedeckt Inlandeis von bis zu 4000 Meter Dicke den Kontinent, doch so ewig wie dieses scheint, ist es nicht. So ist der westantarktische Eisschild offenbar in vergleichsweise regelmäßigen Abständen geschrumpft bis hin zu seinem kompletten Zusammenbruch, um dann wieder zu seiner derzeitigen Größe anzuwachsen.

Einblicke in die jüngere Vergangenheit der Antarktis gewinnt die internationale Gemeinde von Forscherinnen und Forschern vor allem durch Bohrungen in die Sedimentschichten der Kontinentalshelfe. An zwei internationalen Bohrprojekten war die BGR beteiligt: das Cape-Roberts-Projekt bohrte zwischen 1997 und 1999 unweit des Cape Roberts im Rossmeer bis zu knapp 1000 Meter tief in den dortigen Meeresboden und erhielt so eine fast lückenlose Sedimentationsgeschichte der Westantarktis während des Zeitraum von etwa 34 bis 17 Millionen Jahre. Die aus insgesamt drei Bohrungen gewonnene Sequenz reichte bis ungefähr an den Beginn der Antarktisvereisung heran. Für die Bohrungen wurde ein konventioneller Bohrturm auf dem Meereis errichtet, von dem aus durch das zwei Meter dicke Eis sowie Wassertiefen zwischen 150 und 300 Meter in den Untergrund gebohrt wurde.

Das ANDRILL-Projekt lief 2006 und 2007 ebenfalls im westlichen Rossmeer und konnte dabei an zwei Stellen zwischen der Ross-Insel und dem Festland Kerne von insgesamt 1200 Meter Länge gewinnen, die die vergangenen 20 Millionen Jahre in beispielloser Auflösung widerspiegeln. Die Kernsequenzen beider Bohrprojekte dokumentieren einerseits die Vereisungsgeschichte der Region an der Nahtstelle zwischen Ost- und Westantarktis, andererseits aber auch die jüngere Entwicklung des Westantarktischen Riftsystems. Ab dem späten Eozän, also zeitgleich mit dem Beginn der Vereisung vor rund 34 Millionen Jahren, zeigt sich eine intensive Aktivität des Systems in diesem Teil. Die ältesten Sedimente stammen aus dieser Zeit, allerdings wurde vermutet, dass das Riftsystem

ANDRILL Bohrturm und Arbeitsumfeld auf dem McMurdo Schelfeis, Rossmeer.



im Rossmeer bereits in der Kreidezeit aktiv war. Frühere Ablagerungen, die diesen Beginn des Riftings hätten dokumentieren können, sind jedoch zumindest an den Bohrlokationen der beiden Projekte nicht gefunden worden.

Dafür lässt sich die Entwicklung der Region seit Heraushebung des Transantarktischen Gebirges in der Erdneuzeit gut erkennen. Die intensive Dehnung hatte den Einbruch des Viktorialandbeckens im Oligozän zur Folge. Mächtige Pakete mit Erosionsschutt aus dem Transantarktischen Gebirge füllten das Riftbecken jedoch sehr schnell. Doch auch in diesen Sedimenten zeigt sich die tektonische Aktivität der Region: Vom Neogen bis ins Quartär hinein sind zahlreiche natürliche Brüche zu erkennen.

Mit Blick auf das Paläoklima belegen die Bohrkern, dass die Region klimatisch überraschend variabel war. Ein Kernabschnitt am Beginn des Sedimentarchivs und ein weiterer Abschnitt datiert auf das mittlere Pleistozän bis heute, dokumentieren die kältesten Perioden im gesamten Bohrkern. Im Mittleren Miozän, vor 15,7 Millionen Jahren herrschte dagegen eine mittlere Lufttemperatur von +10 Grad Celsius, die Landschaft war eine Tundra mit niedriger Vegetation und Süßwasserseen. Nach einer weiteren kälteren Periode herrschten dann im Pliozän und im frühen Pleistozän, als der Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre zeitweise ebenso hoch war wie heutzutage, erneut warme Bedingungen, die schließlich jedoch in das heutige Eishausklima kippten, als der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf deutlich niedrigere Werte als heute zurückging. Aus den Bohrkernen lässt sich darüber hinaus ein Einfluss der Milanković-Zyklen, insbesondere der im 400.000-Jahres-Rhythmus schwankenden Exzentrizität der Erdumlaufbahn um die Sonne, auf die Stabilität des westantarktischen Eisschildes ablesen.

Aktuell ist die BGR maßgeblich beteiligt an der Vorbereitung einer hauptverantwortlich durch Neuseeland und in internationaler Kooperation durchgeführten Bohrung im Rossmeer (SWAIS-2C). Außerdem treiben BGR und AWI

ein Bohrprojekt am gegenüberliegenden Ekström-Schelfeis vor dem Dronning Maud Land der Ostantarktis voran. Dort soll ein ähnliches Sediment-Archiv erbohrt werden wie im Rossmeer. Vorbereitend dazu fanden bisher drei Kampagnen zur Voruntersuchung des Gebiets im Rahmen des Projekts Sub-EIS-Obs statt. Erste geophysikalische Untersuchungen haben ergeben, dass die Sedimente am Ekström-Schelfeis auf einer Basaltschicht, dem sogenannten Explora Wedge, aufliegen. Dieser stammt offenbar aus der ersten Phase der Auflösung von Gondwana vor 180 Millionen Jahren und findet seine Fortsetzung in Südafrika. Damals löste sich Afrika als erstes von der Antarktis, ein Prozess, der von gewaltigen vulkanischen Eruptionen begleitet wurde. Welche Perioden die auf diesem Basalt abgelagerten Sedimente dokumentieren, wird man erst durch die Bohrung wissen. Doch die Hoffnung besteht, dass sie die Lücke schließen, die nach dem beginnenden Zusammenbruch von Gondwana in der geologischen Überlieferung klafft.

**BOHRUNGEN  
ERMÖGLICHEN EINBLICKE  
IN DIE JÜNGERE ANTARKTIS-  
GESCHICHTE.**

# 4 ARKTIS



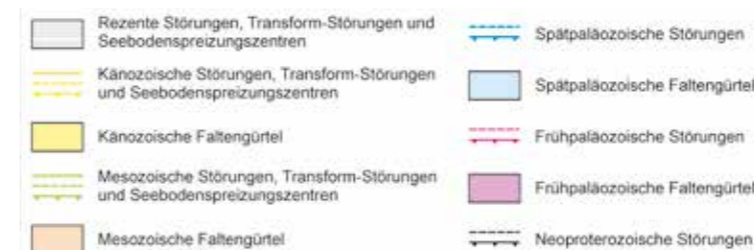
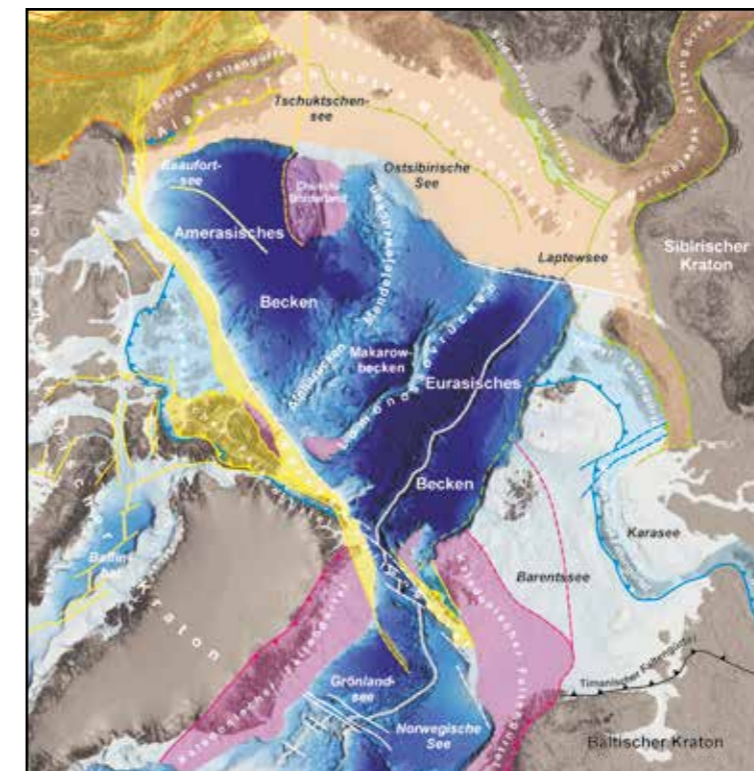
## 4.1 SCHLÜSSEL ZUM ERDSYSTEM: DIE KONTINENTE AM RAND DES ARKTISCHEN OZEANS

Der Arktische Ozean spielt eine bedeutende Rolle im Erdsystem und ist derzeit Schauplatz dramatischer Veränderungen durch den Klimawandel. Die geologischen Forschungen zur Entstehung und Entwicklung der Arktis dienen unter anderem auch dem besseren Verständnis dieser Prozesse und helfen in politischen Fragestellungen.

Vor 145 Millionen Jahren begann die Entstehung des Arktischen Ozeans, als der nördliche Großkontinent Laurasia entlang der Naht zwischen den heutigen Kontinenten Nordamerika und Asien aufriss und sich das Amerasische Becken öffnete. Was damals als ringsum von Festland umschlossenes Binnenmeer am Nordpol begann, erhielt erst in jüngerer geologischer Vergangenheit mit der Framstraße einen Tiefseeanschluss an den jungen Atlantischen Ozean.

Seine Lage am Nordpol und die Verbindung zum Atlantik machen den Arktischen Ozean zu einem wichtigen Faktor im Erdsystem – und er ist derjenige Teil der Erde, in dem der globale Klimawandel derzeit seine dramatischsten Konsequenzen zeigt. Beides – die Rolle im Erdsystem und die laufenden und künftigen Veränderungen der Region – lässt sich ohne sorgfältige Erforschung der geologischen Grundlagen nicht zuverlässig abschätzen. Dazu gehört auch die Frage zur Entstehungsgeschichte des Arktischen Ozeans, welche aktiv von der BGR und internationalen Kooperationspartnern bearbeitet wird. Im Laufe ihrer mittlerweile langjährigen Forschungsaktivitäten in der Arktis wurden dafür weite Teile der europäischen und nordamerikanischen Arktis zwischen Spitzbergen und dem Mackenziedelta untersucht, ebenso wie Gebiete in der sibirischen Arktis.

Bathymetrische Karte der Arktis mit der Verbreitung der zirkum-arktischen Falteingürtel und Gebirgszüge.



Die geowissenschaftlichen Forschungen zu Lande und auf dem Wasser dienen dabei nicht nur der besseren Kenntnis von Entstehung und Entwicklung des nördlichen Ozeanbeckens, sondern spielen auch eine Rolle bei der von allen Anrainerstaaten angestrebten Ausweitung ihrer ausschließlichen Wirtschaftszonen nach dem SRÜ auf 200 Seemeilen. Deutschland als Drittstaat ohne eigene Territorialinteressen unterhält nicht zuletzt dank des intensiven Forschungsengagements gute Beziehungen zu allen Akteuren und kann mit sachlichen Forschungsergebnissen einen Beitrag zum friedlichen Ausgleich der Interessen leisten. Dazu zählen die nachhaltige Entwicklung von Handel und Tourismus über die sich durch den Klimawandel öffnenden Schifffahrtsrouten durch die Nordost- und die Nordwest-Passage. Dazu gehört aber auch die möglichst schonende Gewinnung der Bodenschätze, die in der Arktis vermutet werden.

**FORSCHUNG MIT GEOWISSENSCHAFTLICHEM UND POLITISCHEM FOKUS.**

## 4.2 DIE ERFORSCHUNG DER LANDMASSEN RINGS UM DEN ARKTISCHEN OZEAN: DIE BGR-PROJEKTE IN DER ARKTIS

Die Entstehung des Arktischen Ozeans und der Entwicklung seiner angrenzenden Festlandsgebiete gibt der Wissenschaft noch große Rätsel auf, daher sind Forscherinnen und Forscher der BGR an vielen Stellen rings um das Polarmeer tätig, um geologische Hinweise darauf zu finden.

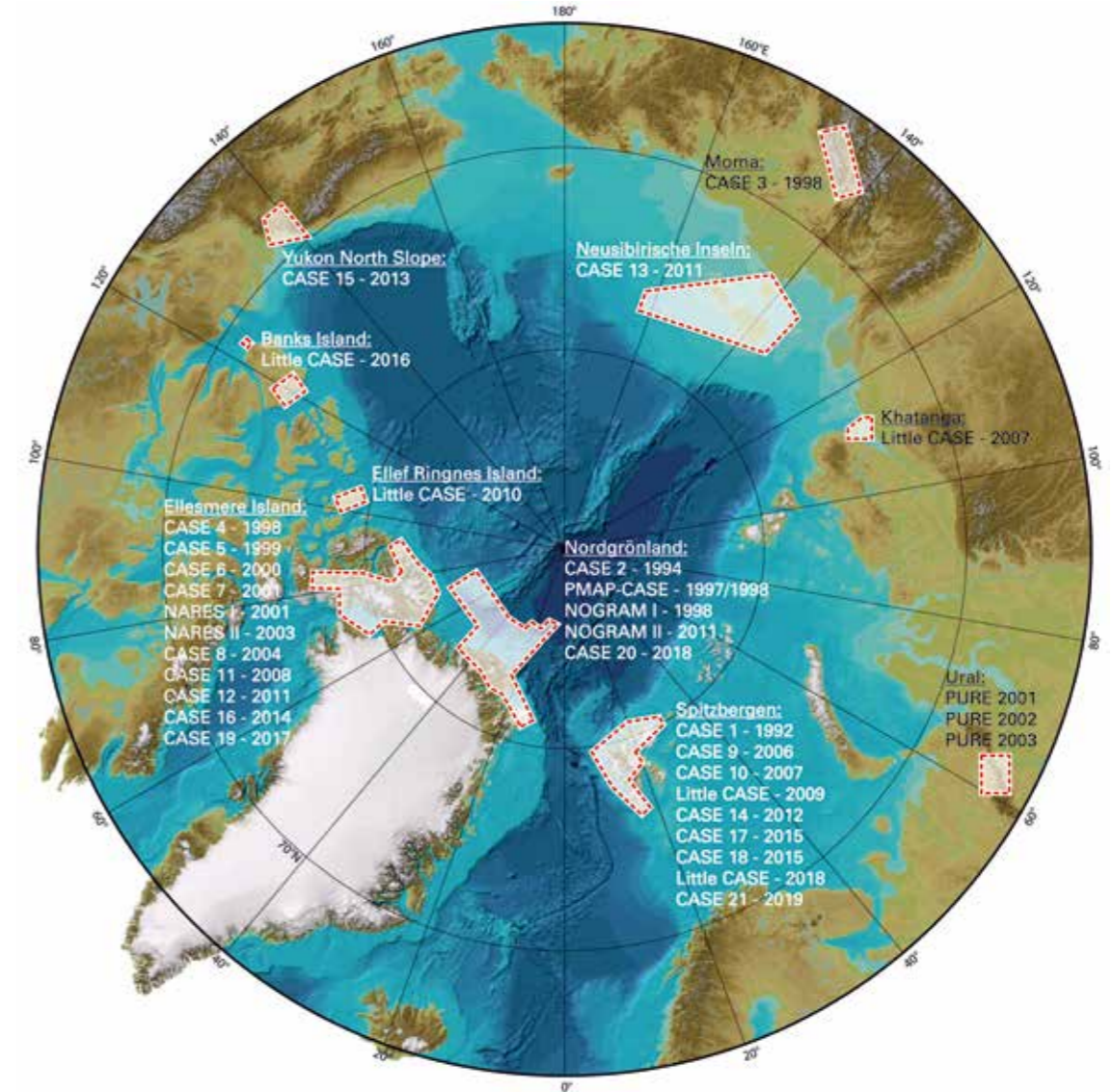
Die BGR ist im gesamten arktischen Raum tätig. In Rahmen des seit 1992 laufenden Forschungsprogramms CASE ist mittlerweile die 22. Expedition durchgeführt worden. Das Programm „Circum-Arctic Structural Events“ soll die plattentektonische Entwicklung des Arktischen Ozeans infolge der Öffnung von Amerasischem und Eurasischem Becken anhand terrestrischer Daten der umliegenden Kontinentränder rekonstruieren. Die wissenschaftliche Fragestellung des CASE-Programms ist so einfach wie komplex: wie ist der Arktische Ozean, dieses große Becken zwischen der eurasischen und der nordamerikanischen Kontinentalplatte, entstanden? Plattentektonisch gibt es dafür bisher noch keine schlüssigen Antworten. Im Gegensatz zu den marinen Expeditionen von Geophysikerinnen und Geophysikern im Arktischen Ozean können Geologinnen und Geologen an Land entlang der verschiedenen Küstengebiete des Polarmeeres direkt anfassen, in Augenschein nehmen, kartieren und die jeweiligen Alter der Bewegungen bestimmen. Dadurch ist es möglich, Gesteinseinheiten und Deformationszonen auf verschiedenen Platten direkt miteinander zu vergleichen und damit auch zu rekonstruieren, wann Kontinentalplatten zusammengestoßen sind, wie lange sie nebeneinander gelegen haben und wann und wie sie sich wieder voneinander getrennt haben. Die Schwerpunkte und Forschungsgebiete seit Beginn der BGR-Arktisforschung liegen entlang der Kontinentränder zwischen Spitzbergen über Grönland und den kanadischen arktischen Archipel bis zum Yukon North Slope an der Grenze zu Alaska. Auf der gegenüberliegenden Seite



des Arktischen Ozeans wurden mit russischen Partnern Forschungsreisen nach Jakutien, in die Festlandsgebiete nahe der Laptewsee sowie auf die Neusibirischen Inseln durchgeführt.

Thematisch mit dem CASE-Programm verknüpft sind aeromagnetische Vermessungen, die im Rahmen von PMAP-CASE (Polar Margins Aero-magnetic Program), NARES I und II (Nares Strait) und NOGRAM (NOrthern Greenland GRavity and AeroMagnetics) als deutsch-kanadische Kooperationsprojekte durchgeführt wurden. Ziel des AWI-BGR Kooperationsprojektes NOGRAM war die Gewinnung hochauflösender magnetischer und gravimetrischer Daten, um in ausgesuchten Gebieten in und um Nordgrönland detaillierte Kartierungen der geologisch-tektonischen Strukturen durchzuführen. Als Ergebnis wurden Karten aus abgelegenen Gebieten veröffentlicht, die mit anderen Mitteln nur mit Mühe oder gar nicht erreichbar sind. Die meist eisbedeckte Naresstraße zwischen Grönland und dem nordkanadischen Ellesmere Island bildet die Verbindung vom Arktischen Ozean zu Baffin Bay und Labradorsee. Hier wird eine Plattengrenze zwischen der nordamerikanischen und der eurasischen Platte vermutet – die sogenannte Wegener-Störung – die eng mit der Öffnung des Nordatlantik und des Arktischen Ozeans verknüpft ist. Die Erforschung der Wegener-Störung und der an diese Störung gekoppelten jungen Sedimentbecken war das Ziel der NARES-Projekte, die die BGR zusammen mit den Geologischen Diensten der Anrainerländer in den Jahren 2001 und 2003 durchführte.

Mit PURE (Polar URals Expedition) sind rohstoffbezogene Forschungsarbeiten gemeinsam mit Kooperationspartnern geologischer Institute der Russischen Akademie der Wissenschaften in Moskau und Syktyvkar im polaren Ural realisiert worden. In den Sommermonaten der Jahre 2001 bis 2003 führten die Partner strukturgeologische



Karte der Arktis mit den geologischen und aeromagnetischen Arbeitsgebieten der BGR seit 1992.

und lagerstättenkundliche Arbeiten im Zielgebiet durch, um die Genese von Chromit und Platingruppenelementen in Ophiolithen zu klären.

Wie in der Antarktis gehört die geologische Kartierung nach wie vor zu den grundlegenden Arbeiten, um die Geologie und die plattentektonischen Vorgänge in der Vergangenheit verstehen zu können. In Zusammenarbeit mit dem Norwegischen Polarinstitut und dem kanadischen Geologischen Dienst ist eine Vielzahl offizieller geologischer Karten auf Svalbard und auf Ellesmere Island entstanden. Highlight geowissenschaftlicher Karten ist der Beitrag der BGR zur federführend von Russland und Frankreich publizierten internationalen Tektonischen Karte „Tectonic Map of the Arctic (TeMAr)“ im Maßstab 1:5.000.000.

## BGR ARBEITET ZIRKUMARKTISCH.

Blick auf die Eisberge und das zugefrorene Meer an der Küste des Waldemar Glückstadt Landes in Nordost-Grönland.



## 4.3 KLIMA AUF DER ACHTERBAHN

**Sedimente sind Archive der Erdgeschichte. Wo immer sich die Schichten erhalten haben, können Geologinnen und Geologen die Lebewelt, das Klima und die Landschaften vergangener Epochen rekonstruieren.**

Der Kontrast zur Gegenwart könnte kaum größer sein. Vor rund 54 Millionen Jahren wuchsen dichte Laubwälder in Kanadas arktischem Norden. Eichen, Ulmen, Hainbuchen und diverse Walnussarten standen dort, wo es derzeit nur noch die genügsamsten Birken, Weiden oder Nadelbäume und niedrige Büsche aushalten. Pappeln und Erlen säumten die Bäche und Flüsse, die sich heute durch Permafrost winden. An der Küste lagen ausgedehnte Mangrovensümpfe, wie sie heute an der Küste Mexikos am Südpol des Kontinents zu finden sind. Gefunden wurden die Spuren dieses ehemals üppigen, subtropisch anmutenden Ökosystems in Bodenproben, die im Rahmen der BGR-Expedition CASE 15 in den Caribou Hills zusammen mit französischen Spezialisten im arktischen Mackenziedelta genommen wurden. In Proben der CASE 13-Expedition von den Neusibirischen Inseln fanden die französischen Kollegen bereits Spuren eines ähnlichen Ökosystems am gegenüberliegenden sibirischen Arktisrand.

Aufschluss in den Caribou Hills mit dem Mackenzie Delta im Hintergrund. Die vulkanische Aschenlage ist an ihrer orangefarbenen Verwitterungsfarbe erkennbar. Person als Maßstab.



Wurzelstock eines 55 Millionen Jahre alten Baumes am Stenkul Fiord auf Ellesmere Island, kanadische Arktis, siehe Hammer als Maßstab.

Die Entwicklung der Arktisregion ist noch in vielen Punkten und über weite Zeiträume unerforscht. Vor allem fehlt Geologinnen und Geologen häufig der Zeitrahmen, in den die Befunde aus dem Feld eingeordnet werden können. Um diesen chronologischen Rahmen für die tektonischen Ereignisse, die die Entstehung der Arktis prägten, zu erarbeiten, greifen Geologinnen und Geologen der BGR auf Sedimente zurück. Diese sind chronologisch abgelagert worden, und wenn sie ungestört geblieben sind, spiegelt ihre Stratigraphie die Entwicklung der Region über geologische Zeiträume hinweg wider. Die Mangroven im heutigen Mackenziedelta etwa wurden aufgrund einer Lage Vulkanasche, die sich mitten durch die pollenhaltigen Schichten zog, ins frühe Eozän datiert.

Durch sorgfältige Analytik solcher Aschelagen lassen sich mitunter datierbare Minerale, zum Beispiel Zirkone, finden. Durch genaue geochronologische Datierung liefern die Minerale wichtige Ankerpunkte, an denen die Abfolge der Sedimente an der Fundstelle in die absolute Chronologie der Erdgeschichte eingehängt werden kann. Zirkone etwa speichern den Augenblick ihrer Entstehung während einer Eruption sehr zuverlässig. Sind die winzigen Kristalle erst einmal entstanden, läuft in ihrem Inneren unaufhaltsam die Uhr des radioaktiven Zerfalls ab, die die spezialisierten Labors mit hoher Genauigkeit bestimmen können.

**GEOLOGIE ALS ZEITMASCHINE – ALS DIE ARKTIS NOCH DICHT BEWALDET WAR.**

Eine weitere Methode zur chronologischen Einordnung von Sedimenten beruht auf dem Verhältnis unterschiedlich schwerer Kohlenstoffisotope zueinander. Dieses schwankt über die Erdgeschichte hinweg mit zeitweiligen einzelnen kräftigen Ausschlägen, die sich in Isotopenkurven abzeichnen, die viele Dutzende von Millionen Jahre abdecken und überdies mit astronomischen Zyklen kalibriert werden. Wenn in einer Sedimentfolge sowohl Vulkanasche als auch kohlenstoffreiche Lagen vorhanden sind, können beide Verfahren kombiniert werden. Hierdurch werden sehr genaue Altersbestimmungen der Sedimente erreicht. Die kräftigen Ausschläge in den Isotopenkurven haben ihre Ursache in Störungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs, die immer wieder zu weltweiten extremen Wärmereignissen (hyperthermal events) geführt haben. Auch solche Wärmereignisse ermöglichten erst das Wachstum solch üppiger Wälder in hohen Breiten, wie sie in den Caribou Hills oder auf den Neusibirischen Inseln gefunden wurden. Am Stenkul Fjord und am Split Lake im Süden des kanadischen Ellesmere Island konnten Sedimentologinnen und Sedimentologen der BGR auf mehreren Expeditionen Probenmaterial für beide Verfahren gewinnen und so auch einen Zeitrahmen für die Geschehnisse der so genannten Känozoischen Eureka-Deformation, einer tektonisch sehr aktiven Phase in der Arktis, gewinnen, die dort in den stark gefalteten und deformierten Gesteinen dokumentiert sind. Dies zeigt, dass tektonische Aktivitäten, die auf Einengung der Erdkruste zurückzuführen sind, kurz nach dem zweiten Eozän-Wärmemaximum (ETM-2) stattfanden. Damals, zu Beginn des Känozoikums, also vor etwa 66 bis 40 Millionen Jahren, wurden weltweit zuletzt die höchsten Temperaturen erreicht, bevor es anschließend immer kühler wurde.

Einige Meter unter der Aschelage, abgetrennt von einer durch vorangegangene tektonische Bewegungen verursachten Schichtlücke, fanden sich Kohlen, die anhand ihres kräftigen negativen Ausschlags in der Isotopenkurve als aus der Zeit des Paläozän-Eozän-Wärmemaximums (PETM) identifiziert wurden.

Sie markieren den Beginn des Eozäns, sind also etwa zwei Millionen Jahre jünger als die Sedimente darüber. Die Stratigraphie macht deutlich, dass die tektonischen Bewegungen an den Störungszonen während der Eureka-Deformation sehr dynamisch abliefen, und das über einen geologisch kurzen Zeitraum von rund zwei Millionen Jahre zwischen dem Ende des Paläozäns am PETM und dem ETM-2 hinweg. Diese beiden extremen Wärmereignisse sind jedoch nicht nur sehr genaue stratigraphische Zeitmarken. Als Ausdruck massiver natürlicher Störungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs im Eozän, bieten sie zudem die Möglichkeit, vertiefte Untersuchungen zu den damaligen klimatischen Bedingungen, also beispielsweise zur mittleren Jahrestemperatur und Niederschlagsmengen, in solch hohen Breiten anzustellen. Klimaforscherinnen und -forscher können damit dann Vergleiche zu erwartenden Auswirkungen der heutigen Klimaerwärmung ziehen, die ihre Ursache ebenfalls in der Freisetzung großer Mengen Kohlenstoff in das Ozean-Atmosphärensystem der Erde hat.

Rekonstruktion des Arktischen Ozeans (Amerasisches Becken) mit der Verbreitung ausgedehnter Wälder am Ende des Paläozäns vor 56 Millionen Jahren.



## 4.4 DER NORD-AMERIKANISCHE KONTINENTRAND - EINE ARKTISCHE SAN ANDREAS-VERWERFUNG

Die Bildung des Arktischen Ozeans war wesentlich komplexer als es derzeitige Modelle nahelegen. Das zeigen die Geländebefunde entlang des nordamerikanischen Kontinentrandes, welche die BGR in mehr als 20 Expeditionen des CASE-Programms erarbeitet hat.

Am Cape Lawrence im Nordosten von Ellesmere Island herrschen selbst im Hochsommer für unsere Verhältnisse winterliche Bedingungen. Auf den von Gletschern bedeckten Gebirgszügen, die die Naresstraße säumen, liegt häufig immer noch Schnee, der Wind treibt Eisschollen auf dem Wasser zusammen und drückt sie in Richtung Küste, die Temperaturen steigen kaum über mittlere einstellige Grade. In geowissenschaftlicher Hinsicht jedoch sind die 1000 Meter hohen Klippen ein Paradies, denn an seinen Steilwänden ist arktische Erdgeschichte mit bloßem Auge abzulesen. Deutlich sichtbar verlaufen die Schichten die Berghänge entlang und zeigen,

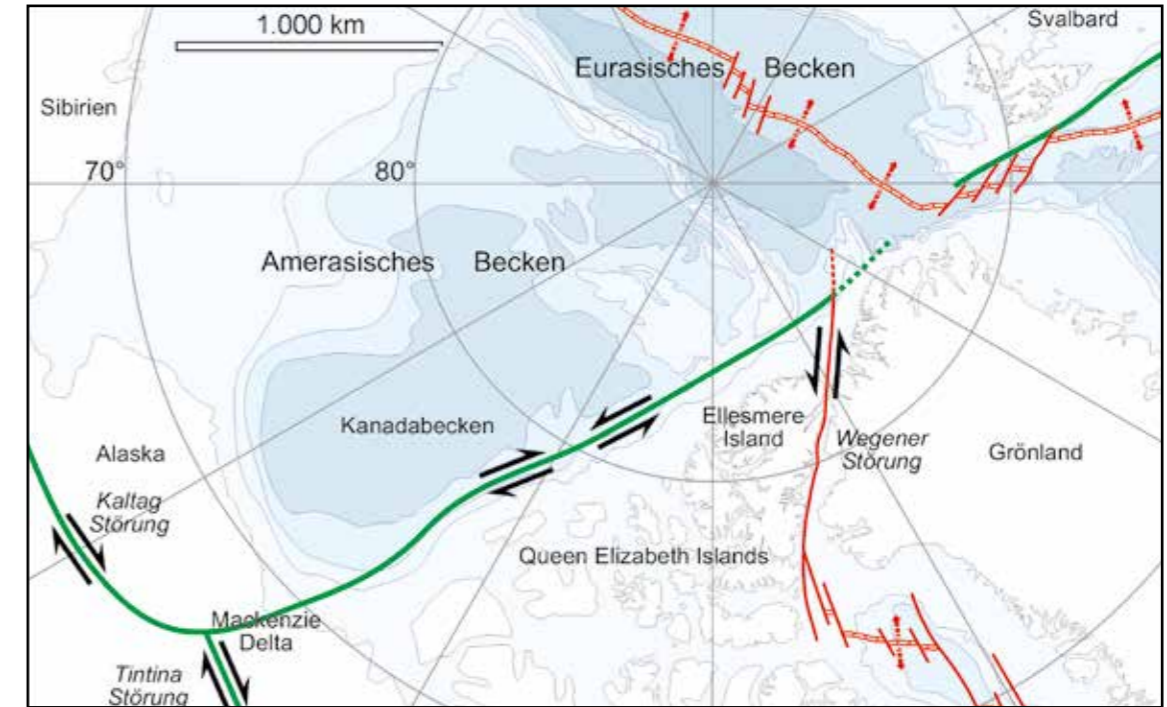
Blumenwiese im Aulavik Nationalpark westlich des Thompson Rivers im Norden von Banks Island, kanadische Arktis.



Front eines Gletschers und Eisberge im zugefrorenen Süden des Yelverton Inlets an der Nordküste von Ellesmere Island, kanadische Arktis.

dass sich hier eine enorm turbulente Periode niedergeschlagen hat. Die Schichten gehören in die Zeit der Eureka-Deformation aus dem Paläogen, als der Großkontinent Laurasia aus dem Erdmittelalter auseinanderbrach, die Baffin Bay und die Labradorsee sich im Nordosten Nordamerikas öffneten und mit dem Eurasischen Becken der zweite, jüngere Teil des Arktischen Ozeans Gestalt annahm.

Dessen Bildung am heutigen Nordpol ist nach wie vor eine der großen Fragen der Geowissenschaften. Klar sind der Anfang und der vorläufige Endpunkt dieser Entwicklung: Was in der Kreidezeit ursprünglich als Binnenmeer begann, ist heute über die Framstraße mit dem Weltozean verbunden. Die Erforschung der plattentektonischen Vorgänge, die zur heutigen Arktis führten, ist immer noch eine Herausforderung. Das liegt nicht zuletzt an der arktischen Wildnis und der Abgeschiedenheit der Expeditionsgebiete, denen sich Forscherinnen und Forscher auf der Spurensuche stellen müssen. Schiffsfahrten in die meisten arktischen Länder sind auch weiterhin nur mit höchstem Aufwand möglich, so dass nur sehr wenig über die geologische Situation dort bekannt ist. Landexpeditionen sind ebenfalls sehr anspruchsvoll und müssen überdies ein gewaltiges und - wie sich nach und nach herausstellt - auch sehr heterogenes Gebiet rings um das zentrale Meer abdecken.



Lage der großen Störungszone am Nordrand des amerikanischen Kontinents zwischen Alaska und Grönland.

Allen logistischen Hürden zum Trotz hat es dennoch in den vergangenen Jahrzehnten eine intensive Erkundungstätigkeit der internationalen Arktis-Forschungsgemeinschaft gegeben. Die Geländearbeiten während der fast zwei Dutzend Land-Expeditionen des CASE-Programms in zahlreichen Gebieten insbesondere entlang des nordamerikanischen-europäischen Arktisrandes haben gezeigt, dass viele Strukturen und Bewegungen, die an den arktischen Kontinenträndern aufgeschlossen sind, in den bisherigen Modellen über die Entstehung des Arktischen Ozeans nicht berücksichtigt sind.

Das konnten Forscherinnen und Forscher der BGR bislang am detailliertesten an den Störungen aus der Zeit der känozoischen Eureka-Deformation nachweisen. Dieses Ereignis ist eine komplexe Abfolge von Dehnungen, Stauchungen, Seitenverschiebungen und Kollisionen, die entlang einer Kette von bis zu 250 km breiten Deformations- oder Knautschzonen aufgeschlossen sind. Vor allem aber ist es - wie die berühmte San Andreas-Verwerfung in Kalifornien - eine gewaltige Transformstörung, an der sich zwei Platten seitlich aneinander vorbeischieben. Auffällig ist zudem, dass der Kontinentrand zwischen dem Mackenziedelta und der Nordküste Grönlands wie mit dem Lineal gezogen verläuft.

Dieses 2500 Kilometer lange Störungssystem verläuft vom kanadischen Yukon-Territorium an der Grenze zu Alaska am arktischen Rand des Kanadischen Arktischen Archipels entlang über Nordgrönland bis nach Spitzbergen. Ein großer Teil der CASE-Expeditionen hat die BGR in diese Schlüsselgebiete geführt, wo sie die Eureka-Deformation detailliert erforscht und so an diesen Punkten weitere Stücke in das Puzzle der jüngeren tektonischen Geschichte der Arktis eingefügt hat. Die Störung könnte so die Naht darstellen, an der die Auflösung des nördlichen Großkontinents Laurasia mit der Trennung von Sibirien und Nordamerika und der Öffnung des Amerasischen Ozeanbeckens begann. Auf jeden Fall zeigen die Lokalisierungen rezenter Erdbeben an der Nordküste von Ellesmere Island, dass die Störungen parallel des nordamerikanischen Kontinentrandes auch heute noch aktiv sind.

Die Geländebefunde von Ellesmere Island über Grönland bis Spitzbergen deuten auf ein komplexes Geschehen im Eozän hin. Die Deformationen fanden in zwei Phasen statt, die sich praktisch über den gesamten Zeitraum zwischen 53 und 34 Millionen Jahren vor der Gegenwart hinzogen. Sie begannen zeitgleich mit der Aktivierung der ozeanischen Rücken in der Labradorsee und Baffin Bay, im Nordatlantik und im Eurasischen Becken des Arktischen Ozeans, durch die Grönland vorübergehend zu einer eigenständigen Kontinentalplatte wurde. Viel spricht dafür, dass diese gleichzeitige Ausbildung der Ozeanbecken auch die Ursache für die komplexe Deformation in den drei Gebieten darstellt.

Bis zum Eozän waren der kanadisch-arktische Archipel, Grönland und Spitzbergen nicht wie heutzutage an einer Perlschnur aufgereiht und durch Meeresstraßen und -becken getrennte Inseln, sondern benachbarte Teile einer einzigen großen Landmasse, die erst langsam unter dem Druck von Grabenbrüchen an Land und Spreizungsrücken im Meer aufbrach. Im Zentrum lag Grönland, das vor dem Eozän mit der Eurasischen und der Nordamerikanischen Platte verbunden war. Von der Nordamerikanischen Platte war die Insel ab dem Eozän durch die links-laterale Transformstörung der Wegener-Verwerfung und den beginnenden Spreizungsrücken in der Labradorsee getrennt. Sie folgten dabei offenbar bereits existierenden Dehnungszonen in der Erdkruste. Als Resultat entstand zwischen der Nordamerikanischen und der Eurasischen Platte kurzzeitig eine dritte, kleinere, grönländische Platte.

Diese tektonische Platte bewegte sich in der ersten Phase der Eureka-Deformation in Richtung Nordosten auf die Eurasische Platte zu, auf der Spitzbergen liegt. In dieser Phase propagierten die Spreizungsrücken westlich und östlich der Grönlandplatte in Richtung Norden. Im Westen entstand die Baffin Bay, im Osten riss die Grönlandsee auf. In der Kontaktzone zwischen Grönland und Spitzbergen kam es zu einer Einengung und der Auffaltung der Westküste von Spitzbergen, an der Wegener-Verwerfung blieb es bei der Transformstörung. In der zweiten Phase der Deformation drehte sich die Grönlandplatte gegen den Uhrzeigersinn und verwandelte den Charakter der Wegener-Verwerfung. Wie zuvor in Spitzbergen wurden Ellesmere Island und Nordwestgrönland gegeneinander geschoben und falteten auf Ellesmere Island eine breite Kollisionszone parallel zur Wegener-Verwerfung auf, während die Grenze zwischen Spitzbergen und Grönland zu einer rechtsseitigen Transformstörung wurde. Westlich und östlich von Grönland öffneten sich die Becken weiter.

Das Ende der Eureka-Deformation kam, als der Spreizungsrücken in der Labradorsee und der Baffin Bay inaktiv wurde und damit die Grönlandplatte in der Folge Teil der Nordamerikanischen Platte wurde. Im Nordatlantik und im Eurasischen Becken des Arktischen Ozeans jedoch lief die Meeresbodenspreizung weiter, so dass schließlich die Nordamerikanische Platte und die Eurasische Platte vollständig getrennt wurden und sich eine Verbindung zwischen den Ozeanen, die Framstraße, bildete.

## OZEANÖFFNUNG IN MEHREREN PHASEN.

Mehr als ein erster Fingerzeig sind diese Erkenntnisse allerdings nicht. Denn noch immer ist im Detail unklar, wie die Kontinentalbewegungen damals abliefen. Das gängige Modell besagt, dass vor rund 145 Millionen Jahren die Auftrennung Laurasias startete. Beginnend in der Region des heutigen Mackenziedeltas öffneten sich die Kontinentränder Nordamerikas und Sibiriens wie die Klängen einer Schere und spannten so das Amerasische Becken auf. Der Motor der Beckenbildung war wahrscheinlich ein Spreizungsrücken, dessen inaktive Reste man heute noch im Untergrund dieses Beckens finden kann. Welche Rolle die Transformstörung der Eureka-Deformation bei der damit einsetzenden Reorganisation der Platten im Hohen Norden spielte, muss sich noch durch weitere Forschungen der marinen Geophysik und der terrestrischen Strukturgeologie erweisen.

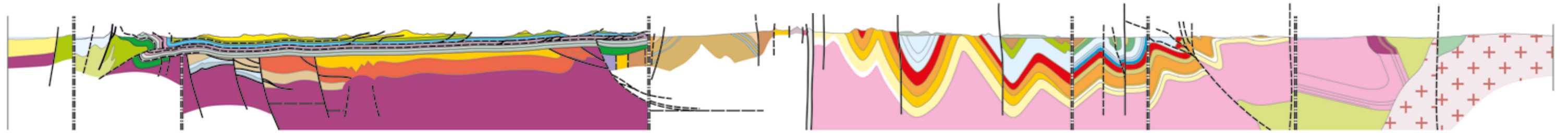
Zunächst jedoch wurde vor etwa 110 Millionen Jahren der Zerfall Laurasias abrupt unterbrochen, und die erste Phase der Ozeanbildung im Hohen Norden endete, weil ein Teilstück Alaskas, der sogenannte Alaska-Tschuktschen-Mikrokontinent, an seinem Westrand mit Sibirien kollidierte und die Öffnung des Amerasischen Beckens beendete. Die zweite Phase von Laurasias Zerfall begann vor 65 Millionen Jahren, als sich im jungen Atlantik zwischen Nordamerika und Grönland der Spreizungsrücken entwickelte, der zur Labradorsee und später zur Baffin Bay führte.

Zehn Millionen Jahre später setzte eine neue Phase der Plattentektonik ein, in der sich der Nordatlantik und das jüngere Eurasische Becken des Arktischen Ozeans bildeten. Dadurch löste sich der Lomonossowrücken vom eurasischen Kontinentrand und driftete in seine heutige Position. Das Eurasische Becken, das dabei aufbriss, wächst auch heute noch, denn der Gakkelerücken in seiner Mitte ist weiterhin aktiv und bildet ozeanische Kruste mit einer Geschwindigkeit von rund einem Zentimeter pro Jahr. Damit ist der Gakkelerücken die langsamste Spreizungszone der Erdoberfläche.

Wegen der Größe und Unzugänglichkeit der Arktis ist auch heutzutage ein direkter Vergleich der Strukturen und geologischen Entwicklungen des sibirischen und des nordamerikanischen Kontinentrandes eine Herausforderung. Gemeinsam mit den russischen Kolleginnen und Kollegen hat die BGR Ende der 1990er Jahre erstmals marine geophysikalische Untersuchungen in der Laptewsee durchgeführt. Im Jahre 2011 wurden die Arbeiten zusammen mit einem internationalen Team von Forscherinnen und Forschern, mit geologischen Untersuchungen auf den Neusibirischen Inseln, einer unbewohnten Inselgruppe in der Laptewsee, fortgesetzt. Entsprechend dem derzeit noch vorherrschenden Modell sollten sich die Inseln zusammen mit dem sibirischen Kontinentrand im Mesozoikum in unmittelbarer Nachbarschaft zum nordamerikanischen Kontinentrand befunden haben. Erste Auswertungen der Gesteinsproben von den Neusibirischen Inseln zeigen jedoch, dass das wohl nicht der Fall war.

Sommerliche Landschaft in den Bergen des Trolle Landes, Nordost-Grönland.





250 Kilometer langes West-Ost-Profil zur Darstellung des geologischen Aufbaus der Erdkruste von Spitzbergen.

## 4.5 SPITZBERGEN: EINE INSELGRUPPE AUF REISEN

Spitzbergen ist heutzutage ein beinahe vegetationsfreies Gebiet. Dadurch kann hier ohne große Schwierigkeiten tief in die Erdgeschichte geblickt werden. In den letzten 600 Millionen Jahren hat die Inselgruppe alles erlebt, von tiefer Vergletscherung bis zu tropischem Klima – und ist dabei rund 12.000 Kilometer weit von der Süd- auf die Nordhalbkugel gedriftet.

Die Drift der Kontinente im Laufe der Erdgeschichte gleicht der Arbeit an einem gigantischen Puzzle, die nicht von einer einzelnen Gruppe von Forscherinnen und Forschern gelöst werden kann. Sehr viele Geologinnen und Geologen sowie Paläontologinnen und Paläontologen müssen unzählige Gesteine und Fossilien untersuchen, um die Reise einer kleinen Kontinentplatte wie Spitzbergen durch Raum und Zeit rekonstruieren zu können. Auf Spitzbergen und den umliegenden Inseln sind fast 30 Kilometer mächtige Gesteinsserien aufgeschlossen, die einen Zeitraum von etwa 2 Milliarden Jahren vom Paläoproterozoikum bis in die Gegenwart abdecken. Auf den CASE-Expeditionen bot sich den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Gelände durch die beinahe lückenlose geologische Überlieferung dieser Gesteinseinheiten und durch zahlreiche Funde von Sedimentstrukturen und Fossilien die seltene Gelegenheit, die Wandlungen eines konkreten Ortes durch die geologische Vergangenheit und gleichzeitig seine Wanderung über die Erdoberfläche zu verfolgen und das Puzzle der Zeitreise von Spitzbergen zu vervollständigen.

Gut fassbar ist die Entwicklung Spitzbergens in Raum und Zeit seit dem Neoproterozoikum vor rund 650 Millionen Jahren. Damals begann der Archipel seinen 12.000 km langen Weg von Süden durch die Klimazonen des gesamten Erdballs in seine heutige Position am Nordpol. Der Startpunkt lag auf rund 60 Grad südlicher Breite. Spitzbergen war damals fest im Griff von

den großen Vereisungsphasen und Eiszeitaltern des Cryogeniums, die die damalige Erdoberfläche mit großflächigen Gletschern überzogen.

Das zeigen mächtige Moränen, die von den Eisströmen abgelagert wurden, und sogenannte Drop Stones, die aus treibenden Eisbergen freitauten, in Tonablagerungen vor der damaligen Küste fielen und in dieser Matrix bis heute überdauerten.

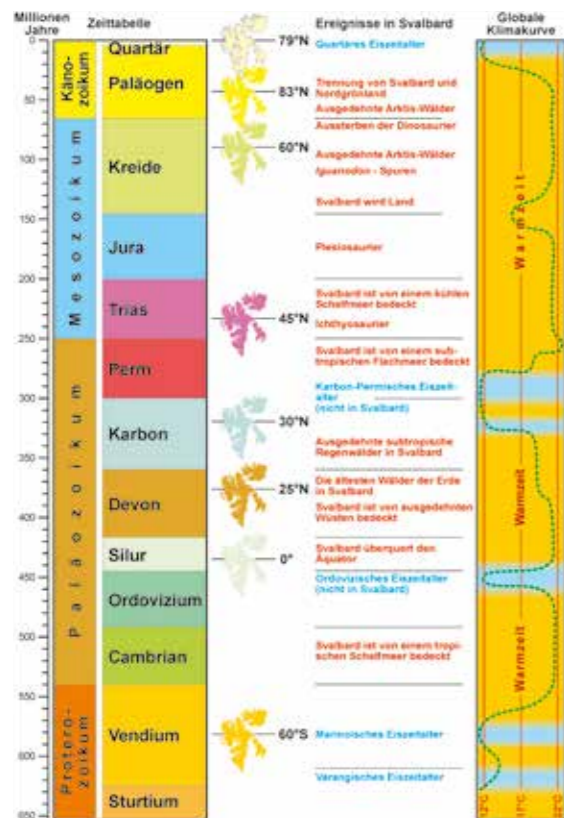
In den folgenden 200 Millionen Jahren driftete Spitzbergen zusammen mit Nordamerika (Laurentia) nach Norden und überquerte im Ordovizium vor 490 bis 450 Millionen Jahren den Äquator. Mächtige Kalkablagerungen aus dem folgenden Silur zeigen zweierlei: Der Nordrand von Laurentia befand sich damals in den Tropen und lag am Boden eines flachen Meeres, das offenbar mit Riffen bedeckt war. In den Gebirgen Nordgrönlands und auf Ellesmere Island sind heute noch deren Reste über eine Länge von 800 Kilometern zu sehen. Paläotektonische Modelle zeigen überdies, dass die Kontinente Nordamerika und Baltica auf ihrer Reise nach Norden aufeinander zu drifteten. Deutlich sichtbar wird diese Annäherung in den Gebirgen, die im Zuge der kaledonischen Orogenese in Skandinavien, auf den britischen Inseln, an der Ostküste Grönlands und in Westspitzbergen entstanden.

Im Devon waren die einst vereinzelt Kontinentkerne von Nordamerika und Baltica im „Old Red“-Kontinent vereinigt, der weiterhin in Äquatorhöhe lag. Spitzbergen war wieder über die Wasseroberfläche gestiegen und Teil einer gewaltigen Wüste. Davon zeugen heute noch die fossilen Abdrücke eines Regenschauers, der vor 400 Millionen Jahren auf das Gebiet des heutigen Woodfjords an der Nordküste der Insel Spitzbergen niederging. Ebenfalls fossile Trockenrisse zeugen von schlammigen Lagen austrocknender Gewässer. Im Oberdevon tauchten die ersten Wälder auf. Durch einen glücklichen Zufall wurden einzelne Bäume in Zentral-

spitzbergen in ihrer aufrechten Lebendstellung überliefert. Tropisch blieb es auch im folgenden Karbon, das auf Spitzbergen wie in vielen anderen Teilen der Welt (auch in Deutschland) üppige Wälder hervorbrachte, die die Grundlage für mächtige Kohleflöze lieferten.

Das Festlandsdasein hatte im Oberkarbon erneut ein Ende. Spitzbergen wurde gemeinsam mit weiten Bereichen der heutigen Arktis von einem flachen Meer überflutet, mittlerweile war man im subtropischen Klimagürtel der Nordhalbkugel angelangt. Die entsprechenden Schichten zeigen eine vielfältige, bunte und reiche Lebenswelt mit Korallen, Muscheln, Brachiopoden, Seeigeln, Fischen, Tintenfischen und anderen Lebewesen. Mit dem Perm und der Bildung des Superkontinents Pangäa war Spitzbergen zusammen mit Nordgrönland und der kanadischen Arktis in den mittleren Breiten der Nordhemisphäre angelangt. Auf dem weiteren Weg nach Norden wurden seine flachen Meere kühler und in der Trias und im Jura von Schwimmsauriern bevölkert. Als Inseln wurde der Archipel erst wieder zu Beginn der Kreide über die Wasseroberfläche gehoben. Im zentralen Teil des Großkontinents Laurasia gelegen, hatte er ein mildes Klima und dichte Wälder, obwohl er schon seine heutige nördliche Breite erreicht hatte. Fußabdrücke von pflanzenfressenden und Überreste von fleischfressenden Dinosauriern belegen eine vielfältige Fauna.

Im Gegensatz zu den Dinosauriern überlebten die dichten Wälder den Wechsel ins Känozoikum. Auch das Klima blieb trotz der inzwischen polnahen Lage sehr warm. Das Aufreißen des Nordatlantiks und die Bildung des Arktischen Ozeans bedeuteten für Spitzbergen das Ende der Verbindung zur Amerikanischen Kontinentalplatte. Die Inselgruppe wurde durch die Ausbildung der Framstraße nach Südosten in Richtung des eurasischen Kontinents geschoben. Vor zwei Millionen Jahren endete auch das gemäßigte Klima. Eine weitere Vereisungsphase in der Geschichte von Spitzbergen begann.



Geologische Tabelle mit der Norddrift von Spitzbergen vom Südpolar- ins Nordpolargebiet inklusive der wichtigsten Ereignisse und der Klima-Kurve in den letzten 600 Millionen Jahren (Piepjohn et al., 2012).

## SPITZBERGEN BIETET EINEN SELTENEN BLICK IN DIE ERDENTWICKLUNG IN ZEIT UND RAUM.



## 5 DAS NATIONALE POLARPROBENARCHIV: DIE MATERIELLE BASIS DER POLARFORSCHUNG

**In Berlin betreibt die BGR das Nationale Polarprobenarchiv, in dem Gesteinsproben der deutschen Forschungsgemeinde aus Arktis und Antarktis gesammelt, katalogisiert und für weitere Untersuchungen bereitgestellt werden.**

Das Verwaltungsgebäude der ehemaligen Train-Kaserne im Berliner Bezirk Spandau zeigt zur Wilhelmstraße eine repräsentative Front. Es gehört zu den wenigen Bauten des ehemals in prunkvoller Backsteingotik errichteten Komplexes, der vom 19. ins 21. Jahrhundert überdauert hat. Nach der militärischen Nutzung sind in den 1990er Jahren zivile Nutzer eingezogen. Zu ihnen gehört die BGR, die in der Wilhelmstraße ihren Berliner Dienstbereich unterhält. 2005 ist hier auf Bitte des Nationalkomitees SCAR-IASC das vom Arbeitsbereich Polargeologie betreute NAtionale PolarprobenArchiv (NAPA) eingerichtet worden. In ihm werden Gesteinsproben aus Arktis und Antarktis deutscher Polarforscherinnen und Polarforscher gesammelt und in digitalen Katalogen erfasst. Das Archiv zog in die Garagen im Hof hinter dem Backsteingotikbau an der Wilhelmstraße, die bis 1994 britische Kampfpanzer beherbergten.

Blick in die Schwerlastregale des NAPA mit Proben der Geologische Expedition in die Shackleton Range (GEISHA).



Dort lagern jetzt säuberlich katalogisiert Gesteinsproben aus über 40 Jahren deutscher Polarforschung, die ältesten von der ersten Expedition des GANOVEX-Programms von 1979-80. Gesteinsproben aus den Polargebieten sind besonders wertvoll, weil sie aus sehr entlegenen Gebieten mit hohem logistischen Aufwand und erheblichen finanziellen Mitteln gewonnen wurden. Das NAPA wurde gegründet, um insbesondere Proben, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen gewonnen haben, über lange Zeit aufzubewahren, da der Lagerraum insbesondere an Universtitäten oft sehr begrenzt ist. Beide Regionen sind mit zahlreichen Proben vertreten. Kamtschatka, die sibirische Arktis, Spitzbergen, Grönland und der kanadisch-arktische Archipel machen einen Teil der Proben aus. Allerdings gibt es auch einen umfassenden Bestand aus dem antarktischen Nordviktoraland, der Shackleton Range oder dem Dronning Maud Land.

Mit der Zeit dürfte sich das Spektrum noch verbreitern, denn das Archiv ist gerade dafür gedacht und zu dem Zweck gegründet worden, die Probensammlungen aus Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen aufzunehmen, wenn diese sie nicht mehr halten können. Die Befürchtungen in der deutschen Polarforschungsgemeinde über einen Verlust von wertvollem und teuer beschafftem Probenmaterial waren so groß, dass der Arbeitskreis „Geologie und Geophysik der Polargebiete“ in der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung (DGP) eine entsprechende Bitte formulierte, die durch das Nationalkomitee SCAR-IASC an die BGR herangetragen wurde. Das NAPA übernimmt die Probensammlungen und archiviert sie. Alle Metadaten der Proben werden in einer Datenbank erfasst, die Proben fotografiert und können online in Geoinformationssystemen nachgeschlagen werden.

Das Archiv umfasst bisher etwa 10.000 Proben in rund 50 Sammlungsschränken, vom kiloschweren Kristallinbrocken, der einen Eindruck von den Kräften vermittelt, denen die Gesteine im Lauf der Erdgeschichte ausgesetzt sind, bis zu kleinen Proben von Mineralseparaten, denen man ihre wirkliche Herkunft nicht mehr ansieht, die aber bereits für die Analyse vorbereitet sind. Auch das eine oder andere fossilisierte Holz befindet sich im Archiv und zeigt überdeutlich, dass die Polargebiete auch andere Klimazonen als die derzeitigen kannten. Als absolutes Minimum zur Dokumentation verlangt die BGR eine möglichst exakte Herkunftsangabe und natürlich eine Beschriftung der Probe, die sie eindeutig mit der Dokumentation verknüpft. Häufig jedoch sind die Angaben wesentlich ausführlicher.

Die Gesteinsproben sind in einer Datenbank erfasst und werden über das Internet im Rahmen der gemeinsamen Sammlungsdatenbank der BGR „GewiS“ recherchierbar und ausleihbar sein.

Das Archiv ist keine museale Sammlung, die Archivalien stehen daher ausdrücklich auch für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Die Idee ist, dass die wertvollen Proben umfassend der Wissenschaft zur Verfügung stehen und so viele Erkenntnisse wie möglich produzieren sollen. So haben auch Forscherinnen und Forscher, die nicht in das gewünschte Gebiet gelangen können, um dort Gesteinsproben zu sammeln, die Chance, Material aus dem Arbeitsgebiet zu analysieren. Um in den nächsten Jahren weiteres Probenmaterial aufnehmen zu können, wird das Archiv in Berlin laufend an den Bedarf angepasst.

**SCHÄTZE VERGANGENER  
POLAREXPEDITIONEN WERDEN  
FÜR ZUKÜNFTIGE UNTERSUCHUNGEN  
BEREITGESTELLT.**

# 6 LOGISTIK



## 6.1 UNVERZICHTBARE GRUNDLAGE FÜR DIE POLARFORSCHUNG

In den Polargebieten machen die harschen Bedingungen und der schlechte Zugang zu den Arbeitsgebieten die Logistik von Expeditionen zu einer immensen Herausforderung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR und ihre Gäste von anderen Polarforschungsinstitutionen profitieren dabei von eingespielten Verfahren und Kontakten, die die Logistik des Arbeitsbereichs über Jahrzehnte aufgebaut hat.

Ein weites Tal, eingerahmt von steil abfallenden Bergketten, die allerhöchstens von Schnee, kaum jedoch von Vegetation bedeckt sind. Auf dem grauen Talboden hat die Sommersonne dagegen unzählige rosa Blumen hervorgeockt. An einem stillen, klaren See ein Flaggenmast mit den Flaggen der acht beteiligten Nationen, gut zwei Dutzend gelb-oranger Einzelzelte, eine Handvoll größerer Zelte und dazu rot-weiße Treibstofffässer, Vorrats-, und Abfallbehälter. Jenseits

eines kleinen Flusses eine provisorische, mit roten Kisten markierte Flugpiste. Für zwei Monate im Sommer 2017 sah so das Zuhause von 30 Mitgliedern der CASE 19-Expedition aus.

Die bislang größte Forschungsreise des terrestrischen BGR-Arktisprogramms führte in den Norden von Ellesmere Island zwischen Kulutingwak Fjord und Yelverton Inlet, nur noch knapp 900 Kilometer vom Nordpol entfernt. Damit ging es mitten hinein in die verwickelte Entwicklungsgeschichte des Arktischen Ozeans, die seit Anfang an im Zentrum des CASE-Programms steht.

CASE 19 gehörte zu den logistisch aufwändigsten Land-Expeditionen der BGR im nördlichen Polargebiet. Zelte, Instrumente, Material und Proviant für 30 Teilnehmer und einige Gäste und nicht zuletzt Treibstoff für Flugzeuge und Helikopter mussten über rund 950 Kilometer von dem nördlichsten regulären Flughafen Resolute Bay auf Cornwallis Island herangeflogen werden. Das geschah in zwei Etappen, weil die größeren Transportflugzeuge vom Typ Basler BT-67 nicht am Yelverton Inlet landen konnten. Auf einer Landepiste am Tanquary Fjord im Quttinirpaaq Nationalpark wurde auf kleinere Twin-Otter-Maschinen umgestiegen, die die restlichen 110

Basislager der Expedition CASE 19 am Yelverton Inlet an der Nordküste von Ellesmere Island auf 82° nördlicher Breite.



Das Treibstoff-Depot der CASE 19-Expedition und eine startende Basler BT-67 am Eingang des Quttinirpaaq Nationalparks am Tanquary Fjord im Norden von Ellesmere Island.

Kilometer über die schneebedeckten Berge von Nord-Ellesmere Island zum Basis-Lager bewältigten.

Der Aufwand ist üblich in der nordamerikanischen Arktis, auf Grönland oder in Sibirien. Dort liegen die menschlichen Siedlungen weit entfernt von den geologisch interessanten Gebieten. In der Antarktis ist der Aufwand noch einmal höher, weil der Kontinent noch weniger erschlossen ist, allerdings verfügt die BGR hier mit der Gondwana-Station über einen eigenen Sommer-Stützpunkt. Im Arbeitsbereich Polargeologie der BGR kümmert sich daher ein Logistiker eigens um die Organisation der Expeditionen. Fahrten in die Antarktis haben in der Regel einen Vorlauf von rund zwei Jahren, solche in die Arktis brauchen mindestens ein Jahr Vorbereitungszeit.

Da die BGR in den Polargebieten über keine eigenen Schiffe, Flugzeuge oder Hubschrauber verfügt, die sie für ihre Expeditionen zu Land und hin und wieder auch zu Wasser einsetzen könnte, werden diese vor Ort gechartert. Ohne Flugunterstützung geht es in den Arbeitsgebieten in der Regel nicht, denn die Distanzen sind gewaltig und Landtransporte durch unerschlossenes Gebiet unmöglich.

Auch bei der sonstigen Ausrüstung greift die Logistik immer häufiger auf Dienstleister vor Ort zurück, deren Material für den Expeditionszeitraum angemietet wird. Zwar hält die BGR einen Fundus von Ausrüstung in Hannover bereit, doch die Unterstützung durch lokale Anbieter wird immer wichtiger. Das befreit nicht nur das Budget von Transport- und Lagerkosten, sondern sorgt auch für gute Kontakte in die Partnerländer. Solche Verbindungen sind aber ein unverzichtbarer Bestandteil der Kooperationen, mit denen die BGR ihre Polarforschungen betreibt. Die zum Teil schon seit vielen Jahren bewährten Partnerschaften zu den Forschungsprogrammen und -instituten anderer Staaten in der Antarktis oder zu den Fachbehörden in den Nationalstaaten der Arktis erlauben beispielsweise die Bündelung von Ressourcen, indem Forschungsreisen koordiniert und Transportkapazitäten gemeinsam genutzt werden. Die Bun-

desanstalt hat sich hierbei an beiden Polen den Ruf als zuverlässiger Vertragspartner erarbeitet. Bei der Lösung von logistischen Problemen vor Ort, die regelmäßig auftauchen und unvermeidbar sind, helfen die Netzwerke dann auch. Eine Lösung ist oft schnell und unbürokratisch im direkten Austausch zwischen langjährigen Partnern gefunden.

Die Logistikunterstützung kommt dabei nicht nur den Forscherinnen und Forschern der BGR zugute. Als Ressortforschungseinrichtung im Bereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie hat die BGR auch die Aufgabe, insbesondere deutschen Universitäts-Instituten sowie Institutionen ohne eigene Logistik den Zugang in die Polargebiete zu ebnet. Viele Akteurinnen und Akteure der deutschen Polarforschungs-Szene nutzen die Hilfestellung institutioneller Akteure wie der BGR, weil die Finanzierung und Organisation einer eigenen Expedition oft sehr aufwändig für sie ist. Zur Erreichung der Forschungsziele ihrer Expeditionen ergänzt die BGR bei Bedarf ihre geowissenschaftlichen Methoden durch Einladung externer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland. Oft können nur so die komplexen Fragestellungen in Arktis und Antarktis bearbeitet werden. Ab einem gut erreichbaren Startpunkt übernimmt die BGR-Logistik den Weitertransport und die Organisation der Arbeit und Unterkunft vor Ort.

**LOGISTIK STEHT IN DEN POLARREGIONEN VOR BESONDEREN HERAUSFORDERUNGEN.**

## 6.2 LOGISTIK IN DER ANTARKTIS: EIGENE FORSCHUNGSSTATION MIT KLEINEM ÖKOLOGISCHEN FUSSABDRUCK

Historisch lag und liegt der Schwerpunkt der BGR-Antarktisforschung im Viktorialand des Rossmeer-Sektors. Die Gondwana-Forschungsstation dort ist der logistische Ausgangspunkt für die Expeditionen des GANOVEX-Programms. Durchgeführt wird dieses Programm in Kooperation mit anderen nationalen Antarktisprogrammen.

Im Gebiet des zum Pazifischen Ozean hin gelegenen Rossmeeres stützt sich die BGR-Logistik auf die eigene Gondwana-Station am Gerlache Inlet in der Terra-Nova-Bucht, die als Sommerstation seit 1983 zur Verfügung steht. Die Gondwana-Station ist der Ausgangspunkt für die meisten Expeditionen ins Viktorialand und die angrenzenden Gebiete. Eine enge Kooperation besteht vor allem mit dem italienischen Antarktisprogramm PNRA, dessen Mario-Zucchelli-Station auf der gegenüberliegenden Seite der Bucht liegt, aber auch mit dem südkoreanischen Polarforschungsinstitut KOPRI (Korea Polar Research Institute), welches die unmittelbar benachbarte Jang Bogo Station ganzjährig betreibt. So kann die BGR häufig die Versorgungsfahrten dieser Antarktisprogramme für die eigene Logistik nutzen. Deutsche Wissenschaftlerinnen und Wis-

senschaftler haben auch schon von Italien eingesetzte Flugzeuge genutzt, die zu Beginn des antarktischen Sommers noch die Eislandebahn auf der Terra-Nova-Bucht nutzen können.

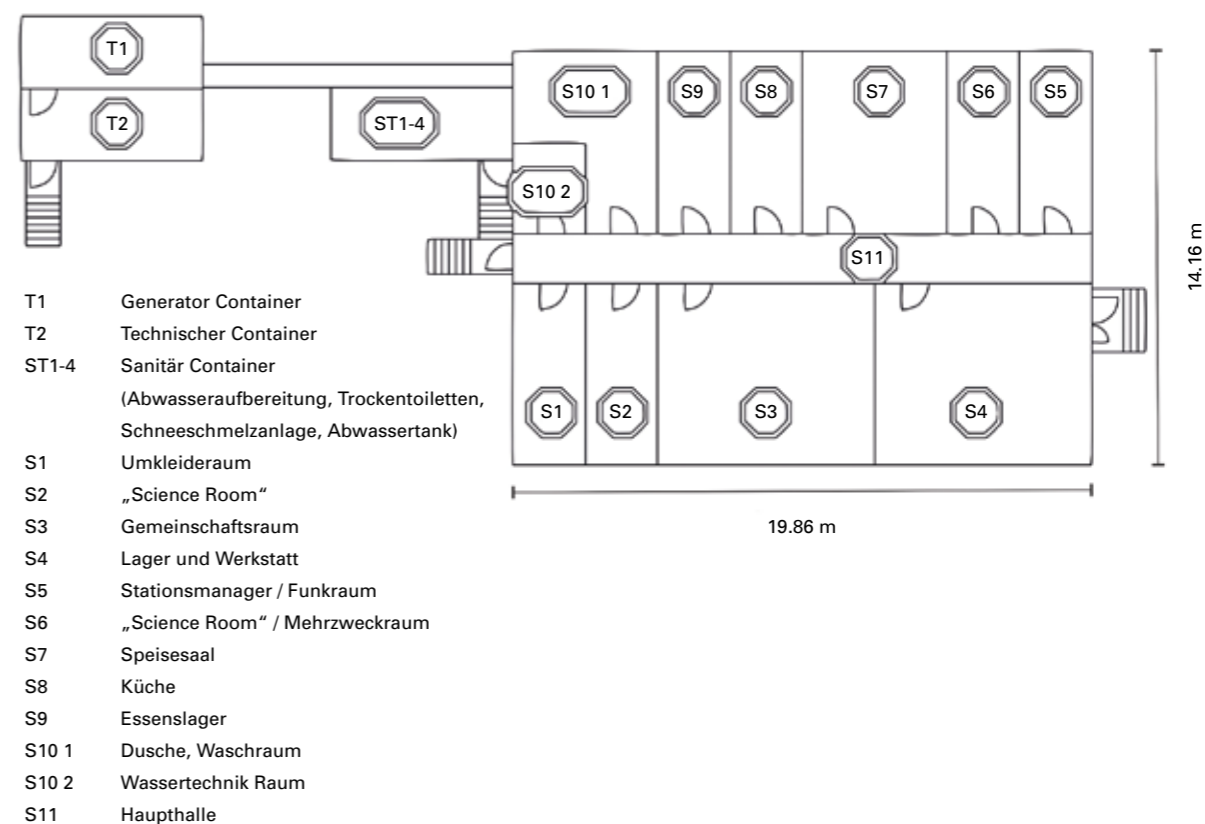
Die BGR chartert selbst oder beteiligt sich an der Charter der erforderlichen Schiffe, Hubschrauber oder Flugzeuge. Die erforderliche Gelände-Polarausrüstung, wie etwa Motorschlitten (Skidoos), Nansenschlitten, Unterkünfte-, Küchen- und Arbeitszelte sowie Funkausrüstung werden zum größten Teil vorgehalten, sonst aber auch an den Eintrittstoren zur Antarktis gemietet. In ihrem zweiten Aktivitätsschwerpunkt im Dronning Maud Land auf der gegenüberliegenden Seite der Antarktis setzt die BGR ebenfalls auf intensive Kooperation mit anderen Partnern aus dem In- und Ausland. An erster Stelle steht das Alfred-Wegener-Institut, das dort die deutsche Neumayer-Station III betreibt. Aber auch zum belgischen Antarktisprogramm, das die Princess-Elisabeth-Station am Fuß der Sør Rondaneberge im Dronning Maud Land betreibt, bestehen gute Kontakte.

### Gondwana-Station

Seit Beginn der bundesdeutschen Antarktisforschung stellen das nördliche Viktorialand und die anliegenden Gebiete den Schwerpunkt der BGR-Forschung dar. Bereits 1983 wurde daher die Gondwana-Station während der GANOVEX III-Expedition an der Terra-Nova-Bucht in Form einer Biwakhütte errichtet. Sie war damit die erste an der Terra-Nova-Bucht errichtete Forschungsstation. Die Hütte wurde im antarktischen Sommer 1988/89 zur Sommerstation in Containerbauweise ausgebaut.



Frontansicht und Grundriss der Gondwana-Station.



Auf dem eisfreien Kap Möbius 20 Meter über der Terra-Nova-Bucht gelegen, bietet die Station Reparatur-, Aufenthalts- und Arbeitsräume, eine Küche, sanitäre Einrichtungen. Geschlafen wird heute wie vor 40 Jahren in Zelten auf den wenigen ebenen Plätzen im Umfeld der Station. Insgesamt gibt es Platz für bis zu 30 Wissenschaftler.

Zwischen 2015 und 2017 wurde die Station mit großem Aufwand modernisiert und auf den umwelttechnisch neuesten Stand gebracht. Neben

einer Grundsanierung des fast 30 Jahre alten Stationsgebäudes stand die Überholung der Energie- und Trinkwasserversorgung und des Abwasser- und Abfallentsorgungssystems im Vordergrund. Mittlerweile gehört die Gondwana-Station zu den Forschungsstationen mit sehr kleinem ökologischen Fußabdruck in der Antarktis. Die modernisierte Station steht der BGR so für eine Nutzung für mindestens 25 weitere Jahre zur Verfügung.

**BGR BESITZT EINEN LOGISTISCHEN STÜTZPUNKT IM VIKTORIALAND UND SETZT AUF KOOPERATIONEN.**

Für die neu installierten Systeme wurde ein zusätzliches Technikgebäude errichtet. Für die Energieversorgung sorgen eine 6,7-Kilowatt-Photovoltaikanlage und zwei redundante 35-kW-Generatoren. Vier Batterieblöcke können zusammen 38,4 Kilowattstunden Strom speichern. Im antarktischen Hochsommer während des Dezembers und Januars kann so die Station zu 60 Prozent durch Solarstrom versorgt werden. Für die Beheizung der Station wird die Abwärme der technischen Anlagen genutzt, zusätzlich wird der Umgebungsluft der Station durch Luftkollektoren Wärme entzogen, die für die Heizung genutzt wird. Diese Quellen können gut 40 Prozent des Heizbedarfs decken, für den Rest kommen elektrische Heizplatten und ein Festbrennstoffherd auf. Ein intelligentes Lastmanagementsystem sorgt für die optimale Konfiguration.

Das Süßwasser wird überwiegend mit einem Schneeschmelzer und einer Meerwasserentsalzungsanlage gewonnen und mittels UV-Filtern desinfiziert. Das Abwasser wird über eine biologische Tropfkörperkläranlage gereinigt. Durch die Nutzung von Trockentoiletten mit Feststoffabscheidung wird der Wasserbedarf der Station auf ein Minimum reduziert.

Lillie-Marleen-Hütte am Mount Dockery in der Everett Range des Transantarktischen Gebirges.

### Lillie-Marleen-Hütte

Die erste Unterkunft der bundesdeutschen Antarktisforschung ist die Lillie-Marleen-Hütte in einer Mulde des am Lillie Gletscher gelegenen Mount Dockery in der Everett Range im Nordviktoraland. Sie wurde im Januar 1980 während der GANOVEX I-Expedition als Basis für geowissenschaftliche Untersuchungen im Transantarktischen Gebirge gebaut. Es ist eine gegen Kälte isolierte Biwakhütte aus Fiberglasmaterial. Seit der XXVIII. Konsultativtagung der Antarktisvertragsstaaten (ATCM) 2005 in Stockholm ist die Hütte in die Liste der „Historic Sites and Monuments in Antarctica“ aufgenommen. Teil des Denkmals ist der Gedenkstein, der an den Untergang des Versorgers „Gotland II“ im antarktischen Sommer 1981/82 erinnert.

## 6.3 LOGISTIK IN DER ARKTIS: STARKE PARTNER FÜR FORSCHUNG UNTER HERAUSFORDERNDEN UMSTÄNDEN

**Die Forschung in der Arktis findet stets zu den Bedingungen und nach den Regeln der Nationalstaaten statt, auf deren Gebiet die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu Gast sind. Für die Logistik erleichtert dies die Sache, denn in der Regel gibt es vor Ort Ansprechpartner, die die Organisation erleichtern.**

Eine Besonderheit bei Arktis-Expeditionen sind neben der logistischen Expeditionsorganisation die bürokratischen administrativen Vorbereitungen. Da die BGR mit ihren Geländeaktivitäten stets Gast eines Staates ist, sind umfangreiche Anträge bei den Behörden des jeweiligen Gastlandes notwendig, um die Genehmigungen für die Durchführung der geplanten Geländeaktivitäten zu erhalten. Gegenstand der Anträge sind der Umweltschutz, die Vermeidung der Störung von Tieren, die Lagerung von Treibstoff, die Nutzung von Wasser und die Involvierung der lokalen indigenen Bevölkerung und Siedlungen.

Bis auf die mit Gletschern bedeckten Gebiete in Grönland, Spitzbergen, Ellesmere Island und Alaska sind die riesigen Tundren- und Gebirgsregionen der Arktis im Gegensatz zur Antarktis weitgehend eisfrei. Für die Durchführung von Expeditionen ist daher der Aufbau einer Logistikkette notwendig, die zwei wichtige Punkte abdecken muss: den Transport von Ausrüstung und Personal vom nördlichsten regionalen Flugplatz in das bis zu 900 km weiter nördlich gelegene Expeditionsgebiet und zurück, sowie den Aufbau eines Basislagers, in dem die Expeditionsteilnehmer bis zu acht Wochen weitgehend autark leben und arbeiten können. Um die Arbeiten in



Luftbild des Basislagers von CASE 19 mit Küche, Aufenthaltszelt, Schlafzelten und Helikopter-Landeplatz.

einem rund 500 km<sup>2</sup> großen Areal rings um das Basislager zu meistern, werden Helikopter im Basislager stationiert, was den logistischen Aufwand durch die zusätzliche Bereitstellung des Treibstoffs erheblich steigert. Am Ende der Expedition muss aufgeräumt und die gesamte Ausrüstung wieder zurückgeflogen werden. Idealerweise soll von einem Basislager nach Abschluss der Geländearbeiten nichts mehr sichtbar sein. Unter diesen Umständen die Logistik für einen mehrwöchigen Aufenthalt einer zwischen zehn und 30 Personen großen Gruppe mit entsprechender Ausrüstung und Fluggeräten zu organisieren ist eine Herausforderung. Zumal, wenn das aus dem mehrere tausend Kilometer entfernten Hannover passieren muss. Einer der Partner, die in solchen Fällen hilfreich zur Seite stehen, ist das Polar Continental Shelf Program (PCSP) in Kanada. Diese Behörde unterstützt alle Besucher des kanadischen Hohen Nordens, wenn sie mit wissenschaftlichem oder Regierungsauftrag kommen. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um kanadische oder auswärtige Forscher handelt. Die Hilfe reicht von der Bereitstellung von Flugzeugen oder Helikoptern, über die Vermietung der notwendigen Ausrüstung bis zur Kommunikationsanbindung von Expeditionslagern über Funk- oder Satellitenverbindung. Das Programm bietet sogar ein Labor mit grundlegenden Anlagen zur Gefrierkonservierung von Proben in seinem Logistikstützpunkt Resolute Bay.

Morgendliches Ausbooten von Geologen mit dem Schlauchboot am Crozierpynten, Lomfjorden, Spitzbergen.



Seit die BGR 1998 zum ersten Mal im Rahmen des CASE-Programms auf Ellesmere Island war, gehört sie zu den regelmäßigen Kunden des kanadischen Logistikdienstleisters. Die Kontakte zwischen dem Arbeitsbereich in Hannover und den Partnern vor Ort in Resolute Bay sind eng und von Vertrauen geprägt, so dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PCSP auch schon einmal die Vorerkundung für eine BGR-Expedition übernehmen und nach geeigneten Landeplätzen für Flugzeuge oder Hubschrauber suchen.

Auch in anderen arktischen Gebieten arbeitet die BGR eng mit den jeweiligen nationalen Partnern zusammen, um die Genehmigungen und weitere Unterstützung für Expeditionen zu erhalten und die Geländearbeiten durchführen zu können. Neben dem Geological Survey of Canada (GSC) und dem Yukon Geological Survey (YGS) für die kanadische Arktis inklusive Banks Island und den Yukon North Slope sind das der Geologische Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS) sowie die Villum Research Station der Universität Aarhus für Nordgrönland und das Norwegische Polarinstitut (NPI) und das University Centre of Svalbard (UNIS) für Spitzbergen. In den Gebieten der russischen Arktis kooperiert



Startender Helikopter, Fahnenmast und Aufenthaltszelt im Basislager der Expedition CASE 19.

die BGR intensiv mit dem Russischen Geologischen Forschungsinstitut (VSEGEI) in St. Petersburg, das neben der Organisation der Expeditionen nach Sibirien (z.B. Schiffscharter) vor allen Dingen die komplizierten und umfangreichen

Ausbooten der Geologen mit einer Barkasse des russischen Versorgungseisbrechers „Michail Somov“ an der Ostküste der Bennett-Insel (Neusibirische Inseln) während der Expedition CASE 13.



Antragstellungen für die Genehmigungen zur Einreise in teilweise gesperrte Gebiete übernommen hat.

Ein solches „Outsourcing“ der Logistik über die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden vor Ort liegt für die Landgeologie in der Arktis auf der Hand, da das Festland ohnehin immer unter der Jurisdiktion eines von fünf Arktisanrainerstaaten steht. Für die Logistik des Arbeitsbereichs Polargeologie in der BGR erleichtert ein starker und erfahrener Partner vor Ort überdies die Arbeit ungemein. Die Planungszeit einer arktischen Expedition ist nicht zuletzt aus diesen Gründen nur halb so lang wie die einer Forschungsfahrt in die Antarktis. Die vor Ort aktiven Logistikinstitutionen verfügen über Ortskenntnis, von der die Forscherinnen und Forscher aus dem Ausland profitieren können. Sie kennen auch die lokal geltenden Vorschriften sehr genau, denn je nach Gaststaat sind die Regularien zum Schutz der empfindlichen arktischen Umwelt ausgesprochen umfangreich.

Der Partner vor Ort verfügt auch in der Regel über die besten Kontakte in die ortsansässige Gemeinschaft. Sich nach Möglichkeit auf Helfer von dort zu stützen und lokale Quellen für die Beschaffung zu nutzen, ist ebenfalls eine Maxime der Logistik in der Arktis. Vor Ort gekauftes oder gemietetes Material muss dadurch nicht zwischen Erdteilen hin- und nach Expeditionsende wieder zurücktransportiert werden. Das schont



Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und Ausrüstung auf dem „Flugplatz“ der Expedition CASE 19 mit dem Basislager im Hintergrund.

Budget und Umwelt. Gleichzeitig sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den meist sehr kleinen arktischen Gemeinschaften vor Ort ein nicht zu vernachlässigender Wirtschaftsfaktor, so dass es eine win-win-Situation für alle ist.

**IN DER ARKTIS KANN SICH DIE LOGISTIK AUF KOOPERATIONSPARTNER MIT VIEL ERFAHRUNG STÜTZEN.**

## ▼ BGR IST ALS VERLÄSSLICHER PARTNER IN DIE INTERNATIONALE POLARFORSCHUNG EINGEBUNDEN.

## 7 VERNETZT IM IN- UND AUSLAND

Die BGR gehört zu den deutschen Wissenschaftsinstitutionen mit umfangreichen Forschungsprogrammen und leistungsfähiger Logistik in den Polargebieten. Sie kann ihren Kooperationspartnern im In- und Ausland umfassende Zusammenarbeit bieten.

Polarforschung ist Großforschung, interdisziplinär und organisatorisch wie finanziell aufwändig. Die BGR setzt daher in ihren Programmen in den Polargebieten bewusst auf die Kooperation mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Universitäten und Forschungsinstitutionen im In- und Ausland. Diese Zusammenarbeit hat sich seit den Anfängen vor mehr als 40 Jahren fruchtbar entwickelt und zu einem dichten Netz von Kontakten in die nationale und internationale Wissenschaftsgemeinde geführt. Eine wichtige Rolle spielen auch das Auswärtige Amt und die deutschen Botschaften, die die Arbeiten in den Polargebieten in vielfältiger Weise durch ihre Kontakte unterstützen.

Die deutsche Polarforschungsszene ist vielfältig und forschungsstark. Neben der BGR, dem AWI und DLR, die mit großangelegten Programmen an beiden Polen präsent sind, gibt es zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Universitäten und außeruniversitären Institutionen, die wertvolle Beiträge liefern. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert insbesondere die universitäre Wissenschaft mit dem Schwerpunktprogramm „Bereich Infrastruktur – Antarktischforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“ (SPP 1158). Als informelles Planungs- und Informationsforum fungiert seit Jahren der regelmäßig tagende Arbeitskreis „Geologie und Geophysik der Polargebiete“ in der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung.

Viele der in diesem Rahmen durchgeführten Landgeologie-Projekte und -Vorhaben stützen sich auf BGR-Logistik. Damit wird der Zugang

zu geologisch attraktiven, aber schwer erreichbaren Arbeitsgebieten und die Teilnahme an international hoch angesehenen und thematisch anspruchsvollen Forschungsprogrammen unterstützt.

Andererseits findet durch diese Zusammenarbeit auch ein Wissenstransfer in die BGR hinein statt. Die zu den Expeditionen eingeladenen Teilnehmerinnen und Teilnehmer leisten im Gegenzug aufgrund ihrer Expertise wichtige Beiträge zu den Themenstellungen, die im Rahmen der BGR-Programme bearbeitet werden. Ein wichtiger Aspekt dieser Kooperation ist die Nachwuchsförderung. Master- und Promotionsstudenten erhalten einen intensiven Einblick in die praktische geowissenschaftliche Arbeit in den Polargebieten und der Kontakt zur nachwachsenden Generation der Polarforscherinnen und Polarforscher wird gefördert.

Die internationale Kooperation in den beiden Polargebieten unterscheidet sich stark. Die Landmassen im Umkreis des Nordpolarmeeres sind in die Hoheitsgebiete von fünf Staaten aufgeteilt, so dass wissenschaftliches Arbeiten dort auf einer funktionierenden Kooperation mit den entsprechenden nationalen Institutionen beruht. Die BGR unterhält zu allen Anrainern gute Beziehungen, was Forschung in allen Anrainerlandern ermöglicht hat. Besonders intensiv ist die Zusammenarbeit mit Kanada. Ein 2015 in der deutschen Botschaft in Ottawa geschlossenes Rahmenabkommen der Geologischen Dienste beider Staaten legt einen Schwerpunkt der Forschungsarbeit in die kanadische Arktis. Neben der geowissenschaftlichen Grundlagenforschung zur Entwicklung des Arktischen Ozeans wird auch die Entstehung der Sedimentbecken untersucht, in denen Erdöl- und Erdgasvorkommen vermutet werden. Bei den anstehenden Untersuchungen soll das Rohstoffpotenzial bewertet werden. Daneben stehen Arbeiten zur Erforschung von Klimaveränderungen in der geologischen Vergangenheit, die auch in Modelle des gegenwärtigen und zukünftigen Klimawandels einfließen können.



Start einer Twin Otter in der Hochantarktis während AGAP, einem der Flaggschiff-Projekte des Internationalen Polarjahres 2007 bis 2009.

In der Antarktis ist die internationale Zusammenarbeit basierend auf dem Antarktisvertrag zwischen den Institutionen ausgesprochen fruchtbar. Die BGR arbeitet besonders intensiv mit dem italienischen Antarktisprogramm PNRA zusammen, das im Nordviktoraland eine Station in unmittelbarer Nachbarschaft zur Gondwana-Station betreibt. Für viele Expeditionen des GANOVEX-Programms war Italien wichtigster wissenschaftlicher und logistischer Partner. Die BGR beteiligte sich auch an internationalen wissenschaftlichen Bohrkampagnen, weitere Bohrungen stehen kurz vor der Realisierung oder sind in Planung.

Die BGR initiierte Kooperationsprogramme zur Bündelung der geowissenschaftlichen Forschungsanstrengungen, wie z. B. im Rahmen von LIRA (Lithospheric Investigation in the Ross Sea Area) mit den im Rossmeer-Sektor tätigen Ländern (neben Deutschland die USA, Italien und Neuseeland). Ziele dieser Kooperationen sind sowohl die gemeinsame Forschungsplanung und -koordinierung als auch der Informationsaustausch. Dazu wurden und werden Workshops und andere Arbeitstreffen durchgeführt.

## 8 GLOSSAR

<b>ACRUP</b>	Antarctic Crustal Profile	<b>GANOVEX</b>	German Antarctic North Victoria Land Expedition	<b>PCMEGA</b>	Prince Charles Mountains Expedition of Germany and Australia	<b>TAMARA</b>	Transantarctic Mountains Aerogeophysical Research Activities
<b>AGAP</b>	Antarctica's Gamburtsev Province	<b>GEISHA</b>	Geologische Expedition in die Shackleton Range	<b>PCSP</b>	Polar Continental Shelf Program	<b>TeMAr</b>	Tectonic Map of the Arctic
<b>ANDRILL</b>	Antarctic Drilling Project	<b>GEA</b>	Geodynamic Evolution of East Antarctica	<b>PEPAT</b>	Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty	<b>UN</b>	United Nations
<b>ASAP</b>	Aeromagnetic Surveys for the ANDRILL Programme	<b>GeoMAUD</b>	Geoscientific Expedition to Dronning Maud Land	<b>PETM</b>	Paleocene-Eocene Thermal Maximum (= paläozän-eozänes Wärmemaximum)	<b>UNIS</b>	The University Centre in Svalbard
<b>ATCM</b>	Antarctic Treaty Consultative Meeting (= Antarktis-Konsultativtagung)	<b>GEUS</b>	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (= Geologischer Dienst von Dänemark und Grönland)	<b>PMAP</b>	Polar Margins Aeromagnetic Program	<b>USA</b>	United States of America
<b>AWI</b>	Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	<b>GewiS</b>	Geowissenschaftliche Sammlungen	<b>PNRA</b>	Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (= Nationales Antarktisforschungsprogramm)	<b>VSEGEI</b>	A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	<b>GIGAMAP</b>	German-Italian Geological Antarctic Map Program	<b>PURE</b>	Polar Urals Expedition	<b>YGS</b>	Yukon Geological Survey
<b>CASE</b>	Circum-Arctic Structural Events	<b>GITARA</b>	German-Italian Aeromagnetic Research in Antarctica	<b>REVEAL/CTAM</b>	Remote Views and Exploration of Antarctic Lithosphere / Central Transantarctic Mountains		
<b>CCAS</b>	Convention for the Conservation of Antarctic Seals	<b>GSC</b>	Geological Survey of Canada	<b>SCAR</b>	Scientific Committee on Antarctic Research (= Wissenschaftliches Komitee für Antarktisforschung)		
<b>CCAMLR</b>	Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources	<b>IASC</b>	International Arctic Science Committee (= Internationales Arktisches wissenschaftliches Komitee)	<b>SPE'91</b>	Geowissenschaftliche Spitzbergen Expedition 1991		
<b>DFG</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft	<b>KOPRI</b>	Korea Polar Research Institute	<b>SPP</b>	Schwerpunktprogramm		
<b>DGP</b>	Deutsche Gesellschaft für Polarforschung	<b>LIRA</b>	Lithospheric Investigations in the Ross Sea Area	<b>SRÜ</b>	Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen		
<b>DLR</b>	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	<b>NAPA</b>	Nationales Polarprobenarchiv	<b>Sub-EIS-Obs</b>	Sub-Ekström Ice Shelf-Observations		
<b>DDR</b>	Deutsche Demokratische Republik	<b>NARES STRAIT</b>	Expedition Nares-Straße	<b>SWAIS-2C</b>	Sensitivity of the West Antarctic Ice Sheet to 2 Degrees Celsius		
<b>ETM</b>	Eocene Thermal Maximum (= eozänes Wärmemaximum)	<b>NOGRAM</b>	Northern Greenland Gravity and Aeromagnetics				
<b>EUROSHACK</b>	European Expedition to the Shackleton Range	<b>NPI</b>	Norsk Polarinstitut (= Norwegisches Polarinstitut)				







## LITERATURVERZEICHNIS

Hawkesworth, C. J., Dhuime, B., Pietranik, A. B., Cawood, P. A., Kemp, A. I. S., & Storey, C. D. (2010): The generation and evolution of the continental crust. *Journal of the Geological Society*, v. 167, no. 2, p. 229-248.

IBRU International Boundaries Research Unit (2015): Maritime jurisdiction and boundaries in the Arctic region. IBRU: Centre for Borders Research.

Matthews, K. J., Maloney, K. T., Zahirovic, S., Williams, S. E., Seton, M., & Müller, R. D. (2016): Global plate boundary evolution and kinematics since the late Paleozoic. *Global and Planetary Change*, v. 146, p. 226-250.

Piepjohn, K., Stange, R., Jochmann, M. & Hübner, C. (2012): The Geology of Longyearbyen. *Longyearbyen feltbiologiske forening (LoFF)*, 1-36, Longyearbyen.

Runcorn, S. K. (1962): Convection Currents in the Earth's Mantle. *Nature*, v. 195, p. 1248.

Ruppel, A., Jacobs, J., Eagles, G., Läufer, A., & Jokat, W. (2018): New geophysical data from a key region in East Antarctica: Estimates for the spatial extent of the Tonian Oceanic Arc Super Terrane (TOAST). *Gondwana Research*, v. 59, p. 97-107.

Walther, C. (1998): *Antarktis*. Conrad Stein Verlag, Kronshagen.



## IMPRESSUM

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2021)

### Kontakt

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Fachbereich B1.3,  
Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
Telefon: +49 511 643 0  
Telefax: +49 511 643 2304  
E-Mail: [polargeologie@bgr.de](mailto:polargeologie@bgr.de)  
[www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)

### Autoren

Nikola Koglin, Antonia Ruppel,  
Christoph Gaedicke, Andreas Läufer,  
Karsten Piepjohn, Lutz Reinhardt,  
Felix Goldmann, Christoph Kasch

### Journalistische Bearbeitung

Holger Kroker (Köln)

### Gestaltung

GELBE GARAGE Werbeagentur (Osnabrück)

### Druck

Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH  
(Langenhagen)

### Bildquellen

Abbildungen und Fotos ohne Quellenangabe stammen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR.

Ausnahmen: Luftbild A-16678-61, Her Majesty the Queen in Right of Canada, Department of Energy, Mines and Resources S. 15;  
freepik.com: phasin S. 58

### Titelbild

Blick von Helm Point am Edisto Inlet auf Mt. Herschel im Transantarktischen Gebirge des Nordviktoralandes.

### Copyright

Die Studie einschließlich aller Abbildungen, Grafiken und Tabellen ist urheberrechtlich geschützt. Die BGR behält sich alle Rechte vor. Insbesondere Reproduktion, Übersetzung in fremde Sprachen, Mikroverfilmung und elektronische Verarbeitung sowie jede andere Art der Nutzung bedürfen der schriftlichen Einwilligung der BGR.

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

### Zitierhinweis

Nikola Koglin, Antonia Ruppel, Christoph Gaedicke, Andreas Läufer, Karsten Piepjohn, Lutz Reinhardt, Felix Goldmann, Christoph Kasch (2021): Terrestrische Polarforschung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. 64 Seiten, BGR Hannover.

ISBN-Druckversion: 978-3-9814108-9-1

ISBN-PDF: 978-3-9823438-1-5

Erscheinungsmonat Juli 2021

