

Das Internationale Polarjahr 2007/08 aus geophysikalischer Sicht

Karsten Gohl, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung,
Bremerhaven

Das Internationale Polarjahr 2007/08 (IPY 2007/08), das im Februar 2009 nach zwei Jahren seinen Abschluss fand, reihte sich in die Abfolge vorangegangener Polarjahre ein. Wie schon 1882/83, 1932/33 und im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58 wurden umfangreiche Expeditionen in die Polargebiete in internationaler Kooperation durchgeführt, um komplexe Forschungsthemen zu bearbeiten. Insgesamt beteiligten sich mehr als 50.000 Wissenschaftler aus 63 Ländern an den 238 Großprojekten des Polarjahres, die international koordiniert und interdisziplinär angelegt waren. An insgesamt 678 Teilprojekten des Polarjahres arbeiteten deutsche Wissenschaftler, mehrfach auch als federführende Koordinatoren, intensiv mit. Das Spektrum der wissenschaftlichen Disziplinen reichte von der Biologie und Ökosystemforschung über Atmosphärenforschung, Ozeanographie, Geo-

wissenschaften und Glaziologie bis zu den Sozialwissenschaften.

Im Folgenden möchte ich die wichtigsten drei IPY-Projekte vorstellen, an deren Fragestellungen und Forschungszielen die Geophysik einen bedeutenden Anteil hat. Bei diesen Projekten spielt das Verständnis der geodynamischen, tektonischen und sedimentären Prozesse, die die Ausbildung der topographischen Formationen und der Ozeanbecken und Korridore zwischen den Landmassen kontrollieren, die tragende Rolle. Meeresströmungen in den polaren Ozeanen verlaufen zumeist entlang bathymetrisch begrenzter Wege (*Pathways*), deren Änderungen die Klimaänderungen in tektonischen Zeitskalen beeinflussen. Subglaziale Morphologien und Prozesse stehen ebenso im Zusammenhang mit tektonischer und sedimentärer Entwicklung. Diese Faktoren spielen

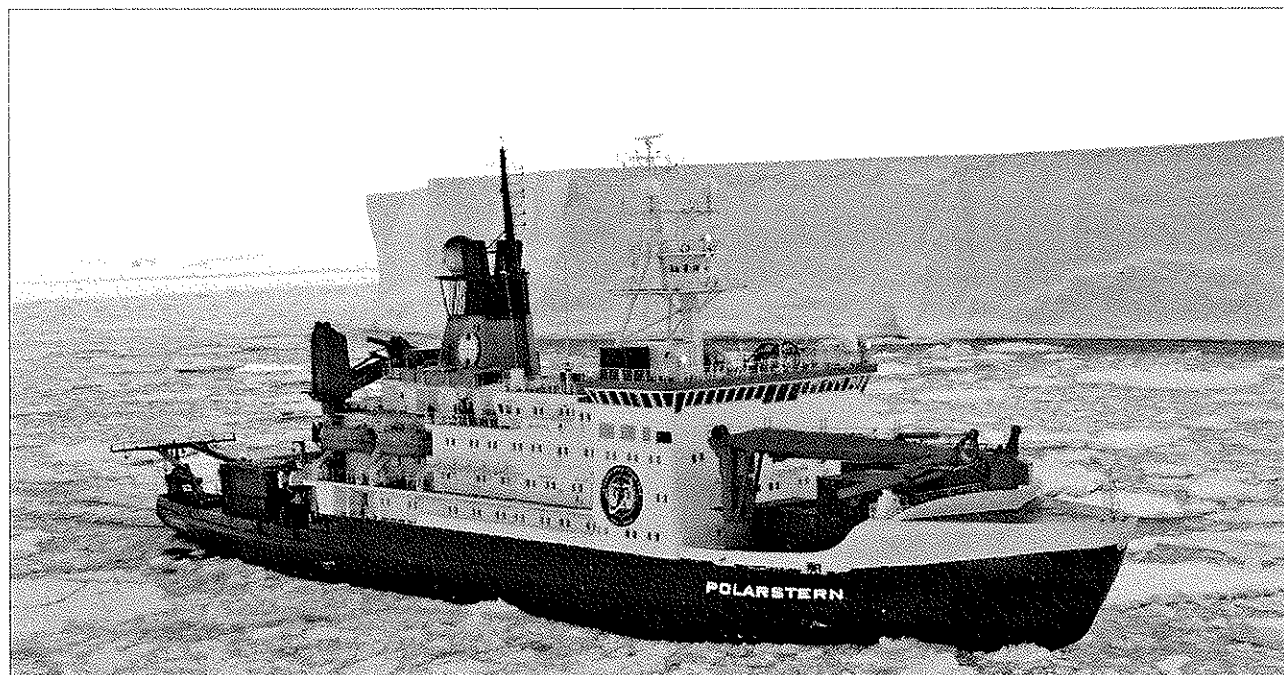


Abb. 1: Der Forschungseisbrecher POLARSTERN in unerforschten Gewässern der Antarktis auf dem Weg zu einem seismischen Zweischiiffsexperiment, das in Kooperation mit russischen Wissenschaftlern und dem Forschungsschiff AKADMIK KARPINSKY zwischen der Prydz-Bucht und dem Kerguelen-Plateau als eines der ersten IPY-Projekte Anfang 2007 durchgeführt worden ist.

eine wichtige Rolle in der Stabilität und der Entwicklung der Eisschilde und verbessern somit die Parametrisierung von Klimamodellen.

Im IPY-Projekt *Antarctica's Gamburtsev Province (AGAP)* wurde zum ersten Mal das Gebiet der sich über mehr als 1200 km erstreckenden und bis zu 3000 m hohen subglazialen Gamburtsev Mountains in der zentralen Ostantarktis mit geophysikalischen Messmethoden erkundet. Entdeckt wurde dieser Gebirgszug ursprünglich von russischen Geophysikern während des IGY 1957/58. Mit den USA, UK, Deutschland, China, Kanada, Australien und Japan beteiligten sich sieben Nationen am AGAP-Projekt und seiner sehr komplexen logistischen Ausführung mit dem Einsatz von Eisradar-, aeromagnetischen und seismologischen Methoden. Die Arbeiten bestanden aus einem Netzwerk von Breitbandseismometern an 26 Standorten und der aerogeophysikalischen Befliegung eines Messgebietes von insgesamt 120.000 km² Größe mit zwei Flugzeugen.

Erste Ergebnisse zeigen einen Gebirgszug mit einem extrem rauhen Relief, das wahrscheinlich bei der Entstehung des ersten ostantarktischen Eisschildes eine große Rolle spielte. Subglaziale Gipfel, Täler, Seen und Flusssysteme bilden ein komplexes hydrologisches System, dessen Wechselwirkung mit der Eisschilddynamik erst noch verstanden werden muss. Debattiert wird zurzeit über den geologisch-tektonischen Ursprung des Gebirges, da der Zusammenhang mit den bisher bekannten geologischen Provinzen und tektonischen Prozessen der Ostantarktis nicht eindeutig festzulegen ist. Die Chinesen planen mit Hilfe der gewonnenen Daten eine Bohrung in den nächsten Jahren, wobei zu hoffen ist, dass es nicht nur bei einer Eiskernbohrung bleibt, sondern auch das subglaziale Gestein erbohrt wird.

Das IPY-Projekt *Polar Earth Observing Network (POLENET)* ist eines der koordinierten Großprojekte mit zahlreichen Teilprojekten, die während IPY initiiert wurden und die den Grundstock für eine langfristige Datenerhebung mit Fokus auf Beobachtungen der festen Erde zu Informationen der Eismassenänderungen und Kontrolle der Eisschildentwicklung und -dynamik liefern. Belastbare Vorhersagen über die

Wechselwirkung der Eisschilde mit einem sich ändernden globalen Klima verlangen Aussagen über Massenänderungen, inkl. möglicher kollabierender Eisschilde, und die Raten des resultierenden Meeresspiegelanstieges. Robuste Vorhersagemodelle erfordern systemskalierte Beobachtungsplattformen über den polaren Regionen. Bodengestützte Beobachtungsdaten sind von großer Bedeutung für die Verifizierung und Korrektur satellitengestützter Altimetrie- und zeitvariabler Schwerefelddaten. Unsicherheiten in der Aussage der Satellitendaten sind meist bedingt durch die nicht-quantifizierten Vertikalbewegungen der Kruste aufgrund des glazial-isostatischen Ausgleichs. Die von POLENET installierten Multisensor-Messgeräte liefern solche systematisch gewonnenen synoptischen Daten zum ersten Mal in einer international koordinierten Anstrengung. Dabei handelt es sich zum einen um kleine, mobile Messstationen zur Registrierung von GPS- und seismologischen Daten. Aber auch die Daten der permanent eingerichteten Observatorien zur Beobachtung des Magnetfeldes, des absoluten Schwerefeldes sowie der Tiden und weiterer geodätischer Messgrößen unterstützen die Analysen. Im Verlauf der Feldsaisons des Internationalen Polarjahres sind in der Antarktis und auf Grönland insgesamt über 175 autonome Messstationen von 28 Nationen installiert worden. Die meisten dieser und weiterer Messgeräte werden weit über die Zeit des IPY entweder am gleichen Standort oder aber an neuen Standorten betrieben werden.

Im globalen Klimasystem ist die thermohaline Zirkulation in den Ozeanen eine entscheidende Komponente, denn sie hält die Wassermassen in einer permanenten globalen Bewegung. Damit übt sie einen starken Einfluss auf die regionalen Klimate aus. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Meerengen (*Gateways*), durch die die Wassermassen zwischen den Ozeanen transportiert werden. Das IPY-Projekt *Plate Tectonics and Polar Gateways in the Earth System (PLATES & GATES)* hatte als übergeordnetes Netzwerk mit 32 Teilprojekten das Ziel, im Zusammenhang mit paläobiologischen und geochemischen Proxy-Analysen die ozeanographischen Verhältnisse in den Gateways und Ozeanbecken in unterschiedlichen Zeiträumen zu rekonstruieren. Hierzu wurden tektonisch-

magmatische, geodynamische, sedimentäre und biostratigraphische Prozesse in den polaren und subpolaren Regionen mit modernen geophysikalischen Vermessungen und Probennahmen von Sedimenten untersucht. Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund: (1) seismische, magnetische und gravimetrische Untersuchungen der Kruste und der Lithosphäre der polaren ozeanischen Becken, der Gateways und ihrer Kontinentalränder zur verbesserten Parametrisierung der horizontalen und vertikalen Plattenkinematik und der Mantelprozesse, (2) Rekonstruktion der Verteilung und Variabilität der Paläoströmungssysteme in den Ozeanbecken durch seismisches Imaging der Sedimentsequenzen in Kombination mit Analysen der paläozeanographischen Proxies zur Tiefenwasserzirkulation, (3) Rekonstruktion der paläobathymetrischen Geometrien der polaren Gateways für ihre Bedeutung des Flach- und Tiefenwasserdurchflusses zwischen den Ozeanbecken zu Zeiten bedeutender Klimaänderungen, (4) Rekonstruktion der langskaligen paläoklimatischen Entwicklung von der „Hothouse“-Umwelt im Mesozoikum und Paläogen zu den „Icehouse“-Bedingungen des Neogen und Quartär und (5) numerische Simulation von Paläoströmungsszenarien der sich ändernden Gateway- und Beckengeometrien in Hinblick auf den globalen Kohlenstoffkreislauf, die biologische Evolution und die Entwicklung der Eisschilde.

In der Arktis und Subarktis wurden paläomagnetische, stratigraphische und petrologische Daten und Proben von den Neusibirischen Inseln, von Franz-Josef-Land, den Axel-Heiberg- und Ellesmere-Inseln sowie Nordgrönland gesammelt und analysiert. Zu den geowissenschaftlichen Studien gehörten seismische und magnetische Vermessungen im Amundsen-Becken, über den Alpha-Mendeleev-Rücken, den Lomonosov-Rücken und auf dem nordgrönländischen Schelf. Geologische Beprobungen von Hartgestein sowie neotektonische Analysen fanden in Nord- und Ostgrönland, auf Spitzbergen, der Bäreninsel, auf dem Mohs- und Knipovich-Rücken und in der Barentssee statt. Die Gateways zwischen dem Nordatlantik und dem Arktischen Ozean – die Framstraße, der kanadische Archipel mit der Baffinbucht und der Davisstraße sowie die Beringstraße – wurden mit Hilfe eines weiten

Spektrums geophysikalischer und sedimentgeologischer Methoden untersucht, um den Zeitpunkt der Öffnungen und die damit einhergehenden paläoklimatischen Konsequenzen für den Wasseraustausch besser zu verstehen.

In der Antarktis und im Südozean sind gezielt geophysikalische und bathymetrische Vermessungen in den Gebieten durchgeführt worden, die am Aufbrechen von Gondwana beteiligt waren. Mit Hilfe dieser neuen und der Integration existierender Daten konnten das Aufbrechen und seine Konsequenzen für die Entwicklung der Ozeanbecken wesentlich genauer als zuvor rekonstruiert werden. Insbesondere konnten die Unsicherheiten über die frühen Entwicklungsstadien des Gateways der Drake-Passage und des Scotiameeres beseitigt werden. Zu ihrer Klärung sind die tektonischen und sedimentären Veränderungen der Becken, Ursache und Aufbau der bathymetrischen Hochgebiete, Struktur und Entwicklungsgeschichte der relevanten Plattengrenzen und die Deformation der benachbarten Landmassen untersucht worden. Von den geophysikalischen Daten aus dem Tasmanischen Gateway werden Indizien für zwei wesentliche Fragen erwartet: Zum einen können der Zeitpunkt und die morphologische Entwicklung der Flach- und Tiefenwasseröffnung zwischen dem Indischen und Pazifischen Ozean enger eingegrenzt werden. Zum anderen geht es um die Relativbewegung zwischen der Ost- und Westantarktis, die entscheidend für den Beginn der Hebung des Transantarktischen Gebirges und die Krustendehnungen des Westantarktischen Riftsystems ist.

Der Verlauf globaler und regionaler Meeresströmungen wird nicht allein durch die Gateways beschränkt, sondern auch durch die morphologische Struktur der Meeresböden in den Tiefseeebenen und entlang der Kontinentalränder. So stellt z.B. das Kerguelenplateau für den Verlauf des Zirkumpolarstroms eine hohe bathymetrische Schwelle dar, durch die der Großteil des Stroms nach Norden in den mittleren Indik abgeleitet wird. Das Plateau und die es umgebende Kruste des Indischen Ozeans ist im Projekt PLATES & GATES im Zusammenhang mit der Entwicklung des ostantarktischen Kontinentalrandes im Zuge des Aufbruchs Indiens von der Antarktis untersucht worden.

Mit dem Aufbau detaillierter paläobathy-metrischer Gitter wird eine der wichtigsten Bedingungen für realistische Simulationen von Paläo-Ozeanströmungen geschaffen. Die gewonnenen geophysikalischen und geologischen Daten und Analyseergebnisse ermöglichen mit einer Reihe von Erdsystemmodellen klimatische Rekonstruktionen des Känozoikums und Mesozoikums. Solche Erdsystemmodelle sind darauf zugeschnitten, den Effekt der ozeanischen Gateways und Becken auf Paläo-Zirkulationsmuster, den globalen Kohlenstoffkreislauf und die Ursache von polaren Eisschildentwicklungen abzuschätzen. Die Resultate dieser Szenarien sollen dann mit anderen Modellsimulationen verglichen werden,

in denen unterschiedliche Antriebsfaktoren, wie die Bildung von Treibhausgasen und die Wirkung von Gebirgshebungen, eine Rolle spielen. Daraus soll die Relevanz der Paläogeographie für die Entwicklung des polaren und globalen Klimas über lange geologische Zeitskalen quantifiziert werden.

In Ergänzung zu den eigentlichen wissenschaftlichen Aktivitäten im Internationalen Polarjahr erwies sich die besondere Einbeziehung der Jugend in zahlreiche Forschungsprojekte als ein großer Erfolg. Mit speziellen Programmen für Schüler, Studenten und Lehrer sind zahlreiche sehr interessante, wirkungsvolle Beiträge geleistet worden. Das eigentliche Internationale

Polarjahr 2007/08 diente in erster Linie der koordinierten Erfassung und Sammlung von neuen Daten und Proben in den Polargebieten. Es wird noch einige Zeit erfordern, daraus fundierte, gesicherte neue Erkenntnisse zu gewinnen, die in unterschiedlichen Publikationen in den nächsten Jahren erscheinen werden.

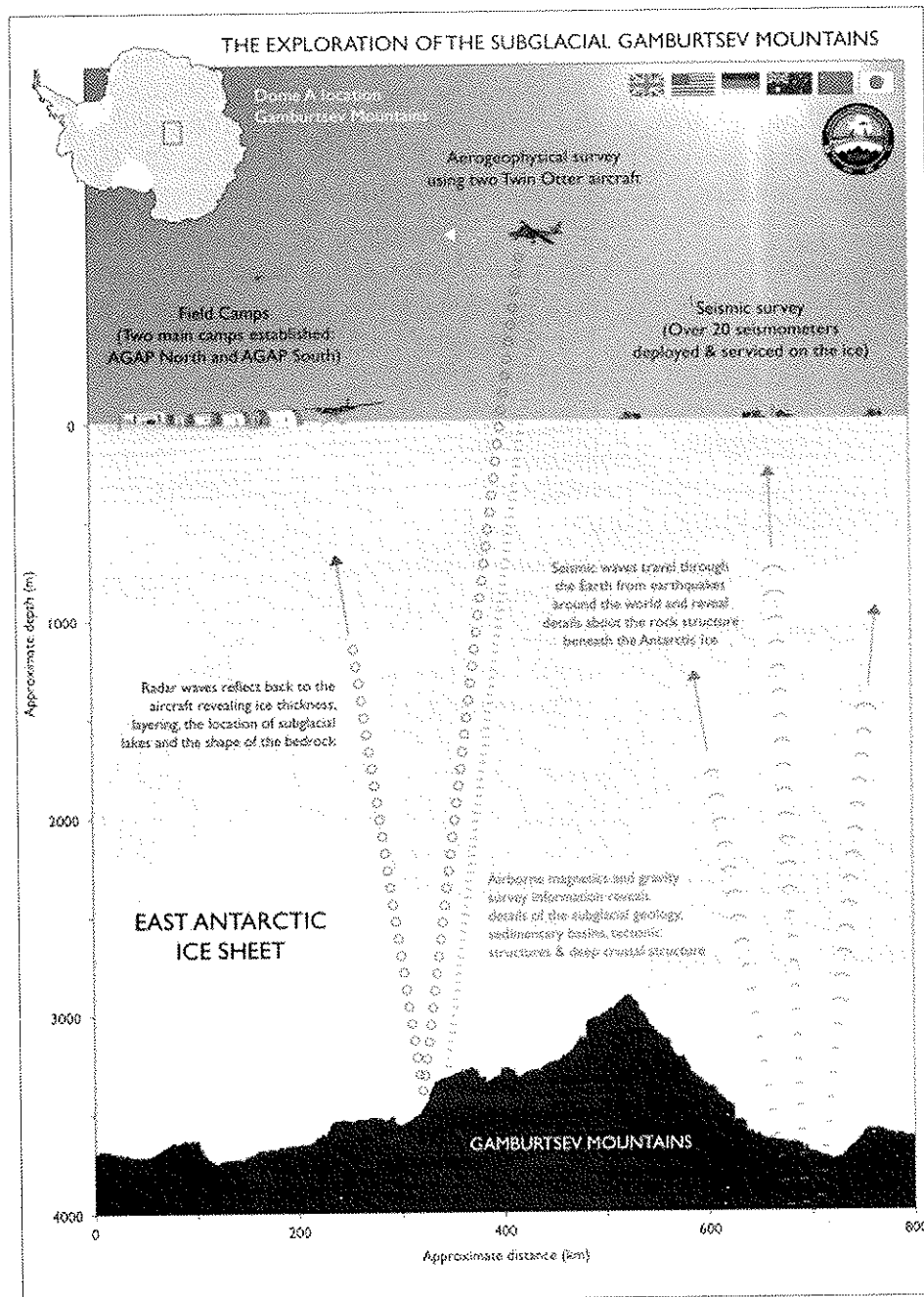


Abb. 2: Skizze der geophysikalischen Untersuchungen der ostantarktischen Gamburtsev Mountains im Rahmen des IPY-Projekts AGAP (aus: www.ipy.org/projects/item/219-agapantarcticas-gamburtsevprovince-project).