

# Zweijahresbericht 1996/97

Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und Meeresforschung



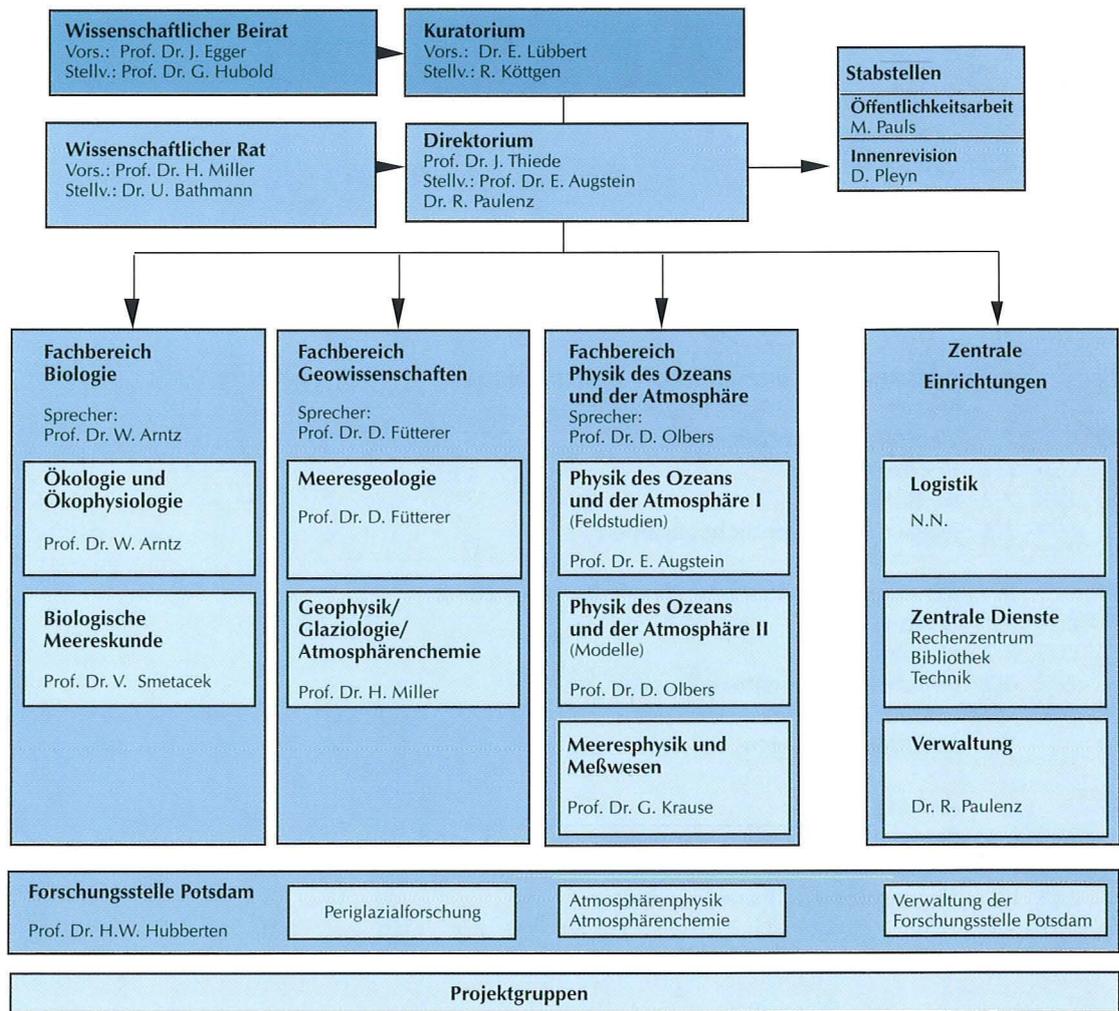
*Zweijahresbericht 1996/1997*

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

4	<b>Organe der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung</b>
6	<b>1. Das Alfred-Wegener-Institut und sein Beitrag zur Polar- und Meeresforschung in Deutschland</b>
9	<b>2. Ausgewählte Forschungsthemen</b>
12	Rekonstruktion eines Asteroideneinschlages in das Südpolarmeer (Gersonde, Abelmann, Diekmann, Kuhn)
16	Jahreszeitliche Veränderungen einer Permafrostlandschaft in Sibirien (Boike, Hagedorn, Friedrich)
20	Sedimentbohrungen im Baikalsee (Eckert, Müller, Schwab, Demske)
24	Auf den Spuren eines uralten Gebirges (Schlindwein, Meyer)
28	Reaktionen benthischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften auf mechanische Störungen der Sedimente (Thiel, Ahnert, Bluhm, Borowski, Vopel)
32	Die Ruderfußkrebse im Arktischen Ozean (Scherzinger, Hirche, Kattner)
36	Diatomeenblüten an Fronten im Antarktischen Zirkumpolarstrom (Bathmann, Hense, Rutgers van der Loeff, Strass, Smetacek)
40	Besiedlungsverhältnisse am Lomonossowrücken (Deubel, Rachor)
43	Organischer Kohlenstoff in der Laptewsee und auf dem Lomonossowrücken (Fahl, Nöthig, Stein)
47	Sterole und ihr Schicksal im Weddellmeer (Mühlebach, Weber)
51	Schwierige Spurensuche (Bijma, Zeebe, Wolf-Gladrow)
55	Die Nordgrönlandtraverse (Kipfstuhl, Schwager)
59	Ein Reinluft-Meßlabor in der Antarktis (Minikin, Weller)
63	Spurengase in der Atmosphäre der Polargebiete (Notholt, Lehmann)
67	Erwärmt sich das Bodenwasser in der Grönlandsee? (Budéus, Schneider)
70	Die JoJo-Sonde (Budéus, Ohm)
74	Offene Wasserflächen beeinflussen die Windverhältnisse über den Polarmeeren (Birnbaum)
77	Eistransport im Weddellmeer (Strass, Fahrbach)
80	Die Meereisverteilung in einem gekoppelten Eis-Ozean-Modell des Südlichen Ozeans (Timmermann, Beckmann, Hellmer)
84	Hochleistungscomputer am AWI (Hiller, Rakowsky, Beckmann)
88	<b>3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen</b>
88	3.1 Ozeanische und atmosphärische Prozesse in den Polargebieten
93	3.2 Modellierung von Prozessen und Zirkulationssystemen im Ozean
99	3.3 Meeresphysikalische Messungen und Instrumentenentwicklung
104	3.4 Physik und Chemie der polaren Atmosphäre
112	3.5 Der Untergrund der polaren Teile des Atlantik und seiner kontinentalen Umrandung
114	3.6 Glaziologie
116	3.7 Meeresgeologie

125	3.8	Geowissenschaftliche Studien in Eisrandgebieten
132	3.9	Ökologie und Ökophysiologie
144	3.10	Biologische Meereskunde
150	3.11	Tiefseeforschung
155	3.12	Meereisforschung
159	3.13	Der Kohlenstoffkreislauf
<b>164</b>	<b>4.</b>	<b><i>Großgeräte, Expeditionen und Landstationen</i></b>
164	4.1	„Polarstern“
168	4.2	„Victor Hensen“
170	4.3	Polarflugzeuge
172	4.4	Landexpeditionen
174	4.5	Landstationen
<b>179</b>	<b>5.</b>	<b><i>Logistik</i></b>
<b>182</b>	<b>6.</b>	<b><i>Nationale und internationale Zusammenarbeit</i></b>
<b>189</b>	<b>7.</b>	<b><i>Zentrale Einrichtungen</i></b>
189	7.1	Rechenzentrum
198	7.2	Bibliothek
199	7.3	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
<b>204</b>	<b>8.</b>	<b><i>Personeller Aufbau und Haushaltsentwicklung</i></b>
204	8.1	Personal
205	8.2	Haushalt
207	8.3	Bericht der Frauenbeauftragten
<b>210</b>	<b>9.</b>	<b><i>Veröffentlichungen</i></b>
<b>255</b>		<b><i>Anhang</i></b>
255	I.	Personal
258	II.	Wissenschaftliche Veranstaltungen
259	III.	Abgeschlossene Examensarbeiten

# Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung



Stand: 31.12.1997

## Organe der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

### Kuratorium

#### Mitglieder

Dr. Eckhard Lübbert  
(Vorsitzender)  
Rainer Köttgen  
(Stellvertr. Vorsitzender)  
Dr. Günter Dannemann  
Dr. Jochen Trebesch  
Norbert Kleeschulte  
(im 2-jährigen Wechsel  
mit Dieter Stiepel)  
Dieter Stiepel (im 2-jährigen  
Wechsel mit Norbert  
Kleeschulte) bis 31.12.97  
Prof. Dr. Dieter Ehhalt  
bis 12.06.96  
Prof. Dr. Joseph Egger ab  
28.05.97, (12.06.96 - 28.05.97  
komm.)  
Prof. Dr. Hans-Joachim  
Schellnhuber  
Dipl.-Ing. Conrad Naber  
Prof. Dr. Prisca Schäfer  
ab 30.05.96  
Prof. Dr. Christoph Reigber  
Fred Zander bis 31.12.96  
Silke Striezel ab 16.05.97

#### Beratende Teilnehmer

Prof. Dr. Max Tilzer  
bis 31.10.97  
Prof. Dr. Jörn Thiede  
ab 01.11.97  
Dr. Rainer Paulenz  
Prof. Dr. Dieter Fütterer  
bis 04.12.97  
Prof. Dr. Ernst Augstein  
ab 05.12.97  
Prof. Dr. Heinz Miller  
Prof. Dr. Jürgen Timm  
Heino Müller bis 27.06.96  
Marika Sündermann  
ab 28.06.96

### Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Joseph Egger  
(Vorsitzender)  
Der Präsident der MPG:  
Prof. Dr. Hubert Markl  
Ständiger Vertreter:  
Prof. Dr. Klaus Hasselmann  
Der Präsident der DFG:  
Prof. Dr. Wolfgang Frühwald  
Ständiger Vertreter:  
Prof. Dr. Erik Flügel  
Der Präsident der BGR:  
Prof. Dr.-Ing. V. W. Wellmer  
Ständiger Vertreter:  
Prof. Dr. Karl Hinz  
Der Leiter der BFA:  
Ständiger Vertreter:  
Dir. Prof. Dr. Gerd Hubold  
(stellvertretender Vorsitzender)  
Der Rektor der Universität  
Bremen:  
Prof. Dr. Jürgen Timm  
(Vom Rektor ernannter  
Vertreter): Prof. Dr.  
Horst Diehl  
Prof. Dr. Jens Meincke  
Prof. Dr. Erwin Suess  
Prof. Dr. Robert Delmas  
Prof. Dr. Yngve Kristoffersen  
Prof. Dr. Bengt-Owe Jansson

#### Beratende Teilnehmer

Der Vorsitzende des  
Kuratoriums des AWI:  
Dr. Eckhard Lübbert  
Vom Vorsitzenden ernannter  
Vertreter:  
Dr. Ulrich Schlüter (Ref. 426)  
Stellvertr. Vorsitzender  
des Kuratoriums des AWI:  
Rainer Köttgen  
Vom Stellvertr. Vorsitzenden  
ernannter Vertreter:  
Dr. Holger Bienhold

Der Direktor des AWI:  
Prof. Dr. Jörn Thiede  
Der Verwaltungsdirektor des  
AWI:  
Dr. Rainer Paulenz  
Der Vertreter des Direktors  
des AWI:  
Prof. Dr. Ernst Augstein  
Der Vorsitzende des  
Wissenschaftlichen Rates  
des AWI:  
Prof. Dr. Heinz Miller

### Direktorium

Prof. Dr. Max Tilzer (Direktor  
bis 31.10.97)  
Prof. Dr. Jörn Thiede (Direktor  
ab 01.11.97)  
Dr. Rainer Paulenz  
(Verwaltungsdirektor)  
Prof. Dr. Dieter Fütterer  
(Vertreter des Direktors  
bis 04.12.97)  
Prof. Dr. Ernst Augstein  
(Vertreter des Direktors  
ab 05.12.97)

### Wissenschaftlicher Rat

Prof. Dr. Heinz Miller  
(Vorsitzender)  
Dr. Eberhard Fahrback (stellv.  
Vorsitzender bis 16.09.97)  
Dr. Ulrich Bathmann (stellv.  
Vorsitzender ab 17.09.97)  
Prof. Dr. Wolf Arntz  
Prof. Dr. Ernst Augstein  
Prof. Dr. Dieter Fütterer  
Dr. Wolfgang Hiller

Prof. Dr. Gunther Krause  
Dr. Roland Neuber  
bis 16.09.97  
Dr. Anette Rinke ab 17.09.97  
Dr. Eva-Maria Nöthig  
bis 16.09.97  
Dr. Michael Rutgers v.d. Loeff  
ab 17.09.97  
Prof. Dr. Dirk Olbers  
Prof. Dr. Victor Smetacek

### ständige Gäste

Dr. Hans-Wolfgang Hubberten  
Dr. Rainer Paulenz  
Prof. Dr.  
Meinhard Schulz-Baldes  
Prof. Dr. Hjalmar Thiel  
Prof. Dr. Max Tilzer  
bis 31.10.97  
Prof. Dr. Jörn Thiede  
ab 01.11.97

(Stand 31.12.1997)

## 1. Das Alfred-Wegener-Institut und sein Beitrag zur Polar- und Meeresforschung in Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland nimmt seit fast zwanzig Jahren Anteil an der internationalen Polarforschung und hat zu diesem Zweck das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) gegründet. Das AWI ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und leistet im Verbund mit universitären und anderen Forschungsinstitutionen einen schwergewichtigen Beitrag zur **globalen Umweltforschung**.

Da Deutschland nicht unmittelbar zu den polaren Anrainerstaaten gehört und zusätzlich eher ein kontinental als maritim orientierter Staat ist, wird diese Leistung in enger internationaler Kooperation und im Rahmen von internationalen Verträgen und Forschungsprojekten erbracht. Die moderne Polar- und Meeresforschung erfordert einen hohen technischen und personellen Aufwand. Die dafür notwendigen Mittel sind politisch nicht immer einfach durchzusetzen. Dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und den zuständigen Ministerien der Länder Bremen und Brandenburg gebührt daher besonderer Dank. Zu bedenken ist außerdem, daß Deutschland international große Verpflichtungen in der Umweltforschung übernommen hat. Das AWI spielt eine zentrale Rolle in dem Bemühen, diesen Aufgaben gerecht zu werden. Darüber hinaus hat sich die Bundesrepublik Deutschland durch ihren Beitritt zum Antarktisvertrag zu beträchtlichen Aufwendungen in der Polarforschung verpflichtet.

Die Polargebiete haben in der modernen Umweltforschung und der wissenschaftlichen Bewertung möglicher Auswirkungen des Treibhauseffektes eine zentrale Bedeutung. Das AWI trägt als interdisziplinäres Institut dazu bei, die **natürliche Veränderlichkeit des Klimas** über kurze und lange Zeitskalen zu erfassen. Die Arktis und die Antarktis sind die klimatisch empfindlichsten Gebiete der ganzen Erde und daher besonders geeignet, mögliche Umweltveränderungen in der Zukunft abzuschätzen. Hierzu liefern die Forschungsergebnisse aus den Untersuchungen der modernen Veränderlichkeit von Ozeanographie und Klima in Echtzeit, aus der Erfassung der historischen Veränderlichkeit in der jüngsten geologischen Vergangenheit und aus der Rekonstruktion der langfristigen Klimageschichte, die von relativ warmen Polargebieten zur Bildung der Inlandeise in der Antarktis und Grönland ge-

## 1. Einleitende Übersicht

---

führt hat, die wesentlichen Datengrundlagen. Das Spektrum der eingesetzten Methoden reicht von modernster satellitengestützter Fernerkundung bis zu Tiefseebohrungen. Die ozeanographischen Beobachtungen der Verlangsamung und evtl. des Ausbleibens der Tiefenwassererneuerung im Europäischen Nordmeer als Anfangspunkt der globalen Tiefenwasserzirkulation stellen ein aufregendes und in seiner Veränderlichkeit über viele Zeitskalen hinweg zu betrachtendes Phänomen dar.

Neben den Untersuchungen in den polaren Meeresgebieten spielt die **terrestrische Polarforschung** mit ihren Beiträgen zur Atmosphärenforschung und zur Paläoklimageschichte der polaren Landgebiete und deren Böden eine besondere Rolle. In der Kombination der Untersuchungen mariner und terrestrischer Polargebiete trägt das AWI einen für seine wissenschaftliche Ausrichtung besonders charakteristischen Anteil bei.

Die Polargebiete verlangten schon immer von Organismen die Anpassung an extremste Lebensbedingungen, sei es unter den Bedingungen des Erdmittelalters und zu Beginn der Erdneuzeit oder unter den extremen Kälteverhältnissen während der jüngsten geologischen Vergangenheit. Die **rezenten polaren marinen und terrestrischen Faunen und Floren** konnten nicht von anderen Gebieten der Erde in die Polarregionen einwandern, sondern mußten sich vor Ort an die sich schnell verändernden Umweltbedingungen anpassen. Dieses führte dazu, daß Organismenvergesellschaftungen in beiden Polargebieten zum Teil **bipolare Ähnlichkeiten** aufweisen, sich andererseits aufgrund der unterschiedlichen geographischen und physischen Habitate aber erheblich unterscheiden. Die für die Polargebiete charakteristischen biologischen Prozesse und Eigenschaften der an die extremen Lebensbedingungen angepaßten Organismen im marinen Benthos und Plankton ebenso wie bei den terrestrischen Faunen und Floren stellen daher einen Schwerpunkt der Untersuchungen im Alfred-Wegener-Institut dar.

Durch die Angliederung der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) an die Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung zum 1. Januar 1998 werden sich in den kommenden Jahren neue wissenschaftliche Perspektiven entwickeln. In Kooperation mit universitären und außeruniversitären Einrichtungen sollen dabei die marine Naturstoffforschung, das Küstenzonenmanagement und die meeresbiologische Erforschung der Nordsee und der angrenzenden Kontinentalränder besondere Schwerpunkte werden. Insgesamt erhalten damit Fragestellungen der angewandten Meeresforschung größeres Gewicht.

Der Hauptstandort des AWI ist seit seiner Gründung Bremerhaven. Die wissenschaftliche Schlagkraft dieses Standortes wird durch den Umzug der Zentrale der BAH

im Jahre 1998 weiter verstärkt werden. Dies wird vor allem die meeresbiologischen Arbeitsgruppen betreffen. Die terrestrische Polarforschung hat eine Tradition mit ihrem Standort auf dem Telegrafenberg in Potsdam. Nach einer schwierigen politischen Entscheidung im Jahr 1997 wird die Forschungsstelle des AWI in Potsdam erhalten bleiben, wobei die Arbeitsmöglichkeiten durch die Errichtung eines Neubaus für ein Laborgebäude in den Jahren 1998/99 wesentlich verbessert werden.

Durch die Angliederung der BAH wird die Stiftung Alfred-Wegener-Institut auch durch die Stationen der BAH auf **Helgoland** und die Wattenmeerstation in **List auf Sylt** bereichert. Wichtige Werkzeuge der Polarforschung sind die permanent besetzten Stationen in der Antarktis (**Neumayer-Station**) und in Ny-Ålesund auf Spitzbergen (**Koldewey-Station**) sowie die Schiffe und Flugzeuge, die der Stiftung zugeordnet sind. Dabei ist der **Forschungseisbrecher „Polarstern“** das wichtigste „Großgerät“. Durch seine technische Erneuerung in den Jahren 1998/99 wird dafür Sorge getragen, daß die Forschungsmöglichkeiten auf diesem weltweit bekannten Forschungsschiff weiterhin den modernsten Standards entsprechen. Neben „Polarstern“ haben die **„Victor Hensen“** mit ihren Einsätzen in Südamerika und neuerdings die **„Heincke“** auch Arbeiten in nah und fern liegenden Meeresgebieten der gemäßigten bis tropischen Breiten ermöglicht. Die beiden letztgenannten Schiffe gehören seit 1997 dem wissenschaftlichen Pool mittelgroßer deutscher Forschungsschiffe an. Neben den Forschungsschiffen stellen die **Meßflugzeuge** des AWI ein wichtiges Werkzeug der deutschen Polarforschung dar. Sie werden sowohl in der Antarktis wie in der Arktis eingesetzt und ermöglichen die Nutzung zahlreicher flugzeuggebundener Meßmethoden.

Gemeinsam mit seinen nationalen und internationalen Partnern hat das AWI in den vergangenen zwei Jahren wichtige Fortschritte in der Polar- und Meeresforschung erzielt. Bis zum 31. Oktober 1997 wurde das AWI von Prof. Dr. Max Tilzer sehr erfolgreich geleitet. Zum 1. November 1997 kehrte er an seine Heimatuniversität in Konstanz zurück, begleitet von den guten Wünschen des Alfred-Wegener-Institutes, die von einem herzlichen Dank für die in den vergangenen fünf Jahren geleistete Arbeit und erzielten Erfolge begleitet werden.

In den Jahren 1998 und 1999 stellen die Angliederung der BAH und die notwendige Umstrukturierung der Stiftung eine große Herausforderung für das AWI dar. Neben den bisher durchgeführten Arbeiten der klassischen Polar- und Meeresforschung werden die Themen der **angewandten Meeresforschung** an Bedeutung gewinnen. Dies wird die deutsche Meeresforschung im europäischen und internationalen Rahmen deutlich stärken.

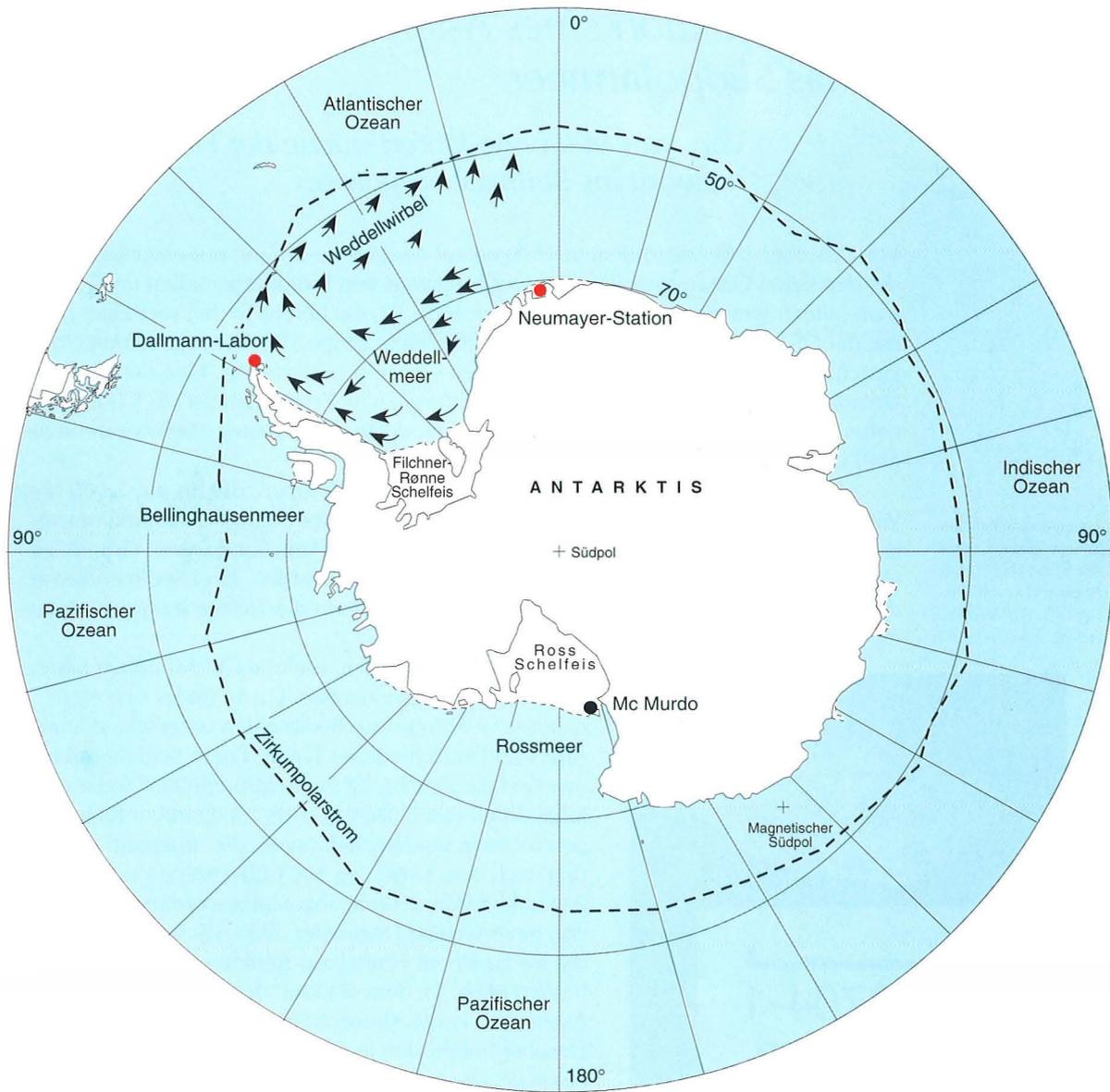
## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

Das AWI nimmt mit seinen Fachbereichen Biologie, Geowissenschaften und Physik des Ozeans und der Atmosphäre, die insgesamt sieben Sektionen, mehrere Projektgruppen und die Forschungsstelle Potsdam umfassen, an Arbeiten zahlreicher naturwissenschaftlicher Disziplinen der Polar- und Meeresforschung teil. Die anspruchsvollen wissenschaftlichen Vorhaben werden durch eine aufwendige Logistik, die das AWI für die deutsche Polar- und Meeresforschung zur Verfügung stellt, unterstützt. Über die Breite der durchgeführten Forschungsarbeiten wird im Detail in den Einzelberichten der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen Rechenschaft abgelegt (siehe Kapitel 3).

Jedem Zweijahresbericht werden jedoch ausgewählte wissenschaftliche Beiträge, die herausragende wissenschaftliche Arbeiten des AWI darstellen, vorangestellt. Sie umfassen in diesem Jahr 20 Beiträge, die sowohl arktische wie auch antarktische marine und terrestrische Themen aufgreifen und über die wissenschaftlichen Probleme hinweg auch technische Entwicklungen am AWI beschreiben. Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern die Beiträge stellen nur Beispiele besonders typischer wissenschaftlicher Arbeiten dar, die das wissenschaftliche Profil des AWI charakterisieren und versuchen, dem interessierten Leser einen Eindruck zu vermitteln, was Polar- und Meeresforschung ist, welche Motive und Anreize zu diesen Forschungsthemen geführt haben und welche Beiträge aus der Perspektive der Polar- und Meeresforschung zur **modernen Umweltforschung** geleistet werden können. Die natürlichen und künstlichen Eigenschaften der Umwelt kontrollieren die Lebensbedingungen der gesamten Menschheit, und Forschungseinrichtungen wie das Alfred-Wegener-Institut tragen mit ihren Arbeiten zur vorsorglichen wissenschaftlichen Bewertung möglicher Veränderungen der Umwelt in der Zukunft wesentlich bei. Die hier angerissenen Forschungsthemen sind beispielhaft für unsere Forschung und fügen sich als Bausteine in das wissenschaftliche Profil des AWI und der gesamten deutschen Polar- und Meeresforschung ein.



2. Ausgewählte Forschungsthemen



## Rekonstruktion eines Asteroideneinschlages in das Südpolarmeer

Rainer Gersonde, Andrea  
Abelmann, Bernhard  
Diekmann und Gerhard Kuhn

*Vor zwei Millionen Jahren stürzte der Eltanin-  
Meteorit ins Bellingshausenmeer*

Von den über 140 Asteroideneinschlägen auf der Erde ist bislang nur einer bekannt, der den tiefen Ozean getroffen hat. Der Nachweis von Iridiumanomalien und Meteoritenfragmenten in Sedimentproben (Abb. 1), die bereits in den sechziger Jahren mit der US NS „Eltanin“ gewonnen worden waren, zeigte, daß der sogenannte Eltanin-Einschlag von einem Stein-Eisen-Asteroiden verursacht worden ist. Eine detailliertere Untersuchung des Einschlaggebietes und eine gezielte Probennahme am 5.000 Meter tiefen Meeresboden im Bellingshausenmeer (Südostpazifik) gelang 1995 während einer Expedition mit der „Polarstern“.

Im Einschlaggebiet befinden sich mehrere Tiefseekuppen, die bis auf 2.500 Meter Wassertiefe aufsteigen. Bathymetrische Kartierungen eines 30.000 Quadratkilometer großen Gebietes und flachseismische Erkundungen mit Parasound waren Grundlage einer gezielten Beprobung der Ablagerungen am Meeresboden. Drei Sedimentkerne, die aus einem Profil vom Gipfel der Tiefseekuppen bis in die Tiefsee stammen, dokumentieren den Ablauf des Eltanin-Einschlages.

Über ungestörten, mehr als 37 Millionen Jahre alten Ablagerungen aus dem Eozän findet sich eine chaotische Abfolge aus Sedimenten unterschiedlichen Alters und verschiedener Typen. Diese Schicht dokumentiert die Zerstörung der ursprünglichen Sedimentabfolge durch den Einschlag (Abb. 2). Darüber folgen geschichtete sandige Sedimente, die innerhalb von Stunden nach dem Einschlag aus Trübeströmen und der aufgewühlten Wassersäule abgelagert worden sind. Sie sind von einer wenige Dezimeter dicken Schicht überdeckt, die bis zu einem Fünftel aus Relikten des Meteoriten besteht (Abb. 1), dem ‚Fallout‘ des bei der Explosion des Asteroiden in die Atmosphäre geschleuderten Materials. Darüber finden sich feinkörnige Sedimente, die sich ebenfalls rasch aus der Trübe absetzten. Es folgen

Abb. 1: Ungeschmolzenes  
Bruchstück des Eltanin-  
Meteoriten aus Kern PS2704-1  
bei 1097 Zentimeter Kerntiefe.  
Länge: circa 15 Millimeter.  
Dies ist das größte Bruchstück,  
das bislang  
aus einem  
großen  
Asteroiden,  
der auf der  
Erde ein-  
geschlagen  
ist, gefunden  
wurde.  
(Foto: Bock)



## ELTANIN IMPAKT

### SEDIMENTKERN - WASSERTIEFENPROFIL (2700 - 5000 m)

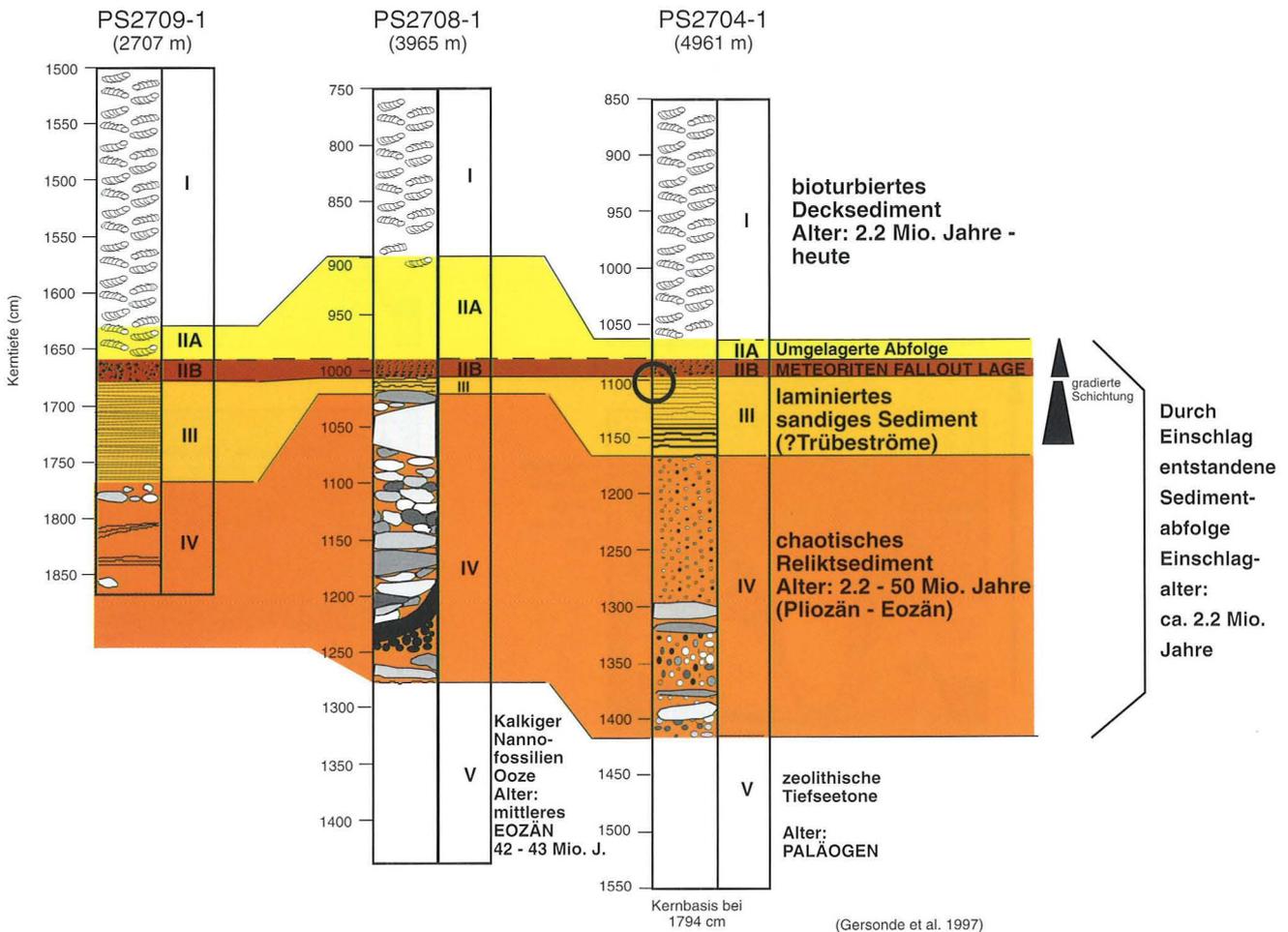


Abb. 2: Schematische Darstellung der Sedimentstrukturen in den Sedimentkernen PS2709-1, PS2708-1 und PS2704-1 und Korrelation der unterschiedenen Sedimentabschnitte V bis I. Der Kreis in PS2704 zeigt den Fundort eines großen ungeschmolzenen Reliktes des Asteroiden an (Abb. 1).

## ASTEROIDEN - EINSCHLAG - SZENARIO

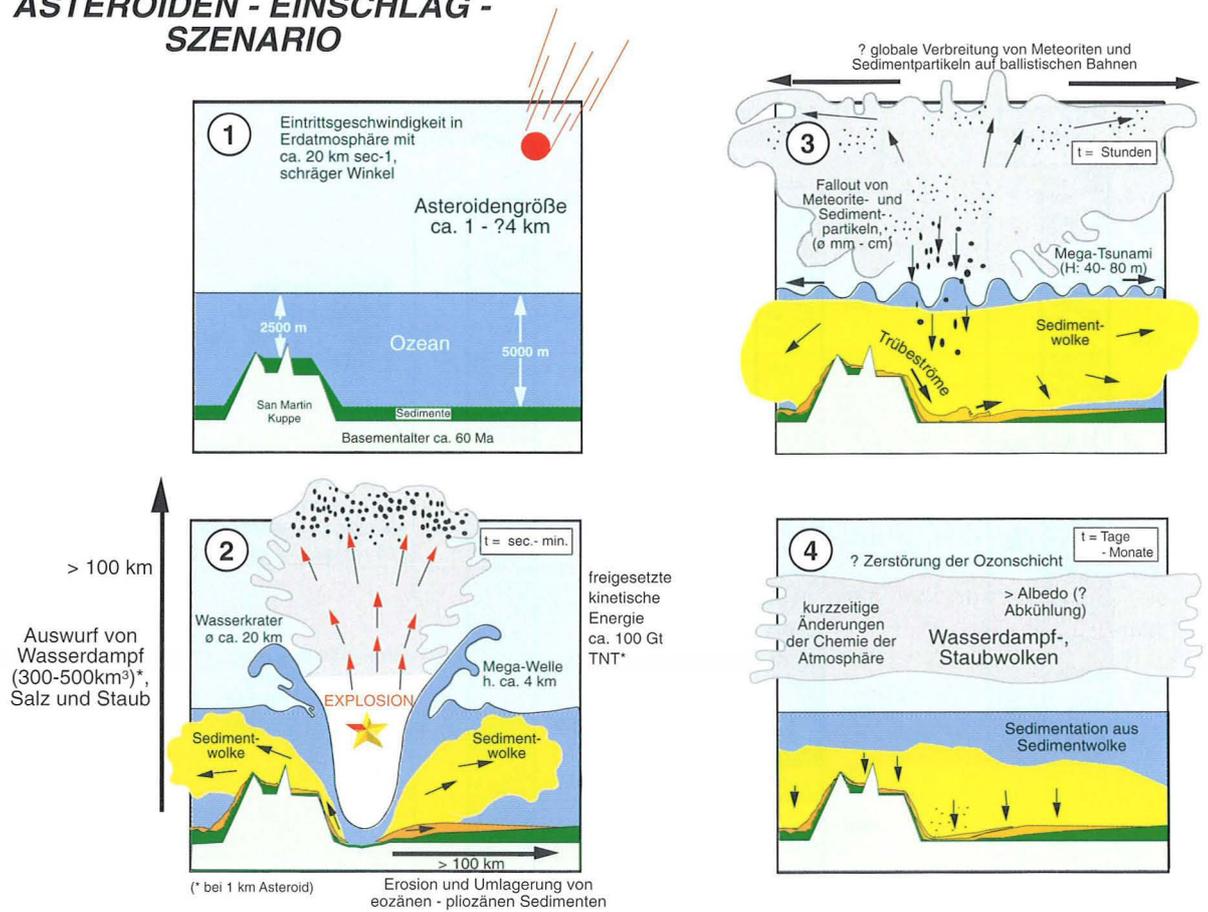


Abb. 3: Szenario des Eltanin-Einschlages in vier Zeiteinstufen.

schließlich Sedimente, die wieder unter normalen Bedingungen abgelagert worden sind. Die Sedimentbefunde und Modellierungen von Asteroideneinschlägen ergeben folgendes Szenario für den Einschlag vor 2,2 Millionen Jahren (Abb. 3): Ein Asteroid schlägt mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 20 Kilometern pro Sekunde in das Bellingshausenmeer ein. Sein Durchmesser beträgt ein, höchstens vier Kilometer. Beim Aufschlag und der Explosion des Asteroiden wird Energie entsprechend einer Sprengkraft zwischen 100 (bei 1 km Durchmesser) und 10 000 (bei 4 km Durch-

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

messer) Gigatonnen TNT frei. In diesem Bereich liegt der Schwellenwert für globale Auswirkungen.

Ein ein Kilometer großer Asteroid schlägt einen circa 20 Kilometer großen Krater ins Meer, an dessen Rändern über vier Kilometer hohe Wellen aufsteigen. Hunderte Kubikkilometer Wasserdampf werden in die Atmosphäre geschleudert und weltweit verbreitet. Zusammen mit Staub aus Asteroidenmaterial und aus dem Tiefseeboden herausgerissenem Sediment schattet er die Sonneneinstrahlung zeitweilig ab. Große Mengen an herausgeschleuderten Meersalzen können den Chemismus der Atmosphäre verändern und zu saurem Regen und Zerstörung der Ozonschicht führen.

Am Tiefseeboden wird eine etwa 250 Meter mächtige und 40 bis 50 Millionen Jahre alte Sedimentschicht zerstört und über Hunderte von Kilometern umgelagert. Aus den kilometerhohen Anfangswellen und dem Zurückfallen der Wassermassen in den ozeanischen Krater entwickeln sich Tsunamis, die sich mit einer Geschwindigkeit von über 200 Kilometern pro Stunde weltweit ausbreiten. Sie erreichen die südamerikanische und antarktische Küste mit einer Höhe von 40 Metern, die im küstennahen Flachwassergebiet auf das zehnfache bis 40fache ansteigen kann. (Hinweise auf solche Tsunamis finden sich in Neuseeland, Peru und in der Ostantarktis.)

Von den Tiefseekuppen ergießen sich Trübeströme in die Tiefsee, die die zerstörten Ablagerungen abdecken. Darüber lagern sich die aus der Atmosphäre zurückfallenden Meteoriten- und Sedimentfragmente ab. Noch Tage und Wochen nach dem Einschlag lagert sich über der ‚Fallout‘-Lage feines, beim Einschlag aufgewirbeltes Material ab, bis schließlich die normale Sedimentation von Mikroorganismen aus dem Oberflächenwasser einsetzt und die Spuren des Einschlags abdeckt.

Der Einschlag vor 2,2 Millionen Jahren fällt in ein Zeitintervall, das durch eine drastische Abkühlung gekennzeichnet ist, die zu großen Vereisungen auf der Nordhemisphäre führten. Die globale Abkühlung begann zwar bereits vor dem Zeitpunkt des Einschlags; auffällig ist jedoch, daß er zeitlich sehr nahe an einer der ausgeprägtesten kaltzeitlichen Perioden in diesem Zeitintervall liegt.

Marine Mikrofossilien, die im Transantarktischen Gebirge gefunden wurden, können als Zeugen dafür gedeutet werden, daß Tiefseesediment durch den Einschlag weit über die Atmosphäre verbreitet wurde. Bislang galt ein großflächiges Abschmelzen der antarktischen Eiskappen vor wenigen Millionen Jahren als mögliche Erklärung für diese Funde; eine Hypothese, die allerdings umstritten ist.

Es ist zu erwarten, daß die Dokumentation des Eltanin-Einschlages zur Aufdeckung weiterer Einschlüge in die Tiefsee beiträgt und daß durch Modellierungen die Auswirkungen von Einschlügen in das Meer auf Klima und Umwelt besser bekannt werden. Damit kann ein potentieller Mechanismus für noch unerklärte kurzzeitige Klimaänderungen in geologischer Vorzeit systematisch untersucht werden.

## Jahreszeitliche Veränderungen einer Permafrostlandschaft in Sibirien

Julia Boike, Birgit Hagedorn  
und Karsten Friedrich

### Die Dynamik des Wassers und der gelösten Stoffe

Ungefähr ein Viertel der Landoberfläche der Erde ist durch Permafrost beeinflusst. Permafrost ist definiert als Boden oder Gestein, dessen Temperatur mindestens zwei Jahre lang unter dem Gefrierpunkt liegt. Unter der gesamten Arktis liegt Permafrost, der bis in 1.500 Meter Tiefe reichen kann. Die obere Bodenschicht taut im Sommer auf und gefriert im Winter wieder. Ihre Mächtigkeit kann zwischen einigen Zentimetern und einigen Metern variieren. Diese Schicht wird als ‚active layer‘ oder ‚jahreszeitliche Auftauschicht‘ bezeichnet. Sie ist die Grenzschicht zwischen der Atmosphäre und dem ständig gefrorenen Boden und daher auch ein wichtiger Bereich für das Verständnis des globalen Klimas und seiner Wechselwirkungen mit den Permafrostlandschaften. Die maßgeblichen biologischen, chemischen und hydrologischen Prozesse finden während des jahreszeitlichen Auftauens und Gefrierens der *active layer* statt.

Ziel unserer Arbeiten ist es, die thermische, hydrologische und geochemische Dynamik der Auftauschicht in Abhängigkeit vom Klima zu verstehen. Dazu wurden in den Jahren 1994 bis 1996 vom Frühjahr bis zum Herbst Feldexperimente im Einzugsgebiet des Levinson-Lessing-Sees auf der Taimyr-Halbinsel in Nordsibirien (74°32' N; 98°35' E) durchgeführt. Durch Anwendung neuer Methoden wurden die hydrologischen, geochemischen und thermischen Prozesse zum ersten Mal hochauflösend in situ von Mai bis Oktober gemessen. Es zeigt sich, daß Grundwasserspiegel und Chemie des Bodenwassers stark von den Wetterverhältnissen, also von Niederschlag und Lufttemperatur beeinflusst werden.

Die hydrologische und chemische Dynamik und ihre Beziehung zum aktuellen Wetter wird im folgenden exemplarisch in einem Bodenprofil dargestellt (Abb. 1). In unserem Meßgebiet blieben die Lufttemperaturen ab Anfang Juni 1995 über dem Gefrierpunkt, wodurch die Schneeschmelze eingeleitet wurde. Zu dieser Zeit war der Boden noch weitgehend gefroren. Nur wenig Wasser konnte in den Boden eindringen oder dort gespeichert werden. Als Folge wurde das Meßgebiet während der Schneeschmelze weitflächig überflutet. Im Verlauf des Sommers taute der Boden weiter auf und erhöhte dadurch seine Speicherkapazität. Der Grundwasserspiegel sank. Nach starken Niederschlägen Mitte Juli stieg der Grundwasserspiegel bis knapp unter die Bodenoberfläche.

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

Im Spätsommer und Herbst verringerte sich die Sonneneinstrahlung, und der Boden kühlte sich ab. Anfang September war der Boden bis zu einer Tiefe von knapp einem Meter aufgetaut, während die Oberfläche schon wieder gefror.

Geophysikalische Messungen zeigen, daß die Auftauschicht selbst in gefrorenem Zustand, bei Temperaturen bis zu minus zwölf Grad Celsius, drei bis neun Volumenprozent flüssiges Wasser enthält. Es kann nicht gefrieren, da es als dünner Film an Bodenpartikel gebunden ist. Über diesen Wasserfilm kann im gefrorenen Boden zum Beispiel Wärmeaustausch und Stofftransport stattfinden.

Im Frühjahr erwärmt sich der gefrorene Boden langsam bis null Grad Celsius, danach bleibt die Temperatur eine Zeitlang konstant um null Grad (Abb. 2), und zwar so lange, bis das Bodeneis in der jeweiligen Tiefe geschmolzen ist. Die Energie, die für das Schmelzen gebraucht wird, steht nicht für eine Erwärmung des Bodens zur Verfügung. Dieser für Permafrostböden typische Effekt der Temperaturstabilisierung bei 0 °C wird als ‚Nullschleier-Effekt‘ bezeichnet. Umgekehrt erfolgt dieser Prozeß im Herbst, wenn sich der Boden auf den Gefrier-

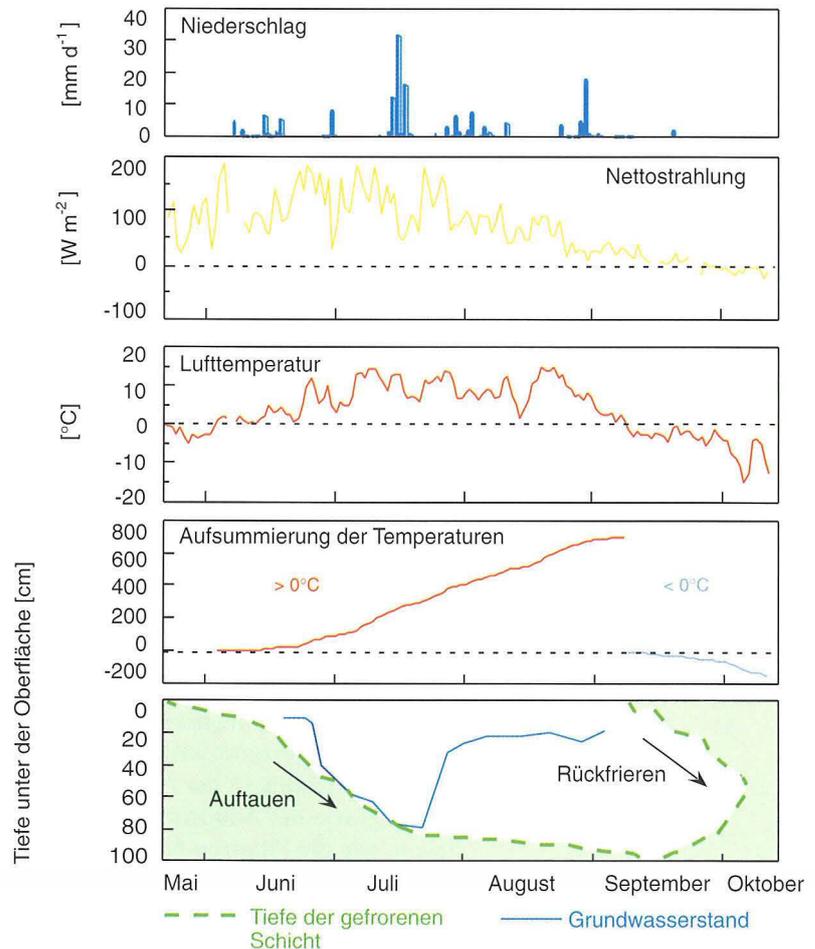
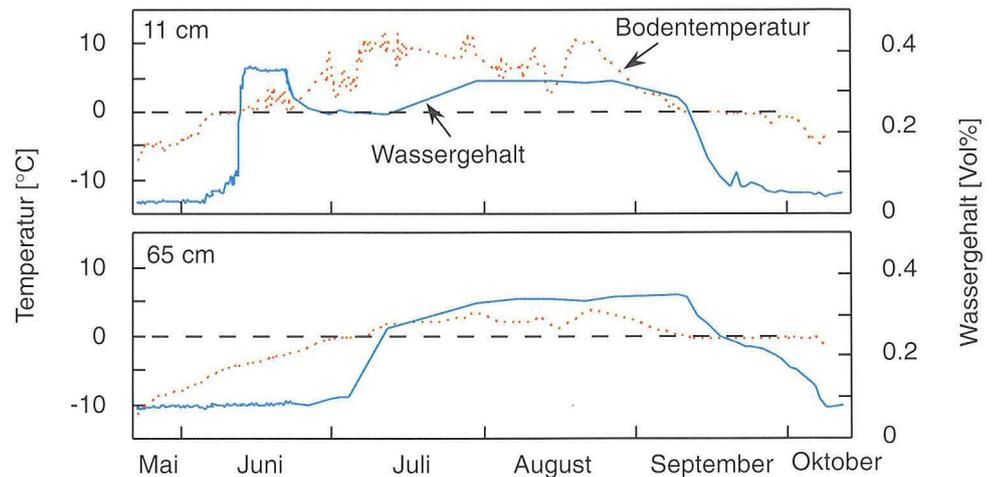


Abb.1: Das Wetter (Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur und summierte Temperaturen) und Auftauen des Bodens im Jahre 1995 für ein Profil am Levinson-Lessing-See, Taimyr-Halbinsel, Sibirien. Zu dem Zeitpunkt, an dem die Lufttemperaturen über den Gefrierpunkt steigen, beginnt der Boden aufzutauen, erst allmählich, dann etwa sechs Wochenlang relativ schnell. Sobald die Lufttemperatur unter den Gefrierpunkt sinkt, beginnt der Boden von der Oberfläche und von unten her rückzufrieren. Die starken Niederschläge Mitte Juli sind für den hohen Grundwasserstand im Juli und August verantwortlich.

Abb.2: Jahreszeitliche Veränderungen von Bodentemperatur und Feuchtegehalt in 11 und 65 Zentimeter Tiefe. Auch im gefrorenen Boden ist noch flüssiges Wasser enthalten. Bei der Temperaturkurve in elf Zentimeter Tiefe ist der ‚Nullschleierefekt‘ Anfang Juni zu beobachten, bevor der Wassergehalt durch Auftauen sprunghaft ansteigt. In 65 Zentimeter Tiefe taut der Boden erst Anfang Juli auf, was sich am Verweilen der Temperatur um null Grad Celsius zeigt.



punkt abgekühlt hat. Durch die Umwandlung von Wasser in Eis wird latente Wärme frei, die die Bodentemperatur um null Grad stabilisiert. Durch diese Phasenumwandlung sinkt der Anteil des Wassers ab. Erst nachdem sich das Wasser vollständig in Eis umgewandelt hat, kann sich der Boden im Herbst abkühlen.

Die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers wird durch die Minerale bestimmt. Sie sind die primäre Quelle für die gelösten Nährstoffe im Bodenwasser und damit ein begrenzender Faktor für die Entwicklung des Ökosystems. Die Konzentration der gelösten Stoffe in der Auftauschicht wird durch verschiedene Prozesse gesteuert: Sie hängt von der Auflösungsrate der Minerale und der Niederschlagsmenge ab und davon, wie die Pflanzen Nährstoffe wie Kalium, Kalzium und Magnesium aufnehmen. Die jahreszeitliche Veränderung der Elementkonzentration hängt eng damit zusammen, wie sich Wasserhaushalt und Temperatur in der Auftauschicht entwickeln (Abb. 3).

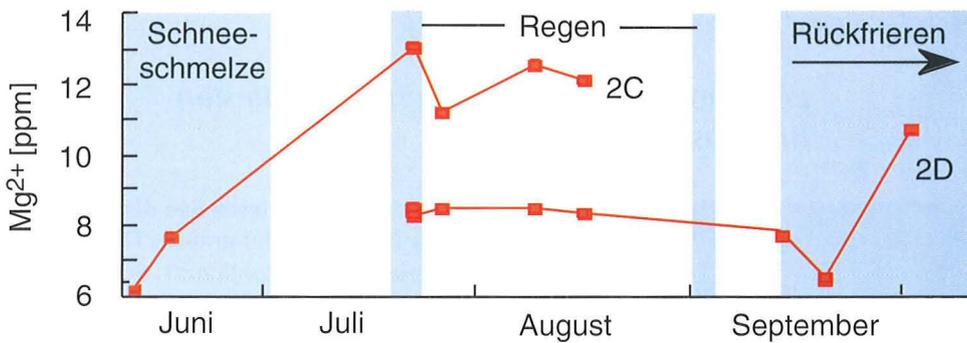


Abb.3: Die jahreszeitlichen Schwankungen der Konzentration von gelöstem Magnesium im Bodenwasser zweier Meßprofile (2C, 2D). Die blauen Felder markieren die Zeit der Schneeschmelze, des Regens und des Zurückfrierens.

Das Schmelzwasser im Frühjahr enthält nur geringe Elementkonzentrationen. Sobald der Boden in immer größeren Tiefen auftaut, werden zum einen die im Eis eingeschlossenen Elemente ins Wasser freigesetzt. Zum anderen löst das entstehende ‚freie‘ Wasser die Bodenminerale an. Beide Prozesse erhöhen die Konzentration der Elemente im Wasser, die dann den Pflanzen als Nährstoffe zur Verfügung stehen. Wenn der Boden zurückfriert, kommt es zu einer Umverteilung der gelösten Stoffe: Sie werden im Restwasser angereichert. Deshalb kann zu dieser Jahreszeit nochmals ein Anstieg der Elementkonzentrationen beobachtet werden.

## Sedimentbohrungen im Baikalsee

Carsten Eckert, Johannes Müller, Markus Schwab und Dieter Demske

### Ein Einblick in die Geschichte des ältesten Binnensees der Welt



Abb.1: Bohrlokation BDP-96 im Baikalsee im Gebiet des Akademiker-Rückens. Bohrplattform und Versorgungsschiff im Einsatz für das internationale Baikalsee-Bohrprojekt (BDP). Die Tiefbohrungen werden in den Wintermonaten mit einem speziell dafür ausgerüsteten Bohrschiff niedergebracht, welches an der Bohrstelle im Eis eingefroren wird (Foto: Oberhänsli).

Der Baikalsee ist der älteste und tiefste See der Erde. Er liegt im Zentrum des Baikalarifts, der größten Dehnungszone innerhalb des eurasischen Kontinents. Seit dem späten Oligozän vor circa 30 Millionen Jahren führte in ihm eine ununterbrochene Sedimentablagerung zur Bildung von bis zu sieben Kilometer mächtigen Seesedimenten – ein ideales Archiv, um die Klima- und Umweltgeschichte des asiatischen Kontinents zu erforschen. Von besonderem Interesse sind dabei die Zeiten, in welchen sich das globale Klima änderte, wie zum Beispiel vor 3,5 bis 2,5 Millionen Jahren, als sich in der nördlichen Hemisphäre eine permanente Eiskappe zusätzlich zum schon länger bestehenden antarktischen Eisschild bildete. Diese Änderung im globalen Klima

hatte gravierende Auswirkungen auf Flora und Fauna im zentralasiatischen Raum, die sich in den Seeablagerungen nachweisen lassen. Die Baikalsee-Sedimente erlauben, Ursachen und Auswirkungen dieser letzten irreversiblen klimatischen Entwicklung weitab von marinen Einflüssen zu studieren und die Änderungen in hochauflösenden Zeitreihen zu erfassen. Ein Vergleich mit der ozeanischen Klimageschichte ist dank einer guten zeitlichen Zuordnung der einzelnen Klimaereignisse möglich.

Um der Wissenschaft dieses einmalige Klimaarchiv zu erschließen, wurde 1989 das internationale Baikalsee-Bohrprojekt (Baikal Drilling Project, BDP) ins Leben gerufen, das sich die Erbohrung und wissenschaftliche Auswertung der Baikalsee-Sedimente zum Ziel gesetzt hat. Das Alfred-Wegener-Institut ist seit 1994 an den BDP-Untersuchungen beteiligt.

Die erste Tiefbohrung (BDP-93) reicht mindestens 400.000 Jahre zurück. Sie wurde 1993 am Buguldeika-Rücken im Zentralbecken des Sees niedergebracht und erreichte 100 Meter Tiefe. Eine zweite Tiefbohrung (BDP-96) am Akademiker-Rücken, welcher das Zentralbecken vom Nordbecken des Baikalsees trennt, hat 1996 mit 300 Metern Tiefe mindestens 4,5 Millionen Jahre erreicht (Abb.1).

2. Ausgewählte Forschungsthemen

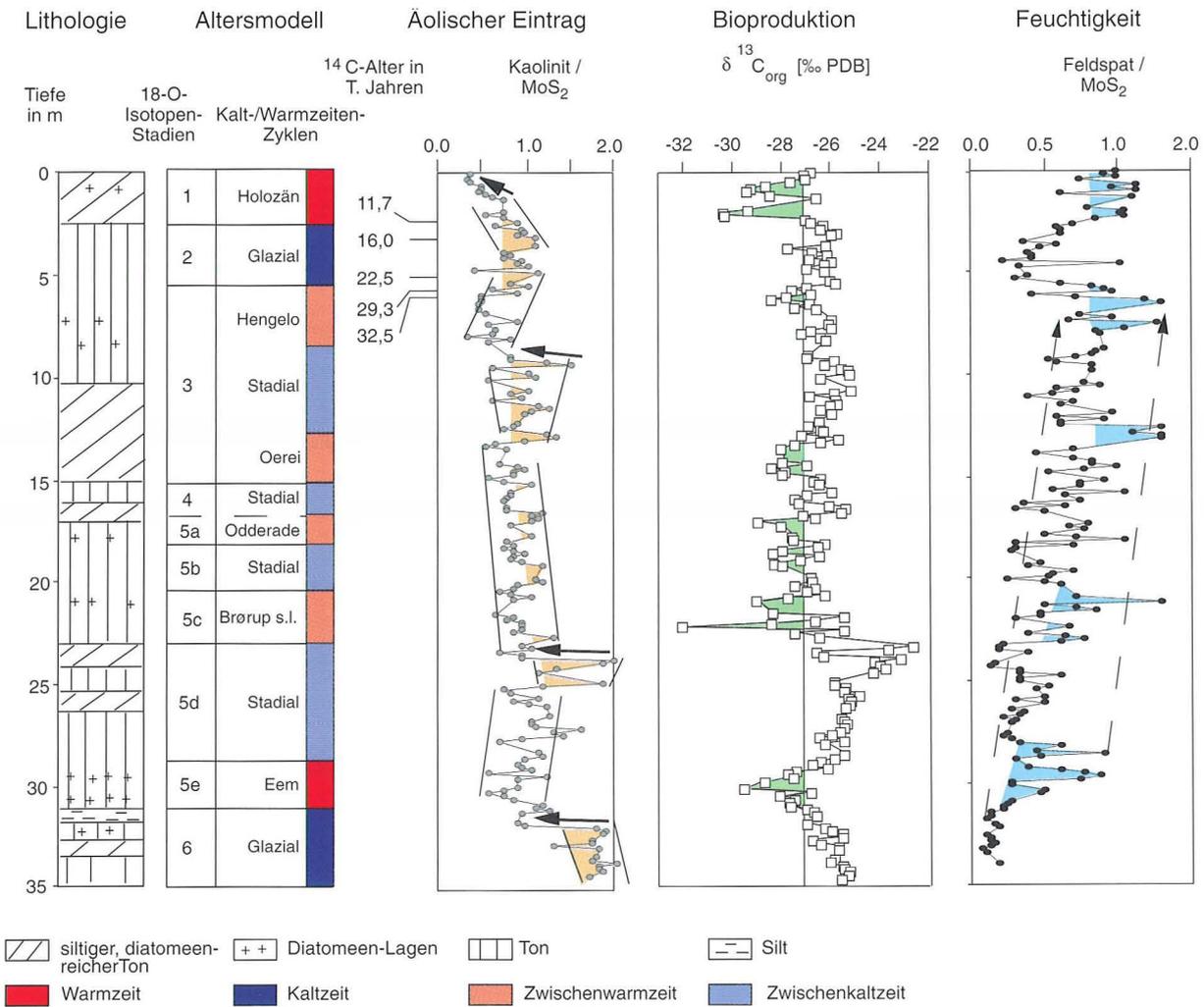


Abb.2: Ausgewählte Sedimentparameter aus den ersten 35 Metern der Bohrung BDP-93. Anhand von δ<sup>13</sup>C-Werten aus dem organischen Material und der relativen Häufigkeit von Feldspat sowie Kaolinit können Wechsel im Windeintrag, in der Bioproduktion sowie der Luftfeuchtigkeit rekonstruiert werden (Altersmodell nach Kashiwaya et al. 1997).

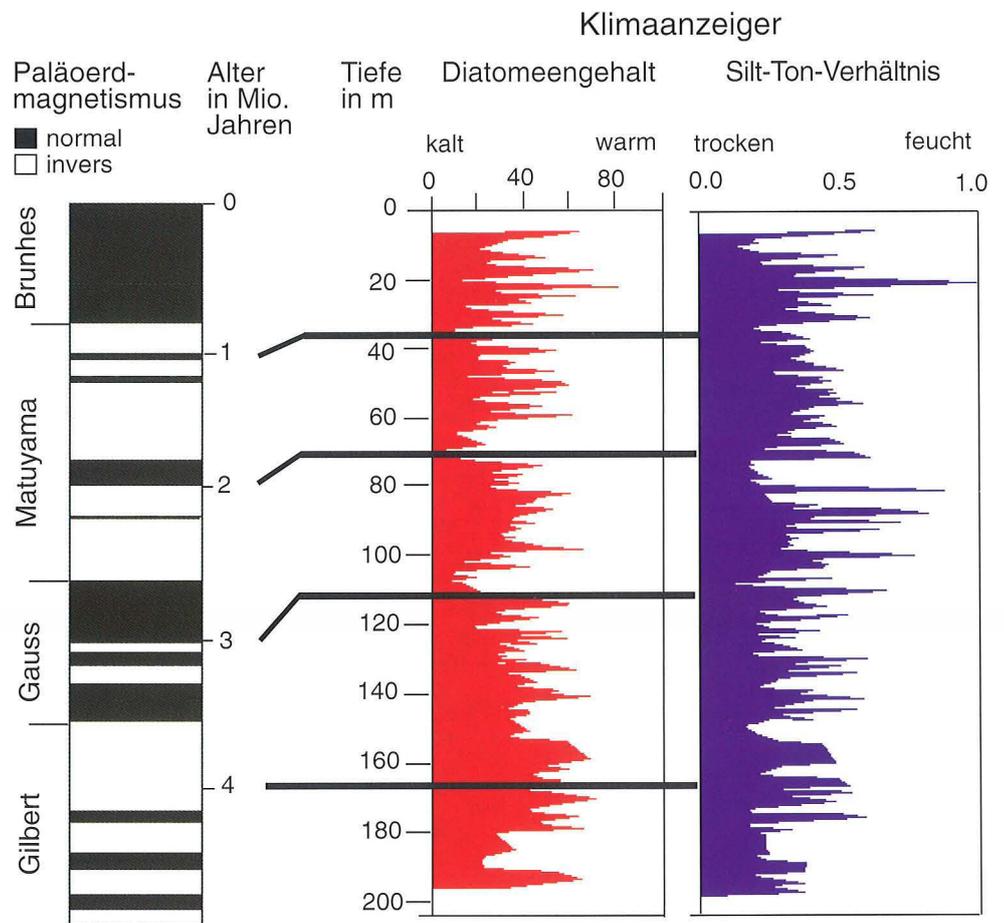


Abb.3: Smear-Slide-Untersuchungen an dem Kern BDP-96 dokumentieren anhand der Diatomeenhäufigkeit sowie der rhythmischen Variationen im Detrituseintrag, daß das limnische System auch über lange Zeiträume auf Kalt-/Warmzyklen mit hoher Empfindlichkeit reagiert.

Ausgewählte Sedimentparameter aus den obersten 35 Metern des Kerns BDP-93 geben einen Eindruck davon, wie sich die Klima- und Umweltgeschichte des Baikalsees in seinen Sedimenten abbildet (Abb. 2). Während die Isotopenverhältnisse im organischen Kohlenstoff ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) einen Indikator der Bioproduktion darstellen, lassen sich die Gehalte von Kaolin und Feldspat in der Tonfraktion in Bezug zum Windeintrag und

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---

zur Luftfeuchtigkeit interpretieren. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve dokumentiert die klimatischen Wechsel und zeigt, daß das System auf Kalt- und Warmzeitzyklen mit hoher Empfindlichkeit reagiert. Während der Warmzeiten treten erhöhte biogene Produktivität und feuchtere Bedingungen auf, in den Kaltzeiten dagegen erhöhte Windaktivitäten. Das bedeutet, daß der Einfluß der asiatischen Tiefdruck- und der sibirischen Hochdruckzelle zwischen den Kalt- und Warmzeiten im Einzugsgebiet des Baikalsees variiert.

Nach ersten Untersuchungsergebnissen vom Kern BDP-96 haben zyklische Klimaveränderungen die Sedimentation im Baikalsee schon seit mindestens 4,5 Millionen Jahren bestimmt. Die Zyklen spiegeln sich beispielsweise im Gehalt an kieseligen Diatomeenskeletten und Schwammnadeln, das heißt dem biogenen Opal, wider. Auch die Korngrößenverteilung der Sedimente, dargestellt durch das Silt-Ton-Verhältnis schwankt periodisch (Abb. 3). Die Kurven werden jedoch offensichtlich durch langfristige Trends überlagert, bei denen sich Veränderungen über mehrere 100.000 Jahre erstrecken.

Der Zeitabschnitt zwischen 1,8 und 3,5 Millionen Jahren ist besonders interessant. Vor 3,2 bis 2,7 Millionen Jahren vergletscherten beide Polkappen und, vor circa zwei Millionen Jahren, finden sich erste Hinweise für das Auftreten von Permafrost im Baikalseegebiet. Eine höherauflösende Untersuchung am Kern BDP-96 soll Aufschluß darüber geben, ob diese beiden Zeitintervalle im Kern tatsächlich diese klimatischen Einschnitte widerspiegeln.

Für geplante Sauerstoff-Isotopenuntersuchungen an biogenem Opal wurde im Sommer 1997 ein zusätzlicher Kolbenlotkern von fünf Meter Länge vom Limnologischen Institut in Irkutsk für die Forschungsstelle Potsdam des AWI bereitgestellt. Der Probennahmeort befindet sich in nächster Nähe der Bohrlokation BDP-96 auf dem Akademiker-Rücken. Dieser Kern ist die Voraussetzung für eine zeitlich hochauflösende Isotopenuntersuchung der letzten 15.000 Jahre, welche mit dem Material der BDP-Bohrkerne, aufgrund der geringeren Probenteilmengen, nur bedingt durchführbar ist. Neben den Untersuchungen der stabilen Isotopen werden an dem Kolbenlotkern paläomagnetische Analysen, Untersuchungen an Diatomeen- und Süßwasserschwamm-Vergesellschaftungen sowie an Pollen, zur Rekonstruktion der paläobotanischen Verhältnisse, durchgeführt.

## Auf den Spuren eines uralten Gebirges

Vera Schlindwein und Uwe Meyer

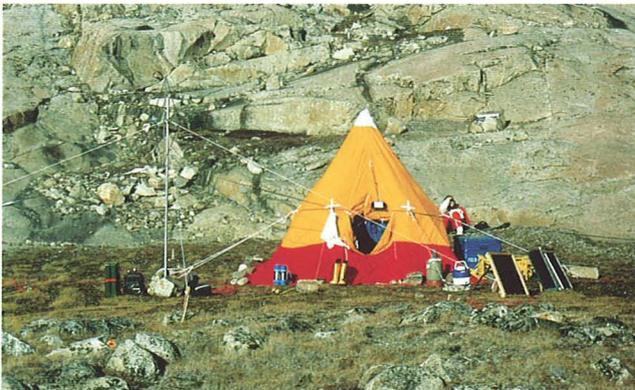
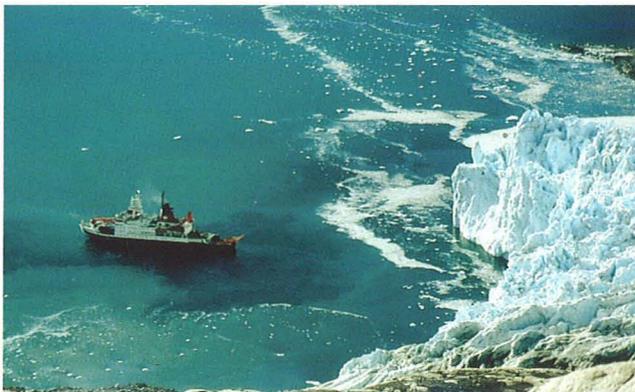
Abb. 1: Seismische Messungen der „Polarstern“ im Bredejord, Ostgrönland. Das Schiff zieht Luftkanonen hinter sich her, die seismische Wellen erzeugen. An Land werden die Wellen mit Seismometerstationen registriert (unten). (Fotos: Schlindwein)

### Geophysikalische Messungen decken die Geschichte Ostgrönlands auf

Vor 420 Millionen Jahren, im Erdzeitalter Silur, stießen die Urkontinente Laurentia und Baltica zusammen. Bei ihrer Kollision entstand das sogenannte kaledonische Gebirge. Es formte sich in einem ähnlichen Prozeß wie derzeit der Himalaya durch den Zusammenstoß von Indien und Asien. Die Überreste des kaledonischen Gebirges sind heute auf beiden Seiten des Atlantiks zu finden, sie liegen unter anderem in Norwegen, Ostgrönland und Schottland. Schon nach geologisch kurzer Zeit trennten sich die beiden Kontinente Laurentia und Baltica wieder. Die Gründe dafür sind nicht genau bekannt. Es gibt mehrere Modelle, die sich vor allem auf Daten aus Norwegen stützen. Sie liefern aber nur ein einseitiges Bild. Am AWI entstand nun mit Hilfe umfangreicher Datensätze aus Ostgrönland ein neues Modell vom Kollaps des kaledonischen Gebirges.

Wegen der unzugänglichen Landschaft lagen aus Ostgrönland bis jetzt relativ wenig Daten vor. Dank mehrerer Expeditionen des AWI mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ und dem Polarflugzeug „Polar 2“ konnte Nordostgrönland (Abb. 1 und 2) mit verschiedenen geophysikalischen Methoden untersucht werden. In den großen Fjorden Ostgrönlands führte die „Polarstern“ seismische Messungen durch. Dabei erzeugen Druckluftkanonen Schallwellen, die über 40 Kilometer tief in die Erdkruste eindringen und mit automatischen Stationen bis zu 300 Kilometer vom Schiff entfernt registriert werden können. Diese Messungen liefern Informationen darüber, wie dick die Erdkruste ist und wie schnell sich die Schallwellen im Gestein ausbreiten – ein Hinweis darauf, um welches Gestein es sich handelt.

Das Magnetfeld von Nordostgrönland wurde flächendeckend mit dem Polarflugzeug „Polar 2“ vermessen. So kamen 55.000 Flugkilometer mit Meßdaten



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

zusammen, aus denen sich eine Karte des Magnetfeldes der Erdkruste Nordostgrönlands herstellen ließ (Abb. 3). Diese aeromagnetischen Daten sind mehrdeutig. Um sie interpretieren zu können, braucht man zusätzliche Informationen über die magnetischen Eigenschaften der Oberflächen-gesteine. Sie wurden mit Hilfe des Grönländischen Geologischen Dienstes bestimmt (Abb. 4).

Jede dieser Methoden für sich genommen hilft nur begrenzt weiter, die Geschichte des

kaledonischen Gebirges zu verstehen. Allein bleibt jede vieldeutig. Zusammen mit den geologischen Informationen ergibt sich jedoch ein gutes Bild davon, welche Gesteine in welcher Tiefe lagern und letztlich auch, wie sie dorthin gelangt sind. Solche ‚integrierten‘ Ansätze haben in den letzten Jahren zu einem vertieften Verständnis tektonischer Prozesse der Erdkruste geführt.

Heute ist die Erdkruste unter dem kaledonischen Gebirge nur noch halb so dick wie vor 400 Millionen Jahren, in Ostgrönland genauso wie in Norwegen. Wahrscheinlich wich sie unter dem Druck des Gebirges seitlich aus, wodurch die Urkontinente wieder voneinander weggedrückt wurden. Das Gebirge ‚kollabierte‘ unter seinem eigenen Gewicht.

Dabei gelangten nördlich von ungefähr 76 Grad Nord Eklogite, Gesteine, die in einer Tiefe von mindestens 60 Kilometern entstehen, bis an die Oberfläche. Südlich von 76 Grad sagt das neue Modell das Fehlen dieser Eklogite richtig voraus.

Zusätzlich kehrte sich die Bewegung der Kontinente um, so daß sich lange Zeit danach zwischen Laurentia und Baltica der Atlantik öffnete. Die gedehnte Erdkruste wurde dünn und brüchig, und an manchen Stellen konnte Basalt aus dem Erdmantel

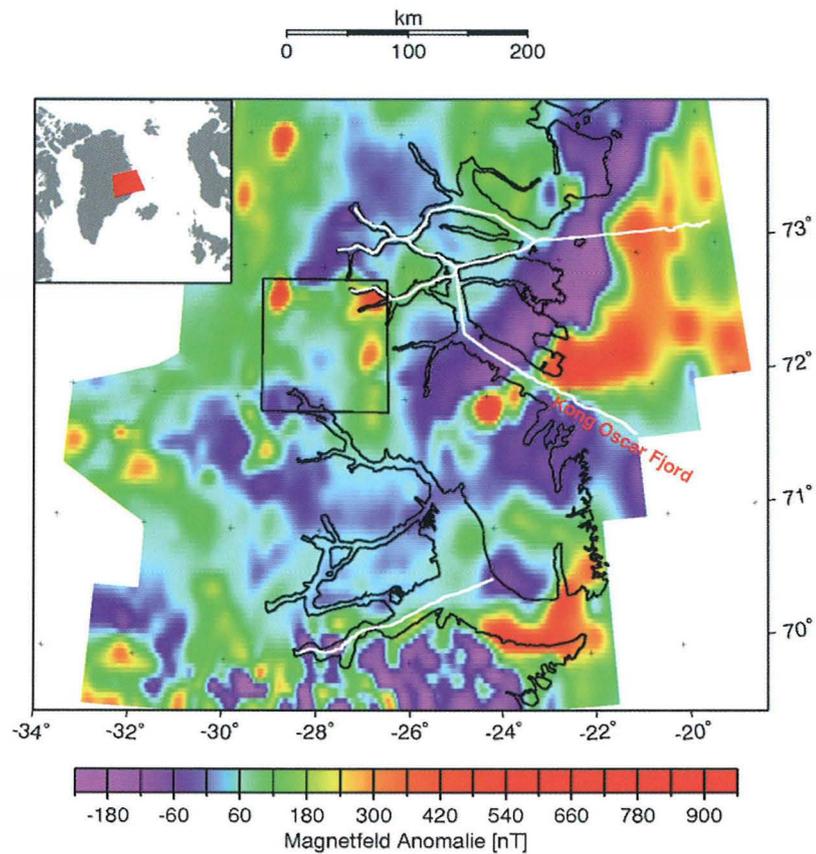


Abb. 2: „Polar 2“ über dem Kaledonischen Gebirge. Am Ende der Tragfläche ist das Magnetometer in der orangen Röhre befestigt. Im Hintergrund ist der Kong Oscar Fjord zu sehen. (Foto: Seydel)

an die Oberfläche dringen. Das geschah im südlichen Teil des Meßgebietes, wo bis zu zwei Kilometer dicke Flutbasalte zu finden sind. Nördlich des Kong Oscar Fjord (Abb.3) war die Kruste stärker, so daß der Basalt zwischen Kruste und Mantel steckenblieb. Sowohl der oberirdische als auch der unterirdische Basalt sind auf der Magnetfeldkarte als starke Anomalien zu sehen.

Welche Kräfte auf die Kruste in den einzelnen Gebieten wirkten, um diese Unterschiede hervorzurufen, läßt sich noch nicht sagen. Die Daten aus Ostgrönland sind jedoch neue Puzzlestücke in einem komplizierten Bild.

Abb. 3: Anomalien des Magnetfeldes in Ostgrönland (in Nanotesla). Die Basalte verursachen die violetten Anomalien. Nördlich des Kong Oscar Fjord liegen sie unter der Kruste, südlich davon sind sie bis an die Oberfläche gedrungen. Die magnetischen Eigenschaften der Gesteine wurden im schwarz umrandeten Gebiet am Boden gemessen. Die weißen Linien kennzeichnen seismische Profile.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---



Abb. 4: Messung der magnetischen Suszeptibilität an Gesteinen in Ostgrönland. Dieses Gestein enthält große Mengen des Minerals Magnetit (dunkle Streifen). Ein Taschenmagnet bleibt daran haften. (Foto: Schlindwein)

## Reaktionen benthischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften auf mechanische Störungen der Sedimente

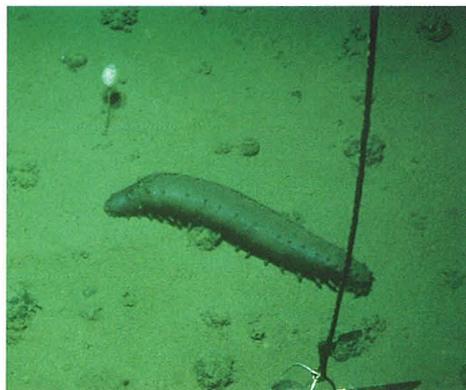
Hjalmar Thiel, Ahmed Ahnert,  
Hartmut Bluhm, Christian  
Borowski und Kay Vopel

Großskalige Eingriffe führen zu langfristigen  
Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur

Abb. 1: Manganknollen sind zur Hälfte in das Sediment eingebettet. Die obere Hälfte ragt in die bodennahe Wassersäule und bietet dort Siedlungsmöglichkeiten für vielfältigen Aufwuchs. Diese in einer Kastengreiferprobe gefundene Manganknolle beherbergt eine bäumchenartige weiße Moostierchen-Kolonie, einen Scypho-Polypen (rechts) und ist zudem mit einem feinen Gelecht von röhrenbildenden Einzellern (Foraminifera) überzogen. Das umliegende Sediment ist der Lebensraum für die Weichbodenfauna, die das Objekt dieser Untersuchung ist. (Foto: Borowski)



Abb. 2: Der Meeresboden vor dem Pflügen. Die blumenkohlartige Manganknollen sind von einer dünnen Sedimentschicht bedeckt. Das Foto zeigt einen Schwamm der Gattung *Hyalonema* und die Seegurke *Psychronaetes hansenii*. (Foto: Bluhm)



In der Tiefsee der zentralen ozeanischen Becken befinden sich ausgedehnte Erzlagerstätten: Am Meeresboden liegen größere Mengen der mehrere Zentimeter großen Manganknollen, die Elemente wie Cadmium, Nickel und Kobalt in hohen Konzentrationen enthalten (Abb. 1). Ein industrieller Abbau dieser Rohstoffe, der bei knapper werdenden Landressourcen in den nächsten Jahrzehnten durchaus denkbar ist, sowie die mögliche Verklappung von Problemstoffen wie zum Beispiel Schlamm aus der Abwasserreinigung, radioaktiven Abfällen und ausgedienten Industrieanlagen, stellen eine potentielle Gefahr für das Ökosystem der Tiefsee dar.

Die Förderung der Manganknollen wird zu großflächigen Umlagerungen der in Millionen von Jahren entstandenen Sedimentschichten und zu einer Störung ihrer artenreichen Bodenlebensgemeinschaft führen. Über das tatsächliche zeitliche und räumliche Ausmaß derartiger Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Funktion des Ökosystems liegen jedoch bisher keine Kenntnisse vor. Aus

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

diesem Grund fördert das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie ein interdisziplinäres Vorhaben, in dem geologische, geochemische, biologische und modellierende Forschungsansätze verknüpft werden.

Das am AWI angesiedelte Projekt ECOBENT (als Abkürzung für ‚Investigations on the Ecology of the abyssal Benthos of the Southeast Pacific Ocean‘) erforscht die langfristigen Folgen einer großflächigen Störung auf die Zusammensetzung der als Benthos bezeichneten Bodentiergemeinschaften. Das Vorhaben schließt an ein im Februar 1989 begonnenes Experiment an, in dem die beim Manganknollenabbau zu erwartenden Einflüsse simuliert wurden. Dazu wurde der Tiefseeboden im Perubecken auf einer Fläche von elf Quadratkilometern mit einer Pflugegge umgegraben (Abb. 2). Der Pflug häufelte Sediment seitlich auf und legte die kompakteren tieferen Schichten frei. Die wasserreiche Oberflächenschicht, die die Mehrzahl der sedimentbewohnenden Organismen beherbergt, wurde aufgewirbelt und zum Teil von den bodennahen Wasserströmungen aus dem Experimentierfeld verdriftet (Abb. 3).

Anhand von Sedimentproben, Foto- und Videoaufzeichnungen erfolgte zunächst eine Charakterisierung der intakten Lebensgemeinschaften und später die Einschätzung der Schäden und des Zeitraumes, in dem sich die Gemeinschaft von der Störung erholt. Die Untersuchungen ergaben unter anderem, daß die Manganknollen von sessilen Tieren bewohnt werden. Diese Arten sind auf das Hartsubstrat angewiesen, das nach dem Abbau der Knollen nicht mehr zur Verfügung stehen würde. Durch das Pflügen wurden vor allem größere Organismen wie Krebse, Schwämme und Anemonen getötet. Im Sediment vergraben lebende Tiere, wie Borstenwürmer, Muscheln und kleine Krebse waren ebenfalls stark dezimiert. Die Besiedlungsdichten der mikro-

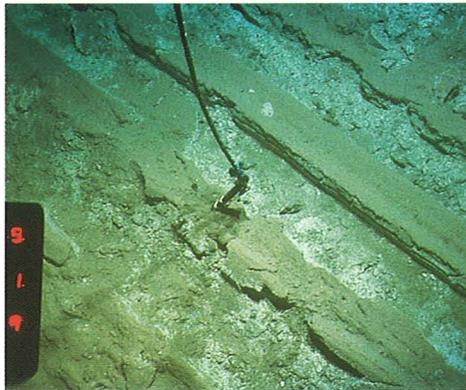


Abb. 3: Situation ein halbes Jahr nach dem Pflügen. Die circa 15 Zentimeter tiefen Pflugspuren sind immer noch deutlich erkennbar. (Foto: Bluhm)

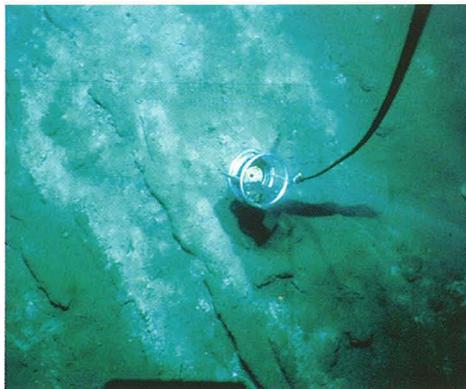


Abb. 4: Sieben Jahre nach dem Pflügen. Bodennahe Strömungen und die Aktivität der benthischen Bewohner haben die Pflugspuren bereits zum Teil mit Sediment gefüllt. (Foto: Bluhm)

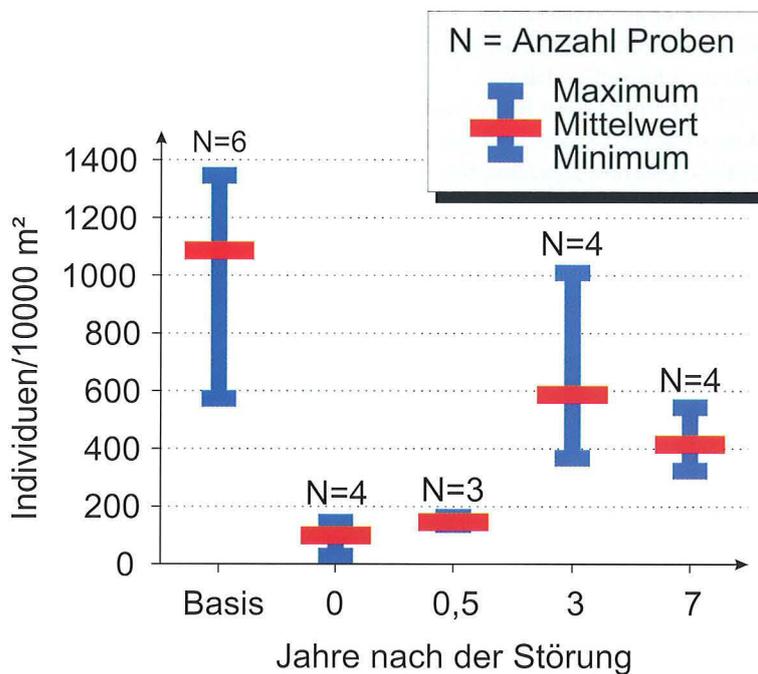


Abb. 5: Individuendichten der unter dem Begriff „Megafauna“ zusammengefaßten Organismen im Verlauf des siebenjährigen Untersuchungszeitraums.

Als Megafauna bezeichnet man alle Tiere, die aufgrund ihrer Körpergrößen in Foto- und Videoaufzeichnungen vom Meeresboden erkennbar sind.

Nach der Basisuntersuchung (Basis) wurde der Meeresboden umgepflügt und die Megafauna dadurch dezimiert. Danach wurden die Pflugspuren kontinuierlich wiederbesiedelt. Drei Jahre nach dem Pflügen waren neben den experimentellen Effekten auch natürliche saisonale Einflüsse erkennbar.

skopisch kleinen Tiere, wie Fadenwürmer und Ruderfußkrebse, blieben dagegen unmittelbar nach dem Pflügen fast unverändert.

Sieben Jahre nach dem Eingriff suchte das Forschungsschiff „Sonne“ das Experimentierfeld erneut auf, um die langfristige Entwicklung der gestörten Bodenlebensgemeinschaft zu untersuchen. Besonders interessierte es, wie lange es dauert, bis sich wieder eine ausgeglichene Weichboden-Benthosgemeinschaft angesiedelt hat. Die anfangs scharfkantig aufgebrochenen Sedimente waren innerhalb der ersten Zeit nach dem Pflügen durch horizontale Sedimentumlagerungen zum Teil eingeebnet worden (Abb. 4). Seitdem hat sich ein Sedimentmosaik mit abwechselnd hoher und niedriger Festigkeit ausgebildet, das vermutlich über Jahrzehnte erhalten bleiben wird. Auf den jüngsten Foto- und Videodokumentationen der Pflugspuren sind wieder Weichbodenbewohner zu

sehen: vor allem Schlangensterne, Seegurken, Seesterne und Einsiedlerkrebse (Abb. 5). Die Bestände der Borstenwürmer und Kleinkrebse haben sich in den Pflugspuren im Laufe der sieben Jahre bereits erholt und erreichten ähnlich hohe Zahlen wie in ungestörten Sedimenten (Abb.6). Bei den Borstenwürmern war noch immer eine geringere Biodiversität erkennbar, und einzelne Arten traten weiterhin mit veränderten Häufigkeiten auf.

Nicht alle Tiergruppen reagierten gleich. So gingen die Anzahlen der Muscheln nach vorübergehender Erholung wieder zurück. Die Störungseinflüsse auf die mikroskopische Fauna waren erst im Laufe der Zeit erkennbar. War beispielsweise die Besiedlung der Pflugspuren durch die Ruderfußkrebse anfangs nicht vom übrigen Meeresboden zu unterscheiden, so hatte sich die Artenzusammensetzung in diesen Arealen nach sieben Jahren deutlich auseinander entwickelt. Vermutlich stellt dies

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

eine Differenzierung der vorher einheitlichen Gemeinschaft als Reaktion auf das neu geschaffene Mosaik von Sedimentqualitäten dar.

Bereits jetzt gilt als sicher, daß sich in den gestörten Sedimenten nicht wieder die ursprüngliche Lebensgemeinschaft entwickeln wird. Die Ergebnisse der gemeinschaftsanalytischen Untersuchungen im ECOBENT-Projekt zeigen aber auch, daß sich in den Pflugspuren wieder eine stabile und ausgeglichene Weichbodengemeinschaft, mit einer den ungestörten Sedimenten vergleichbaren Biodiversität, einstellen wird. Dieser Prozeß ist im Experimentierfeld zur Zeit noch nicht abgeschlossen. Die gestörten Flächen wurden in erster Linie von kriechenden oder grabenden adulten Tieren und nicht von freischwimmenden Larven aus der Wassersäule wiederbesiedelt. Daher wird die Erholung ausgeglichener Lebensgemeinschaften in industriellen Abbaugeländen entscheidend von der Ausdehnung der gestörten Flächen abhängig sein.

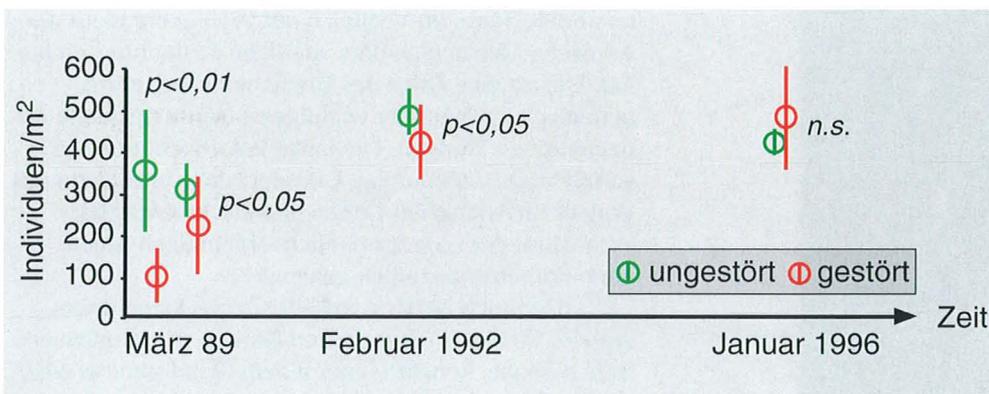
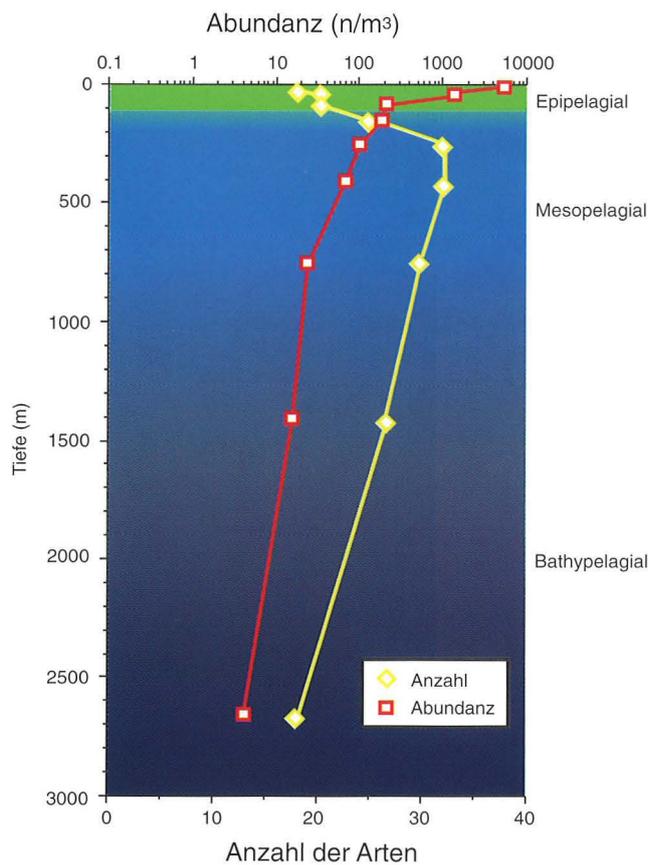


Abb. 6: Individuendichten der ‚Makrofauna‘ im Verlauf des siebenjährigen Untersuchungszeitraums. Der Begriff Makrofauna umfaßt Organismen bestimmter Größenklassen, die aus Sedimentproben des Meeresbodens gewonnen werden. Direkt im Anschluß an die Störung waren die Individuendichten gegenüber ungestörten Sedimenten stark reduziert. Die Unterschiede zwischen den Besiedlungsdichten der gestörten und ungestörten Sedimente nahmen im Laufe der Zeit ab ( $p$  = Signifikanzniveau) und waren sieben Jahre nach der Störung nicht mehr nachzuweisen (n.s. = nicht signifikant).

## Die Ruderfußkrebse im Arktischen Ozean

Till Scherzinger, Hans-Jürgen Hírche und Gerhard Kattner

Ein Beispiel für gelungene Anpassung an eine schwierige Umwelt



Mehr als 90 Prozent der tierischen Lebewesen im Plankton sind Ruderfußkrebse, sogenannte Copepoden. Im Sommer steigen die meisten von ihnen in die lichtdurchfluteten oberen Schichten des Meeres, das Epipelagial, auf und weiden am pflanzlichen Plankton. Ein geringer Teil bleibt ganzjährig im Dunkel der Tiefsee und ernährt sich von absinkenden Algen, totem Material oder erbeutet andere Tiere. Im Vergleich der Weltmeere weist der Arktische Ozean eine eher spärliche Besiedlungsdichte auf. Das ist eine Folge des kärglichen Wachstums planktischer Algen, der wichtigsten Nahrungsquelle der ozeanischen Tierwelt. Die lange Polarnacht und die ganzjährige, weiträumige Eisbedeckung verdunkeln das Wasser im Arktischen Ozean und erschweren das Wachstum der vom Sonnenlicht abhängigen Algen, auch Primärproduzenten genannt.

Dennoch ist der Arktische Ozean keine unbewohnte Wüste. Im Eurasischen Becken, einer unterseeischen Senke, konnten unter einem Quadratmeter Meeresoberfläche immerhin bis zu 50.000 Copepoden gezählt werden. Der weitaus größte Teil dieser Population hält sich in den nahrungsreicheren oberen 100 Metern auf (Abb. 1), wo er die vorhandene Nahrung fast vollständig verbraucht. Nicht verwertetes Material wie abgestorbene Algen, tierische Überreste und Kot sinken in die Tiefe und stellen die einzige Nahrungsquelle der im Mesopelagial (100 bis 1.000 Meter) lebenden

Abb. 1: Häufigkeit und Artenzahl der Ruderfußkrebse im östlichen Amundsenbecken. In den lichtdurchfluteten obersten Metern gibt es viele Tiere, aber nur von sehr wenigen Arten. Dieses Verhältnis kehrt sich im Mesopelagial um: Die Individuenzahl sinkt, aber die Zahl der Arten nimmt zu.

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

Copepoden dar. Anzeichen für eine Fraßwanderung in die nahrungsreicheren Wasserschichten gibt es nicht.

Bisher ging man davon aus, daß mesopelagische Copepoden alle absinkenden Partikel, die vermutlich nur einen äußerst geringen Nährwert haben, wahllos aufnehmen würden. Die Vertikalverteilung der Copepodenarten zeigt jedoch trotz Abnahme der Individuenzahlen eine Verdopplung der Artenzahl im Mesopelagial (Abb. 1), ein Hinweis auf eine Copepodengemeinschaft mit wohl definierten Nischen. Wir nehmen an, daß die Besetzung unterschiedlicher Nischen auch in einer selektiven Nahrungswahl zum Ausdruck kommen muß. Anhand qualitativer Untersuchungen des Nahrungsspektrums sechs dominanter mesopelagischer Arten überprüfen wir diese Hypothese.

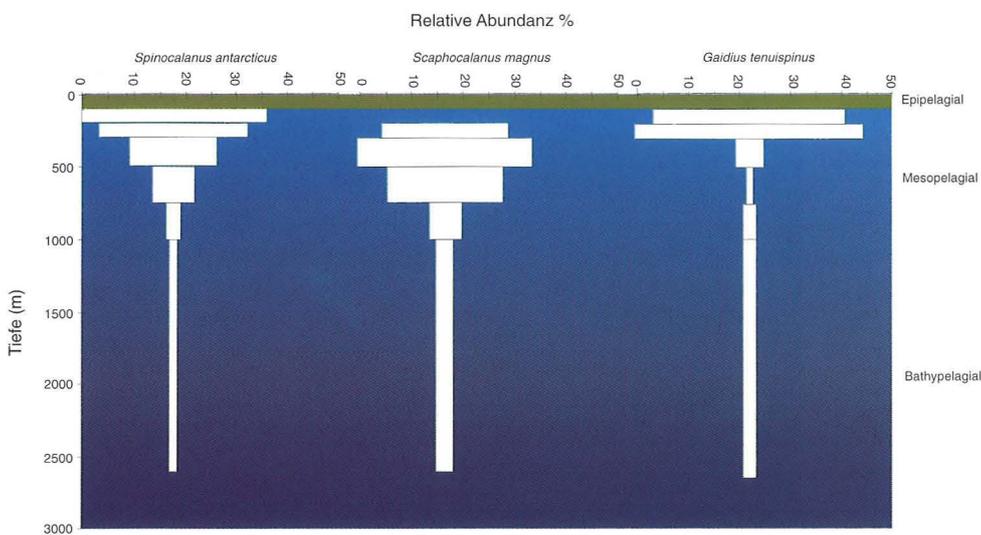


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung dreier Ruderfußkrebsarten im Amundsenbecken. Keine dieser drei Arten kommt in den oberflächennahen Schichten des Meeres vor. Alle treten am häufigsten zwischen 10 und 1.000 Metern Tiefe, im sogenannten Mesopelagial, auf.

Der Ernährungszustand der untersuchten mesopelagischen Copepoden war gut. Mindestens 30 Prozent hatten gefüllte Därme. Allerdings nahm die Nahrungsmenge in den Därmen mit der Tiefe ab - es kommt immer weniger Futter von oben an.

Erste Aufschlüsse über eine selektive Ernährungsweise der Copepoden des Mesopelagial kann die Messung des Stickstoff-Isotopenverhältnisses geben. Stickstoff ist das häufigste Element der Atmosphäre und wird von jedem Organismus zum Aufbau von Proteinen benötigt. In der Luft liegt Stickstoff in einem fest definierten Verhält-

nis von  $^{14}\text{N}$  zu dem schweren Isotop  $^{15}\text{N}$  vor.  $^{15}\text{N}$  wird im Organismus bei Stoffwechselfvorgängen angereichert. Dadurch verschiebt sich das Verhältnis von  $^{14}\text{N}$  zu  $^{15}\text{N}$  in Pflanzen gegenüber der Atmosphäre um einen bestimmten Betrag (den  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert). Wird die Pflanze gefressen, kommt es erneut zur Anreicherung von  $^{15}\text{N}$  im Pflanzenfresser usw. Eine Änderung des  $\delta^{15}\text{N}$  um 3 bis 4,5 ‰ zeigt erfahrungsgemäß den Schritt zu einer anderen Nahrungsstufe an.

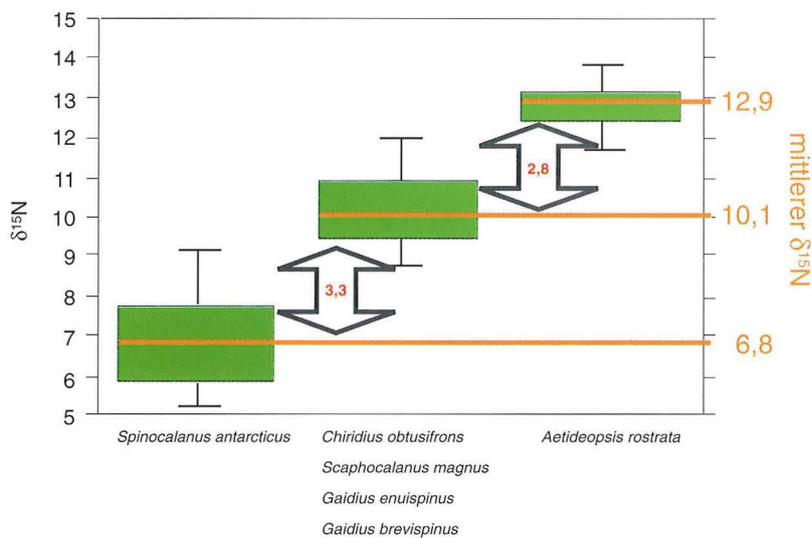


Abb. 3: Box-Plot der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der sechs untersuchten Arten und zweier Referenzarten. Die grauen Pfeile symbolisieren die Differenz zwischen den Nahrungsstufen.

*Aetideopsis rostrata* ein hoher Anteil tierischer Reste zu finden – ein deutlicher Unterschied zu den übrigen Arten. Ihr  $\delta^{15}\text{N}$  liegt auf einer Stufe mit der fleischfressenden *Pareuchaeta*. Der Erhaltungszustand der bei *Aetideopsis rostrata* gefundenen tierischen Reste deutet darauf hin, daß diese nicht von intakten Tieren stammen. Vermutlich sucht diese Art im Nahrungsregen gezielt nach tierischen Resten. Für *Scaphocalanus magnus* und *Spinocalanus antarcticus* konnten dagegen kaum tierische Überreste nachgewiesen werden.

Ein Rätsel gibt uns *Spinocalanus antarcticus* auf, dessen Isotopenverhältnis dem des pflanzenfressenden *Calanus glacialis* gleicht. Sein Mageninhalt unterschied sich auf den ersten Blick kaum von den übrigen Arten. Es traten jedoch gehäuft Dauerstadien von Panzeralgen auf. Tierische Überreste waren nicht zu finden. Bemerkens-

Das Isotopenverhältnis der sechs mesopelagischen Copepodenarten wurde mit *Calanus glacialis* (mittlerer  $\delta^{15}\text{N} = 6,7$  ‰), einem Pflanzenfresser aus dem Epipelagial, und der fleischfressenden Gattung *Pareuchaeta* (mittlerer  $\delta^{15}\text{N} = 13,1$  ‰) verglichen. Im Ergebnis lag  $\delta^{15}\text{N}$  von vier mesopelagischen Arten genau zwischen den Werten der beiden Vergleichsarten (Abb. 3). Es kann sich also weder um rein fleischfressende noch um rein pflanzenfressende Arten handeln. Wie mikroskopische Untersuchungen zeigen, reicht das Nahrungsspektrum dieser Arten von tierischen Überresten bis zu nicht näher bestimmbar Detritus. Signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Mageninhalte sind bisher nicht nachzuweisen. Immerhin war in den den Mägen der Art

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

wert ist bei dieser Art die für Ruderfußkrebse sehr ungewöhnliche zweifache Verschlingung des Darmes (Abb. 4). Die dadurch verlängerte Verweildauer der Nahrung und die vergrößerte Darmoberfläche führen vermutlich zu einer effizienten Ausnutzung der Nahrung, vergleichbar etwa den Wiederkäuern. Somit sind bei zwei der sechs untersuchten Arten deutliche Indikationen für eine selektive Nahrungswahl gegeben. Derzeit durchgeführte Fettsäureanalysen sollen auch für die übrigen Arten den Nachweis der selektiven Nahrungswahl ermöglichen und die vorliegenden Ergebnisse weiter absichern.

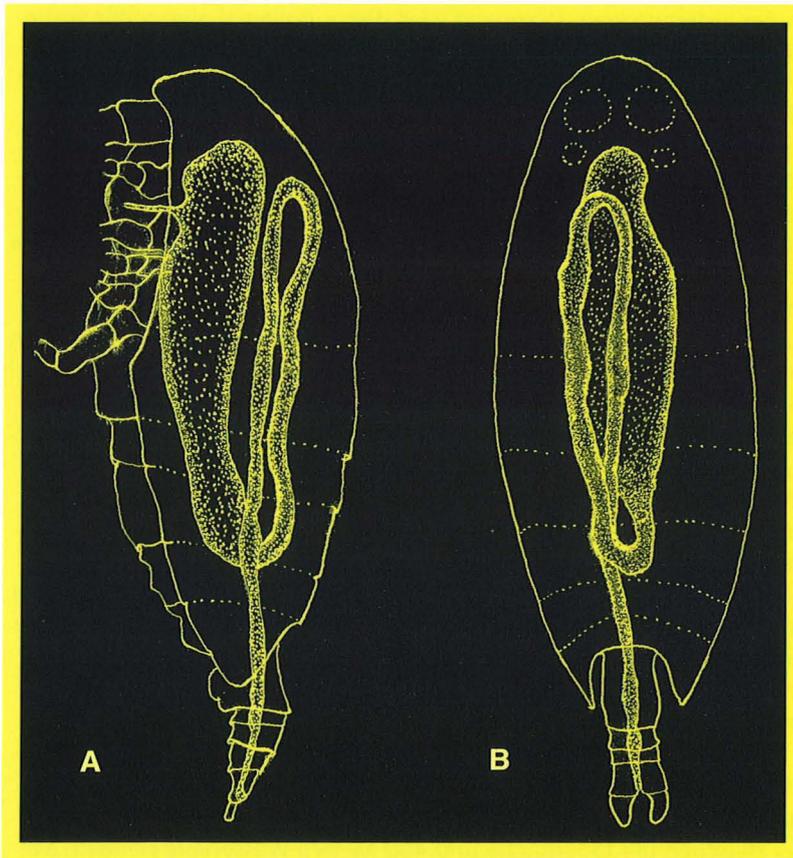


Abb. 4. Der Darm eines *Spinocalanus antarcticus*-Weibchens. Er ist ungefähr eineinhalb bis zweimal so lang wie der Körper. A) Seitenansicht, Extremitäten nur angedeutet. B) Rückenansicht, Ansatzstellen von ersten und zweiten Antennen sind mit gestrichelten Kreisen angedeutet. Das Tier ist insgesamt etwa 2,5 Millimeter lang.

## *Diatomeenblüten an Fronten im Antarktischen Zirkumpolarstrom*

*Ulrich Bathmann, Inga Hense,  
Michiel Rutgers van der Loeff,  
Volker Strass, Victor Smetacek*

### *Wie bestimmen Hydrographie, Spurenelemente und Wegfraß die Produktivität des offenen Ozeans?*

Der nährstoffreiche Antarktische Zirkumpolarstrom ist eine wichtige Meeresregion für den globalen Kohlendioxidumsatz, weil er viel Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen kann. In der gegenwärtigen Warmzeit wird dieses Potential aber nicht ausgeschöpft, da der Südliche Ozean nicht besonders produktiv ist: Es wächst dort weniger pflanzliches Plankton als theoretisch möglich. Ein großer Teil der vorhandenen Nährsalze wird vom Plankton nicht genutzt und sinkt in die Tiefe ab. Es gibt Hinweise im Sediment, daß die Produktivität in der letzten Kaltzeit höher war und abgestorbene Tier- und Pflanzenreste mehr Kohlenstoff in die Tiefsee verfrachteten: Die biologische Kohlenstoffpumpe war damals effizienter und im Zirkumpolarstrom wurde mehr Kohlendioxid gebunden als heute. Daß das Meer damals produktiver war, liegt vermutlich daran, daß mehr Staub und damit mehr Eisen ins Meer gelangten.

Für Silizium - im Gegensatz zum Kohlenstoff - ist der Zirkumpolarstrom eine globale Senke. Unter diesem Wassergürtel wird etwa Dreiviertel des jährlich von allen Flüssen ins Meer eingetragenen, gelösten Siliziums (circa 170 Millionen Tonnen) durch Kieselalgen als Sediment deponiert. Warum dieses Silizium ausgerechnet unter dem Zirkumpolarstrom abgelagert wird, ist unklar. Um seine Produktivitätsverhältnisse besser zu verstehen, wird eine Serie von Untersuchungen mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ im Rahmen des internationalen Projekts Southern Ocean Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) durchgeführt.

Während der ersten Fahrt im Frühjahr 1992 bauten sich Blüten pflanzlichen Planktons in 50 bis 100 Kilometer großen Wirbeln entlang der sogenannten Polarfront auf. Mitverantwortlich für diese Blüte war eine erhöhte Eisenkonzentration. Die Planktonblüten sorgten dafür, daß das Meerwasser mit Kohlendioxid untersättigt war. Das Plankton sank schnell in größere Wassertiefen ab, Verluste durch absinkende Partikel aus der Deckschicht wurden durch Messungen der Uran/Thorium-Verhältnisse bestätigt.

Während der zweiten JGOFS-Fahrt im Südsommer 1995/96 kreuzte die „Polarstern“ entlang der Polarfront und zog das Meßsystem „SeaSoar“ hinter sich her, ein Schleppgerät, das zwischen der Oberfläche und 400 Metern Wassertiefe pendelt. Mit

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

„SeaSoar“ wurden die Chlorophyll-Fluoreszenz, die Trübung des Wassers sowie das Partikelspektrum zwischen 0,25 und 10 Millimetern Größe registriert. Dieses interdisziplinäre Meßprogramm wurde durch den Einsatz herkömmlicher Geräte (z.B. Zooplanktonnetze) auf mehreren Stationen vervollständigt. Mit den Daten dieser Messungen wurden die „SeaSoar“-Werte geeicht.

Die Messungen im Oberflächenwasser von Kohlendioxid, Nährsalz- und Eisenkonzentrationen, Primärproduktion sowie der Fluoreszenz, Zellzahl und Artensammensetzung des großen Phytoplanktons ergaben, daß die Planktonblüten diesmal nicht absanken. Auch die Uran/Thorium-Verhältnisse und Daten aus einer verankerten Sinkstoffalle ergaben dieses Bild, das sich nur durch komplexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren erklären läßt.

Im Südsommer 95/96 trafen wir an der Polarfront wie 1992 auf Wirbel und Auslenkungen der Front. Die Analyse des dreidimensionalen Strömungsfeldes lieferte die räumliche Verteilung mesoskaliger Zellen von Auf- und Abtrieb sowie der Zirkulation quer zur Front (Abb.1). Diese Strömungskomponenten haben Einfluß auf die Schichtungsstabilität der Wassersäule und auf die Tiefe der durchmischten Oberflächenschicht. In räumlicher Übereinstimmung mit den Mäandern und Wirbeln hatten sich

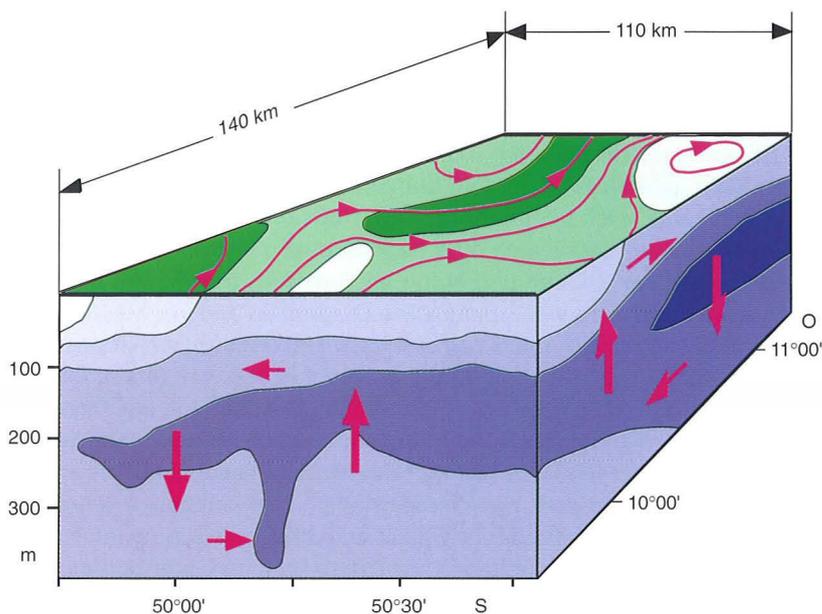
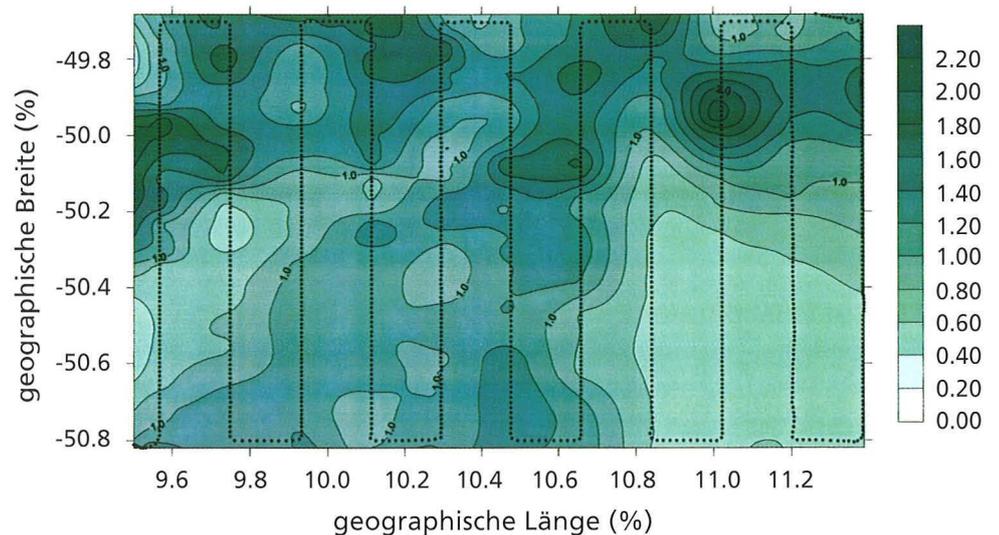


Abb. 1: Dreidimensionale Ansicht der Temperaturverteilung, des Strömungsfeldes und der Phytoplankton Biomasseverteilung an der Antarktischen Polarfront Anfang Januar 1996. Die Temperaturverteilung ist auf den senkrechten Flächen des Kastens in Blau dargestellt; Dunkelblau entspricht einer Temperatur von weniger als 0,5 °C, der hellste Blauton einer Temperatur von über 4,5 °C. Grün an der Oberfläche deutet die Verteilung der Chlorophyllkonzentration als Indikator für Phytoplankton-Biomasse an; der dunkelste Grünton entspricht einer Chlorophyllkonzentration von über 2mg m<sup>-3</sup>, der hellste Grünton einer Konzentration von unter 1 mg m<sup>-3</sup>. Die roten Linien an der Oberfläche geben den Verlauf der Horizontalströmung wieder; die maximalen Horizontalgeschwindigkeiten erreichen etwa 40 cm s<sup>-1</sup> in der Front, dort wo die Stromlinien am dichtesten beieinander liegen und parallel verlaufen. Die roten Pfeile auf den senkrechten Seitenflächen kennzeichnen die Variabilität der Vertikalgeschwindigkeit. Die maximalen Auf- und Abtriebsgeschwindigkeiten von etwa 10 m d<sup>-1</sup> wurden allerdings im Inneren des Meßgebietes angetroffen; sie zeigen Auftrieb auf der nördlichen, warmen Seite der Front und Abtrieb auf der südlichen, kalten Seite.

Diatomeenblüten mit Pigmentkonzentrationen um 2 Milligramm Chlorophyll a pro Kubikmeter etabliert (Abb. 2).

Abb. 2: Karte der Oberflächenverteilung des Phytoplanktonpigmentes Chlorophyll a im Bereich der Polarfront. Gebiete mit hohen Biomassen pflanzlichen Planktons sind in dunklen Grüntönen gekennzeichnet. Die punktierte schwarze Linie zeigt den Fahrtverlauf der „Polarstern“, jeder Punkt repräsentiert einen Mittelwert der kontinuierlichen Messungen.



Allerdings waren diese Blüten nicht schnell herangewachsen wie die, die wir bei der ersten Fahrt gefunden hatten. Die Konzentration des gelösten Eisens war, anders als bei der ersten Fahrt, auch nicht erhöht. Regionen höherer Biomasse waren von außergewöhnlich großen, stacheligen oder nadelförmigen Diatomeen dominiert (Abb.3). Diese Diatomeen hatten Silizium und Nitrat im Verhältnis drei zu eins aufgenommen, das heißt, etwa dreimal so viel Silizium wie Diatomeen anderer Meeresgebiete. Der Anteil von großen Diatomeen nahm zu, weil die kleineren, dünnschaligen Diatomeen sowie Flagellaten vom tierischen Plankton bevorzugt gefressen wurden. Dafür waren wohl kleine Ruderfußkrebse verantwortlich, die im Meßgebiet in außergewöhnlich hohen Konzentrationen gefunden wurden. Experimente bestätigten diese Schlußfolgerung. Daß es im Sommer 95/96 so viel mehr tierisches Plankton gab als im Frühjahr 1992, könnte an saisonalen oder zwischenjährlichen Schwankungen gelegen haben.

Da die Diatomeen sehr viel Silikat enthalten, müssen sie auch ein entsprechend hohes spezifisches Gewicht haben. Trotzdem sank im Untersuchungszeitraum wenig Material aus der Deckschicht ab. Wahrscheinlich sinken im Herbst, am Ende der

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---

Wachstumssaison, große Mengen dickschaliger Diatomeen ab und erzeugen die erhöhten Silikatkonzentrationen im tiefen Wasser des Südpolarmeers und die Ablagerungen im Sediment. Allerdings wird so nur relativ wenig Kohlendioxid durch die biologische Pumpe in die Ozeantiefen transportiert.

Die dritte JGOFS-Fahrt der „Polarstern“ wird voraussichtlich von März bis Mai 1999 stattfinden, um die Untersuchungen am Ende der Wachstumssaison im Herbst fortzuführen.

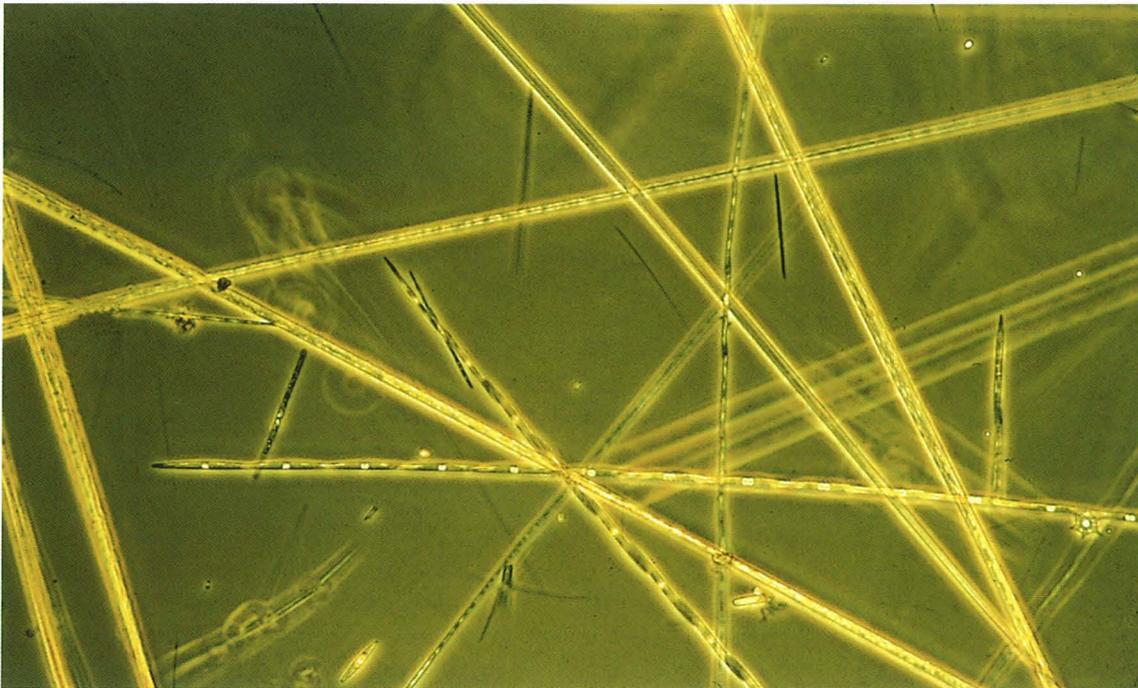


Abb.3: Mikroskopische Aufnahme von antarktischen Kieselalgen aus Gebieten mit hoher Biomasse an der Polarfront. Die bis zu 2 Millimeter langen, wenige Mikrometer dünnen Algenzellen haben dicke, stark verkieselte Schalen. (Foto: Smetacek)

## Besiedlungsverhältnisse am Lomonossowrücken

Hendrik Deubel und  
Eike Rachor

### Nahrungszufuhr aus der Laptewsee und geringe Wassertiefe begünstigen das Bodentierleben

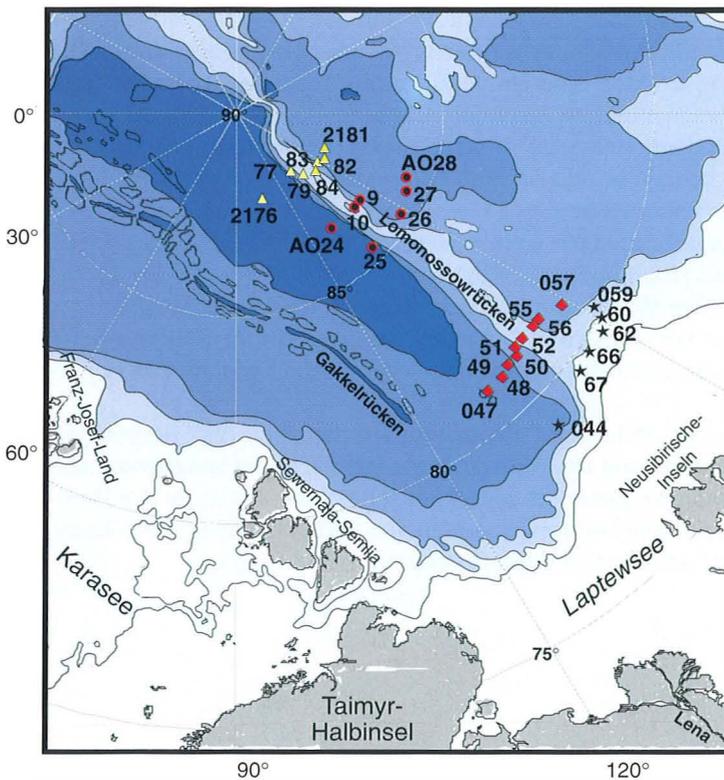
Der Lomonossowrücken trennt die eurasischen arktischen Tiefseebecken von den amerasischen Becken. Als Rest eines Kontinentalrandes ragt er aus dem umgebenden Tiefseeboden etwa drei Kilometer als untermeerisches Gebirge empor. Er beeinflusst die Meeresströmungen und die Eisdrift im Arktischen Ozean stark: Aus dem Atlantik tritt wärmeres Wasser über die Barentssee und bei Spitzbergen in den Arktischen Ozean ein, strömt dann am Kontinentalhang von Kara- und Laptewsee entlang und fließt von dort aus, gelenkt vom Lomonossowrücken, in Richtung Nordpol und Grönlandsee. Die Lebensgemeinschaften im Wasser und auf dem Meeresboden werden von diesen Wassermassen und ihren Bewegungen geprägt, für die der Lomonossowrücken die entscheidende Leitstruktur ist.

Viele Plankton- und Kleinlebewesen im Arktischen Ozean werden nur wenige Wochen oder Monate alt. Aus ihrer Häufigkeit läßt sich deshalb nur auf die aktuellen Nahrungsverhältnisse, nicht aber auf längerfristige Entwicklungen schließen. Die größeren, am Meeresboden lebenden Tiere, unter dem Begriff Makrozoobenthos zusammengefaßt, werden dagegen in der Regel mehrere Jahre alt. Da sie nach der Jugendphase nahezu ortsgebunden sind, zeigen sie mit ihrer Größe und Häufigkeit die Umweltbedingungen ihres Lebensraumes an. Deshalb wurde das Makrozoobenthos im Bereich des Lomonossowrückens während der Expeditionen der Forschungsschiffe „Polarstern“ und „Oden“ in den Jahren 1991, 1995 und 1996 untersucht. Aus der Verteilung der Biomasse und von Ernährungstypen soll ermittelt werden, welche Rolle von oben herabrieselnde Nahrung und horizontale Nahrungszufuhr durch Strömungen spielen.

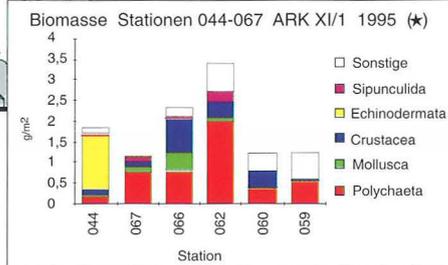
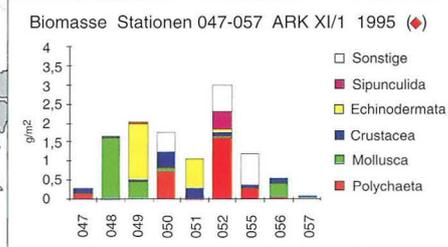
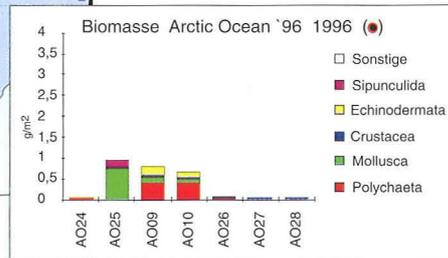
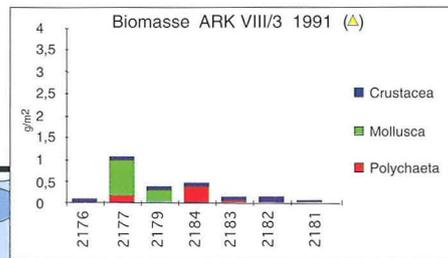
Der Lomonossowrücken ist dichter besiedelt als die angrenzende Tiefsee. Auch die Biomasse ist auf dem Rücken höher als in der Tiefsee (Abb. 1), nimmt allerdings vom Gebiet nördlich der Neusibirischen Inseln in Richtung Nordpol stetig ab (Säulendiagramme). Die Biomasse der nicht mit dargestellten, nahrungsfiltrierenden Schwämme scheint dagegen zuzunehmen. Da Schwämme oft extrem langlebig sind und einen sehr geringen Nahrungsbedarf haben, verzerren sie das Bild, das sich aus der Häufigkeit der anderen Tiere ergibt. Aus der Biomasse der Tiere und aus Annahmen über ihre

2. Ausgewählte Forschungsthemen

Biomasseverteilung des Makrozoobenthos am Lomonossowrücken von Nord nach Süd



- Wassertiefe 0 - 100m
- Wassertiefe 100m - 1000m
- Wassertiefe 1000m - 2000m
- Wassertiefe 2000m - 3000m
- Wassertiefe 3000m - 4000m
- Wassertiefe >4000m



Die Gewichte der Bodentiere (Biomasse des Makrozoobenthos, in g pro m<sup>2</sup>) nehmen am Lomonossowrücken von Süden nach Norden ab. Auf dem Rücken leben mehr Tiere als in den angrenzenden Tiefseebecken.

Aktivität wird nun ihr Nahrungsbedarf ermittelt. Daraus können wichtige Hinweise über die genannten direkten und advektiven Nahrungszufuhren abgeleitet werden.

Wie auf Satellitenbildern zu erkennen ist, ist das Packeis über dem Lomonossowrücken im Sommer oft weniger dicht als in den benachbarten Regionen. Ob dort eine erhöhte Primärproduktion stattfindet, ist allerdings nicht geklärt. Eine solche Nahrungsquelle könnte direkt tierisches Plankton im Wasser und auch Organismen am Meeresboden des Rückens fördern. Wegen der geringeren Wassertiefe auf dem Rücken wäre hier auch mehr Nahrung am Meeresboden verfügbar als in der benachbarten Tiefsee. Daß geringere Wassertiefen allein im zentralen Arktischen Ozean jedoch nicht ausreichen, um ein reiches Bodentierleben zu fördern, zeigen die dürftigen Lebensgemeinschaften am Gakkelrücken, einer parallel zum Lomonossowrücken verlaufenden Erhebung in 350 Kilometern Entfernung.

Alle bisherigen Untersuchungen weisen vielmehr darauf hin, daß partikuläres organisches Material aus Hochproduktionsgebieten wie dem Nordosten der Laptewsee mit dem Strom atlantischen Wassers im Arktischen Ozean über weite Strecken transportiert wird. Deswegen können sich in Gebieten, die dieser Strom berührt, reichere Bodentier- und Zooplanktongemeinschaften entwickeln – eben wie am Lomonossowrücken.

Erste Ergebnisse einer „Polarstern“-Expedition aus dem Jahr 1997 deuten darauf hin, daß die Bodentierbesiedlung am Yermakplateau nördlich von Spitzbergen ebenfalls durch Meeresströmungen gesteuert wird. Hier scheint der Ausläufer des Westspitzbergenstroms suspendierte Nahrungsparikeln von Süden heranzutransportieren und eine reichere Fauna am Westhang des Plateaus zu begünstigen.

## Organischer Kohlenstoff in der Laptewsee und auf dem Lomonossowrücken

Kirsten Fahl, Eva-Maria Nöthig  
und Rüdiger Stein

### Bestimmte Moleküle verraten die Herkunft des Kohlenstoffs

Die Laptewsee ist eine wichtige Schaltstelle im Nordpolarmeer: Die sibirischen Flüsse transportieren große Mengen Suspensionsfracht in die Laptewsee, außerdem bildet sich dort viel Meereis, das später in den Arktischen Ozean gelangt. Die Laptewsee hat entscheidenden Einfluß auf den Sedimenthaushalt des Arktischen Ozeans und daher große Bedeutung für die Erforschung der Klimageschichte des gesamten Nordpolarraums und des globalen Kohlenstoffkreislaufs.

Um herauszufinden, was mit organischem Material in der Laptewsee geschieht, müssen biologische, geochemische und sedimentologische Daten gemeinsam ausgewertet werden. Der organische Kohlenstoff liegt in verschiedenen Formen vor: Er kann im Wasser gelöst sein oder als ‚partikulärer Kohlenstoff‘ vorkommen. Zusätzlich wird die Herkunft des Kohlenstoffs danach unterschieden, ob er im Meer (marin) oder auf dem Land (terrigen) produziert wird.

Bei den Untersuchungen des Transports und der Sedimentation organischen Materials interessiert besonders, wie groß der Anteil von marinem und terrigenem Kohlenstoff am Gesamtkohlenstoff im Wasser und im Sediment ist, wie der organische Kohlenstoff durch lateralen und vertikalen Transport auf dem Schelf, am Kontinentalhang und in der Tiefsee verteilt wird und wieviel Kohlenstoff sich im Sediment ansammelt. Bestimmte Moleküle, die nur auf dem Land oder nur im Meer von unterschiedlichen Lebewesen aufgebaut werden, geben Auskunft über den Charakter des gesamten organischen Kohlenstoffs. Solche Moleküle nennt man ‚Biomarker‘.

Heute lagert sich der größte Teil des terrigenen Materials, bis zu zwei Meter pro Jahrtausend, auf dem Schelf in einer Wassertiefe von etwa 20 bis 30 Metern ab. Der Rest wird - eingelagert in Meereis oder Eisberge - durch die Transpolardrift, eine Meeresströmung, die vom Wind angetrieben wird, über den Gakkel- und Lomonossowrücken in die Framstraße verfrachtet oder durch Strömungen vom Schelf in die Tiefsee oder den Kontinentalhang abwärts transportiert.

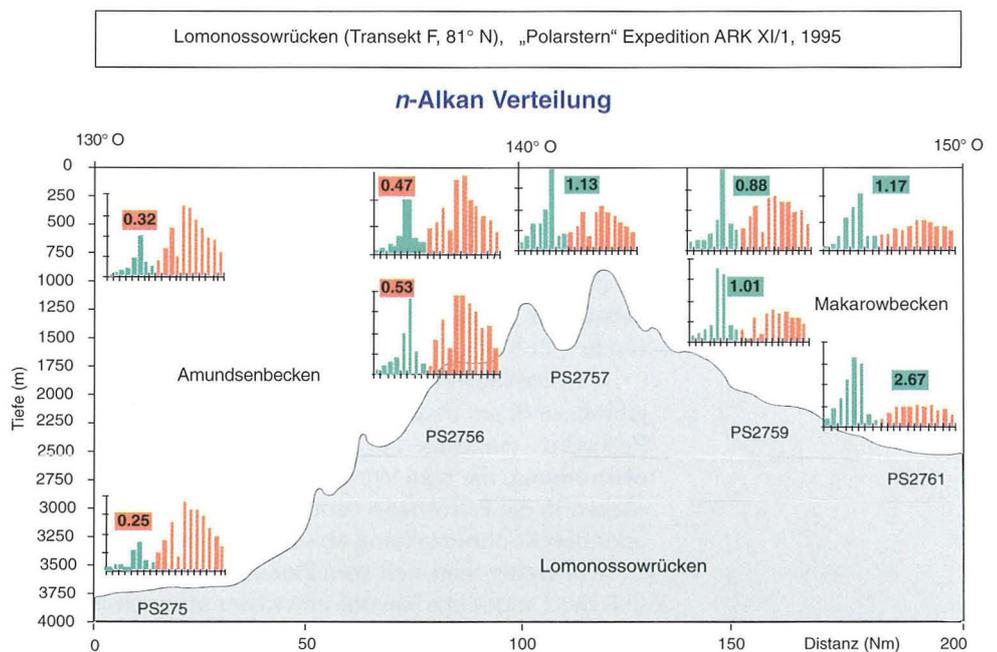
Je weiter man sich vom Flußdelta der Lena entfernt, desto mehr nimmt der Einfluß des Landes ab: Sowohl im Wasser als auch in den Oberflächensedimenten werden langkettige *n*-Alkane und langkettige Wachsester, die charakteristisch für Land-

pflanzen sind, weniger. Der Anteil der langkettigen *n*-Alkane am Gesamtkohlenstoff verringert sich in den Oberflächensedimenten in Richtung Tiefsee auf ungefähr ein Fünftel. Die Raten, mit denen sich der terrigene organische Kohlenstoff im Sediment ablagert, nehmen vom Schelf über den Kontinentalhang bis in die Tiefsee ebenfalls deutlich ab.

Im Gegensatz zu dem einfachen Verhalten des terrigenen Kohlenstoffs sind die marinen organischen Substanzen kompliziert verteilt. Ihre Konzentration hängt zum Beispiel davon ab, wie stark das Meer mit Eis bedeckt ist: Kurzkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die von Meereslebewesen produziert werden, sind in Gebieten mit starker Eisbedeckung selten. In eisfreien Regionen und besonders am Eisrand ist ihr Anteil am Gesamtkohlenstoff mehr als 50 mal so hoch.

In der äußeren Laptewsee ist ein stärkerer mariner Einfluß zu erwarten. Während einer Expedition des Forschungsschiffes „Polarstern“ wurden 1995 auf einem Profil quer über dem Lomonossowrücken Kurz- und Langzeitsinkstofffallen ausgebracht. Die Ergebnisse zeigen eine Dreiteilung des Profils (Abb. 1): Im Amundsenbecken westlich des Lomonossowrückens dominieren die langkettigen, vom Land stammenden *n*-

Abb. 1: *n*-Alkan-Verteilung in der Wassersäule im Amundsenbecken, auf dem Lomonossowrücken und im Makarowbecken (rot gekennzeichnet die langkettigen *n*-Alkane - terrigen -, grün gekennzeichnet die kurzkettigen *n*-Alkane - marin -). Die Zahlenwerte zeigen die Quotienten aus kurz- ( $C_{15}$ ,  $C_{17}$  und  $C_{19}$ )- und langkettigen ( $C_{27}$ ,  $C_{29}$  und  $C_{31}$ )- *n*-Alkanen. Im Amundsenbecken dominieren die langkettigen, vom Land stammenden *n*-Alkane, im Makarowbecken die kurzkettigen marinen *n*-Alkane.



Alkane über die kurzkettenigen *n*-Alkane, die im Meer entstehen. Dieser terrigene Charakter des Kohlenstoffs entsteht durch organisches Material, das mit dem Meereis in der Transpolar drift vom Schelf in das Amundsenbecken gelangt. Wenn das Meereis schmilzt, gelangen große Mengen Kohlenstoff in die oberen Meter des Meeres (Abb. 2). Zusätzlich wird der terrigene Charakter durch den Ausstrom der Flüsse in diesem Gebiet bestimmt.

Auch an der Grenzfläche zwischen Wasser und Sediment überwiegt der vom Land stammende Kohlenstoff (Abb. 2). Wahrscheinlich gelangt er durch zwei Prozesse hierher: Zum einen sammelt sich Material an, das den Kontinentalhang hinabtransportiert wird, zum anderen sinken Kohlenstoffpartikel nach ihrer Reise mit dem Meereis von der Oberfläche zum Meeresboden. Maximal ein Prozent des organischen

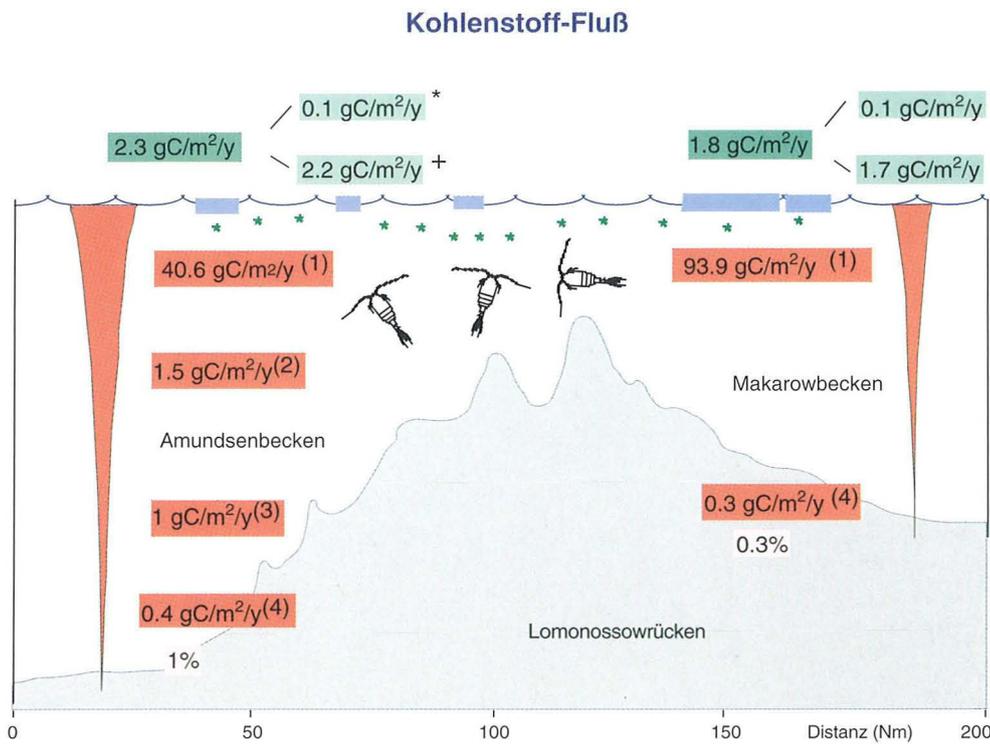


Abb. 2: Berechneter Kohlenstofffluß aus Kurzzeitsinkstofffällen ((1) integriert über die obersten 75 Meter der Wassersäule), Langzeitsinkstofffällen ((2) in 150 Metern Wassertiefe, (3) in 1700 Metern Wassertiefe) und Akkumulationsraten des gesamten organischen Kohlenstoffs im Sediment (4). Grün unterlegt sind die Primärproduktionsraten (im Eis (\*)) und im Untereiswasser (+). Die Primärproduktion ist relativ gering, der größte Teil des Kohlenstoffs ist also terrigen. Nur 1% des Kohlenstoffs aus der Wassersäule lagert sich im Sediment ab.

Materials aus den oberen Wasserschichten lagert sich letztlich im Sediment ab. Das zeigen die Meßwerte unserer Langzeitfallen und die berechneten Kohlenstoff-Akkumulationsraten im Sediment.

Auf dem Lomonossowrücken hat der organische Kohlenstoff eher marinen Charakter. Hier überwiegen die kurzkettigen *n*-Alkane, die von Meereslebewesen stammen.

Im Makorowbecken, dem östlichen Teil des Profils, steigt der marine Charakter des organischen Materials im Wasser weiter an. Das zeigt die Verteilung der Biomarker. Das organische Material stammt wahrscheinlich aus dem Osten, aus der Ostsibirischen See oder der Chukchisee, von wo aus es ins Makarowbecken gelangt. Offenbar wird das marine Material im Oberflächensediment schnell abgebaut.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, daß am Kontinentalhang der Laptewsee und auf dem Lomonossowrücken terrigener Kohlenstoffeintrag und marine Produktion auf komplexe Weise miteinander zusammenhängen. Der Abbau des Kohlenstoffs spielt eine Rolle dafür, wie marine organische Substanz im Sediment erhalten bleibt. Die großen Mengen Kohlenstoff, die sich im Sediment des Arktischen Ozeans und seiner Randmeere ablagern, haben eine zentrale Bedeutung für den globalen Kohlenstoffhaushalt. Eine weitergehende Quantifizierung des terrigenen und marinen Kohlenstoffeintrags und seiner Veränderungen in Raum und Zeit ist daher erforderlich.

## Sterole und ihr Schicksal im Weddellmeer

Anneke Mühlebach und  
Kurt Weber

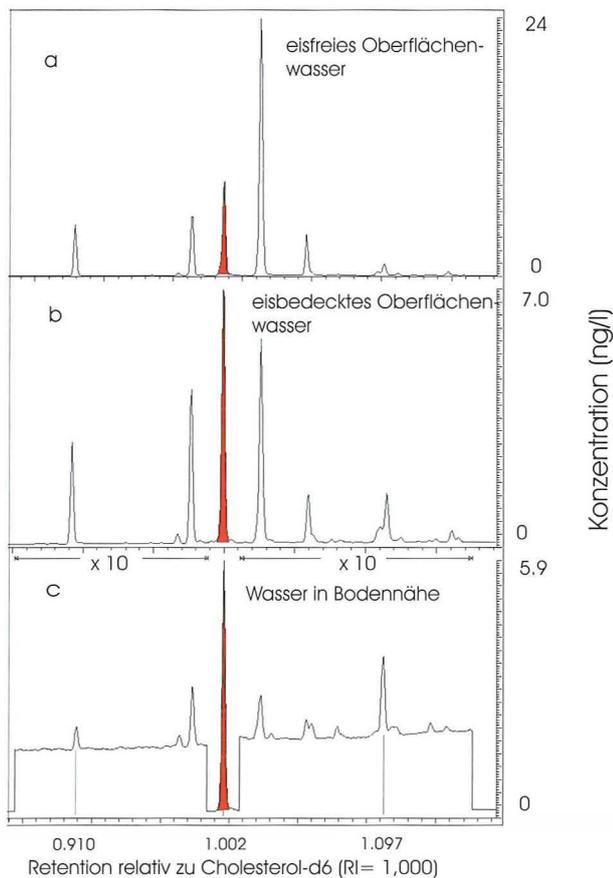
### Molekulare Spuren zum Verständnis biogeochemischer Kreisläufe

Im Meer gelöstes organisches Material spielt im globalen Kohlenstoffkreislauf eine wichtige Speicher- und Pufferrolle. Es besteht aus einem komplexen Gemisch nieder- bis hochmolekularer organischer Verbindungen. Welche Eigenschaften dieses Ge-

misch hat und wie es zusammengesetzt ist, hängt von seiner Herkunft und seinem Alter ab. Manche Bestandteile werden innerhalb weniger Tage abgebaut, andere bleiben über Jahrtausende im Wasser erhalten. Deshalb ist unklar, inwieweit gelöstes organisches Material durch die Tiefenwasserbildung in den kalten Polarmeeren aus den lichtdurchfluteten oberen Metern des Meeres abtransportiert werden oder gar mit dem Tiefenwasser in angrenzende Meeresgebiete gelangen kann.

Üblicherweise wird gelöstes organisches Material als Summenparameter gemessen, zum Beispiel in Milligramm Kohlenstoff pro Liter Wasser. Qualitative Unterschiede werden dabei nicht erfasst. Um den Kohlenstoffkreislauf besser zu verstehen, ist es wichtig, auch das Schicksal einzelner organischer Verbindungen zu verfolgen, wie das der Sterole. Sie sind charakteristische Bestandteile der Zellwände aller Lebewesen mit Zellkern.

Pflanzliches Plankton in der Wasseroberfläche enthält verschiedene Phytosterole, tierisches Plankton vor allem das Zoosterol Cholesterol. Nach dem Absterben



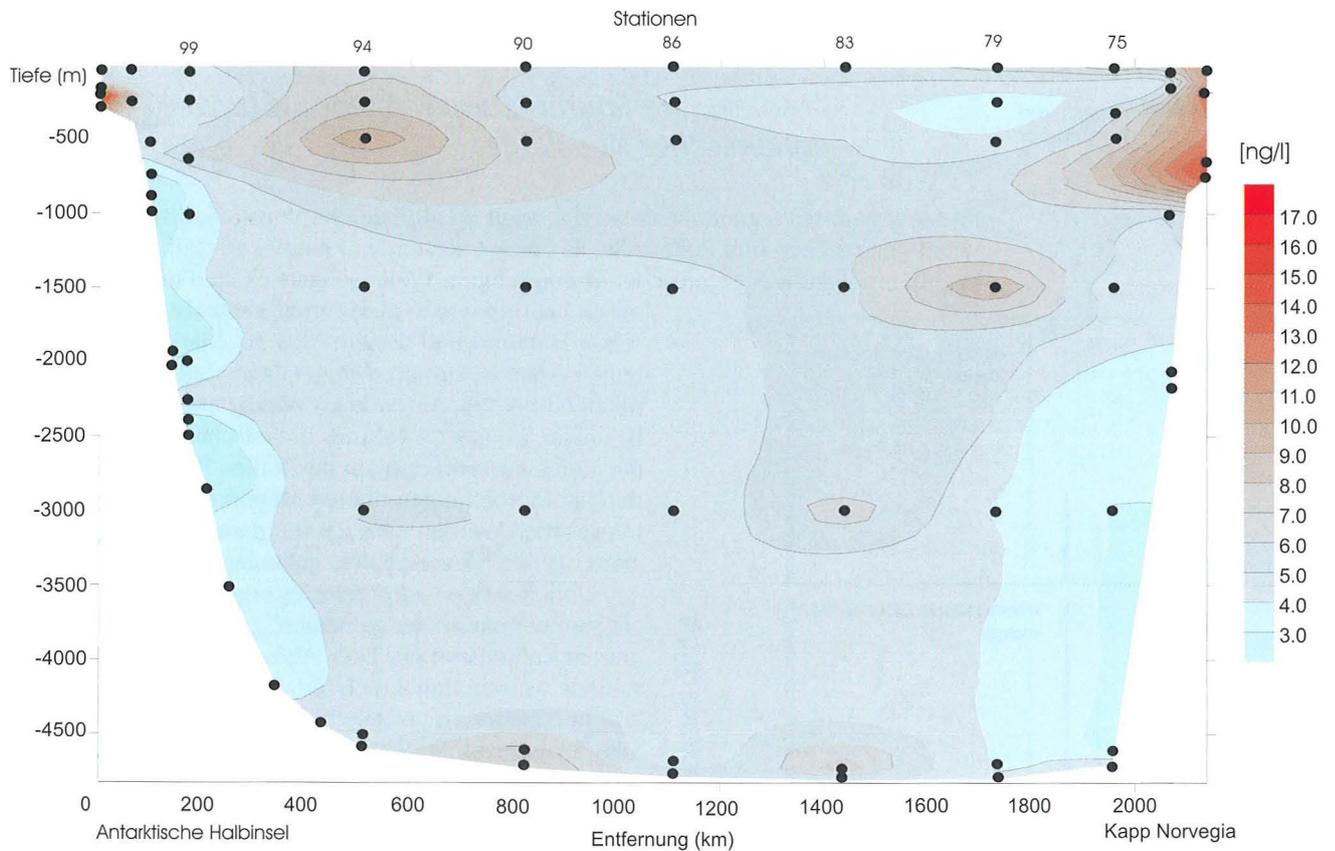


Abb. 2: Verteilung von gelöstem Cholesterol [ng/l]. Probenahmen sind durch Punkte gekennzeichnet. Die gleichmäßige Verteilung im zentralen Weddellmeer kann durch die Auflösung von Partikeln der Sekundärproduktion wie Zooplanktonüberresten und Kotballen verursacht werden, die durch die Wassersäule sinken und auf den Meeresboden sedimentieren.

planktischer Organismen gelangen die Sterole in das umgebende Wasser. Spuren werden auch in großer Wassertiefe gefunden. Wenn nach Algenblüten besonders viel organisches Material zu Boden sinkt, können sich Sterole in Sedimenten ablagern. Dort weisen sie darauf hin, welche Arten von Algen in der Vergangenheit vorgekommen sind.

Unsere Untersuchungen fanden im Herbst im Weddellmeer statt. Dieses Gebiet ist besonders geeignet, weil dort globales Bodenwasser gebildet wird und gelöstes organisches Material in die Tiefsee transportiert werden kann. Auf einem eisbedeckten Transekt zwischen Kap Norvegia und der Antarktischen Halbinsel wurde die Verteilung von gelösten Sterolen von der Wasseroberfläche bis hin zum Meeresboden be-

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

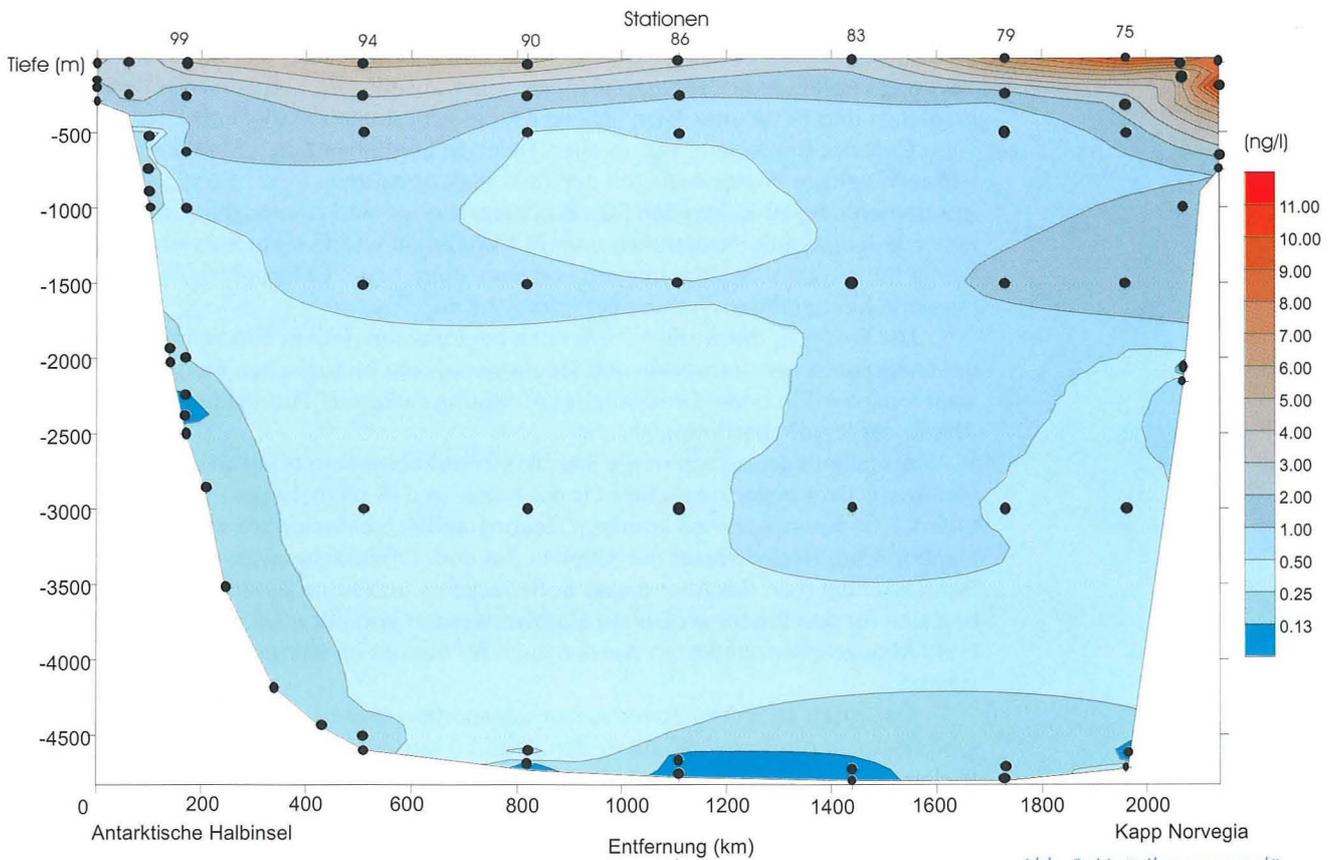


Abb. 3: Verteilung von gelöstem 24ξ-Methylcholesta-5,22E-dien-3β-ol [ng/l]. Höchste Konzentrationen dieses Phyosterols wurden im Schelügebiet vor Kapp Norvegia gefunden. Die Oberflächenkonzentration nahm in Richtung zur Antarktischen Halbinsel mit zunehmendem Alter der Eisdecke ab. Im Gegensatz zu Cholesterol zeigten die Phytosterole einen starken Konzentrationsabfall mit zunehmender Tiefe.

stimmt und ihr Abbau abgeschätzt. Wasserproben wurden in verschiedenen Tiefen gewonnen und alle Partikel entfernt. Gelöste Sterole wurden aus dem Wasser extrahiert und mit Gaschromatographie und Massenspektrometrie bis in den Ultrapurenbereich (10 Pikogramm Sterol pro Liter Wasser) bestimmt. Das Oberflächenwasser enthielt bis zu 25 verschiedene Komponenten. Trotz dieser Vielfalt zeigten die hauptsächlich vorkommenden Sterole an allen beprobten Oberflächenstationen ähnliche Muster.

Im Gegensatz zu Vergleichsproben aus eisfreier Oberfläche hatte Cholesterol den größten Anteil (Abb. 1). Mit zunehmender Tiefe verstärkte sich seine Dominanz; in Bodennähe lag die Konzentration von Cholesterol etwa 40 mal höher als die der übli-

chen Phytosterole. Daß Cholesterol im Verhältnis zu den pflanzlichen Sterolen zunimmt, liegt daran, daß unter dem Eis weniger Photosynthese stattfinden kann und den Tieren eine größere Bedeutung zukommt. Über absinkende Kotballen des tierischen Planktons und Reste toter Tiere gelangt Cholesterol schnell in die Tiefe.

Gelöstes Cholesterol war in allen Tiefen in ähnlichen Konzentrationen zu finden, während gelöste Phytosterole mit der Tiefe stark abnahmen (Abb. 2 und 3). Ein direkter Zusammenhang zwischen den Sterolkonzentrationen und ozeanographischen Parametern wie Temperatur, Nährstoffen oder FCKW-Gehalt wurde nicht festgestellt, ebenso wenig mit biologischen Parametern wie dem kurzlebigen Chlorophyll, das vom Phytoplankton bei der Photosynthese gebildet wird.

Die Prozesse, die die Sterolverteilung beeinflussen, laufen also schneller als die ozeanographischen Transporte und langsamer als die biologischen Ereignisse ab. Die Verteilung wird in erster Linie von der Auflösung sinkender Partikel und dem Um- und Abbau der Sterole bestimmt.

Auffallend gering waren die Sterolkonzentrationen am Hang an der Antarktischen Halbinsel. Dort bedeckte dichtes Eis das Meer, so daß pflanzliches Plankton an der Oberfläche kaum wachsen konnte. Ozeanographische Messungen zeigten, daß am Hang frisches Bodenwasser mit Anteilen aus dem Oberflächenwasser zu finden war. Berücksichtigt man das Alter dieses Bodenwassers und seine Zusammensetzung, ergeben sich für den Phytosterolabbau Halbwertszeiten von nur etwa drei Wochen. Ähnliche Abbaugeschwindigkeiten wurden auch für Sterole im warmen Sargassomeer abgeschätzt.

Das frisch gebildete Bodenwasser transportiert also kaum gelöste Sterole aus der Oberfläche in die Tiefe und am Boden. Erhöhte Konzentrationen von Sterolen im Bodenwasser können nur durch die Wiederauflösung herabgesunkener Partikel entstehen.

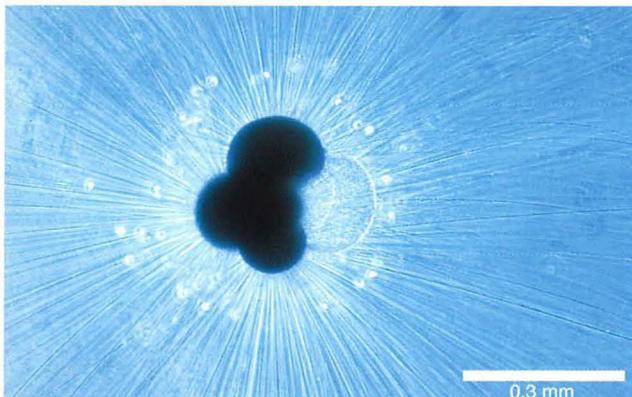
Weitere Untersuchungen werden sich mit der Frage beschäftigen, ob gelöste Stoffe in der Tiefe und am Bodenwasser mit ähnlicher Geschwindigkeit abgebaut werden wie in der ozeanischen Oberfläche.

## Schwierige Spurensuche

Jelle Bijma, Richard Zeebe und  
Dieter Wolf-Gladrow

*In den Schalen winziger Einzeller sind Informationen  
über das Klima der Vergangenheit gespeichert*

Abb 1:  
*Orbulina uni-  
versa* (oben)  
lebt in Sym-  
biose mit  
Mikroalgen  
(Dino-  
flagellaten)  
während  
*Globigerina  
bulloides*  
(unten) nicht  
symbiontisch  
ist. Der  
Maßstab ent-  
spricht  
0,3 Millime-  
tern (Photos:  
H. J. Spero).



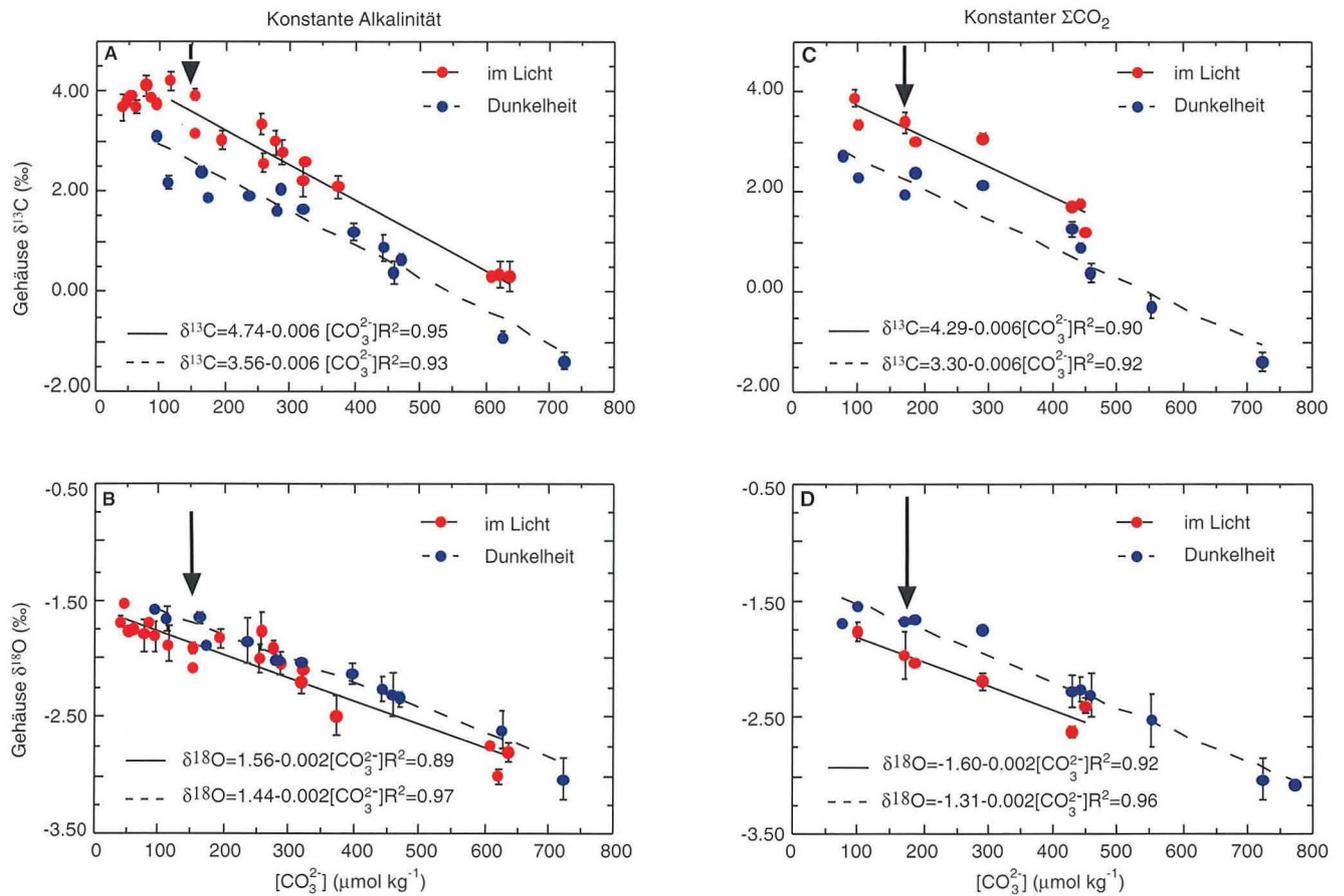
Das wichtigste Werkzeug der Paläoklimaforscher sind winzige, im Meer lebende Einzeller, die mit den Amöben verwandt sind: die Foraminiferen (Abb. 1). Diese Mikroorganismen speichern in ihren Kalkschalen Informationen über das Klima der Vergangenheit. Das Verhältnis zwischen den stabilen Isotopen des Sauerstoffs,  $^{16}\text{O}$  und  $^{18}\text{O}$ , in den Schalen der Foraminiferen, der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert, läßt Rückschlüsse auf die Temperatur des Ozeans und das Volumen der kontinentalen Eismasse zu. Das Verhältnis der Kohlenstoffisotopen  $^{13}\text{C}$  und  $^{12}\text{C}$ , der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert, spiegelt das Isotopenverhältnis im umgebenden Meerwassers wider und sagt etwas über die ‚Fruchtbarkeit‘ des Meeres aus. Untersuchungen am AWI konnten nachweisen, daß die Isotopenverhältnisse aus Kaltzeiten bis jetzt nicht richtig interpretiert wurden, da der sogenannte Karbonationeneffekt nicht berücksichtigt wurde.

Die Beziehung zwischen ‚Fruchtbarkeit‘ und dem  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert ist relativ kompliziert: Während der Primärproduktion werden Nährstoffe und anorganisch gelöster Kohlenstoff unter Einfluß von Licht in organische Substanz umgewandelt. Die Algen bauen bevorzugt  $^{12}\text{C}$  ein und reichern dabei das umgebende Meerwasser mit  $^{13}\text{C}$  an. Diese Eigenschaft machen sich die Klimaforscher zunutze, indem sie aus der engen Beziehung zwischen dem  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert der Foraminiferenschalen und der Nährstoff-

Abb. 2: Effekt von Karbonat auf die stabilen Isotopenverhältnisse ( $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$ ) für *O. universa*. Die Geraden sind lineare Regressionen an die Daten. Die Pfeile zeigen die Karbonat-Konzentration der Südkalifornischen Bucht

konzentration des Meerwassers die ‚Fruchtbarkeit‘ der Ozeane abschätzen. Wenn die biologische Produktivität hoch, ist nimmt die Nährstoffkonzentration im Oberflächenwasser stark ab und der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Wassers zu.

Parallel dazu wird das Tiefenwasser durch die Remineralisierung der organischen Substanz mit Nährstoffen und  $^{12}\text{C}$  angereichert. Deswegen erhält man aus einem Vergleich des  $\delta^{13}\text{C}$  von Foraminiferen, die am Boden und solchen, die an der Oberfläche leben, eine Aussage darüber, wieviel Biomasse der Ozean produziert hat.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---

Allerdings müssen  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  in den Foraminiferenschalen nicht exakt der Zusammensetzung des Meerwassers entsprechen. Das liegt unter anderem an mikroskopisch kleinen Algen, die mit den Foraminiferen in Symbiose leben und während der Photosynthese  $^{13}\text{C}$  im Mikromilieu der Foraminifere anreichern. Wenn keine Photosynthese stattfindet, reichert sich in der Nähe der Foraminiferen  $^{12}\text{C}$  aus der Respiration an.

Bis jetzt nahm man an, daß der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert in den Schalen nicht von physiologischen Prozessen der Foraminiferen beeinflusst wird. In enger Zusammenarbeit mit amerikanischen Kollegen haben Laborversuche mit zwei Foraminiferenarten jedoch gezeigt, daß  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  vom im Meerwasser gelösten Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) abhängen: Je mehr Karbonat das Meerwasser enthält, desto kleiner ist der  $\delta^{13}\text{C}$ - und  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert in den Schalen. (Abb. 2)

Das Karbonat im Meer steht im Gleichgewicht mit ebenfalls gelösten Bicarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Diese drei Verbindungen können sich ineinander umwandeln. Wieviel von jeder Verbindung vorhanden ist, hängt von der Menge des insgesamt gelösten Kohlenstoffs und der Alkalinität (Säure-Basen-Bilanz) des Meerwassers ab. Zudem steht die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre im Austausch mit dem im Meer gelösten Kohlendioxid. Die experimentellen Ergebnisse stellen nun die Interpretation des  $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes für die Rekonstruktion der früheren Produktivität in Frage: Während der letzten Eiszeit hat das Gleichgewicht zwischen Karbonat, Bicarbonat und Kohlendioxid ganz anders ausgesehen als heute. In Eiskernen ist dokumentiert, daß das Kohlendioxid in der Atmosphäre abgenommen hat. Weil der Kohlendioxid-Partialdruck der Atmosphäre durch das im Ozean gelöste Kohlendioxid bestimmt wird, muß die Kohlendioxidkonzentration der Ozeane auch abgenommen haben. Folglich muß der Anteil des Karbonats damals gestiegen sein, so daß  $\delta^{13}\text{C}$  (und  $\delta^{18}\text{O}$ ) in den Foraminiferenschalen abnahm.

Tatsächlich weisen einige planktische Foraminiferen in Sedimentkernen aus dem südlichen Ozean während der Eiszeiten sehr geringe  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte auf. Nach unserer Erklärung liegt das an dem beschriebenen Karbonationeneffekt. Um den niedrigen Wert zu erklären, nahm man bisher an, daß die riesigen Wälder auf der Nordhalbkugel durch die vordringenden Gletscher aus dem globalen Kohlenstoffkreislauf ausgeschlossen wurden. Wie Algen speichern auch Landpflanzen  $^{12}\text{C}$  (sie haben einen wesentlich niedrigeren  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert als gelöster Kohlenstoff im Meer) und erhöhen den  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des atmosphärischen Kohlendioxids. Durch die Eliminierung der Landpflanzen ent-

stand nun ein  $^{12}\text{C}$ -Überschuß in der Atmosphäre, der über Austauschprozesse ins Meer gelangte (die Rede ist von 600 Gigatonnen Kohlenstoff, einem Drittel des zur Zeit in der Biosphäre gespeicherten Kohlenstoffs), und den  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Meeres merklich verringerte. Nach unserer Interpretation hat der Karbonatgehalt des Meerwassers zwischen Eiszeiten und Warmzeiten geschwankt, und nicht das  $\delta^{13}\text{C}$  im Ozean, wie bisher angenommen.

Auch die Sauerstoffdaten müssen nun anders interpretiert werden. Die Temperaturen der Meeresoberfläche in den Tropen könnten im letzten glazialen Maximum bis zu  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  niedriger gewesen sein als nach der alten Interpretation. Damit stimmen die Paläotemperaturen aus  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten sehr viel besser mit Temperaturen überein, die aus anderen Daten gewonnen werden.

## Die Nordgrönlandtraverse

Sepp Kipfstuhl und  
Matthias Schwager

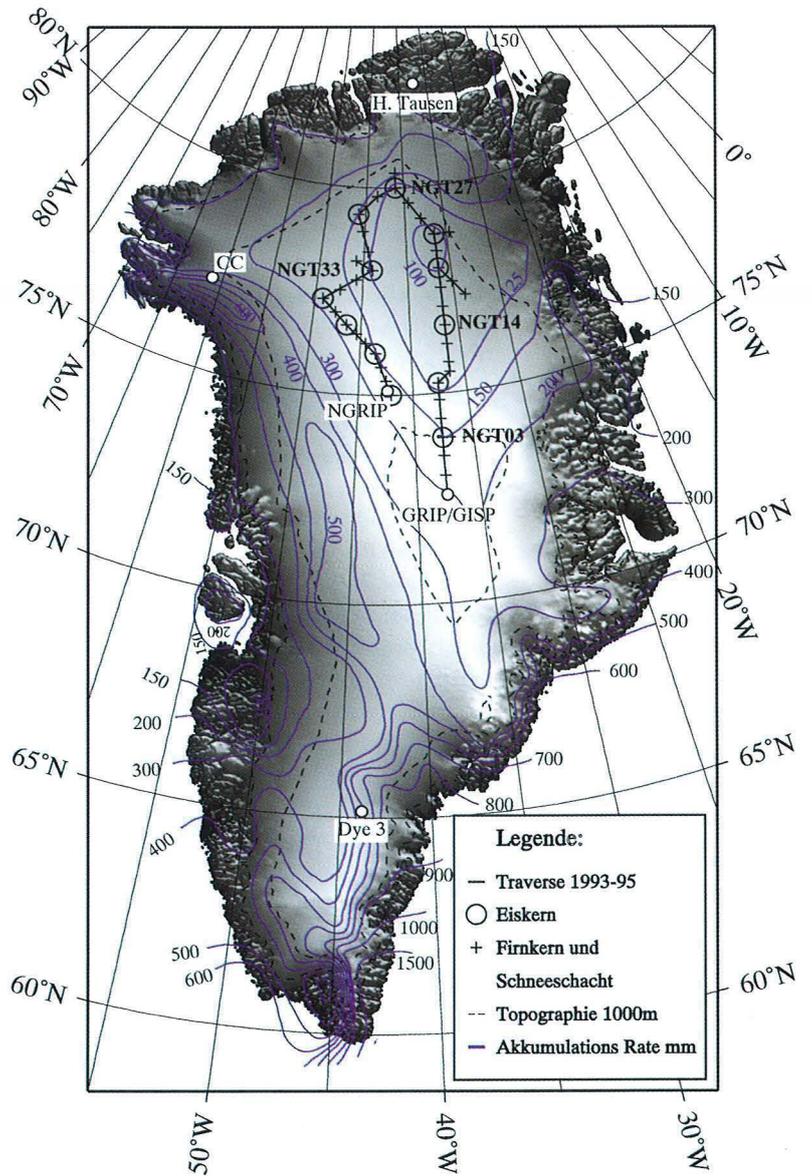
### Tausend Jahre Klimageschichte aus dem Eis Nordgrönlands

Das Landesinnere von Nordgrönland ist noch immer ein weißer Fleck auf der Landkarte. Dieses unzugängliche Gebiet gehört zu den am wenigsten erforschten Landstrichen der Nordhemisphäre. Für Klimaforscher ist die hohe Arktis aber besonders interessant, da sie Klimamodellen zufolge besonders empfindlich auf Klimaänderungen reagiert. Um die Modelle mit der Wirklichkeit abzugleichen, nutzen die Klimaforscher einzigartige Klima- und Umweltarchive: die polaren Eisschilde. Zusammen mit dem Schnee lagern sich dort Spurenstoffe ab, außerdem werden im Eis Luftblasen eingeschlossen. Daraus kann man Klima und Umweltbedingungen der vergangenen Jahrhunderte bis Jahrhunderttausende in hoher zeitlicher Auflösung rekonstruieren. Diese Daten lassen sich nur mit Hilfe von Eiskernbohrungen gewinnen.

Zwischen 1989 und 1993 wurde der grönländische Eisschild am Summit, seinem höchsten Punkt, im Rahmen des Greenland Icecore Projects (GRIP) und des Greenland Ice Sheet Projects 2 (GISP2) zweimal durchbohrt. Zur gleichen Zeit wurde das Höhenprofil der EGIG (Expédition Glaciologique Internationale au Groenland)-Vermessungen nachvermessen. Die durch diese Aktivitäten im Bereich des Summit vorhandene Infrastruktur schuf die logistischen Voraussetzungen dafür, im Juli 1993 nach Beendigung der Tiefbohrungen eine Traverse nach Nordgrönland, die Nordgrönlandtraverse (NGT), zu beginnen. In den folgenden zwei Jahren schlossen sich zwei weitere je fünf- bis sechswöchige Expeditionsabschnitte an. Insgesamt legte die Traverse fast 2.000 Kilometer zurück (Abb. 1). Neben dem AWI waren die Universitäten von Heidelberg und Bern beteiligt. Als sich 1994 eine weitere Tiefbohrung etwa 300 Kilometer nördlich des Summits abzeichnete, wurde die Nordgrönlandtraverse in die Standorterkundung dafür einbezogen. Die Traverse endete im Juli 1995 bei 75°N/42°W.

Die Nordgrönlandtraverse hatte mehrere Ziele. Der Massenhaushalt des Eisschildes - wieviel Niederschlag fällt pro Jahr, welches Eisvolumen fließt ab - sollte erfaßt werden, außerdem sollen Klima und Spurenstoffeinträge während der vergangenen 500 bis 1.000 Jahre rekonstruiert werden, insbesondere seit Beginn der Industrialisierung vor etwa 200 Jahren. Längs der Route wurden an 45 Positionen im Abstand von etwa 50 Kilometern 10 bis 15 Meter tiefe Firn- und zwölf bis zu 175 Meter tiefe Eiskerne (Abb. 1) gebohrt.

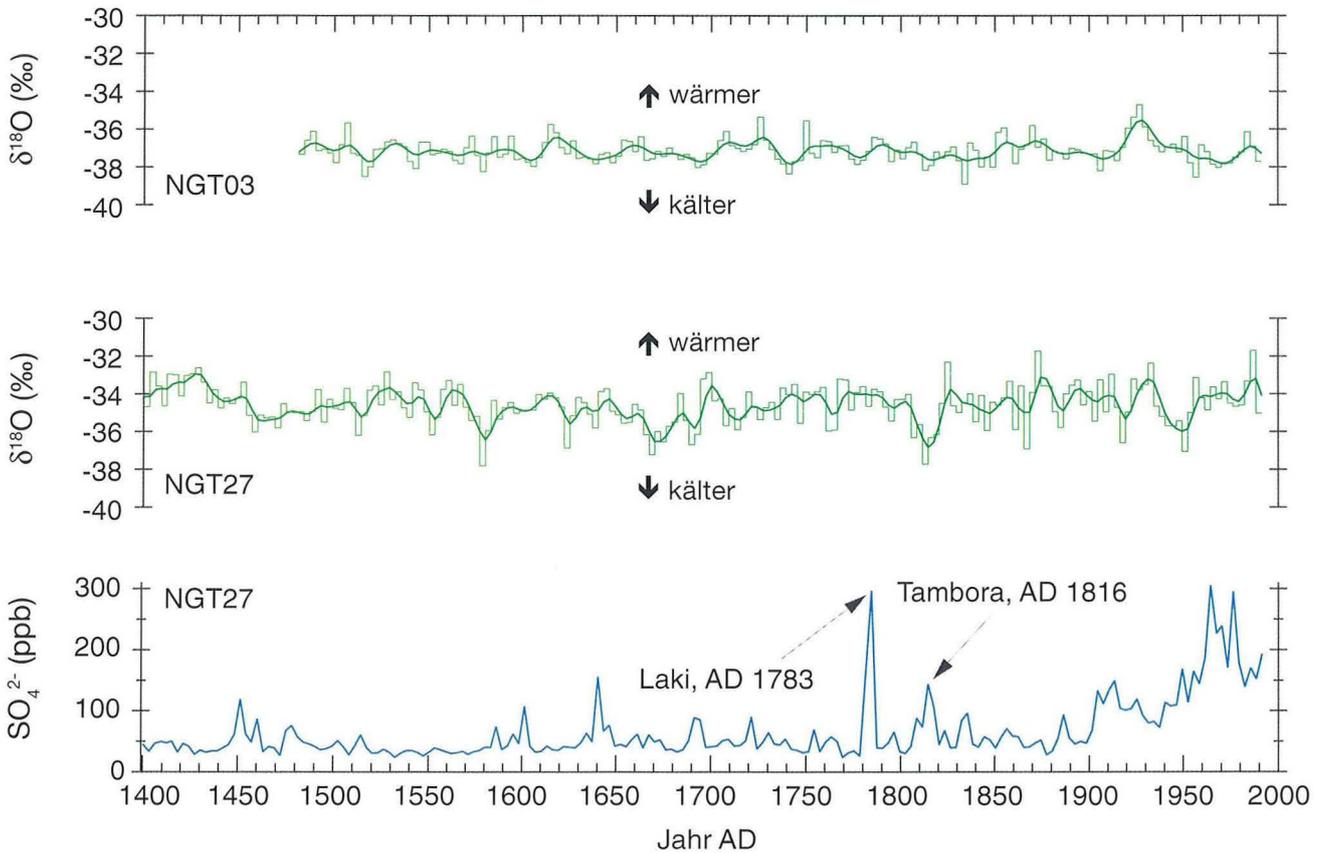
Abb. 1: Route der Nordgrönlandtraverse und Akkumulationsverteilung (mm/a Wasseräquivalent), modifiziert von F. Jung-Rothenhäuser für Nordgrönland nach der Karte von Ohmura und Reeh (1991).



2. Ausgewählte Forschungsthemen

Der östliche Zweig der Route quert das sogenannte ‚Gebiet minimaler Akkumulation‘. Dort bleiben pro Jahr zum Teil weniger als 100 Millimeter Niederschlag (mm Wasseräquivalent) liegen – bei weniger als 200 Millimeter Niederschlag pro Jahr spricht man von einer Wüste. Bemerkenswert ist die schnelle Abnahme der Akkumulation von 210 Millimetern pro Jahr am Summit auf unter 150 Millimeter pro Jahr an der Position NGT03, nur 150 Kilometer weiter nördlich. Auf dem Rückweg bewegte sich die Traverse überwiegend auf der Firnscheide,

Abb. 2: Mittelwerte des  $\delta^{18}\text{O}$  über zehn Jahre und Sulfatkonzentration an den Positionen NGT03 und NGT27 über den Zeitraum der letzten 500 Jahre. Die Schwankungen des Sauerstoff-Isotopenverhältnisses, das sehr gut den Temperaturverlauf während dieses Zeitraums wiedergibt, sind an der nördlicheren Position NGT27 ausgeprägter als bei NGT03. Die Sulfatkonzentration (Fischer, 1997) steigt seit Beginn dieses Jahrhunderts deutlich an. Hohe Werte in der Zeit davor sind auf einzelne Vulkanausbrüche zurückzuführen.



der Grenzlinie, von der aus die Eisströme in verschiedene Richtungen fließen. Die Akkumulation liegt hier mit Werten um 170 Millimeter pro Jahr zwar höher, variiert jedoch sehr empfindlich in west-östlicher Richtung. Da der Wind vorwiegend aus Westen kommt, fällt der meiste Niederschlag westlich der Firnscheide. Nach Nordostgrönland gelangt nur noch wenig Niederschlag. Insgesamt ist das Gebiet niedriger Akkumulation mit weniger als 150 Millimetern Wasseräquivalent pro Jahr etwa zwei- bis dreimal so groß wie früher angenommen.

Die zwölf Eiskerne umfassen etwa 500 bis 1.200 Jahre Klimageschichte. Ein besonders auffälliges Merkmal aller bislang analysierten Kerne ist die starke Zunahme der Sulfatkonzentration seit Beginn dieses Jahrhunderts (Abb. 2). Hierin erkennt man deutlich die Auswirkungen der erhöhten Schwefelemissionen als Folge der Verbrennung fossiler Brennstoffe durch den Menschen. Die stark erhöhten Werte in den Jahren 1816, 1783 und 1645 AD stammen von großen Vulkanausbrüchen. Eine zweite wichtige Meßgröße ist das Verhältnis der Sauerstoffisotope  $^{18}\text{O}$  und  $^{16}\text{O}$ , der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert, aus dem sich der Temperaturverlauf ableiten läßt.

Auffallend an den  $\delta^{18}\text{O}$ -Zeitreihen ist eine Zunahme der Schwankungen nach Norden hin, genau wie es die Klimamodelle vorhersagen: An der nördlichsten Position NGT27 sind die Schwankungen fast doppelt so hoch wie an NGT03, dem südlichsten Bohrpunkt. Einige ‚Ausreißer‘ zu niedrigen Temperaturen hin zwischen 1500 und 1900 AD lassen sich mit der ‚Kleinen Eiszeit‘ in Verbindung bringen. Die bisherigen Analysen zeigen, daß in den Spurenstoffen (zum Beispiel Sulfat oder Nitrat) in Grönland ein anthropogener Einfluß sichtbar ist. In Temperatur oder Akkumulation hingegen ist ein solcher bis jetzt nicht nachweisbar.

## Ein Reinluft-Meßlabor in der Antarktis

Andreas Minikin und  
Rolf Weller

### Das luftchemische Observatorium an der Neumayer-Station

Die Luft über der Antarktis ist außerordentlich ‚sauber‘: Sie enthält nur wenig reaktive Spurengase oder Partikel. Das liegt zum einen daran, daß die Antarktis mehrere tausend Kilometer von den bewohnten Kontinenten entfernt liegt und deswegen kaum industrielle Abgase hierhin gelangen. Zum anderen gibt es in der Antarktis nur sehr wenige eisfreie Gebiete als Quelle für Mineralstaubpartikel. Natürliche Emissionen aus dem umliegenden südpolaren Ozean bestimmen die luftchemischen Verhältnisse der Antarktis. Seit 1982 gibt es an der Neumayer-Station ein luftchemisches Labor (Abb. 1) - das einzige Observatorium dieser Art in der Antarktis. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg wird dort eine große Zahl atmosphärenchemischer Meßgrößen bestimmt.

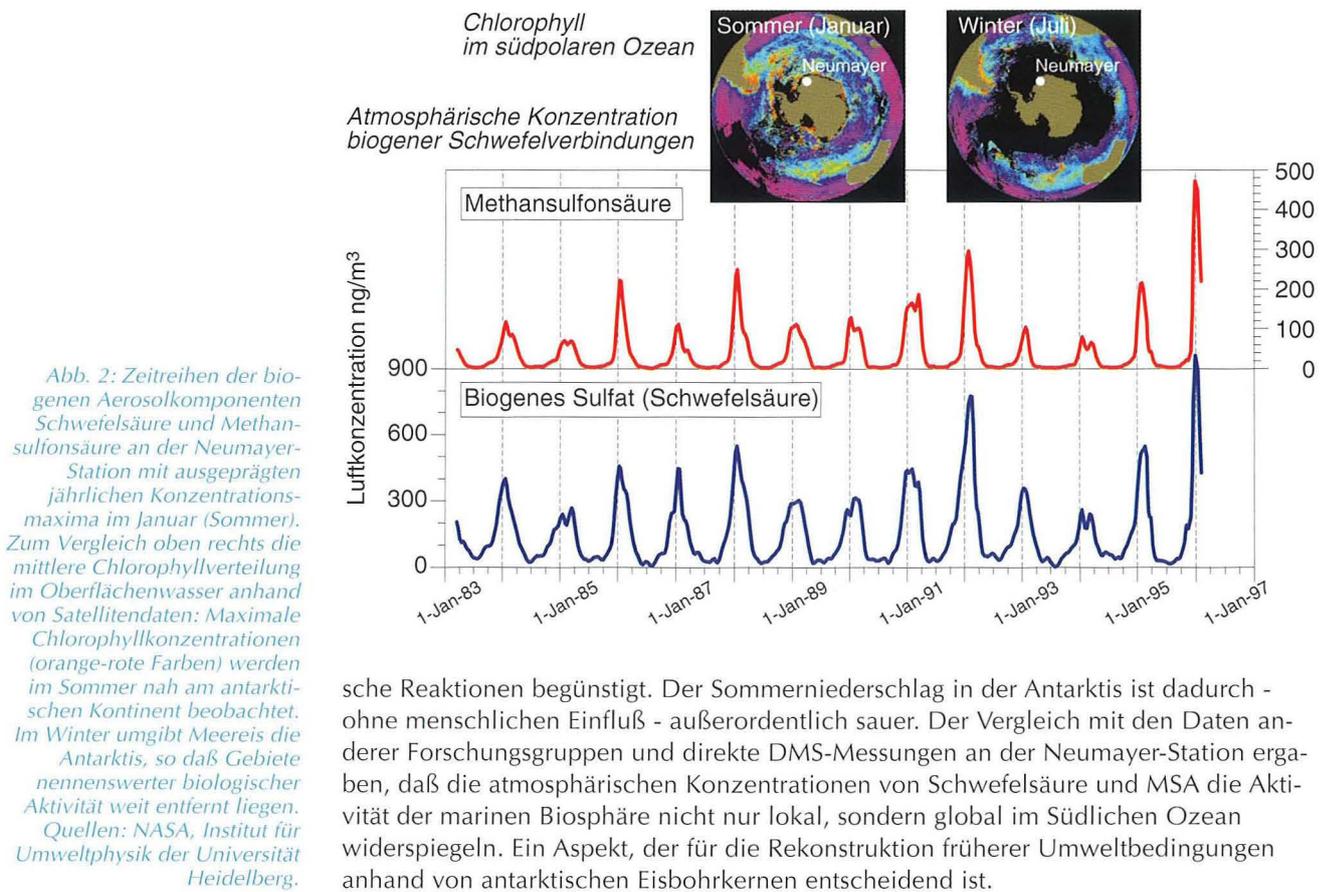
Abb. 1: Das luftchemische Observatorium, rund 1500 Meter südlich der Neumayer-Station, nach der Modernisierung im Jahr 1995. (Foto: Minikin)



Im folgenden werden beispielhaft Messungen schwefel- und stickstoffhaltiger Verbindungen dargestellt, die bei der Interpretation von Spurenstoffen in Eisbohrkernen von besonderem Interesse sind.

Das pflanzliche Plankton im Meer emittiert ein Spurengas, das für den natürlichen atmosphärischen Schwefelkreislauf außerordentlich wichtig ist, das Dimethylsulfid (DMS). DMS ist für den charakteristischen Algengeruch an der Küste verantwortlich. Es ist von großer Tragweite für die Atmosphäre, da es in der Troposphäre durch photochemische Reaktionen zu Schwefelsäure und zu einem kleineren Anteil in Methansulfonsäure (MSA) umgesetzt wird. Diese natürlichen Säuren liegen als Aerosole vor. Sie sind entscheidend an der Bildung von Wolken beteiligt und somit klimarelevant.

An der Neumayer-Station werden diese Schwefelverbindungen seit 1983 analysiert (Abb. 2). Schwefelsäure und MSA zeigen einen parallelen, sehr ausgeprägten Jahresgang mit maximalen Werten im Südsommer, wenn der Sonnenstand Algenblüten und photochemi-



sche Reaktionen begünstigt. Der Sommerniederschlag in der Antarktis ist dadurch - ohne menschlichen Einfluß - außerordentlich sauer. Der Vergleich mit den Daten anderer Forschungsgruppen und direkte DMS-Messungen an der Neumayer-Station ergaben, daß die atmosphärischen Konzentrationen von Schwefelsäure und MSA die Aktivität der marinen Biosphäre nicht nur lokal, sondern global im Südlichen Ozean widerspiegeln. Ein Aspekt, der für die Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen anhand von antarktischen Eisbohrkernen entscheidend ist.

Der Anteil von Nitrat an den Anionen in Firn- und Eiskernen ist recht hoch. Seine Vorläuferverbindungen, die reaktiven Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ), sind typische anthropogene Spurengase. Sie entstehen vor allem in technischen Verbrennungsprozessen. Im Gegensatz zu Grönland läßt sich aber im Firn der Antarktis keine erhöhte Konzentration dieser Verbindungen durch anthropogene Einflüsse feststellen. Das Nitrat kann also nur aus natürlichen Quellen stammen: Ein Teil wird durch stratosphärische Luftmassen eingetragen, ein anderer entsteht bei Blitzentladungen oder Vegetationsbränden und wird über weite Entfernungen transportiert. Die Nitratkonzentration in Eiskernen hängt vor allem von diesen natürlichen Prozessen ab.

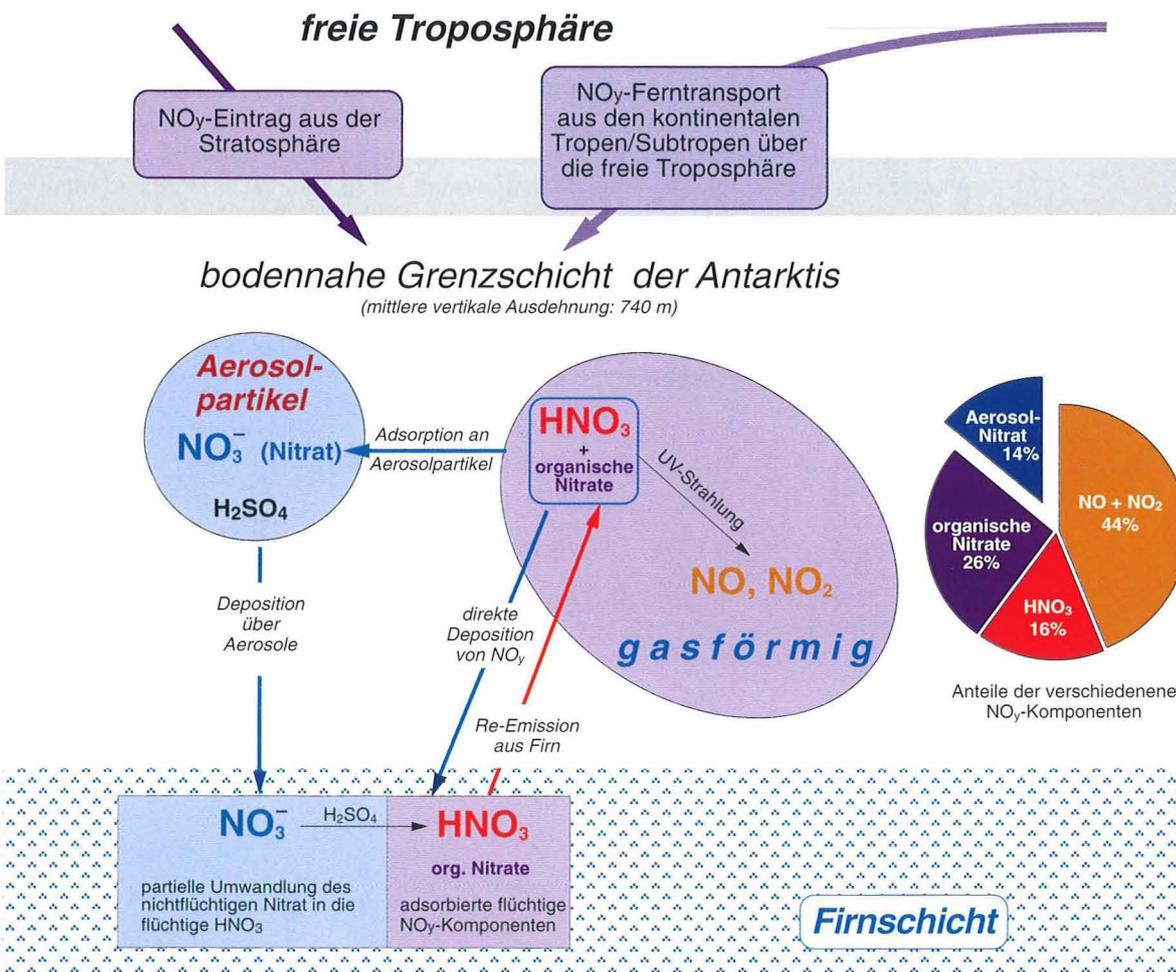


Abb. 3: Stickoxide (NO<sub>x</sub>) werden über die freie Troposphäre von den Quellgebieten in die Antarktis transportiert. Nur ein kleiner Teil (circa 14 Prozent) ist als Nitrat an Aerosole gebunden, der Rest ist gasförmig. Beide Komponenten können reversibel in der Firnschicht gebunden werden. Das nichtflüchtige Nitrat wird partiell durch Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), die ebenfalls an Aerosolen gebunden ist, in die flüchtige Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) umgesetzt. Die freigesetzte Salpetersäure kann außerdem wieder an Aerosolen als Nitrat angelagert oder durch UV-Strahlung gespalten werden.

Unklar ist jedoch bislang der Zusammenhang mit der Stickoxidkonzentration in der Atmosphäre, da keine Stickoxidmessungen in der Antarktis vorliegen. Diese Fragestellung wurde in Kooperation mit dem British Antarctic Survey während der Neumayer-Sommerkampagne 1997 untersucht. Die gemessenen  $\text{NO}_y$ -Konzentrationen lagen hundert- bis tausendmal niedriger als zum Beispiel in Europa. Auffallend war ein ausgeprägter Tagesgang mit Maximalkonzentrationen am späten Nachmittag und Minimalwerten morgens. Bei niedrigen Temperaturen werden die Stickoxide bevorzugt von der Firnschicht absorbiert, während sie bei den höheren Nachmittagstemperaturen teilweise reversibel freigesetzt werden. Entgegen dem bisherigen Verständnis tragen außer der Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und dem Aerosol-Nitrat noch andere  $\text{NO}_y$ -Komponenten wie organische Nitratre beträchtlich zum Stickoxidbudget bei und scheinen ebenfalls reversibel im Firn deponiert zu werden (Abb. 3).

## *Spurengase in der Atmosphäre der Polargebiete*

*Justus Notholt und  
Ralph Lehmann*

### *Messungen und Modellrechnungen geben Auskunft über chemische Reaktionen*

Zur Messung der Konzentrationen von Spurengasen in der Atmosphäre hat sich die FTIR-Spektroskopie als sinnvolle Untersuchungsmethode etabliert. Mit Hilfe von Sonne oder Mond als Lichtquelle ermöglicht sie auch die Messung der Konzentration von 20 bis 30 Spurengasen in der Stratosphäre, der Atmosphärenschicht zwischen 10 und 50 Kilometern Höhe, und kann daher zur Erforschung des Ozonabbaus in der Stratosphäre über den Polargebieten wichtige Daten liefern.

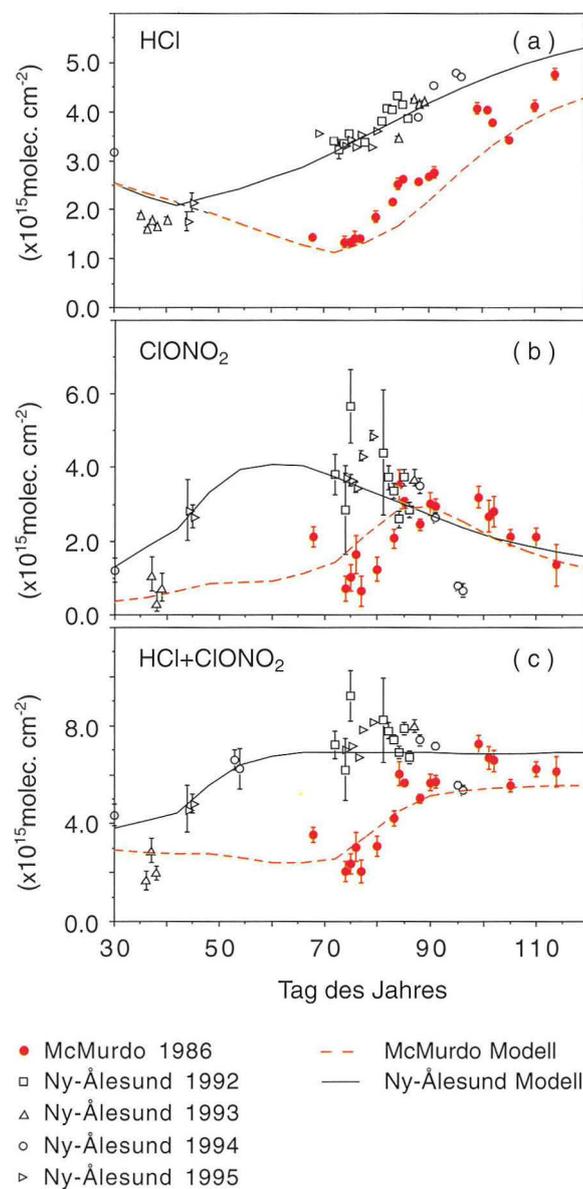
Die Ursache des Ozonabbaus in den Polargebieten beruht auf einer Kombination dynamischer und chemischer Prozesse. In beiden Polargebieten entsteht im Winter eine Luftströmung um den Pol: der Polarwirbel, in dem sich die Luft stark abkühlt. In der Antarktis ist er sehr stabil und liegt zentral über dem Pol. Der nördliche Polarwirbel driftet dagegen teilweise bis in mittlere Breiten. Er ist zudem im Mittel wärmer als der antarktische Wirbel, und er bricht im Frühjahr einen Monat früher zusammen.

Die kalten Temperaturen innerhalb des Polarwirbels ermöglichen die Bildung polarer stratosphärischer Wolken, an denen die sogenannten Reservoorgase Chlorwasserstoff und Chlornitrat in aktivere Substanzen umgewandelt werden, welche nach der Rückkehr der Sonne im Frühjahr Ozon abbauen können. Für die Intensität des Ozonabbaus ist entscheidend, welcher Anteil der Reservoorgase in ‚aktive‘ Chlorverbindungen umgewandelt wird und wie lange es dauert, bis das Chlor durch chemische Reaktionen wieder in die Reservoorgase zurückgeführt wird.

Der Ozonabbau ist über der Antarktis stärker ausgeprägt als über der Arktis. Der Unterschied liegt hauptsächlich in den dynamischen Prozessen: Die stabile Lage und die lange Dauer des Polarwirbels schaffen in der Stratosphäre die Bedingungen für den drastischen Ozonabbau. Im folgenden wird ein Beispiel genauerer Untersuchungen der chemisch und dynamisch bedingten Unterschiede in beiden Polarregionen vorgestellt. Es wurden gemessene Infrarotspektren aus der Arktis (Koldewey-Station auf Spitzbergen, 79°N, 1992-1995) und der Antarktis (McMurdo, 78°S, 1985) analysiert und die Ergebnisse miteinander verglichen. Da beide Stationen gleichweit von den jeweiligen Polen entfernt sind, erleichtert dies die Interpretation der Daten.

Die Ergebnisse sind für einige Spurengase in der Abbildung 1 dargestellt. Zum besseren Vergleich sind die Ergebnisse aus der Antarktis um ein halbes Jahr verscho-

Abb.1: Meßwerte und Modellrechnungen im Vergleich, die Säulendichten von Chlorwasserstoff (a), Chlornitrat (b) und der Summe beider Spurengase (c): In der Antarktis verläuft die Entwicklung der Spurengase Chlorwasserstoff und Chlornitrat gegenüber der Arktis etwas verspätet (die Daten sind um ein halbes Jahr verschoben, damit die Jahreszeiten übereinstimmen). Die Chlornitratwerte liegen in der Antarktis niedriger als in der Arktis. Daß auch die Chlorwasserstoffwerte niedriger liegen, ist dadurch bedingt, daß in den zehn Jahren zwischen den Messungen in der Antarktis, 1985, und in der Arktis, 1992 bis 1995, die Konzentration der Chlorverbindungen global angestiegen ist.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---

ben. Die Messungen ergeben, daß Chlorwasserstoff in beiden Polargebieten im polaren Frühjahr ansteigt. Chlornitrat erreicht im Frühjahr ein Maximum, das in der Antarktis ungefähr einen Monat später auftritt als in der Arktis.

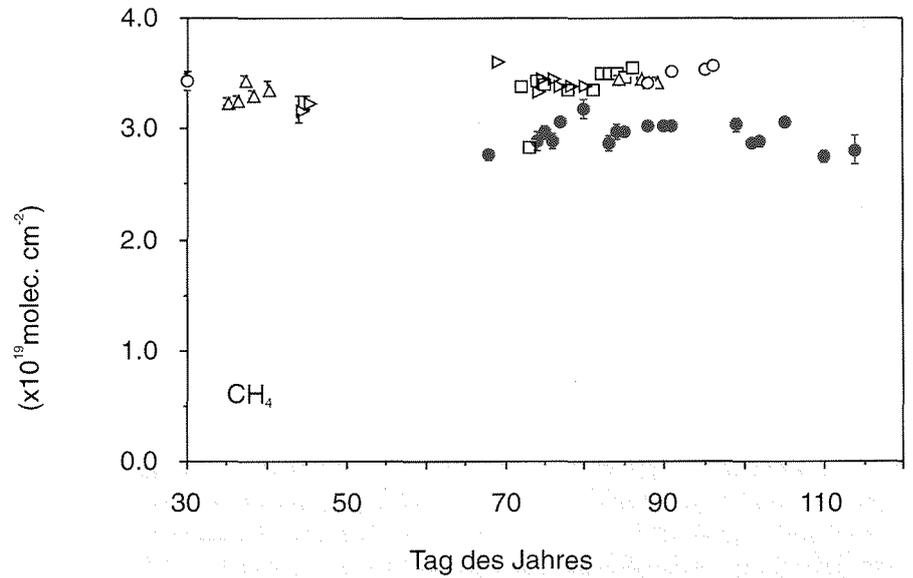
Simulationsrechnungen mit unterschiedlichen Annahmen für die Häufigkeit der polaren stratosphärischen Wolken, ihrer Dauer und der Breitengradvariationen des Polarwirbels helfen die für die Unterschiede verantwortlichen Prozesse zu identifizieren.

Es zeigt sich, daß bei der Rückbildung der Reservoorgase zunächst ein großer Teil der ‚aktiven‘ Chlorverbindungen in Chlornitrat überführt wird, aus dem erst danach die zweite Reservoirsubstanz Chlorwasserstoff gebildet wird. Dies erklärt das Auftreten eines Chlornitrat-Maximums im Frühjahr sowie den nachfolgenden Anstieg von Chlorwasserstoff (Abb. 1), der auch in den FTIR-Spektren zu erkennen ist. Sowohl nach den Meßdaten als auch nach den Modelldaten erreicht Chlornitrat den Maximalwert in der Antarktis etwa einen Monat später als in der Arktis.

Wie hoch das Chlornitrat-Maximum ist, hängt von einem Prozeß ab, der Denitrifizierung heißt: Die Wolkenteilchen in den Polaren Stratosphärischen Wolken nehmen Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) auf und entfernen diese Stickstoffverbindung aus der Stratosphäre, falls sie schwer genug werden, um herabzufallen. Der entfernte Stickstoff ‚fehlt‘ dann für die Rückbildung des Chlornitrats. Dies geschieht vor allem in der Antarktis. Der erwähnte Anstieg von Chlorwasserstoff ist um so steiler, je später im Jahr er beginnt und je geringer die Ozonkonzentration ist.

Die Modellrechnungen zeigen, daß die Unterschiede in den Säulendichten stratosphärischer Spurengase allein durch unterschiedliche Annahmen an die Temperatur und die Stabilität des Polarwirbels simuliert werden können. Es kann gefolgert werden, daß die Unterschiede im stratosphärischen Ozonabbau hauptsächlich durch Unterschiede in der Stabilität des Polarwirbels begründet sind.

Das FTIR-Spektrometer liefert nicht nur Informationen über die Stratosphäre, wo der Ozonabbau stattfindet, sondern auch über die unterste Atmosphärenschiicht, die Troposphäre: Durch die Messung von Stoffen, die überwiegend in der Troposphäre auftreten, können Rückschlüsse über den langfristigen Anstieg bestimmter Verbindungen sowie auf chemische und Transportvorgänge in der unteren Atmosphäre gezogen werden. Das Treibhausgas Methan hat eine lange Lebensdauer in der Troposphäre, so daß es sich mit der Zeit gleichmäßig über beide Hemisphären verteilt. Die Unterschiede zwischen den Polarregionen (Abb. 2) beruhen hauptsächlich darauf, daß die Konzentration von Methan langfristig um etwa ein Prozent pro Jahr ansteigt. Dabei ist zu beachten, daß die gezeigten Messungen aus der Antarktis circa zehn Jahre älter sind als die aus der Arktis.



- McMurdo 1986
- Ny-Ålesund 1992
- △ Ny-Ålesund 1993
- Ny-Ålesund 1994
- ▷ Ny-Ålesund 1995

Abb.2: Die Methan-Konzentration schwankt kaum. Methan ist in der Arktis und der Antarktis ähnlich stark verbreitet.

## Erwärmt sich das Bodenwasser in der Grönlandsee?

Gereon Budéus  
und Wolfgang Schneider

### Aktuelle Messungen deuten auf eine großskalige Konvektion

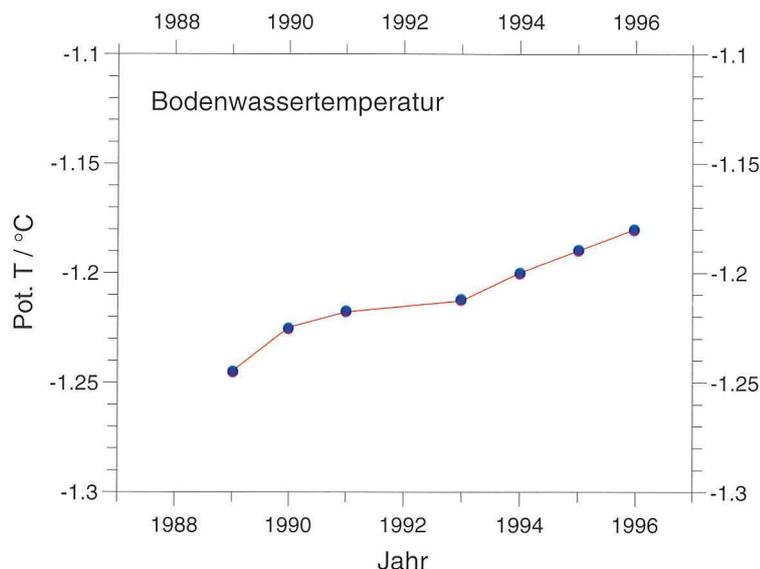
Die fast 4.000 Meter tiefe Grönlandsee gehört zu den wenigen Regionen der Welt, in denen Wasser an der Meeresoberfläche im Kontakt mit der Atmosphäre abkühlen und durch Gefrierprozesse so schwer werden kann, daß es absinkt und die tiefsten Wasserkörper der Weltmeere speist. Wegen dieser direkten Verbindung zwischen der Atmosphäre und dem sogenannten Bodenwasser heißen diese Regionen auch ‚Fenster zur Tiefsee‘ und sind Gegenstand fortlaufender ozeanographischer Felduntersuchungen.

Die anfänglichen Forschungen in der Grönlandsee um die Jahrhundertwende können als sporadische Meßkampagnen charakterisiert werden. 1909, nach einer der ersten, glaubten Helland-Hansen und Nansen bereits zu wissen, wie die Tiefenwasserbildung vor sich geht. Ihre Vorstellung einer regelmäßigen, in jedem Winter wiederkehrenden, allein durch Abkühlung an der Oberfläche verursachten Konvektion bis

zum Meeresboden der Grönlandsee hielt sich bis in die 80er Jahre.

Seit 1989 führt das AWI mit „Polarstern“ regelmäßig Messungen auf 75 °N quer durch die Grönlandsee durch. Diese und andere aktuelle Meßkampagnen konnten mit ihrer erheblich genaueren modernen Meßtechnik eine winterliche Konvektion bis zum Boden nicht entdecken. Es schien, im Gegenteil, sogar einen Trend zu geringeren Eindringtiefen der Winterkonvektion zu geben. Bei fast 4.000 Meter Wassertiefe wurden im Winter 1988/89 maximale Konvektionstiefen von ca. 2.000 Meter beobachtet, im Winter 1993/94 betrug diese etwa 1.000 Meter und in den Folgejahren nur wenige hundert Meter.

Abb. 1: Temperatur des kältesten Bodenwassers in der Grönlandsee. Das Wasser erwärmt sich um etwa 1/100 °C pro Jahr.



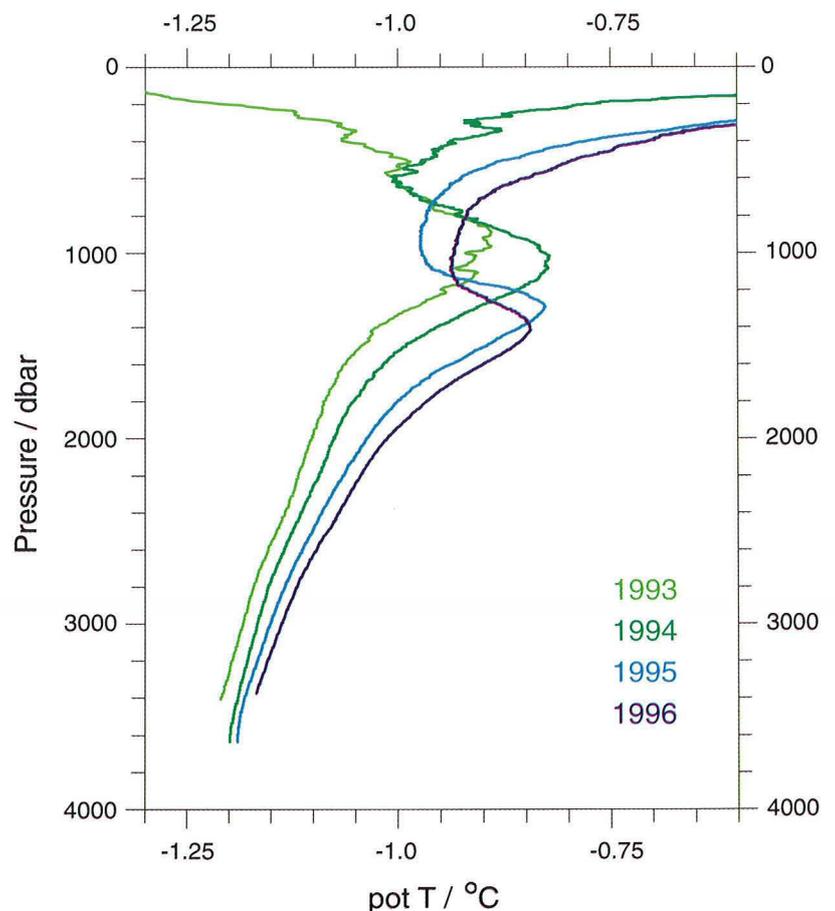
Im gleichen Zeitraum erwärmte sich das Bodenwasser um einige Hundertstel Grad (Abb. 1). Um die gewaltigen Wassermengen am Boden der Grönlandsee um diesen winzigen Betrag zu erwärmen, ist eine enorme Wärmemenge nötig.

Hypothesen über die Ursachen dieser Veränderungen reichen von langfristigen klimatischen Trends bis zu lokalen Klimawechseln im Zehnjahresrhythmus. Der Verdacht liegt nahe, daß die beobachtete Erwärmung des Bodenwassers in der Grönlandsee eine generelle Klimaerwärmung anzeigen könnte.

Arbeiten im AWI innerhalb des EU-Projektes ESOP-2 zeigten jedoch, daß diese Temperaturerhöhung mindestens zeitweise ganz ohne aktuelle äußere Wärmequelle vonstatten ging: Zwischen 1993 und 1996 erfaßte die Konvektion nur geringe Tiefen; die Struktur der Wasserschichtung blieb daher intakt und konnte über vier Jahre verfolgt werden. Besonders auffällig war ein Temperaturmaximum in etwa 1.000 Meter Tiefe. Es entstand im Winter 1992/93, als die darüber gelegenen Wassermassen abgekühlt wurden. In den folgenden Jahren wurde es in immer größeren Tiefen gefunden (Abb. 2). Hieraus läßt sich schließen, daß in diesen Jahren die gesamte Wasserschichtung absank und die höheren Temperaturen dadurch weiter in Bodennähe wanderten.

Diese Beobachtungen passen nicht zu den gängigen Hypothesen, die die Erwärmung des Tiefenwassers erklären. Dazu gehören die Erwärmung durch laterale Vermischung auf Flächen gleicher Dichte (vgl. Abb. 3) sowie die Annahme, der vertikale Wärmetransport durch Diffusion könne die Erwärmungsursache sein.

Abb. 2: Temperaturprofile, gemittelt über die zentrale Grönlandsee, für die Jahre 1993 bis 1996. Das Temperaturmaximum sinkt jährlich um etwa 150 Meter ab.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

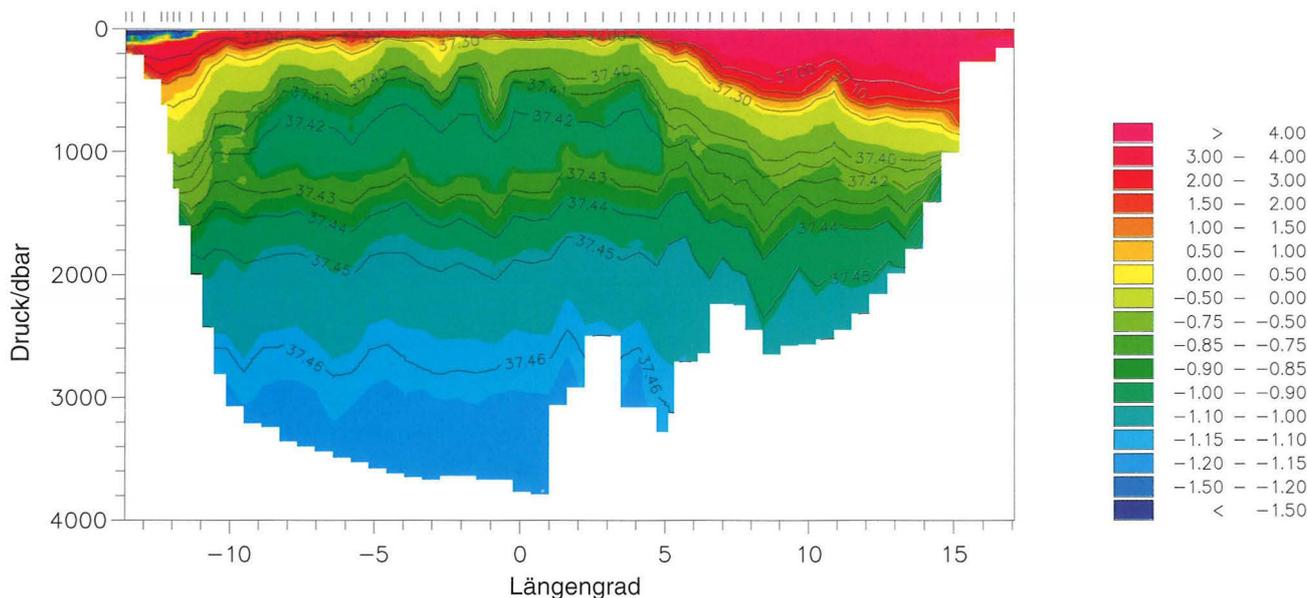


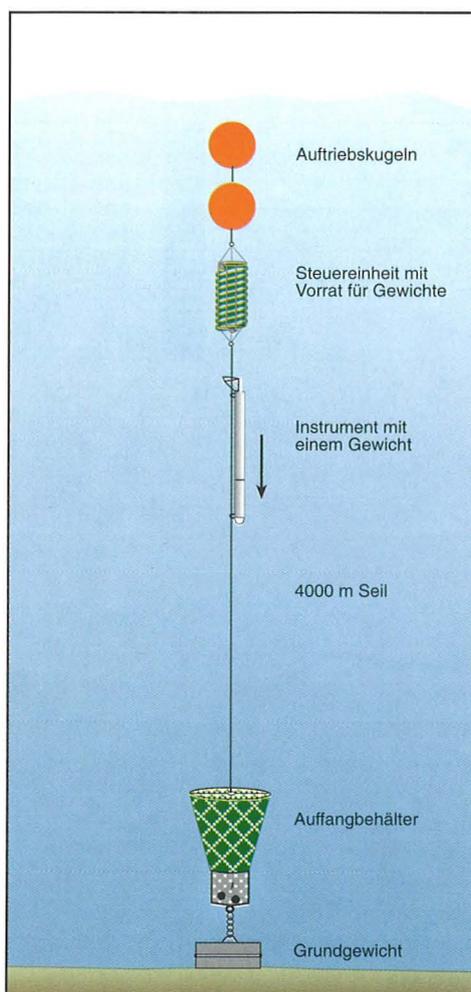
Abb. 3: Potentielle Temperaturen und Linien gleicher Dichte für 1995. Unterhalb von etwa 1.500 Metern sind die Temperaturgradienten auf den Dichteflächen sehr klein. Dies gilt auch für den seitlichen Eintrag von Wärme.

Die hier vorgestellte Interpretation der Temperaturveränderung - daß die gesamte Wassersäule absinkt - erklärt insbesondere auch, warum die Temperaturen nicht nur im Bodenwasser ansteigen, sondern in der gesamten Wassersäule unterhalb des Temperaturmaximums. Darüber hinaus deckt sie sich auch mit beobachteten Konzentrationserhöhungen anthropogener Spurenstoffe, zum Beispiel FCKW. Wenn die Wassersäule im Zentrum der Grönlandsee jedes Jahr kontinuierlich um 150 Meter absinkt, müssen die tiefsten Wassermassen am Boden exportiert werden. Für den untersuchten Zeitraum ergibt sich daher als Gesamtbild eine großskalige Konvektionszelle, wobei das Wasser in Bodennähe radial ausströmt. Wenn es erlaubt ist, die Ergebnisse zeitlich zu extrapolieren, hieße das, daß das Wasser der Grönlandsee innerhalb von nur wenigen Jahrzehnten ausgetauscht wird. Allerdings ist bisher noch unklar, inwieweit das beschriebene Konzept sich auf längere Zeiträume übertragen läßt.

## Die Jojo-Sonde

Gereon Budéus  
und Klaus Ohm

### Tägliche Temperaturprofile in der Grönlandsee



Heute gibt es in der physikalischen Ozeanographie eine Tendenz zur verstärkten Anwendung automatisierter Meßsysteme. Dies gilt in besonderem Maße für die polaren Meeresgebiete, da dort schiffsgebundene Messungen während des Winters aus verschiedenen Gründen selten möglich sind. Die hohen Kosten automatischer Systeme sind dadurch gerechtfertigt, daß sie entweder sehr teure Schiffszeit sparen oder aber Datensätze liefern, die auf andere Art gar nicht zu erhalten wären.

Speziell für den Einsatz in den tiefen polaren Becken wurde im AWI eine ‚selbstprofilierende Tiefseesonde‘ (kurz ‚JoJo-Sonde‘ genannt) entwickelt (Abb. 1). Der Bedarf ergab sich aus der Notwendigkeit, die jährlichen Meßkampagnen in der zentralen Grönlandsee mit „Polarstern“ während des Sommers (vgl. „Erwärmt sich das Wasser in der Grönlandsee?“ von Budéus und Schneider, S. 67) durch Messungen während des Winters zu ergänzen. Hauptziel ist es dabei, zu ermitteln, bis zu welcher Tiefe und zu welchem Zeitpunkt winterliche Konvektionseignisse die Wassersäule modifizieren. Dazu werden tägliche Profile von Temperatur und Salzgehalt über eine Wassersäule von 4.000 Meter Tiefe und für die Dauer von einem Jahr benötigt.

Herkömmliche Verankerungen bestehen aus einem Grundgewicht am Meeresboden, Meßgeräten in verschiedenen Meerestiefen, die zum Beispiel Salzgehalt, Temperatur, Strömungsrichtung und -geschwindigkeit messen, und Auftriebskörpern, die die Anordnung an einem Seil nach oben ziehen. Sie liefern über ein bis zwei Jahre einzelne, über die Tiefe in mehreren hundert Metern Abstand verteilte Zeitserien.

Abb. 1: Schema der Jojo-Sonde. An einem Verankerungsseil ist die Sonde so befestigt, daß sie sich auf und ab bewegen kann. Die Ballastkugeln aus Blei befinden sich in einem Korb über der Sonde und werden in einem Auffangbehälter am Meeresboden gesammelt.

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

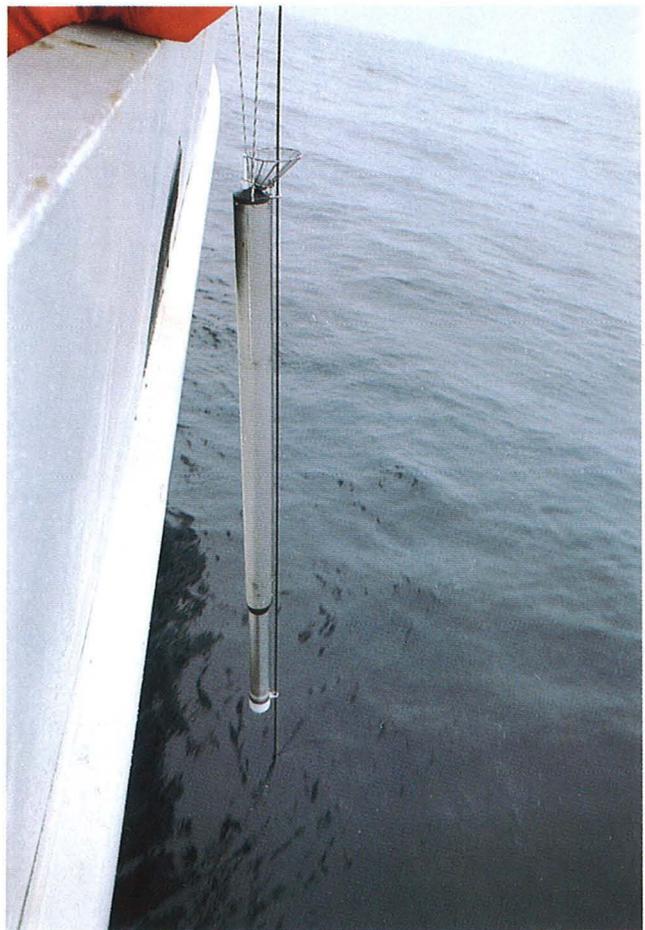
---

Auch die Jojo-Sonde (Abb. 2) ist ein verankertes Meßsystem, welches in einem Sommer ausgelegt und im darauffolgenden wieder geborgen werden soll. Sie nimmt jedoch ganze Profile der Temperatur und des Salzgehaltes von knapp unter der Wasseroberfläche bis zum 4.000 Meter tiefen Meeresboden auf. Sie sinkt einmal am Tag entlang des Verankerungsseils zu Boden, wobei sie etwa einen Meßwert pro Meter aufnimmt. Die große Tauchtiefe und die hohe Zahl von Meßprofilen warfen allerdings verschiedene Probleme auf:

Die winterliche Eisbedeckung in den Polarmeen verhindert eine Datenübertragung per Satellit. Die Daten aller 365 Tiefenprofile müssen daher intern gespeichert werden, was sich mit modernen Halbleiterschaltkreisen bewältigen läßt.

Ein weiteres Problem betrifft die Stromversorgung. Das Meßgerät wird aus Batterien in seinem Innern mit Energie versorgt. Aus Platzmangel konnten sie nur für eine maximale Gesamtmeßzeit von 400 Stunden ausgelegt werden. Für jedes Profil steht also etwa eine Stunde zur Verfügung. Damit die Sonde in der kurzen Zeit von einer Stunde die Strecke bis zum Meeresboden zurücklegen kann, muß sie eine Geschwindigkeit von fast einem Meter pro Sekunde erreichen. Um das ganze Profil einigermaßen konstant mit dieser hohen Geschwindigkeit zurücklegen zu können, muß sie eine schlanke Bauform haben.

Ein anderes Problem ist die Energie für die Vertikalbewegung selbst. Es ist völlig unpraktikabel, diese als elektrische Energie im Gerät mitzunehmen: Eine moderne Batterie mit 1 Kilogramm Gewicht würde in der vorliegenden Konstruktion für weniger als 30 Profile reichen. Ihr Gewicht müßte zudem durch entsprechenden



*Abb. 2: Die Jojo-Sonde beim Ausbringen. (Foto: Schneider)*

Auftrieb tariert werden und hätte damit ein großes Volumen zur Folge. Die beste Lösung ist daher, mechanische Energie zu nutzen: Eine Bleikugel mit einem Gewicht von 700 Gramm wird aus einem Vorratsgefäß (Abb. 3) abgegeben und sinkt zusammen mit der Sonde zum Meeresboden. Dort fällt sie in einen Korb, und die Sonde steigt ohne Ballast wieder auf.



Damit die Sonde tatsächlich mit gleichbleibender Geschwindigkeit zu Boden sinkt, muß sie ungefähr die gleiche Kompressibilität wie das Meerwasser haben. Unter normalen Bedingungen wird Wasser als inkompressibel angenommen. In der Tiefsee ist der Druck aber so hoch, daß die Kompressibilität des Meerwassers eine Rolle spielt: Ein kleines Gerät mit einem inkompressiblen Volumen von z.B. 10 Litern ist in 4.000 Meter Tiefe etwa 160 Gramm leichter als an der Oberfläche. Wenn die Sonde völlig inkompressibel wäre, würde ihre Geschwindigkeit mit der Zeit abnehmen. Um den Kompressibilitätseffekt zu kompensieren, versieht man daher ein Teilvolumen der Sonde mit einer höheren Kompressibilität als der von Meerwasser.

Eine mechanische Realisierung mit Federkraft scheidet hier aus, da die hohen Drücke Federn verlangen würden, wie sie im Schwerlastbereich verwendet werden. Diese würden für ihre eigene Tarierung selbst wieder große Auftriebsvolumina benötigen, die wiederum kompressibilitätskompensiert werden müßten.

Der Kopf der Sonde mit den Meßgeräten ist inkompressibel. Als Ausgleich muß ein anderer Teil der Sonde eine höhere Kompressibilität als Meerwasser ha-

*Abb. 3: Die Steuer- und Vorratseinheit beim Ausbringen. Die 400 Bleikugeln sind in einer vierfachen Helix gespeichert. (Foto: Schneider)*

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

ben. Hierfür werden Flüssigkeiten verwendet, die 2,5 bis 4 mal so kompressibel wie Meerwasser sind. Da sie außerdem eine etwas geringere Dichte besitzen, sorgen sie auch für Auftrieb. Es ist sozusagen eine ‚Feder mit Auftrieb‘ realisiert. Dieses ist jedoch nicht der Hauptauftrieb. Für diesen sind möglichst leichte und gleichzeitig druckfeste Körper erforderlich. In der Jojo-Sonde sind es Hohlkugeln aus Laborglas mit einem Durchmesser von zehn Zentimetern und einer Wandstärke von nur 3 bis 4 Millimetern – ihre Herstellung ist eine schwierige Aufgabe für Glasbläser. Um sicherzugehen, daß alle Kugeln dem Druck von 4.000 Metern Wasser standhalten, muß jede einzeln getestet werden.

Die Entwicklung dieses unkonventionellen Systems bis zum ersten Einsatz dauerte etwa drei Jahre. Aufgrund der Betriebserfahrung beim Ersteinsatz der ‚Jojo-Sonde‘ im EU-Projekt ESOP-2 werden jetzt Verbesserungen realisiert. Ein künftiges Ziel ist außerdem, eine Version der Sonde für Gebiete zu entwickeln, wo höhere Strömungsgeschwindigkeiten auftreten als in der Grönlandsee.

## Offene Wasserflächen beeinflussen die Windverhältnisse über den Polarmeeren

Gerit Birnbaum

*Modelle berechnen die Wechselwirkung zwischen Meereis und Atmosphäre*

Selbst im Winter sind die Polarmeere nicht vollkommen mit Eis bedeckt. Immer wieder treten langgezogene Rinnen oder größere eisfreie Flächen, sogenannte Polynjas, im Packeis auf. Diese bilden sich zum Beispiel bei starken Stürmen über den Polarmeeren oder in der Nähe von Küsten, wo ablandige Winde das Meereis auf das Meer hinaus treiben. Im Winter kann die Luft, die über eine Polynja strömt, zwischen  $-30\text{ °C}$  und  $-40\text{ °C}$  kalt sein. Die Temperatur der Wasseroberfläche liegt jedoch nur bei  $-1,8\text{ °C}$ . Bei solch großen Temperaturunterschieden gibt das Meer sehr viel Wärme an die Atmosphäre ab.

Wie sich offene Wasserflächen, das Meereis und die Atmosphäre in Polarregionen gegenseitig beeinflussen, lässt sich gut mit Computermodellen untersuchen. Dabei gewinnen sogenannte gekoppelte Modelle - Modellsysteme, die zum Beispiel aus einem Atmosphären- und einem Meereismodell bestehen – immer mehr an Bedeutung. Zur Untersuchung von Polynjas sind Modelle am besten geeignet, die auf einer mittleren Skala zwischen globalen und kleinräumigen Modellen rechnen. Solche mesoskaligen Modelle erfassen räumlich ein Gebiet von einigen hundert Kilometern und einen Zeitraum von mehreren Tagen.

Am Alfred-Wegener-Institut wurde das in Zusammenarbeit mit der Universität Hamburg entwickelte Atmosphärenmodell METRAS mit einem mesoskaligen Meereismodell gekoppelt. Dieses Modellsystem betrachtet Prozesse relativ detailliert, die in nur teilweise mit Meereis bedeckten Gebieten eine große Rolle spielen. Dies sind die Polynjas und die Übergangsbereiche zwischen dem offenen Meer und der Packeisregion, welche man als Eisrandzonen bezeichnet. In diesen Gebieten sind die einzelnen Eisschollen meist von offenen Wasserflächen umgeben. Somit übt der Wind neben einer Reibungskraft auf die Schollenoberflächen auch eine Druckkraft auf die Schollenseitenflächen aus. Dementsprechend kann der Gesamtwiderstand des Meereises als die Summe des Oberflächen- und des Formwiderstandes berechnet werden. Bisher wird der Formwiderstand in vielen Atmosphären- und Meereismodellen vernachlässigt. Wie die Abbildung 1a zeigt, wird dadurch der Impulsfluß von der Atmosphäre zur meereisbedeckten Ozeanoberfläche erheblich unterschätzt und somit die

bodennahe Windgeschwindigkeit überschätzt. Dieser Fehler ist besonders groß, wenn das Meer nur etwa zur Hälfte mit Meereis bedeckt ist. Erst durch eine neu in das Atmosphärenmodell aufgenommene Beschreibung des Formwiderstandes konnten die berechneten Impulsflüsse in gute Übereinstimmung mit Feldmessungen gebracht werden (Abb. 1b).

Modellrechnungen für eine mittelgroße Polynja mit einem Durchmesser von 60 Kilometern zeigen, daß die atmosphärische Strömung insbesondere über und im Lee der Polynja aufgrund der sehr hohen Wärmeabgabe des Meeres stark beeinflusst wird. Während die bodennahe Windgeschwindigkeit über der Polynja zunimmt, geht sie dahinter stark zurück (Abb. 2a). Wegen der unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten driftet auch das Meereis nicht überall gleich schnell. Die Polynja verlagert sich, wobei sie mit der Zeit schrumpft. Ihr Einfluß auf die Atmosphäre schwächt sich dadurch ab, so daß insbesondere im Lee der Polynja nicht mehr so niedrige Windgeschwindigkeiten auftreten (Abb. 2b).

Ein ähnlicher Effekt tritt auf, wenn eine Polynja zufriert. Dies geschieht unter anderem dann, wenn sie nicht durch einen Wärmestrom aus dem Ozean oder eine zeitlich beständige Windzirkulation (zum Beispiel ablandige Winde an Küsten) offengehalten wird. Im Modellexperiment entsteht innerhalb von drei Tagen eine 5 bis 30 Zentimeter dicke Eisdecke auf der Polynja. Diese dünne Neueisschicht verringert die Wärmeabgabe des Ozeans an die Atmosphäre so stark, daß die bodennahe Windgeschwindigkeit im Lee der Polynja bedeutend anwächst.

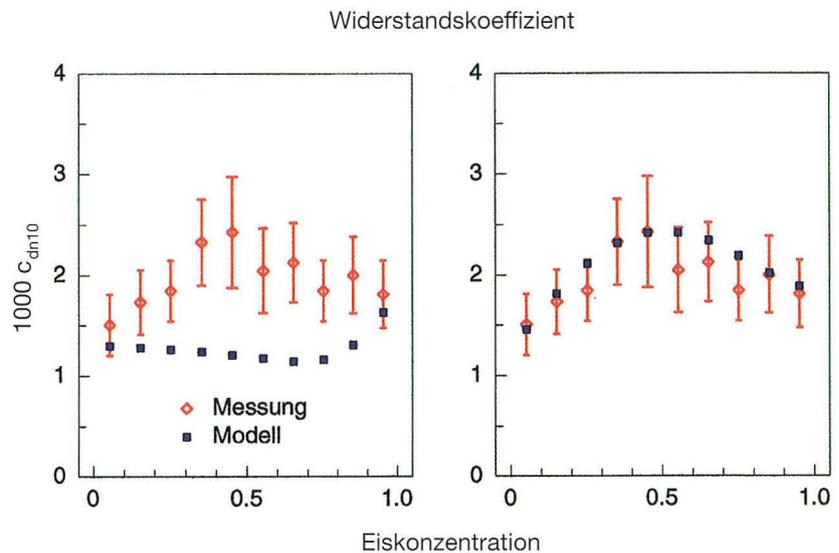


Abb. 1: Aus Messungen und Modellergebnissen abgeleitete mittlere Widerstandskoeffizienten für Meereis-Wasser-Oberflächen in Abhängigkeit von der Eiskonzentration. Widerstandskoeffizienten stellen ein Maß für den Impulsaustausch an der Erdoberfläche dar. Je größer der Widerstandskoeffizient ist, desto höher ist auch der bodennahe Impulsfluß. Links: Modell ohne Formwiderstand: Der Effekt der Anströmung der Schollenseitenflächen wird vernachlässigt. Rechts: Modell mit Formwiderstand: Der Effekt der Anströmung der Schollenseitenflächen wird berücksichtigt.

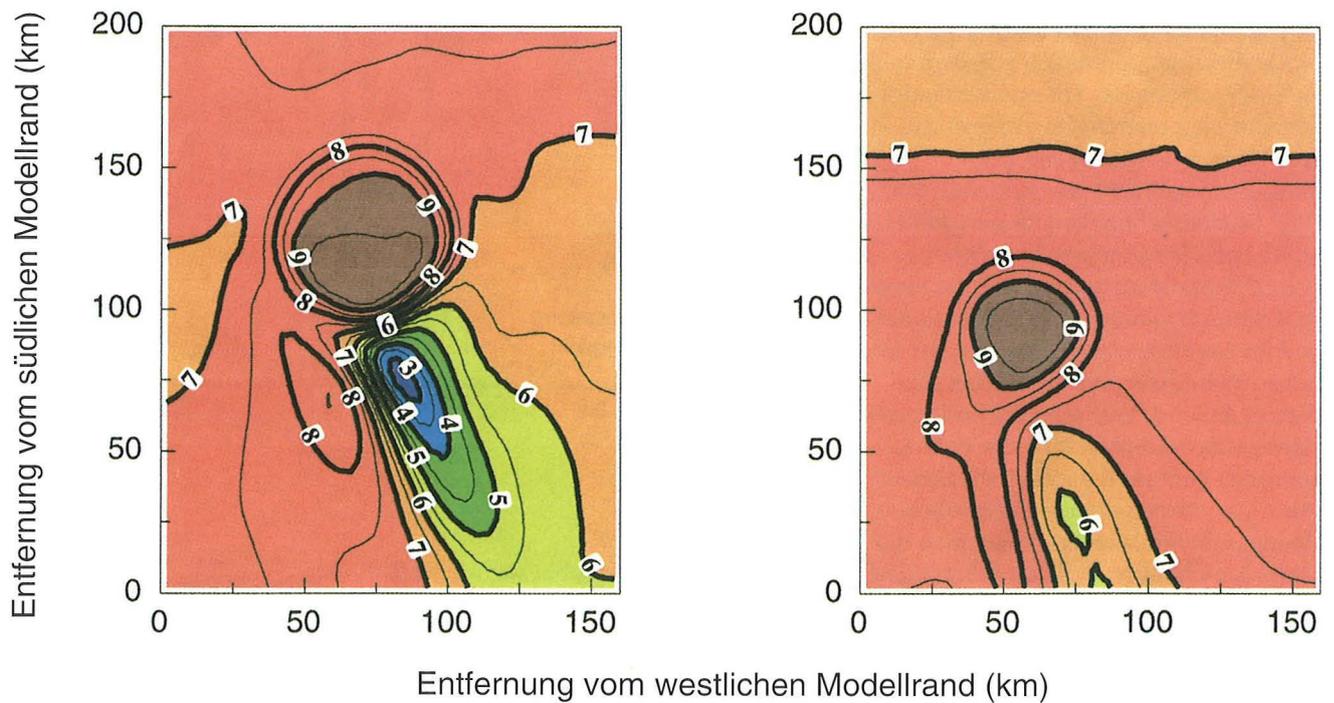
Horizontale Windgeschwindigkeit  $|u^{\text{hor}}|$  in  $\text{m s}^{-1}$  (10 m Höhe)

Abb. 2:

Ein 200 mal 160 Kilometer großes Modellgebiet wird mit einem in der freien Atmosphäre von Norden nach Süden gerichteten Wind von 10 Meter pro Sekunde durchströmt. Die horizontale Windgeschwindigkeit in 10 Meter Höhe ist gegenüber dem Wert in der freien Atmosphäre reduziert und besitzt eine inhomogene räumliche Verteilung.

Links: Im Anfangszustand der gekoppelten Modellrechnung wurde eine vollkommen eisfreie Polynja vorgegeben, in deren Umgebung der Ozean zu 80 Prozent mit Eis bedeckt ist. Über der Polynja treten die höchsten (dunkelroter Bereich), im Lee der Polynja die niedrigsten Windgeschwindigkeiten auf (blaue und grüne Bereiche).

Rechts: Nach drei Tagen hat sich die Polynja (dunkelroter Bereich) erkennbar verlagert, und ihre horizontale Ausdehnung ist etwa um die Hälfte kleiner geworden. Die Reduktion der bodennahen Windgeschwindigkeit im Lee der Polynja ist bedeutend geringer als im Anfangszustand.

## Eistransport im Weddellmeer

Volker Strass,  
Eberhard Fahrbach

### Eisecholote messen die Dicke des Eises das ganze Jahr über

Abb. 1: Schema einer Verankerung mit Eisecholot. Das Eisecholot soll sich etwa 150 Meter unter der Wasseroberfläche befinden, damit es nicht durch vorüberziehende Eisberge abgerissen wird. Auftriebskörper sorgen dafür, daß die Verankerung aufrecht im Wasser steht. Am Meeresboden wird die Verankerung durch ein schweres Grundgewicht gehalten. Das Grundgewicht ist mit der Verankerungsleine durch einen Auslöser verbunden. Wenn die Verankerung geborgen werden soll, sendet man ein kodiertes, akustisches Signal zum Auslöser, der sich daraufhin öffnet. Die Verankerung samt Meßinstrumenten und gesammelten Daten steigt zur Oberfläche und kann eingeholt werden.



Eisecholote ermöglichen es, die wechselnde Dicke des Meereises das ganze Jahr über zu messen: Die verankerten Eisecholote (Abb. 1) zeichnen bis zu zwei Jahre lang auf, wie sich die Eisdicke an einer Position verändert. Bisher konnte die Dicke des Meereises nur mit Bohrungen bestimmt werden. Das war außerdem nur im Polarsommer möglich, da die Polarmeere im Winter weitgehend unzugänglich sind.

Die Eisdicke ist neben dem Grad der Eisbedeckung die wichtigste Größe, um den Einfluß des Meereises auf die thermischen und dynamischen Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre zu beschreiben. Wieviel Prozent des Meeres mit Eis bedeckt sind, können Satelliten mittlerweile sehr genau messen. Das Eisecholot erweitert die Datenbasis erheblich, indem es die Eisdicke im Abstand von acht Minuten mißt. Es funktioniert im Prinzip wie ein Schiffsecholot, das einen Schallimpuls aussendet, der von Hindernissen reflektiert wird. Im Unterschied zum Schiffsecholot sendet das Eisecholot jedoch von unten nach oben (Abb. 1).

Der Schallimpuls wird entweder von der Eisunterseite oder von der Wasseroberfläche reflektiert. Da Eis das Signal schwächer reflektiert als offenes Wasser, läßt sich beides unterscheiden. Das Eisecholot mißt die Zeit zwischen dem Senden des Schall-

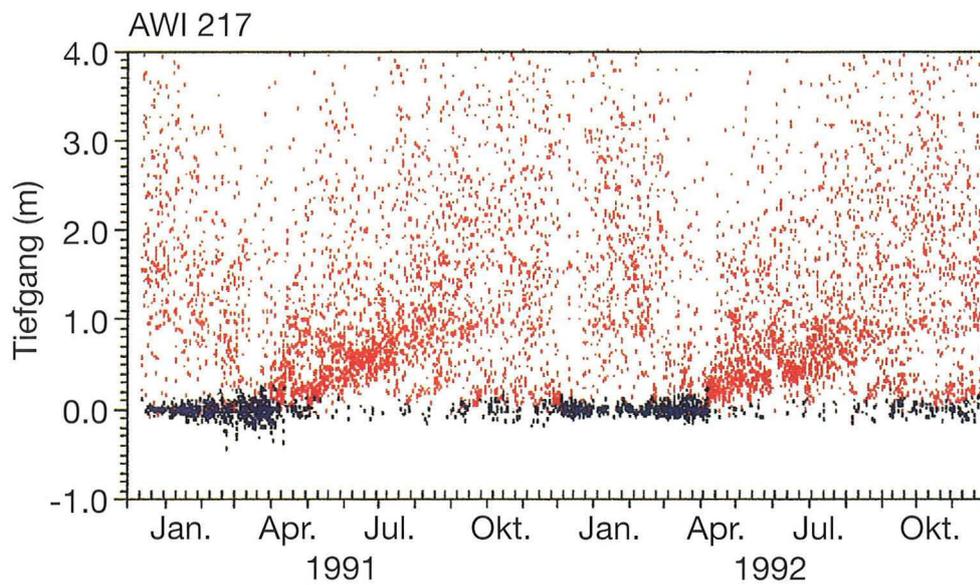


Abb. 2: Jahreszeiten im Weddellmeer: Die roten Punkte sind Meßwerte für den Tiefgang des Eises, die blauen Punkte stehen für eisfreies Wasser (wegen der Wellen streuen diese Werte um Null). Im antarktischen Sommer häufen sich die blauen Punkte, das Wasser ist oft frei von Eis. Im Winter wachsen die Eisdicken oft bis auf mehrere Meter an.

Sie lagen auf einer Linie zwischen der nördlichen Spitze der Antarktischen Halbinsel im Westen und Kap Norvegia im Osten, an der nördlichen Grenze des inneren Weddellmeers (Abb. 3). Die Daten lassen erkennen, daß das Meereis einen Jahreszyklus durchmacht, es gibt aber auch kurzfristige Veränderungen und regionale Unterschiede. Die Daten bilden die Grundlage, um den Transport von Eisvolumen im Weddellmeer und den horizontalen Fluß von Salz- und Süßwasser zu berechnen.

Im antarktischen Sommer, von Dezember bis März, ist das zentrale Weddellmeer im Schnitt zu zwei Fünfteln von Eis bedeckt, im Winter friert es oft komplett zu. Zu Beginn des Herbstes schließt sich die Eisdecke schnell durch die Bildung von Neueis von geringer Dicke. Bis zum Juli wächst es kontinuierlich weiter. Im antarktischen Winter, ab August etwa, treten vermehrt große Eisdicken auf. Wind und Strömung schieben die Eisschollen übereinander und deformieren sie, Preßeisrücken entstehen im dichten Packeis. Manchmal treiben Wind oder Strömung das Eis auseinander, so daß die Eisdecke für kurze Zeit aufreißt. Auf der offenen Wasserfläche bildet sich wieder Neueis. Solche Vorgänge wiederholen sich jeden Winter mehrmals.

Allerdings weist dieser Zyklus regionale Unterschiede zwischen den einzelnen Verankerungspositionen auf. Im zentralen Weddellmeer wächst das Eis weitgehend ungestört den gesamten Winter über gleichmäßig an. Deformationen treten hier kaum

impulses und der Rückkehr des Echos und bestimmt daraus die Entfernung. Die Tiefe des Eisecholots ist durch die Messung des Wasserdrucks bekannt, so daß sich der Tiefgang der Eisschollen berechnen läßt. Der Tiefgang einer Scholle zeigt die Gesamtdicke des Meereises recht genau an: Im Mittel ist es um 2 bis 3 Prozent dicker als der angezeigte Tiefgang.

Sechs Eisecholote haben die Eisdicken im Weddellmeer über mehrere Jahre aufgezeichnet.

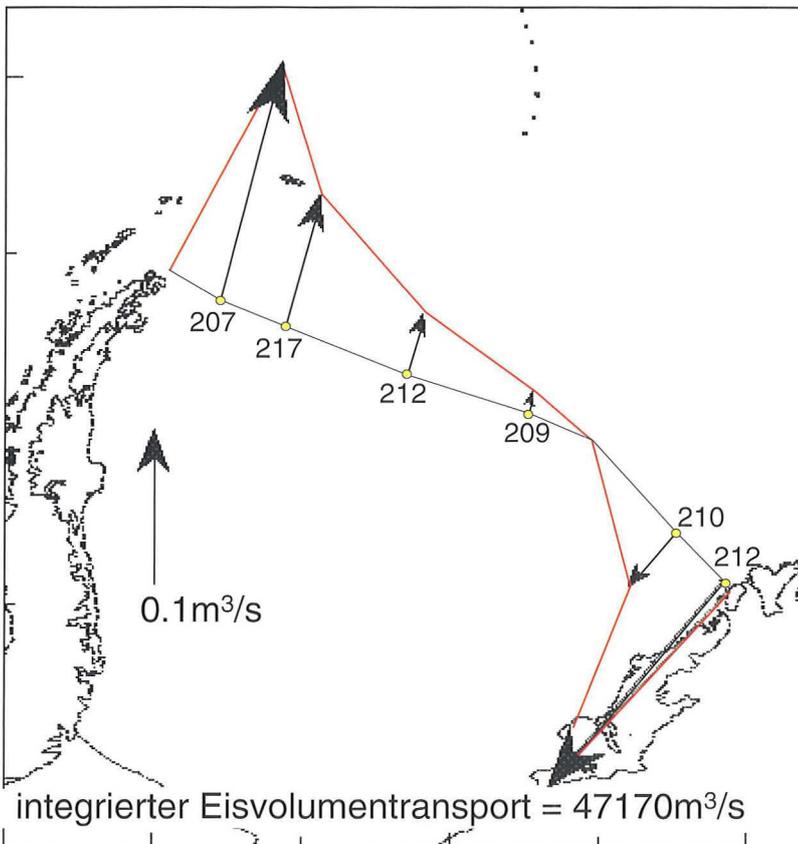


Abb. 3: Eisvolumentransport im Weddellmeer. Getrieben durch Wind und Meeresströmungen, fließen Wasser und Eis im Osten ins Weddellmeer ein und verlassen es im Westen wieder. Insgesamt strömt mehr Eis aus dem Weddellmeer hinaus als herein, weil es auf dem Weg durch das Weddellmeer dicker wird. Die numerierten Punkte kennzeichnen die Verankerungspositionen. Die Werte in Abbildung 2 stammen von der zweiten Verankerung im Westen.

auf. In der Nähe der Küsten hingegen spielen Wind und Meeresströmung eine größere Rolle. Hier entsteht durch den Wechsel von Aufreißen und Zusammenschieben der Eisdecke Eis sehr unterschiedlicher und auch besonders großer Dicke.

In den Eisdicken spiegelt sich zudem die großräumige Verfrachtung des Eises im Weddellmeer wider. Wind und Strömung des im Uhrzeigersinn drehenden Weddellwirbels sorgen für einen polwärts gerichteten Einstrom im Osten und einen nordwärtigen Ausstrom im Westen (Abb. 3). Während der Zirkulation im südlichen, polnächsten Teil des Weddellmeers wächst das Eis weiter an und verläßt es schließlich im Westen mit größerer Dicke. Insgesamt gibt das Weddellmeer Eis ab, im Schnitt ein Volumen von  $47.170 \text{ Kubikmeter pro Sekunde}$ .

## Die Meereisverteilung in einem gekoppelten Eis-Ozean-Modell des Südlichen Ozeans

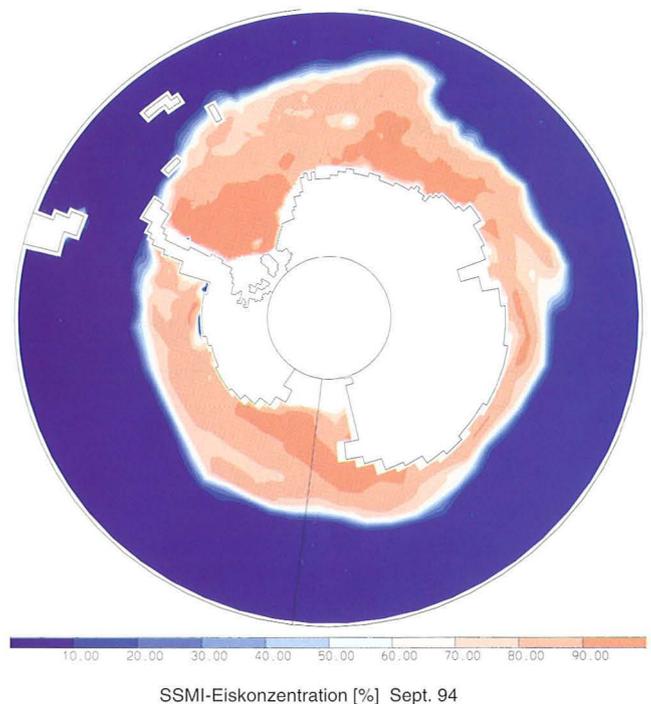
Ralph Timmermann,  
Aike Beckmann,  
Hartmut Hellmer

*Eine regionale Studie zur jahreszeitlichen Variabilität in hohen Breiten*

Meereis bedeckt im Wechsel der Jahreszeiten bis zu zwölf Prozent der Weltmeere. Sein Gefrieren und Schmelzen stellt eines der ausgeprägtesten Signale im jahreszeitlichen Zyklus des Klimasystems dar. Um die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Klimakomponenten besser verstehen zu lernen, wurde im Rahmen des BRIOS-Projektes (Bremerhaven Regional Ice Ocean Simulations) ein gekoppeltes Meereis-Ozean-Modell für das Südpolarmeer entwickelt.

Das Meereis wird hier durch ein dynamisch-thermodynamisches Modell mit viskos-plastischer Rheologie beschrieben, berücksichtigt also neben Wachstum und Schmelzen des Eises und der darauf liegenden Schneeschicht auch den Transport und die Verformung des Eises durch Windschub und Strömungen an der Meeresoberfläche. Das Ozeanmodell (SPEM) basiert auf den hydrostatischen Grundgleichungen und verwendet in der Vertikalen ein Koordinatensystem, das der Bodentopographie kontinuierlich folgt. Es berücksichtigt auch die Wärme- und

*Abb. 1: Beobachtete (links) und simulierte (rechts) Verteilung der Eiskonzentration im September 1994. Die beobachtete Eiskonzentration wurde aus Messungen eines passiven Mikrowellen-Radiometers abgeleitet und ist mit einem Fehler von etwa zehn Prozent behaftet. Die simulierte Eiskonzentration liegt etwas höher als die beobachtete, jedoch innerhalb der Fehlergrenzen des Radiometers. Die Lage der Eiskante wird jedoch recht genau wiedergegeben.*



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

Süßwasserflüsse an der Unterseite der Schelfeisgebiete.

Das gekoppelte Modell hat eine räumliche Auflösung zwischen 20 und 100 Kilometern. Es wird mit Daten aus dem am AWI erstellten Hydrographischen Atlas für den Südlichen Ozean initialisiert und mit Temperatur- und Windfeldern aus den Analysen des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersagen angetrieben.

Die Abbildung 1 zeigt die beobachtete und die simulierte Eiskonzentration (den Anteil der eisbedeckten Fläche an der Gesamtfläche) zum Zeitpunkt der maximalen Eisausdehnung des Jahres 1994. Der antarktische Kontinent ist vollständig von einer kompakten Eisdecke umschlossen. Nach Norden hin wird die Eisausdehnung durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom begrenzt, der auch im Winter Temperaturen weit über dem Gefrierpunkt aufweist. Sein Verlauf bestimmt die Lage der Eiskante im Winter.

Die Bedeutung des horizontalen und vertikalen Wärmetransports im Ozean wird auch im Einfluß des westwärts um den Antarktischen Kontinent fließenden Küsten-

stroms erkennbar. In der winterlichen Eisdickenverteilung auf einem Schnitt zwischen der Antarktischen Halbinsel und Kap Norvegia (Abb. 2) fällt die nach Osten hin abnehmende Eisdicke auf. Hier tritt der mit 0,8 Grad Celsius relativ warme Kern des westwärts gerichteten Küstenstroms in das Weddellmeer ein.

Durch Vermischungsprozesse als Folge des Salzeintrags bei der Eisbildung kann der tiefe Ozean hier relativ große Wärmemengen an die ozeanische Deckschicht liefern, so daß die Eisbildung trotz niedriger Lufttemperaturen verzö-

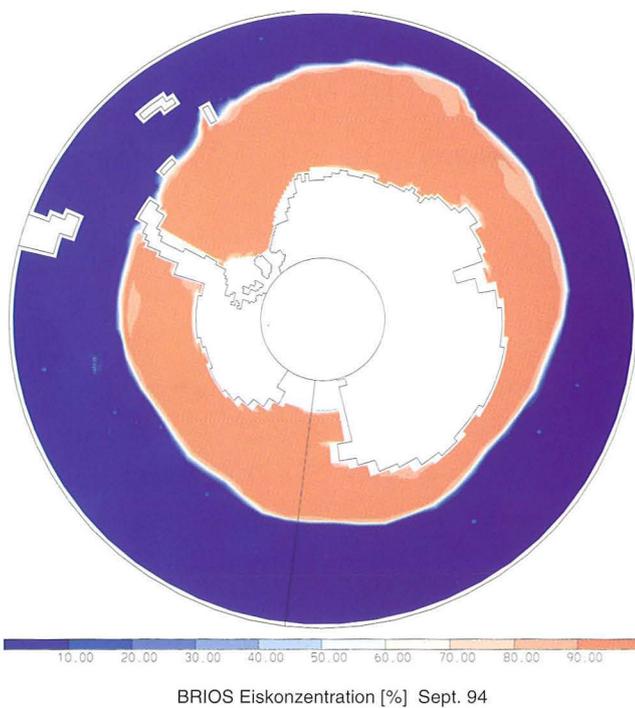
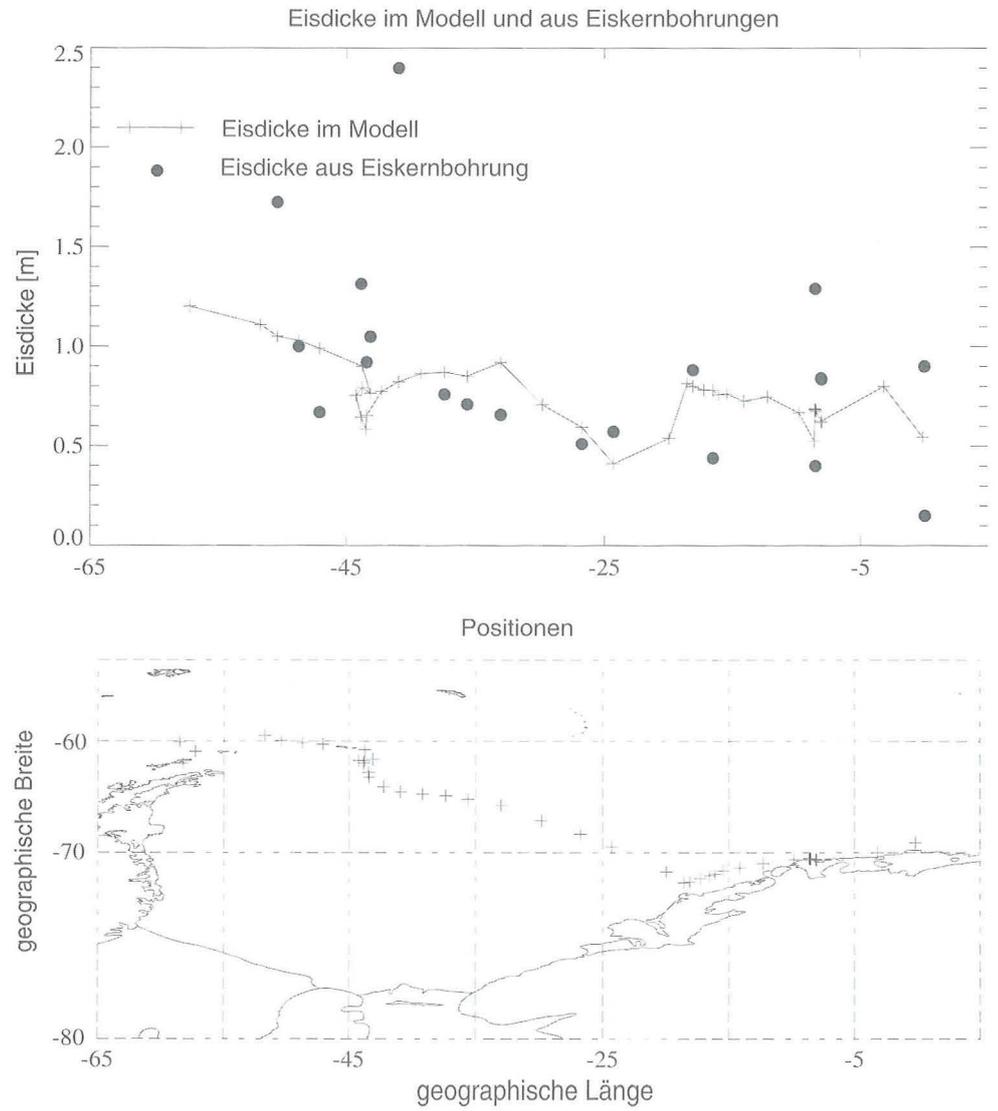


Abb. 2: Simulierte Eisdicke zwischen Kap Norvegia und der Antarktischen Halbinsel im Vergleich zu Meßwerten aus der „Winter Weddell Gyre Study“ im Juni und Juli 1992.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

---

gert wird. Während des Transports des Meereises durch das Weddellmeer wächst seine Dicke durch weiteres Gefrieren und durch Deformation, so daß die Eisdicke an der Antarktischen Halbinsel, wo das Meereis das Weddellmeer verläßt, deutlich angewachsen ist.

Im Frühjahr und Sommer beschleunigt der relativ warme Küstenstrom das Abschmelzen der Eisdecke. Es bilden sich ausgedehnte Flächen offenen Wassers, die das einfallende Sonnenlicht wesentlich stärker absorbieren als das Eis. Auf diese Weise wird der Energieeintrag in die ozeanische Deckschicht weiter erhöht. Das so entstehende relativ warme Oberflächenwasser wird mit dem Weddellwirbel auch in Regionen mit kompakter Eisdecke transportiert und beschleunigt dort den Schmelzvorgang. Durch die realistischere Beschreibung der Wärme Flüsse im gekoppelten Modell wird gegenüber dem isoliert betriebenen Meereismodell eine wesentlich bessere Wiedergabe der gemessenen Eisdicken erreicht.

Im weiteren Verlauf des Projektes soll das Modell genutzt werden, um den Einfluß topographischer Effekte auf die Meereisverteilung und die ozeanische Zirkulation im Südpolarmeer zu untersuchen und zu quantifizieren. In der Umgebung von Maud Rise, einer rund 2.000 Meter hohen Erhebung des Meeresbodens nördlich der Neumayer-Station, kommt es durch Um- und Überströmen der Topographie zu einem Aufquellen wärmerer Wassermassen aus mittleren Tiefen. Dadurch wird die Stabilität der Wassersäule reduziert, tiefe Konvektion und veränderte Wärme Flüsse sind die Folgen. In den Jahren 1974 bis 1976 bildete sich in dieser Region eine 300.000 Quadratkilometer große Polynja - möglicherweise durch den direkten Einfluß von Maud Rise. Wie sich diese Erhebung tatsächlich auswirkt, soll in detaillierten Rechnungen mit dem BRIOS-Modell geklärt werden. Weitere Untersuchungen werden sich auf die Rolle der Schelfeisgebiete im Gesamtsystem des Südlichen Ozeans und auf Fragen zur zwischenjährlichen Variabilität konzentrieren.

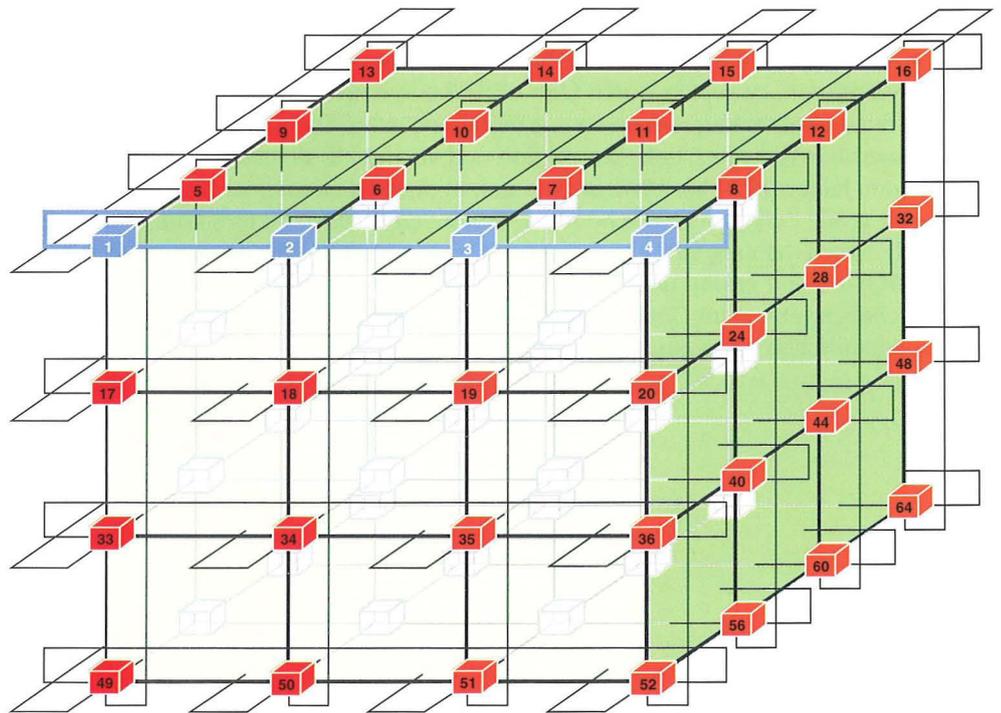
## Hochleistungscomputer am AWI

Wolfgang Hiller,  
Natalja Rakowsky und Aike  
Beckmann

### Parallelrechner unterstützen die Modellierer

Mit der Installation der CRAY T3E im November 1996 steht dem AWI einer der hundert schnellsten Rechner weltweit zur Verfügung. Der Parallelrechner CRAY T3E des AWI verfügt zur Zeit über 56 Prozessoren, jeder von der Leistungsfähigkeit einer schnellen Workstation. Die Zahl der Prozessoren kann bei diesem Rechnertyp fast beliebig aufgestockt werden, tausend und mehr Prozessoren sind möglich. Ihre Verbindung untereinander stellt einen dreidimensionalen Torus dar (Abb. 1). So ist die Verbindung von einem Prozessor zu jedem anderen kurz, die Kommunikation sehr schnell. Indem man viele Prozessoren gemeinsam an einem Problem rechnen läßt,

Abb. 1: Schematische Darstellung der Verbindungen von 64 T3E-Prozessoren im dreidimensionalen Torus, d.h. in jeder Raumrichtung sind je vier Prozessoren ringförmig verbunden, so daß jeder Prozessor sechs direkte Nachbarn hat. Zum Beispiel ist Prozessor 1 mit den Prozessoren 2, 4, 5, 13, 17 und 49 direkt verbunden.



## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

kann man Rechengeschwindigkeiten erzielen, die mit klassischen Ein-Prozessor-Rechnern nicht zu erreichen sind. Das macht die Parallelrechner unverzichtbar für die Lösung komplexer Modelle wie des Eis-Ozean-Modell BRIOS. (Siehe „Die Meereisverteilung in einem gekoppelten Eis-Ozean-Modell des Südlichen Ozeans“ in diesem Kapitel)

Mit BRIOS wird die Meereisverteilung und die Ozeanzirkulation in der Antarktis modelliert, wobei der weitaus größte Teil der Rechenarbeit im Ozeanmodell steckt, denn das Meereis verändert sich viel langsamer als der Ozean. In Zeitschritten von neun Minuten werden die Werte von Strömungsgeschwindigkeit, Druck, Temperatur und weiteren Variablen im Ozean neu berechnet. Es genügt, alle 40 Ozeanzeitschritte die Eisbedeckung neu zu berechnen. Insgesamt werden bei einem Simulationslauf zehn Modelljahre gerechnet, also ungefähr eine halbe Million Ozeanzeitschritte. Das Ozeanmodell ist daher eine geeignete Aufgabe für die CRAY T3E.

Das Modell berechnet die Strömungen im gesamten Südpolarmeer, wobei die Prozesse im Weddellmeer von besonderem Interesse sind. Das Gitter, das den Ozean beschreibt, löst deswegen das Weddellmeer feiner auf als den Antarktischen Zirkumpolarstrom (Abb. 2). Damit die Eigenschaften der Cray T3E optimal ausgenutzt werden können, muß das Programm parallelisiert werden. Das heißt, daß jeder Prozessor eine eigene Aufgabe erhält, wobei er möglichst wenig Daten von den anderen Prozessoren benötigen soll. Bei den meisten Rechnungen von BRIOS ist das gut machbar: Das Modellgebiet wird in mehrere Streifen aufgeteilt

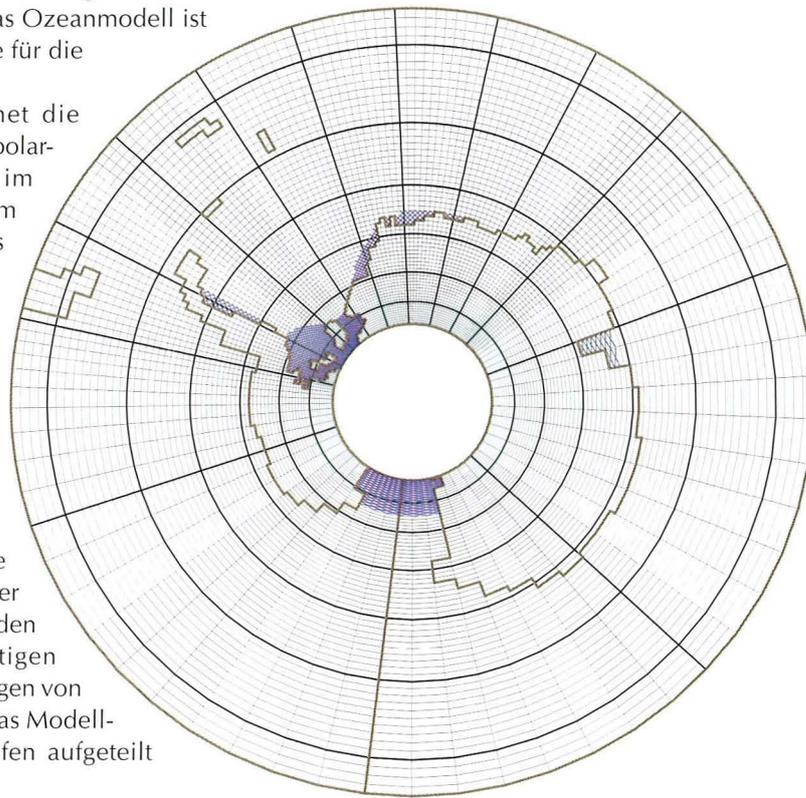


Abb. 2: Die oberste Schicht des dreidimensionalen BRIOS-Modellgitters für die Antarktis. Das Schelfeis ist blau markiert. Das Weddellmeer wird von dem Gitter besonders fein aufgelöst.

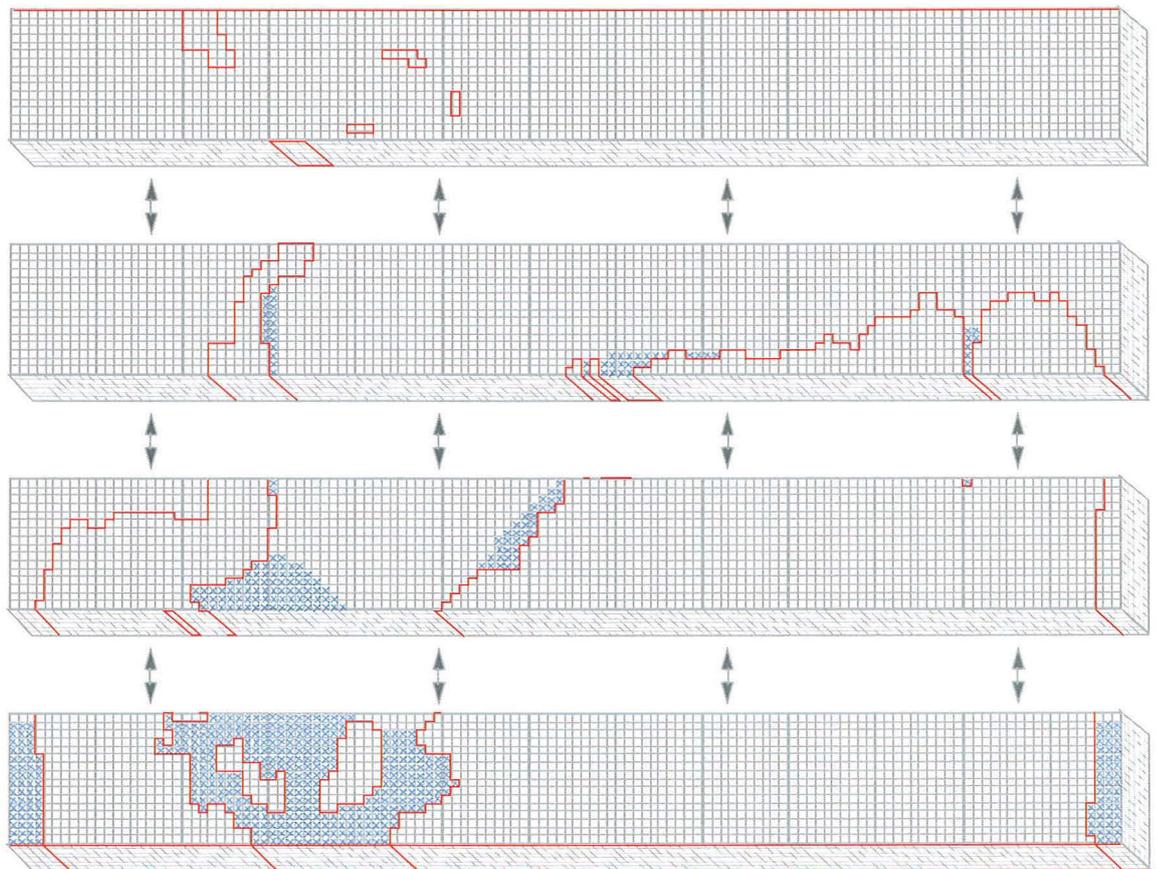


Abb. 3: Auf ein Rechteck projiziertes und auf vier Prozessoren verteiltes Modellgitter (vgl. Abb. 1). Jeder Prozessor rechnet mit den Daten zu einer Scheibe des Gitters. Die Pfeile deuten den notwendigen Datenaustausch zwischen den Prozessoren an.

## 2. Ausgewählte Forschungsthemen

(Abb. 3), die auf die Prozessoren verteilt werden. Jeder Prozessor kommt fast vollständig mit den Daten aus, die er selbst berechnet.

Um zum Beispiel die Dichte an einem Gitterpunkt zu bestimmen, braucht man Temperatur, Salzgehalt und weitere Werte an den Nachbarpunkten – was zur gleichen Zeit weiter weg passiert, spielt eine untergeordnete Rolle. Lediglich an den Grenzen zwischen den Streifen müssen die Prozessoren Daten austauschen. Bei Systemen mit verteiltem Speicher wie der CRAY T3E kann kein Prozessor den Speicher der anderen ‚sehen‘, so daß sie einander die aktualisierten Daten explizit mitteilen müssen.

Ein guter Parallelrechner wie die CRAY T3E zeichnet sich dadurch aus, daß der Datenaustausch selbst sehr schnell ausgeführt wird. Der Zeitverlust bei der Kommunikation kommt vor allem dadurch zustande, daß die Prozessoren aufeinander warten müssen. Bis der letzte seine Aufgabe beendet und sein Ergebnis verschickt hat, können die anderen Prozessoren nicht weiter rechnen. Ein wichtiger Punkt bei der Parallelisierung eines Programms ist es daher, die Aufgaben gleichmäßig zu verteilen. Die Rechenzeiten für eine BRIOS-Version mit einem Gitter von 193x129 Punkten waagrecht und 14 Schichten senkrecht für einen Zeitschritt des Ozeanmodells:

Anzahl der Prozessoren	Rechenzeit pro Zeitschritt	Rechenzeit für 10 Modelljahre
2	3,38 s	23 Tage
4	1,78 s	12 Tage
8	0,98 s	6,5 Tage
16	0,64 s	4,5 Tage

Das Ozeanmodell braucht mindestens zwei der 56 T3E-Prozessoren, denn es benötigt mehr Platz als die 128 MegaByte Hauptspeicher eines Prozessors. Der größte Teil des Programms ist sehr effizient parallelisiert worden. Eine Arbeitsgruppe im Rechenzentrum arbeitet daran, verbesserte numerische Algorithmen einzusetzen, um die Rechenzeit des Gesamtmodells noch weiter zu reduzieren.

Es ist geplant, mit bis zu dreifacher horizontaler Auflösung und 30 Schichten zu rechnen. Der Zeitschritt muß dafür um den Faktor drei kleiner werden. Für denselben Modellzeitraum sind dann 50 mal mehr Rechenoperationen nötig. Auch wegen des enormen Speicherbedarfs kann ein solches Modell nur auf einem Parallelrechner realisiert werden.

## 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

### 3.1 Physikalische Prozesse im System Ozean – Atmosphäre

#### 3.1.1 Übersicht

Die allgemeine Zirkulation und der thermodynamische bzw. thermohaline Zustand der Atmosphäre und des Ozeans hängen von vielfältigen Prozessen ab, deren Raum- und Zeitskalen ein breites Spektrum überdecken. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei der Tatbestand, daß die unterschiedlichen Vorgänge sowohl innerhalb eines jeden Mediums als auch zwischen den beiden Fluiden dynamisch, thermisch oder durch Stofftransporte gekoppelt sind. Da die meisten dieser Strukturen kleiner sind als die Gitterzellen der numerischen Modelle des Ozeans, der Atmosphäre und des Klimas, müssen ihre Wirkungen dort durch Näherungsformeln dargestellt werden, die überwiegend empirisch zu bestimmende Parameter enthalten.

Demgemäß ergeben sich vorrangig zwei Aufgaben, die vornehmlich durch Feldmessungen, aber auch durch ergänzende Prozeßsimulationen zu lösen sind:

- die meßtechnische Erfassung und mathematische Darstellung der die Zirkulation steuernden Prozesse im Ozean (einschließlich Meereis) und in der Atmosphäre und
- die Beobachtung des Zustandes und der Bewegungsabläufe in Ozean und Atmosphäre unter Abdeckung eines breiten Fensters zeitlicher Variationen.

Um diese Ziele zu verfolgen, wurden Meßkampagnen mit Schiffen, Flugzeugen und Hubschraubern in arktischen und antarktischen Meeresgebieten und Langzeitmessungen an den Polarstationen Koldewey (Spitzbergen) und Neumayer (Antarktis) durchgeführt. Außerdem wurden Experimente mit hochauflösenden Rechenmodellen vorgenommen, um die den Impuls-, Energie- und Stoffaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean sowie die Entwicklung und den Transport des Meereises kontrollierenden Mechanismen aufzuklären und ihre Wirkung zu quantifizieren. Schließlich lieferten diese Studien auch Ansätze zur Beschreibung der subskaligen Prozesse in grobmaschigeren Zirkulations- und Klimamodellen.

Die Meßkampagnen wurden wegen ihres logistischen, personellen und finanziellen Umfangs fast ausschließlich in Kooperation mit anderen Forschungsgruppen, überwiegend im Rahmen nationaler und internationaler Verbundprogramme durchgeführt.

Wie schon früher, wurden Untersuchungen in beiden Polarregionen vorgenommen, wobei 1996 und 1997 die Arbeiten in der Arktis bezüglich des Ozeans leicht

und hinsichtlich der Atmosphäre deutlich überwogen. Die ozeanischen Untersuchungen wurden hauptsächlich von der „Polarstern“, aber auch mit Hilfe der norwegischen Forschungsschiffe „Lance“ und „Polar Queen“ durchgeführt.

Wesentliche Charakteristika der dynamischen und thermischen Kopplung zwischen der Atmosphäre und dem Meereis konnten durch spezielle Messungen, vor allem aber durch Experimente mit einem vollständig gekoppelten Atmosphären-Meereismodell aufgeklärt werden.

Folgende in den Jahren 1996/97 erzielten Ergebnisse sind nennenswert:

#### **Ozean**

- Die 1989 begonnene systematische Erfassung der Wassermassenmodifikation im südlichen Weddellmeer sowie der Wärme- und Salztransporte im Weddellwirbel er-

#### **3.1.2 Ergebnisse**

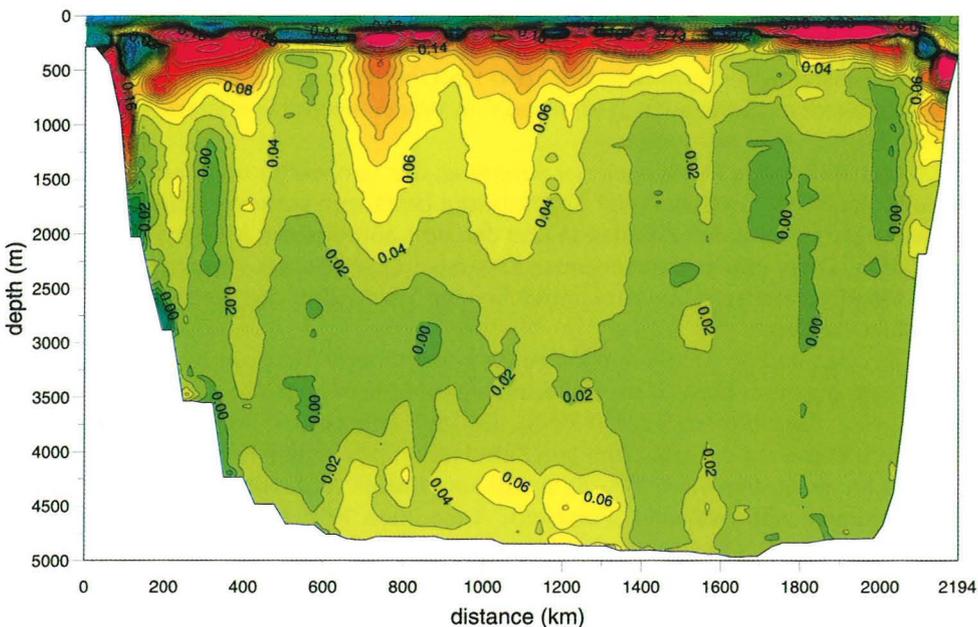


Abb. 1: Die Vertikalverteilung der Temperaturdifferenz zwischen den Jahren 1996 und 1990 auf einer Schnittlinie durch den Weddellwirbel zwischen dem Kap Norwegia und der Antarktischen Halbinsel

gibt neben den früher erläuterten Abschätzungen der Boden- und Tiefenwassererneuerung eine markante, seit nahezu zehn Jahren anhaltende Erwärmung des gesamten Wasserkörpers im südlichen Weddellmeer (Abb. 1). Der Temperaturanstieg ist im

Bereich des warmen Tiefenwassers zwischen 100 und 1.000 m Tiefe besonders ausgeprägt, aber auch im Bodenwasser noch deutlich erkennbar.

● Hydrographische Schnitte im Einstrombereich des östlichen Weddellmeeres stützen die Annahme, daß die verstärkte Zufuhr warmen Wassers in den Weddellwirbel aus dem Antarktischen Zirkumpolarstrom auf einer erhöhten Wirbelaktivität an der die beiden Zirkulationssysteme abgrenzenden Front beruht. Zur vollständigen Aufklärung der Prozeßkette werden zur Zeit Modelluntersuchungen vorbereitet. Ferner sollen die im Rahmen des World Ocean Circulation Experiment (WOCE) begonnenen Beobachtungen als Beitrag zur Climate Variability and Prediction (CLIVAR) Studie des Weltklimaforschungsprogramms über eine weitere Dekade fortgeführt werden.

● Die Auswertung der auf der Schnittlinie von Kap Norwegia zur Spitze der Antarktischen Halbinsel von 1990 bis 1994 verankerten Eisecholote konnte inzwischen abgeschlossen werden. Die Daten liefern detaillierte Aufschlüsse zur regionalen Verteilung und zeitlichen Variation der Meereisdicke über dem gesamten Weddellwirbel. Aus den anhand von Driftbojen bestimmten Bewegungsfeldern und den Eisdicken können die Volumentransporte des Eises berechnet und zur Überprüfung von Meereismodellen verwandt werden. (Siehe auch „Eistransport im Weddellmeer“ von Strass, Fahrbach in Kapitel 2)

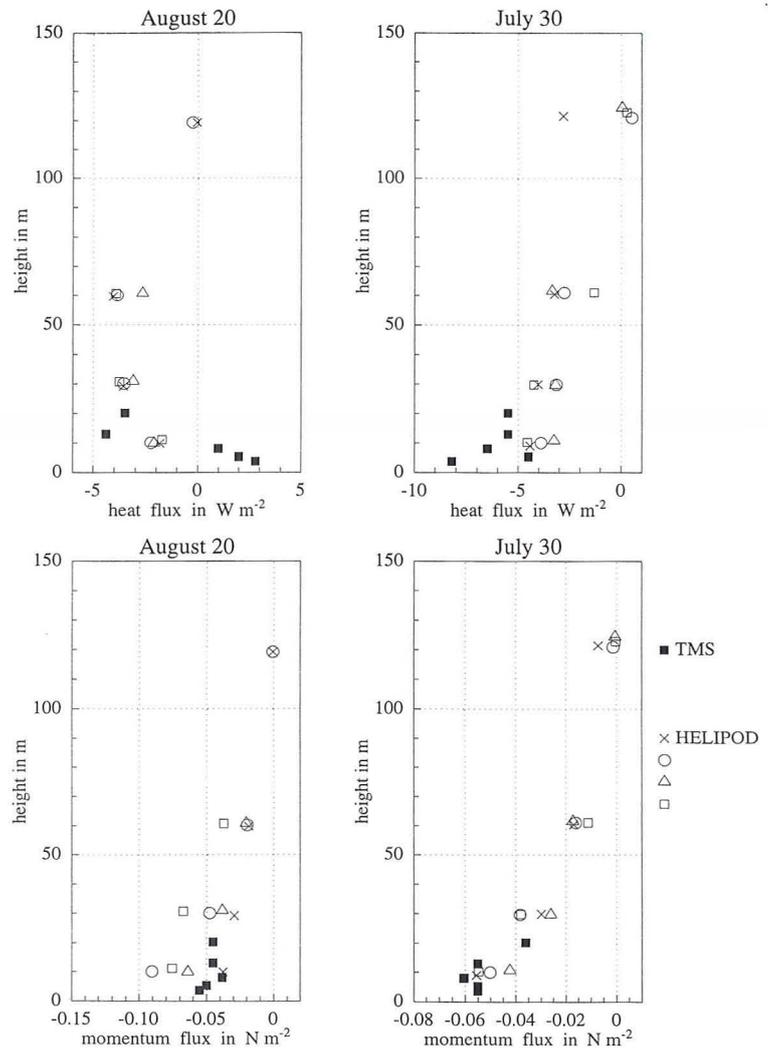
● Hochauflösende Messungen der Strömung, der Temperatur und des Salzgehalts sowie biologischer Größen an der Antarktisfront bestätigen vermutete Zusammenhänge zwischen der frontalen Zirkulation und den dort auftretenden Mustern der Primärproduktion. Diese erfolversprechenden Untersuchungen sollen – ergänzt um numerische Modellrechnungen - bis zum hinreichenden Verständnis der Vorgänge an Fronten fortgesetzt werden.

● Die ozeanischen Arbeiten in der Arktis konzentrieren sich zum einen auf umfassende Messungen im Bereich der Framstraße innerhalb des EU-Projektes „Variations of Exchanges in the Northern Seas“ (VEINS), die 1997 begonnen wurden, und zum anderen auf die Erfassung der großräumigen Zirkulation im Nordpolarmeer als Beitrag zur „Arctic Climate System Study“ (ACSYS) und zum BMBF-Verbundprojekt ARKTIEF. Die Beobachtungen während einer „Polarstern“-Expedition 1996 ergeben ein detailliertes Bild des ozeanischen Bewegungsfeldes im eurasischen Teil des Nordpolarmeeres und bestätigen den vor einigen Jahren gefundenen Temperaturanstieg in der oberen Wassersäule. Damit erhärtet sich die Vermutung, daß seit mindestens einem Jahrzehnt warmes, salzreiches Atlantikwasser in das Nordpolarmeer strömt und dort den thermohalinen Zustand des Wassers nachhaltig verändert. Über die Konsequenzen dieses Vorgangs gibt es unterschiedliche Vermutungen, die noch durch Modellrechnungen abgeklärt werden müssen.

3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

- Unsere Beteiligung an den internationalen antarktischen und arktischen Driftbojenprogrammen wird weiter aufrechterhalten. Diese Messungen tragen zum einen signifikant zur Verbesserung der atmosphärischen Felder bei, die ständig im Europäischen Zentrum für Mittelfristvorhersage abgeleitet und von vielen Gruppen für Modellrechnungen genutzt werden. Zum anderen konnten die Daten im Weddellmeer zur Überprüfung der thermischen Antriebsfunktionen des Meereises genutzt werden. Dabei ergibt sich, daß die in den derzeitigen Zirkulationsmodellen berechneten bodennahen Lufttemperaturen und Eisoberflächentemperaturen beträchtlich von den gemessenen Werten abweichen. Demzufolge ist auch die Berechnung des Wärmeaustausches zwischen Wasser und Luft und damit die Meereisentwicklung im Modell unrealistisch. Durchgreifende Verbesserungen erfordern eine markante Verfeinerung der atmosphärischen Grenzschichtdarstellung in den Zirkulationsmodellen.
- Während der „Polarstern“-Expedition 1996 in das Nordpolarmeer konnten mit einem Turbulenzmeßsystem am Bugkran des Schiffes und mit einer unter dem Hubschrauber angebrachten Sonde zuverlässige und für bestimmte Eisverhältnisse repräsentative Vertikalprofile der turbulenten Impuls- und Wärmetransporte ge-

Abb. 2: Vertikalprofile der vertikalen turbulenten Wärme- (oben) und Impulsflüsse (unten) über dem eisbedeckten Nordpolarmeer am 30.7. und 20.8.1996. Hubschraubermessungen: offene Symbole, Schiffsmessungen: gefüllte Quadrate



messen werden (Abb. 2). Außerdem wurde die Überströmung eines Eisrückens und seine Auswirkung auf die Impulsübertragung von der Luft auf die Meeresoberfläche quantitativ vermessen und formal beschrieben.

● Experimente mit einem gekoppelten Atmosphären-Meereismodell liefern realistische Darstellungen der Meereisbedeckung in der Eisrandzone bei ab- und aufeisigen Luftströmungen. Ferner lassen sich die Wirkung einer offenen Wasserfläche (Polynja) auf das bodennahe Wind- und Temperaturfeld und die Entwicklung der Polynja bei vorgegebenem atmosphärischen Antrieb simulieren. Allerdings fehlen hier noch passende Messungen zum Überprüfen der Rechenergebnisse. (Siehe auch „Offene Wasserflächen beeinflussen die Windverhältnisse über den Polarmeeren“ von Birnbaum in Kapitel 2)

## 3.2 Modellierung von Prozessen und Zirkulationssystemen im Ozean

### **Globale Stoffkreisläufe**

Zur quantitativen Abschätzung von biologischen und physikalischen Prozessen bei der Kohlenstoffaufnahme des Ozeans wurde ein globales, vertikal hoch auflösendes Modell (ATOM - AWI Tracer Ocean Model) entwickelt. Zum Testen des physikalischen Modells wurden Experimente zur Aufnahme von Chlorkohlenwasserstoffen (CFCs) durchgeführt. Um verschiedene numerische Darstellungen und Parametrisierungen kleinskaliger physikalischer Prozesse zu bewerten, wurden Resultate des Modellvergleichsprojekts OMIP herangezogen. Wie in vielen anderen horizontal grob auflösenden Modellen, ist die Überströmung von topographischen Hindernissen ein Problem. Abhilfe wird von der hohen und gleichförmigen vertikalen Auflösung des Modells in Verbindung mit einer speziellen Parametrisierung der Bodenrandsschicht erwartet.

### 3.2.1 Gekoppelte Modelle Ozean-Atmosphäre-Eis

Simulationen mit einem gekoppelten globalen Ozeanmodell und einem Energiebilanzmodell der Atmosphäre für heutige Verhältnisse und das letzte glaziale Maximum (LGM) zeigen eine enge Beziehung zwischen den Bildungsraten von NADW und AABW. Es wurden zwei Moden der ozeanischen Zirkulation identifiziert, die sich durch den Süßwasserfluß an der Meeresoberfläche im Nordatlantik unterscheiden. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten waren keine mehrfachen Gleichgewichte der Zirkulation zu einem Oberflächenfluß zu finden. Der für den Umschlag zwischen den Moden kritische Süßwasserfluß im Nordatlantik wird nur unter glazialen Bedingungen realisiert. Der Wechsel zwischen den beiden Moden der ozeanischen Zirkulation ist eine mögliche Ursache für die größere klimatische Variabilität der Eiszeiten im Vergleich zu heutigen Verhältnissen. Die Arbeiten mit Boxmodellen und idealisierten dreidimensionalen Modellen deuten auf erhöhte atmosphärische Wärmetransporte und eine schwächere ozeanische Umwälzbewegung als zusätzliche destabilisierende Elemente des eiszeitlichen Klimasystems.

### **Globale Moden der ozeanischen Variabilität**

Für weiterführende Arbeiten auf dem Gebiet langfristiger Klimaveränderlichkeit müssen gekoppelte Ozean-Meereis-Atmosphäre-Modelle eingesetzt werden. Um die wesentlichen Rückkopplungseffekte zu berücksichtigen, reichen relativ einfache Atmosphärenmodelle aus, die längere Integrationsperioden des Gesamtsystems möglich machen. Für derartige Fragestellungen wurde, ausgehend von früheren, noch eindimensionalen Versionen, ein Energiebilanzmodell (EBM) der Atmosphäre entwickelt. Im Gegensatz zu vielen sonst eingesetzten EBMs ist hier eine Feuchtebilanz enthalten,

und Niederschläge werden berechnet. Das Modell wird durch ein Schema für den kontinentalen Abfluß vervollständigt. Dieses Modell wird jetzt mit grob auflösenden Versionen des globalen Modells gekoppelt.

**Nordpolarmeer  
und Nordatlantik**

Die Untersuchungen zur Auswirkung von Meereisanomalien auf die Nordatlantische Zirkulation haben ergeben, daß die mittleren Oberflächenbedingungen eine große Rolle spielen und die vorhandenen klimatologischen Datensätze in Schlüsselregionen der ozeanischen Zirkulation nicht genau sind. Insbesondere geben diese Datensätze die Verhältnisse im Ostgrönlandstrom unzureichend wieder. Die Korrektur der Oberflächendaten anhand beobachteter Eisverteilungen ergab einen weiter nach Süden reichenden Eistransport und erhöhte Schichtung im Ostgrönlandstrom. Beide Effekte tragen zu einer größeren Aufenthaltsdauer von Süßwasseranomalien an der Oberfläche und stärkeren Auswirkungen auf die Tiefenwasserbildung in der Labradorsee bei. Dennoch ist der Einfluß von Meereisanomalien nicht so groß wie vielfach (aufgrund der Beobachtungen während der Großen Salzgehaltsanomalie) vermutet.

Die Defizite des Modells wegen der mangelhaften Darstellung topographischer Strukturen wurden durch eine horizontal und vertikal wesentlich höher auflösende Variante des Modells reduziert. Wegen des hohen Rechenzeitbedarfs ist das Modell auf den Bereich nördlich von 50 Grad N beschränkt. Mit diesem Modell wurden zahlreiche kurze Sensitivitätsexperimente zur Parametrisierung kleinskaliger Prozesse durchgeführt. Es ist die Ausgangsbasis für gekoppelte Ozean-Meereis Experimente im Rahmen des EU-VEINS Programms und des SFB 512 „Tiefdruckgebiete und Klima des Nordatlantiks“ der Universität Hamburg. Die Kopplung mit regionalen Atmosphärenmodellen ist vorgesehen.

Zur weiteren Klärung des Einflusses polarer Prozesse auf die großräumige ozeanische Zirkulation wurde in Zusammenarbeit mit dem IfM Kiel ein regionales Modell der Mittelatlantischen Bucht erstellt, um den Einfluß verschieden starken Einstroms von salzarmem und kaltem Wasser nördlich des Golfstroms auf die Süßwasserbilanz der Region zu untersuchen. Erhöhter Einstrom bedingt die Verlagerung des Golfstroms nach Süden. Die südlichere Position verhindert Süßwassereintrag über die Restoringbedingung an der Oberfläche. Der Salzgehalt im Golfstrom wird durch wirbelbedingten Austausch mit dem nördlich angrenzenden salzarmen Wasser geringer. Dieser Effekt ist aber schwächer als die Oberflächenanpassung, und insgesamt resultiert ein salzreicherer Kern des Golfstroms am östlichen Rand des Modellgebiets.

Der Salztransport des Golfstroms und des Nordatlantischen Stroms ist eine wichtige Vorbedingung für tiefe Konvektion im nördlichen Nordatlantik. Daneben spielt der nordwärtige Transport von Mittelmeerwasser am Ostrand des Atlantiks eine Rolle für

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

die Tiefenwasserbildung. In Ergänzung früherer Rechnungen zu verschiedenen Ausbreitungsmechanismen von Mittelmeerwasser in idealisierten Modellkonfigurationen wurden Experimente mit unterschiedlich starkem Austausch zwischen Atlantik und Mittelmeer durchgeführt.

Die Entwicklung von BRIOS (Bremerhaven Regional Ice Ocean Simulations) wurde 1996/97 zweigleisig vorangetrieben. Die gröber auflösende (20–100 km) und damit weniger rechenzeitintensive Version wird sowohl zu Testzwecken als auch zur Kopplung mit dem dynamisch/thermodynamischen Meereismodell von Hibler/Lemke verwendet. Die Ergebnisse aus den gekoppelten Läufen zeigen gute Übereinstimmungen sowohl mit den aus zirkumpolaren Satellitenbeobachtungen (SSM/I) stammenden saisonalen Meereiskonzentrationen als auch mit den aus winterlichen Messungen im Weddellmeer resultierenden Meereisdickenverteilungen. Die im Bereich des zentralen Weddellmeeres höher auflösende Version (~20 km) dient sowohl der Studie der Prozesse in den Schelfeisregionen wie auch der Formation und Ausbreitung des im Weddellmeer gebildeten Tiefen- und Bodenwassers. (Siehe auch „Die Meereisverteilung in einem gekoppelten Eis-Ozean-Modell des Südlichen Ozeans“ von Timmermann, Beckmann, Hellmer und „Hochleistungscomputer am AWI“ von Hiller, Rakowsky, Beckmann in Kapitel 2).

### ***Entwicklung eines numerischen Zirkulationsmodells für das Weddellmeer***

Ein weiterer Schwerpunkt der Modellierung im Südlichen Ozean lag auf der Wechselwirkung zwischen Schelfeis und angrenzendem Ozean. Die Erweiterung eines dreidimensionalen Ozeanmodells für die Zirkulation unter Schelfeis auf den angrenzenden Kontinentschelf konnte zeigen, daß die Schelfeiskante eine Barriere für den freien Wassermassenaustausch zwischen diesen Regionen darstellt. Prinzipstudien für verschiedene idealisierte Topographien ergaben, daß die in der Natur vorzufindende Verringerung der Wassersäulenmächtigkeit von teilweise bis zu 75 % entlang der Schelfeiskante zu einer Ablenkung des barotropen Transportes in einen kantenparallelen Strom führt und damit die Ventilation der Schelfeiskaverne drastisch verringert. Nur in Gebieten, in denen tiefe Gräben bis unter das Schelfeis reichen, können Wassermassen aus dem offenen Ozean bis tief in die Schelfeiskaverne vordringen. Dies ist insbesondere für das Filchner-Ronne-Schelfeis von großer Bedeutung. Die weitgehend geostrophische Strömung folgt den Linien gleicher Wassersäulenmächtigkeit. Horizontale und vertikale Eispumpen bestimmen die Verteilung von Schmelz- und Anfriergebiet.

### ***Schelfeis***

In einem Gemeinschaftsprojekt mit dem Antarctic Cooperative Research Center der Universität von Tasmanien, Australien, wird das Modell auch erstmalig auf das

Amery-Schelfeis angewendet. Erste Ergebnisse bestätigen die Existenz eines mächtigen marinen Eiskörpers an der Unterseite des Schelfeises und geben Einblicke in das bislang unbekannte Zirkulationsregime.

### 3.2.2 Nutzung von Daten in Modellen

Die heute verfügbaren prognostischen Modelle der Meeresströmungen ergeben zwar ein qualitativ korrektes Abbild der Strömungs- und Schichtungsverhältnisse des Weltmeeres, viele wichtige Eigenschaften und Details werden aber nicht richtig wiedergegeben. Herausragende Beispiele sind die Darstellung intensiver Stromsysteme (wie des Antarktischen Zirkumpolarstromsystems) und die genaue Tiefenstruktur der thermohalinen Schichtung. Bei zu grober Auflösung, wie sie heute immer noch durch Einschränkung der Rechnerleistung vorliegt, werden die räumlichen Skalen der Stromsysteme (z.B. Breite des ACC) weit überschätzt und vielfach die Massentransporte der Strömungen unterschätzt.

Inversmodelle sind entwickelt worden, um Beobachtungen von ozeanischen Variablen direkt mit dynamischen Grundlagen der Zirkulation zu verbinden. Mit verschiedenen Verfahren (z.B. lineare Programmierung, quadratische Minimierung) werden die Datensätze zu einem einheitlichen Bild der globalen Zirkulation zusammengefügt und dabei die der ozeanischen Dynamik zugrunde liegenden physikalischen Gesetze berücksichtigt. Solche Verfahren erlauben es auch, Daten, die nicht als Antrieb fungieren, direkt zur Berechnung der Zirkulation zu nutzen. Ein wichtiges Beispiel ist die überaus genaue Vermessung der Oberflächentopographie des Weltmeeres, die von Satelliten gewonnen wird. Bei den prognostischen Modellen verbleibt dagegen nur der Vergleich a posteriori.

Eins der am weitestgehenden Verfahren zur inversen Modellierung ist die Assimilationstechnik mit adjungierten Gleichungen, die die Möglichkeit realisiert, die dynamischen Grundgleichungen exakt zu erfüllen und den Datenmisfit und gegebenenfalls weitere Zwangsbedingungen durch Minimierung einer quadratischen Kostenfunktion zu berücksichtigen. Es gibt nur wenige Anwendungen dieses aufwendigen Verfahrens in globalem Maßstab. Wir verwenden aber auch einfachere Methoden.

### Globale Inversionen

Mit dem globalen grobauflösenden Zirkulationsmodell LSG wurden weitere Assimilationsexperimente durchgeführt. Durch Assimilation von Temperatur- und Salzgehaltsdaten in den Jahresgang des Modells konnte eine nahezu zyklotionäre (Jahresgang-) Lösung gefunden werden. Sie weist allerdings Mängel im Wärmetransport des Südatlantiks auf. Stellt man dem Modell Abschätzungen des meridionalen Wärmetransports aus Daten zur Assimilation zur Verfügung, so läßt sich eine zyklotionäre Lösung finden, die in guter Übereinstimmung mit den Messungen steht.

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

In ein wirbelauflösendes Zirkulationsmodell des Südlichen Ozeans wurden absolute Altimeterdaten des Topex/Poseidon Satelliten assimiliert. Das Modell beschreibt die Strömungen südlich von 30 Grad S mit einer räumlichen Auflösung von ca. 20 km. Die Datenassimilation paßt das Modell den Satellitendaten an und berechnet ein zeitabhängiges, dreidimensionales Strömungsfeld. Wegen der großen Datenmenge von etwa 200 000 Meßwerten alle 2,5 Tage wurde eine einfache Assimilationsmethode, das „Nudging“, angewendet.

In einem Prinzipmodell mit vereinfachter Geometrie, aber der gleichen, quasi-geostrophischen Dynamik, wurde systematisch untersucht, wie die Assimilationsmethode die aus den Daten abgeleitete Information von der obersten Modellschicht in die tieferen Schichten weiterleitet. So konnte gezeigt werden, daß sowohl die Oberflächenauslenkung als auch die Wirbelstärke jeweils für sich allein erfolgreich assimiliert werden können. Das beste Konvergenzverhalten ergibt sich dann aus der Kombination dieser beiden von Satelliten gemessenen Größen.

Durch Assimilation konnte das Modell des Südlichen Ozeans fast überall in gute Übereinstimmung mit den Satellitendaten gebracht werden. Es zeigte sich, daß sich die Stärke des Antarktischen Zirkumpolarstroms und seine Schwankungen gut bestimmen lassen. Im Bereich der Kerguelen-Inseln bleiben dagegen deutliche, systematische Abweichungen bestehen. Dies weist auf Mängel in der Behandlung der Bodentopographie, die in dieser Region eine entscheidende Bedeutung hat, durch das quasigeostrophische Modell hin.

Zur Analyse der vom AWI gemessenen hydrographischen Schnitte wurde ein neues Inversmodell entwickelt, mit dem alle drei Strömungskomponenten auf der Ebene des Schnitts berechnet werden können - eine Weiterentwicklung von traditionellen Methoden, die die Strömung lediglich senkrecht zum Schnitt beschreiben. Das Modell wurde auf den mehrfach im Weddellmeer gemessenen Schnitt SR4, der von Kapp Norvegia zur Antarktischen Halbinsel führt, angewendet. Für dieses Gebiet liegen auch zahlreiche langjährige Strömungsmessungen vor. Ein Ergebnis war, daß der Transport des Weddellwirbels, nur aus hydrographischen Messungen berechnet, stark unterschätzt wird. Der Vergleich mit den gemessenen, mittleren Strömungen zeigte für das Modell zu geringe Geschwindigkeiten.

Das Inversmodell wurde um die Assimilation von Strömungsmessungen erweitert. Die dann bestimmten Transporte des Wirbels stimmen mit unabhängigen Abschätzungen gut überein. Mit einer aufwendigen Fehleranalyse wurden die Standardabweichungen der Transportabschätzungen für Masse, Wärme, Meereis und eine Reihe von Spurenstoffen berechnet. Man kann diese Fehlergrenzen mit der zwischen-

### ***Inversion von Satelliten- altimetrie im ACC***

### ***Inversion hydrographi- scher Schnitte***

jährlichen Variabilität vergleichen, die sich aus den verschiedenen Wiederholungen des Schnitts ergibt. Diese Variabilität ist erheblich, liegt aber immer noch innerhalb der Standardabweichungen, die bei den Spurenstoffen bis zu 30 % des Transportwertes erreichen können. Der Massentransport des Weddellwirbels dagegen ist sehr stabil und beträgt  $(34 \pm 2) 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **3.2.3 Prozeß-Studien und Modellentwicklung**

#### **Tiefenkonvektion**

Das Projekt zielt auf ein besseres Verständnis der physikalischen Natur und die Entwicklung verbesserter Parametrisierungen für turbulente rotationsbeeinflusste Konvektion. Die Ergebnisse sollen auf die ozeanische Tiefenkonvektion angewandt werden, die als Angelpunkt der Wassermassenformation im Weltmeer anzusehen ist. Die Arbeit der Sektion widmet sich hauptsächlich der Vertikalkonvektion durch kleinskalige Konvektionsschläuche (sogenannte ‚plumes‘), die nach Einsetzen von dichtebedingten Instabilitäten auftreten und Vertikaltransport von Wärme, Salz und passiven Stoffen bewirken.

#### **Modellentwicklung des Modellcodes von MOM**

Die Umstellung der Ozeanmodellversion von MOM-1 auf MOM-2 (MOM = Modular Ocean Model) machte erhebliche Entwicklungs- und Testarbeiten notwendig, da lokale Änderungen auf das neue Modell übertragen werden mußten. Daneben wurde das am AWI weiterentwickelte dynamisch-thermodynamische Meereismodell für die Kopplung mit dem Ozeanmodell angepaßt. Gekoppelte Rechnungen wurden erfolgreich durchgeführt, wobei durch den simulierten ozeanischen Wärmefluß eine verbesserte Meereisverteilung erreicht wurde. Das Ozean- und das Meereismodell wurden in Zusammenarbeit mit dem AWI-Rechenzentrum und der Firma Cray parallelisiert und für die CRAY-T3E optimiert.

#### **Vergleich der thermo- halinen Zirkulation in drei globalen ozeanischen Zirkulationsmodellen**

In diesem gemeinsam mit dem MPI in Hamburg durchgeführten Projekt werden die vier für die deutsche Klimaforschung wichtigsten numerischen ozeanischen Zirkulationsmodelle (HOPE, LSG, MOM und OPYC) in ihren Fähigkeiten verglichen, den mittleren Zustand der globalen Zirkulation und die langfristige Variabilität der thermohalinen Zirkulation darzustellen. Dazu wird eine Folge von Langzeitintegrationen in globaler Konfiguration unter möglichst identischen Randbedingungen erstellt. Die Auswertung soll zu einer Bewertung der Modelle bezüglich der Darstellung der globalen Zirkulation und dem Einsatz für Klimauntersuchungen führen.

### 3.3 Meeresphysik und Instrumentenentwicklung

Prozeßstudien in den Polargebieten erfordern die ständige Weiter- und Neuentwicklung von Beobachtungs- und Meßmethoden und der dafür notwendigen Sensoren und Meßgeräte. Umgekehrt erschließen neue Meßverfahren neue oder vertiefte Einblicke in Naturvorgänge, die sich im Meer und in der Atmosphäre der hohen Breiten abspielen.

1996 und 1997 hat die Sektion mit Geräteentwicklungen, Feldmessungen und deren Interpretation folgende Themen behandelt:

Die winterliche Konvektion und die damit verbundene Bildung von Tiefenwasser bestimmen in erheblichem Maße die Ventilation des Weltmeeres. Die fortlaufende Beobachtung des konvektiven Status der Grönlandsee ist deshalb eine wichtige Aufgabe in der Physikalischen Ozeanographie. Der Beitrag der Sektion zur weiteren Aufklärung der immer noch unzureichend bekannten zugrunde liegenden physikalischen Prozesse bestand 1996 aus einer Expedition mit dem gecharterten russischen Schiff „Petr Kottsov“. Wegen einer verweigerten Forschungsgenehmigung konnte 1996 nur die östliche Hälfte unseres Standardschnittes auf 75 °N mit CTD-Messungen erfaßt werden. Auf dieser Reise wurden erstmals zwei in der Sektion entwickelte „JoJo-Verankerungen“ ausgelegt. Es konnte leider nur eine im folgenden Jahr während der „Polarstern“- Expedition ARK XIII/3 wieder geborgen werden. Dieser neue Verankerungstyp ermöglicht die automatische Messung von Vertikalprofilen der Temperatur und des Salzgehalts. Das System ist im Beitrag „Die JoJo-Sonde“ von Budéus und Ohm in Kapitel 2 näher beschrieben.

#### 3.3.1 Konvektion und Tiefenwasserbildung

Aus den Datensätzen der jährlich zwischen 1993 und 1996 durchgeführten Schichtungsmessungen wurde ein neuer Erklärungsansatz für die Wassermassenerneuerung in der Grönlandsee erarbeitet, der zugleich den beobachteten Anstieg der Bodenwassertemperaturen ohne aktive Wärmequelle erklärt. Die Messungen deuten auf eine großräumige Konvektionszelle mit Abwärtsbewegung in der zentralen Grönlandsee, seitlichen Zustrom von Atlantikwasser in einer wenige hundert Meter dicken Oberflächenschicht und Export von Bodenwasser hin. Das Konzept wird im Beitrag „Erwärmt sich das Bodenwasser in der Grönlandsee?“ von Budéus und Schneider in Kapitel 2 ausführlicher vorgestellt.

Bei den Feldarbeiten konnte durch in situ-Vergleiche an sorgfältig ausgewählten Stellen gezeigt werden, daß die Genauigkeiten der CTD-Temperaturmessungen besser als 1 mK sind. Zum Vergleich wurde ein hochpräzises Referenzthermometer verwen-

det. Die Arbeiten in der Grönlandsee sind teilweise im Rahmen des MAST-Projekts ESOP-2 durchgeführt worden.

Für die Tiefenwasserbildung in der Antarktis sind die für Beobachtungen schwer zugänglichen Prozesse unter dem Schelfeis wichtig. Um Sensoren in die Grenzschicht und die Wassersäule unter dem Eis einzubringen, wurde die Durchschmelzsonde SUSI als Geräteträger für größere Eisdicken weiterentwickelt. Das System verfügt jetzt über eine Unterwasserwinde, die Sensoren zur Aufnahme von Vertikalprofilen von Temperatur, Leitfähigkeit, Druck und Strömung zwischen Schelfeisunterkante und Meeresboden bewegt, nachdem das Gerät das Schelfeis durchschmolzen hat. Der Ersteinsatz des neuen Systems erfolgte in der Sommersaison 1997/98 auf dem Ekström-Schelfeis bei der Neumayer-Station.

### 3.3.2 Meereis- fernerkundung mit Hilfe von Line-Scannern

Seitdem der ozeanischen winterlichen Konvektion in der Grönlandsee als Mechanismus zur Tiefenwasserbildung erhöhtes wissenschaftliches Interesse entgegengebracht wird, stehen auch Eisbedeckung und Neueisbildung verstärkt im Fokus der Felduntersuchungen. Diese stellen wegen des großen Einflusses von Eisbedeckung und Neueisbildung auf die Wechselwirkungen an der Grenzfläche Atmosphäre - Ozean einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis der Konvektionsvorgänge dar.

Zur Ermittlung der Meereisbedeckung werden unterschiedliche Satellitendaten ausgewertet. Als operationeller Satellitensensor steht hierfür der Special-Sensor-Microwave/Imager (SSM/I) zur Verfügung. Er deckt die Polarregionen gut ab, besitzt jedoch nur eine grobe räumliche Auflösung im Bereich von 25 km. Zudem ist die Genauigkeit der mit SSM/I-Daten erstellten Eiskarten zur Zeit noch unbefriedigend. Um diese zu verbessern, muß eine Validierung mit der wahren Meereisbedeckung, die jedoch schwierig zu ermitteln ist, durchgeführt werden. Dafür wurden die in der Sektion entwickelten Line-Scanner, die sowohl im sichtbaren als auch im thermischen Infrarot eine räumliche Auflösung im Meterbereich erreichen, von den Polarflugzeugen und Hubschraubern aus eingesetzt.

Um die bei solchen Meßkampagnen noch ungenügende Abdeckung eines SSM/I-Bildpunktes zu verbessern, wurde untersucht, inwieweit die Daten des Synthetic-Aperture-Radar (SAR) des ERS-1 mit einer räumlichen Auflösung von 30 m und einer Bildbreite von 100 km für die Erstellung von Eiskarten genutzt werden können.

Das Bildmaterial für diese Untersuchung wurde 1993 aufgenommen und anschließend ausgewertet. Mit der Arbeit ist erstmals ein ausführlicher Vergleich von SAR-Daten des ERS-1 mit anderen flächendeckenden Grundmessungen durchgeführt worden. Ein wesentliches Resultat ist die Erkenntnis, daß aus den SAR-Daten nur mit unzureichender Genauigkeit Karten der Eisbedeckung erstellt werden können. Daher

ist es auch nicht möglich, auf dieser Grundlage die SSM/I-Algorithmen zu verbessern. Wir haben deswegen eine neue Strategie entwickelt, um die unterschiedlichen räumlichen Auflösungen von Line-Scannern und SSM/I einander anzupassen: Im Berichtszeitraum wurde der Bau von flugzeuggetragenen Mikrowellenradiometern begonnen, die denen des satellitengetragenen SSM/I entsprechen.

Die Entwicklung der Radiometer wurde von der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Integration zu den Line-Scannern in der Sektion durchgeführt. Im März 1998 haben die Geräte auf ihrem ersten Einsatz auf einer Meßkampagne der Polarflugzeuge gemeinsam Meereissignale erfaßt, so daß den Mikrowellensignalen Eistypen aus den klassifizierten Line-Scanner-Daten zugeordnet werden können.

Zur Erforschung des höherfrequenten Spektrums und des episodenhaften Auftretens von Partikelfläßen wurden die Dauermessungen mit INFLUX-Strommessern (Geräte mit optischen Sensoren für Trübung und Fluoreszenz von Chlorophyll) in der ESTOC-Verankerung (European Station for Time Series in the Ocean) bei den Kanarischen Inseln in Zusammenarbeit mit dem SFB 261 (Universität Bremen) weitergeführt.

Für die direkte Messung von Chlorophylltransporten in der Deckschicht wurden über die Fa. 4H-Jena Engineering zwei „Automatisch Profilierende Geräteträger“ (APG) beschafft und mit Sensoren für Temperatur, Leitfähigkeit, Druck und Chlorophyllfluoreszenz ausgerüstet. Die Geräte wurden im Oktober 1997 auf FS „Taliarte“ erfolgreich getestet. Ihr Ersteinsatz im Rahmen eines wissenschaftlichen Programms hängt z. Z. von der Verfügbarkeit des noch zu startenden Satelliten TUBSAT C ab.

Mit dem in der Sektion entwickelten Feldgerät zur Bestimmung der spektralen Bestrahlstärke im UV-B-Bereich (280 - 320 nm) werden seit September 1995 in Ny Ålesund (Spitzbergen), seit Januar 1996 an der Neumayer-Station und seit November 1997 am Dallmann-Labor kontinuierlich Messungen durchgeführt. Die lückenlosen Meßergebnisse zeigen eine deutliche Korrelation zu den am jeweiligen Meßort parallel durchgeführten Ozonsondierungen. Vier weitere Aufstellungsorte werden derzeit auf das deutsche Ozonforschungsprogramm (OFP) abgestimmt. Von diesem Meßnetz werden u.a. Trendergebnisse über die UV-Belastung am Erdboden erwartet.

Ein weiteres UV-B-Gerät wurde während der beiden Fahrtabschnitte ANT XIV/1 und 2 auf der „Polarstern“ bei einem Schnitt von Island zur Antarktischen Halbinsel eingesetzt. Die UV-Daten waren ein wichtiger Bestandteil der insbesondere auf dem 1. Fahrtabschnitt durchgeführten umfangreichen luftchemischen Untersuchungen (AL-

### 3.3.3 Partikelflußstudien

### 3.3.4 Messung und Simulation der solaren Ultraviolett-Strahlung

BATROS). Auch hier zeigen die UV-Daten eine deutliche Korrelation zum direkt gemessenen stratosphärischen Ozon.

Ein weiterer Schwerpunkt war ein Kooperationsprojekt mit der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) und der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Außenstelle Cuxhaven). Ziel des Projekts war es, festzustellen, ob Fischembryonen, die im Februar/März direkt an der Wasseroberfläche schwimmen, durch das während dieser Zeit stark reduzierte stratosphärische Ozon und den damit verbundenen erhöhten UV-Anteil geschädigt werden können. Erste Meßergebnisse lassen darauf schließen, daß insbesondere die Kombination aus Peroxid und UV-Strahlung je nach Entwicklungsstand der Embryonen zu deutlichen Schäden führt. Untersuchungsergebnisse über die DNA-Schäden stehen noch aus. Dieses Projekt wurde im März 1997 durch Untersuchungen im Mündungsbereich von Elbe und Weser in dem an DOC reichhaltigen Wasser ergänzt.

Zur Erfüllung der NDSC-Spezifikationen (Network for Detection of Stratospheric Changes) wurde eine Erweiterung des in der Sektion entwickelten UV-B-Geräts um den Meßbereich von 320 bis 400 nm (UV-A) vorgenommen. Jetzt ist der gesamte geforderte Meßbereich von 280 bis 400 nm durch zwei parallel geschaltete Geräte mit überlappendem Meßbereich abgedeckt. Beide Geräte nahmen im August 1997 an einem nationalen Meßgerätevergleich beim Fraunhofer Institut für atmosphärische Umweltforschung (IFU) in Garmisch-Partenkirchen mit Erfolg teil.

In der Sektion wurden in Zusammenarbeit mit Firmen bisher neun UV-B-Geräte (davon zwei für Messungen in der Wassersäule) sowie sieben Sonnenschein-simulatoren gebaut, die nahezu permanent im Einsatz sind. Sonnenschein-simulatoren und UV-B-Geräte ergänzen sich und bilden die experimentelle Grundlage für zahlreiche Arbeiten in der Ozonforschung, der Biologie und Spurenstoffchemie.

### **3.3.5 Vermessung einer Frontalzone mit dem Schiffs-LIDAR**

Die Messungen mit dem gemeinsam mit der Fernerkundungsgruppe der Universität Oldenburg entwickelten LIDAR-Gerät unter verschiedenen ozeanographischen Bedingungen wurden ausgewertet. Es konnte gezeigt werden, daß das System Folgen von Vertikalprofilen der Ramanstreuung und der Trübung des Wassers sowie der Fluoreszenz von Gelbstoff und Chlorophyll bis in Tiefen von 4 bis 6 Attenuationslängen sicher vom fahrenden Schiff messen kann. Im offenen Meer entspricht das im allgemeinen einer Eindringtiefe von 40 m. Das vertikale Auflösungsvermögen liegt zwischen 10 cm und 20 cm.

Auf der Expedition ANT XIV/2 wurde das Schiffs-LIDAR zur Vermessung der Frontalzone der Weddell-Scotia-Confluence eingesetzt und hat dabei durch sein hohes

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

---

horizontales Auflösungsvermögen extreme Gradienten in der Chlorophyll-, Gelbstoff- und Pigmentverteilung aufgezeigt. Diese hätten mit herkömmlichen Beobachtungsmethoden auch nicht ansatzweise erfaßt werden können. Auf der anschließenden Heimreise der „Polarstern“ von Punta Arenas aus hat das LIDAR-Gerät - lediglich durch den Bordelektroniker beaufsichtigt - einen kompletten Datensatz geliefert, der z. Z. noch ausgewertet wird.

Drei der in der Sektion entwickelten neuen Meßverfahren und Geräte haben im Berichtszeitraum zu Firmenausgründungen beigetragen:

isiTEC, BRIG, Bremerhaven: UV-Spektrometer  
R + L Informationstechnik, Langen: Sonnenschein-Simulator  
Ingenieurbüro Kruse, Loxstedt: PAR-Spektrometer

Diese Firmen beschäftigen sich jedoch nicht ausschließlich mit den genannten Geräten, sondern haben sie als Starthilfe in ihre Produktpalette aufgenommen.

### *3.3.6. Firmengründungen*

### 3.4 Polare Atmosphärenforschung

#### 3.4.1 Arbeits- schwerpunkte

Zur Untersuchung der chemischen und physikalischen Prozesse in der polaren und marinen Atmosphäre wurden in der Berichtsperiode experimentelle und modellierende Arbeiten durchgeführt.

Zur Simulation des arktischen Klimas mit dem dreidimensionalen hochauflösenden Modell HIRHAM wurde der Einfluß unterschiedlicher physikalischer Parametrisierungspakete für Strahlung und Grenzschichtphysik, ECHAM3 und ECHAM4, auf das arktische Klima untersucht. Die monatlich gemittelten atmosphärischen Strukturen der arktischen Tropo- und Stratosphäre als Modellergebnisse wurden mit Beobachtungsdaten validiert.

Weiterführende Untersuchungen zur natürlichen Klimavariabilität wurden mit einem baroklinen Zweischichtenmodell begonnen. Dazu sind Langzeitintegrationen über 1000 Jahre ausgeführt und statistisch analysiert worden.

Die experimentellen Arbeiten konzentrierten sich auf die Messungen insbesondere an der Koldewey-Station, der Neumayer-Station und anderen Antarktisstationen. Spezielle Meßkampagnen zur Messung breitenabhängiger Variationen atmosphärischer Aerosole und Spurengase sowie atmosphärenchemischer Prozesse haben bei Atlantikfahrten mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ (ALBATROSS-Kampagne) und mit Flugzeugen im Raum Spitzbergen stattgefunden. Im Labor wurden ferner vor allem Untersuchungen durchgeführt, um heterogene chemische Reaktionen, die am stratosphärischen Ozonabbau beteiligt sind, aufzuklären.

Zur weiteren Untersuchung der Ozonverluste in der unteren Stratosphäre in der Arktis hat das AWI 1996 und 1997 jeweils von Mitte Januar bis Ende März im Rahmen der Meßkampagne „Match“ die Starts mehrerer hundert Ozonsonden, vornehmlich im europäisch-kanadischen Raum, koordiniert. Die operationell koordinierten Ozonsondierungen wurden anschließend unter Verwendung aktualisierter Kühlungsdaten ausgewertet, womit eine sehr genaue Berechnung der zeitlichen und höhenabhängigen Entwicklung der chemischen Ozonverluste in der arktischen Stratosphäre möglich war.

Schließlich wurden die regelmäßig erhobenen Daten der Stationen Neumayer und Koldewey sowie weiterer antarktischer Stationen wissenschaftlich ausgewertet. Diese Untersuchungen dienten dazu, die Variabilität stratosphärischer Spurengase in der Arktis zu analysieren und mit früheren Beobachtungen in der Antarktis zu vergleichen und zu modellieren, den Jahresgang des troposphärischen Aerosols und die mikrophysikalischen Eigenschaften der Partikel in polaren stratosphärischen Wolken aufzuklären und langzeitige Veränderungen sowie Unterschiede zwischen Arktis und

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

Antarktis im atmosphärischen Ozon aus den Meßreihen abzuschätzen.

Die Verbesserung der Meßtechnik an der Koldewey-Station war auf die Entwicklung eines Sternphotometers, Emissionsmessungen mit einem neuen Fourier-Spektrometer, Einsatz eines 1,5 m Teleskops für das Mehrwellenlängen-Lidar und troposphärische Messungen mit einem abstimmbaren Ozon- und Aerosol-Lidar konzentriert. Des weiteren wurde ein mobiles Aerosol-Raman-Lidar (MARL), welches in Kooperation mit einem Industriepartner und anderen Forschungseinrichtungen entwickelt wurde, in Betrieb genommen. Ferner wurde ein automatischer Aerosolsammler installiert. Die hiermit gesammelten troposphärischen Aerosole werden bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung analysiert.

Der hohe Standard der Messungen an den Stationen Neumayer und Koldewey qualifizierte diese für die Validierung von Satellitendaten. In der Berichtsperiode wurden GOME- und ILAS- Daten mit Messungen dieser Stationen verglichen sowie die Koldewey-Station als „Ankerstation“ für die Validierung von SAGE III-Daten anerkannt.

Die genannten Arbeiten haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

Die Verwendung der Strahlungsparametrisierung aus ECHAM4 hat die Simulationsergebnisse in der Arktis deutlich verbessert. Es zeigte sich, daß der Einfluß unterschiedlicher Parametrisierungspakete auf das arktische Klima ähnliche Größenordnungen erreicht wie der Einfluß anthropogener Klimaänderungsszenarien. Daraus muß man schließen, daß regionale Klimamodelle noch deutlich verbessert werden müssen, bevor Regionalisierungen aus GCM-Szenarien sinnvolle Ergebnisse liefern können. Die Validierung der Simulationen mit Radiosonden-, Strahlungs- und Wolkendaten zeigt, daß die Modellergebnisse sowohl im Jahresverlauf als auch in der vertikal-horizontalen Struktur gut mit den Beobachtungsdaten übereinstimmen (Abb. 1). Die größten Unterschiede treten in der Grenzschicht auf. Der Einfluß von zwei verschiedenen Grenzschichtparameterisierungen auf das arktische Klima wurde untersucht.

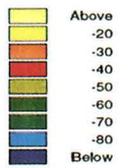
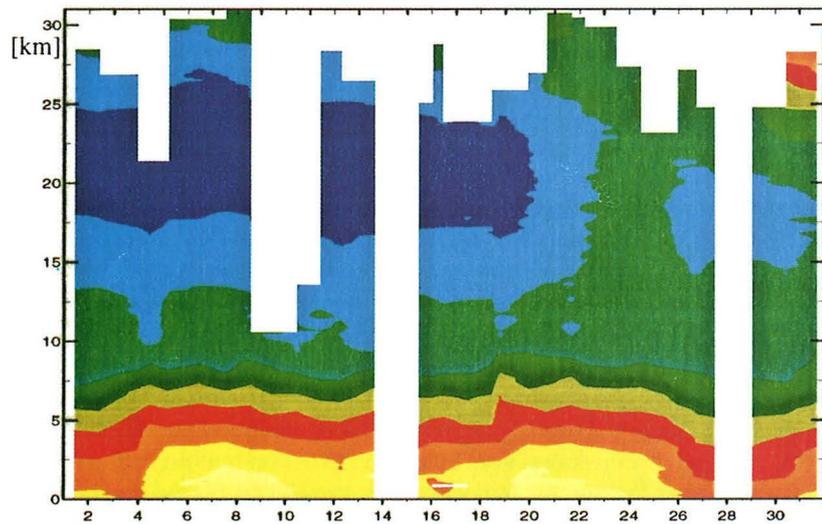
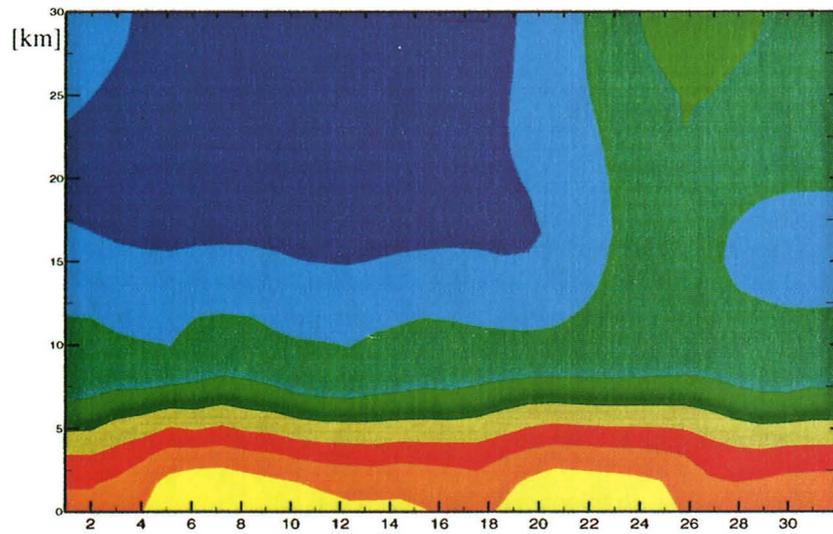
Wavelet-Analysen der Langzeitintegrationen mit einem baroklinen Zweischichtenmodell der Troposphäre über 1000 Jahre ergaben, daß ohne äußere zeitabhängige Anregung niederfrequente Schwingungen mit Perioden im Bereich von Jahrzehnten bis Jahrhunderten existieren. Diese können als eine nichtlineare Reaktion auf die atmosphärischen Fluktuationen mit Zeitskalen von Tagen und Wochen interpretiert werden. Das bedeutet, daß die langzeitige atmosphärische Klimavariabilität bis zu Jahrhunderten aus der nichtlinearen Dynamik der Atmosphäre selbst resultieren kann und nicht allein von externen Einflüssen oder der Kopplung mit langsam veränderlichen Systeme-

#### 3.4.2 Ergebnisse

##### **Simulation und Validierung von Klimaprozessen in der arktischen Atmosphäre**

##### **Dekadische Klimavariabilität in einem baroklinen Zweischichtenmodell**

Abb. 1: Höhen/Zeit-Schnitt  
der Temperatur (°C)  
vom 1. bis 31. Januar 1995 in  
Ny-Ålesund (Spitzbergen)  
oben: Simulation mit dem  
HIRHAM-Modell  
unten: Beobachtungen mit  
Radiosonden



men abhängen muß. Diese neuesten Ergebnisse sind für die Interpretation der beobachteten atmosphärischen Langzeittrends, z. B. des Ozon, und zur Bewertung der Klimavariabilität, auch der anthropogen bedingten, von großer Bedeutung.

Die Temperaturen in der Stratosphäre waren in den Wintern 1995/96 und 1996/97 außerordentlich niedrig, so daß ein chemischer Ozonabbau noch stärker als in den Jahren davor begünstigt war. Die chemisch bedingten Ozonabbauraten wurden mit der verbesserten Match-Methode aus international koordinierten Ballonsondierungen bestimmt. Match ist eine hervorragende Methode zur Messung chemischer Ozonabbauraten (Abb. 2).

Der Winter 1996/97 zeigte gegenüber früheren Wintern zwei Besonderheiten, nämlich die zentrale Lage der tiefen Temperaturen bzgl. des Wirbelkerns und das lang anhaltende Bestehen des Wirbels bis Ende März. Für den Ozonabbau spielte nicht so sehr das Ausmaß der kalten Temperaturen eine entscheidende Rolle, sondern ihre lang anhaltende Dauer bis in den an Sonnenschein reichen Frühling hinein.

Dabei bewirken im Spätwinter auftretende polare stratosphärische Wolken unter gewissen Umständen einen vergleichsweise geringeren Ozonabbau, weil das Chlor zu dieser Zeit fast vollständig als  $\text{ClONO}_2$  vorliegt, so daß HCl für die weitere heterogene Aktivierung von Chlor an der Oberfläche der Wolkenpartikel fehlt. Im Winter 1996/97 war diese von uns so genannte „Chlornitratfalle“ noch stärker ausgeprägt und hat möglicherweise ein dem antarktischen Fall vergleichbares Ozonloch verhindert.

Während der beiden letzten in der Stratosphäre kalten Winter konnte an der Koldewey-Station die Entwicklung polarer stratosphärischer Wolken genau dokumentiert werden. Die dabei erkennbaren drei unterschiedlichen Entwicklungsphasen lassen sich durch unterschiedliche temperaturabhängige mikrophysikalische Prozesse erklären. Sie unterscheiden sich dabei vor allem in der vertikalen Verteilung der beobachteten Wolkentypen. Deren unterschiedliche Wirkung auf Dauer und Stärke des nachfolgenden Ozonabbaus konnte in dem meteorologisch besonders stabilen Winter 1996/97 erstmals bestimmt werden.

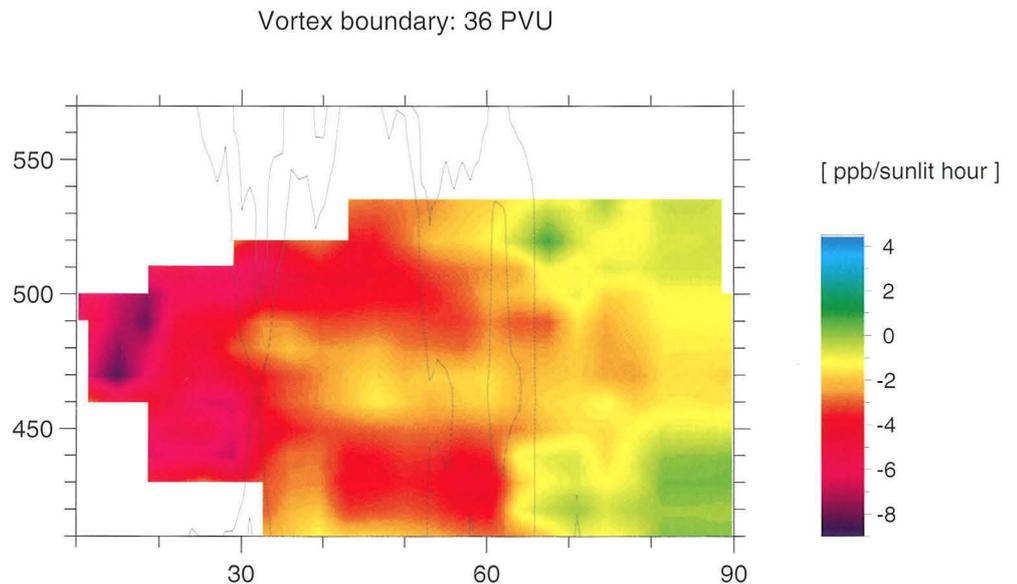
In Laboruntersuchungen wurden chemische und physikalische Prozesse an stratosphärischen Sulfataerosolen im Rahmen des EU-Projektes LAMOCS in Kooperation mit sieben weiteren Instituten untersucht. Am AWI wurden insbesondere Infrarotspektren von Schwefelsäure bei verschiedenen für die Stratosphäre relevanten Konzentrationen und Temperaturen aufgenommen. Ferner wurden chemische Reaktionen (z.B. mit HCl)

### ***Chemischer Ozonabbau in der arktischen Stratosphäre***

### ***Mikrophysikalische Eigenschaften der polaren stratosphärischen Wolken und lokaler Ozonabbau***

### ***Laborsimulation chemischer Reaktionen an stratosphärischen Aerosolen***

Abb.2: Höhen-Zeitschnitt des  
chemischen Ozonabbaus,  
der die Wirkung der Chlor-  
nitratfalle zeigt.



an Oberflächen von Sulfataerosolen untersucht. Dies ermöglicht wichtige Erkenntnisse darüber, welche heterogene Reaktionen an Sulfataerosolen in der Stratosphäre eine Rolle spielen. Ferner wurden Untersuchungen von Bromverbindungen, die für den stratosphärischen Ozonabbau relevant sind, weitergeführt.

#### **Variabilität der Spurengase in der polaren Stratosphäre**

Im Rahmen des Network for Detection of Stratospheric Change (NDSC) wurden ganzjährige FTIR-Messungen der Spurengaskonzentrationen mit Hilfe von Sonne und Mond als Lichtquelle durchgeführt. Inzwischen liegen erste Ergebnisse für die mittleren Jahrgänge von ungefähr 20 untersuchten Spurengasen vor. Diese wurden mit den Ergebnissen eines dreidimensionalen Chemietransportmodells (University of Cambridge) verglichen. Für einige Spurengase, wie HCl, HF und  $\text{NO}_2$  stimmen Messung und Modellierung sehr gut überein. Bei anderen Spurengasen ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{ClONO}_2$ ) legt der Vergleich von Messung und Modell nahe, daß die verantwortlichen chemischen Vorgänge noch nicht vollständig verstanden sind.

Weiterhin wurden die Messungen in der Arktis mit ähnlichen Messungen an der Station McMurdo in der Antarktis verglichen. Bei Berücksichtigung dynamischer Unterschiede in beiden Polarregionen lassen sich die in der Arktis und Antarktis gemessene

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

nen HCl- und ClONO<sub>2</sub>- Säulendichten mit einem eindimensionalen Chemiemodell gut simulieren (siehe auch „Spurengase in der Atmosphäre der Polargebiete“ von Notholt und Lehmann in Kapitel 2).

Spektroskopische Meßmethoden erlauben u.U. die verschiedenen Isotope einer Substanz getrennt zu analysieren. Bei der Untersuchung der Isotopenverhältnisse des stratosphärischen Ozons ergibt sich eine Anreicherung von 15% für <sup>16</sup>O<sup>16</sup>O<sup>18</sup>O und 12 % für <sup>16</sup>O<sup>18</sup>O<sup>16</sup>O. Die Mondmessungen in der Polarnacht ergeben etwas niedrigere Werte.

Mit den am AWI entwickelten UV-B-Geräten wurden im Berichtszeitraum sowohl in der Arktis (NDSC-Station Ny-Ålesund) und in der Antarktis (Neumayer-Station) UV-B-Messungen durchgeführt (siehe auch den Bericht der Sektion Meeresphysik und Meßwesen). Bei der Auswertung der UV-B-Daten werden die an beiden Stationen gemessenen atmosphärischen Parameter (Ozonsäulen, optische Dicke, Bewölkung, etc.) einbezogen.

Mit dem neuentwickelten Sternphotometer (STAR 96) konnte an der Koldewey-Station erstmals die spektrale optische Dicke des Aerosols während der Polarnacht gemessen werden. In der Region Spitzbergen entwickeln sich erhöhte Aerosolkonzentrationen, bekannt als „Arctic Haze“, insbesondere dann, wenn durch ein stabiles Hochdruckgebiet in der zentralen Arktis Luftmassen aus Nord bis Nordost in diese Region gelangen. An Bord des Flugzeugs „Polar 4“ wurden mit dem Sonnenphotometer SP-1A vertikale Verteilungen des troposphärischen Aerosols im Frühjahr gemessen. An der Koldewey-Station wurde außerdem ein automatischer Aerosolprobensammler betrieben. Die gesammelten Aerosole wurden auf ihre chemische Zusammensetzung und ihre Herkunft untersucht.

FTIR-Emissionsmessungen konnten ebenfalls benutzt werden, um die optische Dicke im infraroten Spektralbereich zu bestimmen. Die Messungen ergänzen in wertvoller Weise die Ergebnisse der Photometermessungen im UV/VIS und dienen der Charakterisierung der Strahlungseigenschaften der Aerosole.

An der Neumayer-Station wurden die Aerosolsammlungen am Luftchemischen Observatorium in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg weitergeführt (s. Bericht über das luftchemische Observatorium).

Die in Firn- und Eiskernen archivierten Ionen und Spurenstoffe können aufgrund ihres atmosphärischen Ursprungs Aufschluß über die Zusammensetzung und die Chemie der Paläoatmosphäre geben, vorausgesetzt, die atmosphärenchemischen Prozesse in

### ***UV-B Strahlung in Arktis und Antarktis***

### ***Aerosole in der polaren Troposphäre***

### ***Reaktive atmosphärische Spurengase in der Antarktis (Neumayer-Station)***

der polaren Atmosphäre sind ausreichend verstanden. (Siehe auch „Ein Reinluft-Meßlabor in der Antarktis“ von Minikin und Weller in Kapitel 2).

In Firn- und Eiskernen zählt z. B. das Nitrat anteilmäßig mit zu den bedeutendsten anorganischen Anionen. Nitrat gelangt hauptsächlich über Aerosoldeposition in die Firnschicht. Ein beträchtlicher Anteil des auf Filterproben nachzuweisenden Nitrats scheint von gasförmigen Stickoxidverbindungen, wie z. B. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) zu stammen. Bisher lagen noch keine Messungen gasförmiger Stickoxidverbindungen aus der Antarktis vor, so daß eine detailliertere Differenzierung nicht möglich ist. Potentielle Nitratquellen sind Intrusionen stickoxidreicher stratosphärischer Luftmassen und Ferntransport von durch Blitzentladung oder Biomasseverbrennung in der tropischen Troposphäre gebildeten Stickoxidverbindungen. Die in Eiskernen gefundenen Nitratprofile sollten deshalb Informationen über diese Prozesse in der Paläoatmosphäre enthalten.

Ein Schwerpunkt der Luftchemie-Sommerkampagne von 1997, die in Zusammenarbeit mit dem British Antarctic Survey (BAS) durchgeführt wurde, befaßte sich deshalb mit dem Vorkommen und der Bilanzierung reaktiver gasförmiger Stickoxidverbindungen und aerosolgebundenem Nitrat in der bodennahen Luftschicht des Schelfeises. Die während der Sommerkampagne 97 gemessenen Konzentrationen lagen typischerweise um 25 pptv  $\text{NO}_y$  bzw. um 5 pptv  $\text{NO}$  (1 pptv  $\text{NO}$  entspricht einem Teil  $\text{NO}$  in  $10^{12}$  Teilen Luft). Auffallend war ein signifikanter Tagesgang mit Maximalkonzentrationen am Spätnachmittag und Minimalwerten am frühen Morgen. Die Ergebnisse weisen auf eine Kombination verschiedener meteorologischer Effekte (Grenzschichtstabilität), aber auch auf eine Freisetzung gasförmiger Stickoxide aus dem Firn bei den höheren Nachmittagstemperaturen und eine stärkere nächtliche Deposition, besonders durch Rauhreifbildung, hin.

Die  $\text{NO}_y$ -Messungen wurden ergänzt durch ein spezielles Filterprobenprogramm, das am Filterprobensystem des Luftchemischen Observatoriums durchgeführt wurde. Diese wurden auf partikuläres Nitrat und gasförmige  $\text{HNO}_3$  untersucht. Die Ergebnisse zeigten, daß außer  $\text{HNO}_3$  noch andere  $\text{NO}_y$ -Komponenten in beträchtlichen Mengen vorhanden sein müssen. Zur Diskussion stehen organische Nitrats. Erste Ergebnisse der speziell gesammelten Luftproben, die zur Zeit analysiert werden, zeigen, daß die gefundenen Methyl- und Ethylnitratkonzentrationen diese Bilanzlücke schließen könnten.

Im Rahmen des Überwinterungsprogrammes wurden, parallel zu den Stickoxidmessungen, im Luftchemie-Observatorium Meßgeräte zur Bestimmung von Hydroperoxiden ( $\text{H}_2\text{O}_2$  und organische Hydroperoxide, ROOH) und Formaldehyd

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

(HCHO) installiert. Diese Experimente werden im Rahmen einer Überwinterung bis Anfang 1998 fortgeführt und anschließend ausgewertet. Auch für diese reaktiven Spurengase existierten bislang noch keine Langzeitmessungen in der Antarktis. Der saisonale Gang der atmosphärischen Hydroperoxid- und Formaldehydkonzentrationen soll Aufschluß über die Quellen dieser Spurengase und ihre Relation zu den in Eiskernen gemessenen Profilen aufzeigen. Speziell  $\text{H}_2\text{O}_2$  kann als möglicher Tracer oder Proxi für das Oxidationspotential der Paläoatmosphäre herangezogen werden.

Während der Polarsternexpedition ANT XIV/1 (ALBATROSS-Kampagne) wurden in Kooperation mit anderen Instituten ca. 100 verschiedene Spurenstoffe gemessen, um das Oxidationspotential der marinen Troposphäre aufzuklären. Neben Messungen von Ozon, Wasserstoffperoxid, Stickoxiden, Formaldehyd und u.a. Spurenstoffe wurden erstmals auch hochauflösende FTIR-Messungen an Bord eines Schiffes durchgeführt. Die FTIR-Daten liefern Säulenkonzentrationen von ca. 20 Spurengasen aus der Tropo- und Stratosphäre. Für troposphärische Spurengase existierten derartige Datensätze noch nicht, da Satelliten die Troposphäre und untere Stratosphäre nicht erfassen. Auf der Fahrt wurde das mit der FU Berlin gemeinsam entwickelte Troposphären-Lidar erfolgreich eingesetzt, um die vertikalen Verteilungen von Ozon,  $\text{NO}_2$  und Aerosolen in der bodennahen Schicht zu messen. Ebenso wurde das neu entwickelte, mobile Aerosol Raman Lidar (MARL) erstmalig auf einem Schiff zur Messung des Wasserdampfgehalts und von Eiswolken eingesetzt.

Das AWI ist an der GOME-Validierung (Global Ozone Monitoring Experiment auf dem ERS II Satelliten) mit Messungen an beiden Polarstationen beteiligt. Die erste Validierung der GOME-Ozon-Säulendichten ist abgeschlossen. Darüber hinaus wurden erstmalig flächendeckende Verteilungen der OCIO-Säulendichten für die antarktische Region abgeleitet.

Zum Nachweis weiterer Spurengase mit GOME wurden ausgewählte Level-1-Daten mittels der Methode der differentiellen Absorptionsspektroskopie (DOAS) ausgewertet. Damit konnte Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) in der ersten Dezemberhälfte 1996 über Afrika detektiert werden. Es stammt aus einem Ausbruch des Vulkans Nyamuragira in Zaire. Damit ist erstmals aus GOME-Daten der Nachweis von  $\text{SO}_2$  sowie der Nachweis eines rein troposphärischen Gases gelungen.

### ***Breitenabhängige Messungen: Spurengase in der marinen Troposphäre***

### ***Auswertung von Satellitendaten***

### 3.5 Der Untergrund der polaren Teile des Atlantik und seiner kontinentalen Umrandung

#### 3.5.1 Marin-geophysikalische Arbeiten

Die marin-geophysikalischen Arbeiten im Bereich der polaren Kontinentalränder zur Erkundung des tieferen Untergrundes und der sedimentären Stockwerke haben nach wie vor explorativen Charakter. Die zugrundeliegenden Fragestellungen sind die Suche nach Spuren des Zerfalls Gondwanas im Süden oder der frühen Öffnungsgeschichte des Nordatlantiks. (Siehe auch „Auf den Spuren eines uralten Gebirges“ von Schlindwein und Meyer in Kapitel 2)

Aufgrund der wechselnden und zum Teil sehr schwierigen Eisverhältnisse sind die einzelnen Forschungsreisen nicht so gezielt durchführbar, wie es wünschenswert wäre.

Eine Reise mit „Polarstern“ (ANT XIV/3) führte, nachdem das Schelfgebiet vor dem Ronne-Eisschelf nicht erreicht werden konnte, in das zentrale Weddellmeer. Reflexions- und refraktionsseismische sowie gravimetrische Messungen im Bereich markanter Schwereanomalien erlauben die eindeutige Zuordnung der Anomalien zu Variationen in der Basementtopographie. Diese wiederum dürften Spuren der frühen Öffnungsgeschichte des inzwischen wieder teilweise verschluckten Meeresbodens darstellen.

Im Bereich des Kontinentalrandes zwischen Lazarewmeer und Explora-Escarpment konnten von Bord der „Polarqueen“ ebenfalls marin-geophysikalische Arbeiten zur genaueren Charakterisierung der vorhandenen Strukturen erfolgen. Diese Arbeiten dienten auch der Ergänzung von Datensätzen für einen ODP-Fahrtvorschlag.

Im Norden konnte während der „Polarstern“-Expedition ARK XII/3 das Seegebiet zwischen Ostgrönland und Spitzbergen bis etwa 81°N mit mehreren seismischen Linien gequert und so die Ausbildung des mittelozeanischen Rückens erkundet werden. Ein tiefenseismisches Profil mit Aufnehmern an Land und auf dem Meeresboden führte aus dem Hornsund über die Spitzbergen südwestlich vorgelagerte tiefreichende Scherungszone, um den Übergang von ozeanischer zu kontinentaler Kruste näher zu beschreiben.

Die Arbeiten der sedimentphysikalischen Arbeitsgruppe verbinden Meeresgeologie und Geophysik durch den Einsatz geophysikalischer Meßtechnik zur Ableitung physikalischer Eigenschaften von Sedimenten. Dies bezieht sich sowohl auf den Einsatz sedimentakustischer Verfahren zur hochauflösenden flächenhaften Erfassung der obersten Sedimentschichtung im Meer und in Seen als auch auf die Bearbeitung von Sedimentkernen. Die Parasound-Daten werden während der Polarstern-Reisen fortlaufend erfaßt. Mit der Beteiligung am Cape Roberts Projekt - einem internationalen Bohr-

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

---

projekt in der Antarktis zur Erfassung der Klimavariationen bis vor den Beginn der antarktischen Vereisung - begann eine intensive Meßphase, da vom AWI die Messung der physikalischen Parameter des Bohrkerns übernommen wurden. Dieser Datensatz wird neben dem Abbild der Klimavariationen in den physikalischen Eigenschaften insbesondere die Korrelation des Bohrkerns mit seismischen Daten ermöglichen. Dadurch wird der regionale Bezug hergestellt, und die Ergebnisse der Bohrung können in die Fläche erweitert werden.

Neben den Arbeiten im marinen Bereich sind zur Untersuchung der Kontinentalränder landseitige Messungen erforderlich, da nur so der Übergangsbereich erfaßt werden kann. Hier bietet sich in den Polargebieten der Einsatz von Flugzeugen zur Vermessung der Anomalien des Schwere- und Magnetfeldes an.

Die aeromagnetische Meßtechnik ist seit längerem operationell auf der „Polar 2“ verfügbar. Der Einsatz der Aerogravimetrie wurde im Rahmen des EU-Projektes AGMASCO neu entwickelt. Nach einer ersten Testkampagne über dem Skagerrak, bei der die neue Technik erprobt und das Gesamtsystem verifiziert wurde, haben zwei Kampagnen, eine zwischen Spitzbergen und Nordgrönland (NORDGRAV), die andere (EMAGE) in der Antarktis stattgefunden. Die Bearbeitung solcher Datensätze ist zwar außerordentlich zeitaufwendig, weil die notwendige präzise Flugzeugbahnbestimmung mit Hilfe differentieller GPS-Verfahren durchgeführt werden muß, dafür erhält man aber flächenhafte Information über das Schwere- und Magnetfeld. Die derzeit erzielte Genauigkeit für die Bestimmung der Anomalien des Schwerefeldes liegt bei etwa 2 mgal für Wellenlängen von 10 km. Damit ist es gelungen, ein System zu entwickeln, das die bestehende Lücke in Auflösungsvermögen und Genauigkeit zwischen Messungen am Boden und von Satelliten aus schließt.

#### 3.5.2 Aerogeophysikalische Arbeiten

## 3.6 Glaziologie

### 3.6.1 Arktis

In der Nachfolge der GRIP (Greenland Ice Core Project)-Bohrung mit ihren aufregenden Ergebnissen zur raschen Klimavariabilität und der offen gebliebenen Frage nach den klimatischen Verhältnissen im Eem-Interglazial, wurde 1996 in Nordgrönland mit einer neuen Tiefbohrung, an der das AWI wesentlich beteiligt ist, begonnen. Die Federführung für dieses Projekt liegt bei dänischen Kollegen.

Basierend auf den Ergebnissen zur Verteilung des Zutrages in Nordgrönland, die während der AWI-Traversalen gewonnen wurden, sowie auf Eisdickenvermessungen mit Radar wurde ein aus heutiger Sicht optimaler Bohrpunkt ausgewählt. Er wurde, ebenfalls über Radarmessungen, die die innere Schichtung des Eises kartieren, an die Bohrlage GRIP angeschlossen. Das Bohrcamp wurde 1996 eingerichtet und die Bohrung begonnen. Am Ende der Saison 1997 war eine Teufe von 1370 m erreicht. Zuletzt allerdings blieb das Bohrgerät in der Endteufe stecken und konnte noch nicht wieder an die Oberfläche gebracht werden.

An der Bohrstelle wurden an den frisch geförderten Eiskernen Arbeiten zur visuellen Stratigraphie mit Hilfe einer automatisierten Methode durchgeführt, die die elektrischen Eigenschaften des Eises sowie die Dichte vermisst.

Einen besonderen Untersuchungsschwerpunkt bildeten Arbeiten zur Untersuchung der Bildung und weiteren Entwicklung der Lufthydrate (Clathrate), die in einer Tiefe von etwa 800 m einsetzt.

Die Arbeiten an der Bohrung und am Eiskern wurden ergänzt durch eine engmaschige Radarbefliegung mit „Polar 2“ in einem Feld mit einer Seitenlänge von etwa 100 km rund um die Bohrung. Dies wird die zu erwartenden Ergebnisse der Bohrung in den größeren Rahmen stellen.

Die Bearbeitung der Eiskerne der Nordgrönlandtraverse wurde weitergeführt (siehe auch „Die Nordgrönlandtraverse“ von Kipfstuhl und Schwager in Kapitel 2). Inzwischen wurde eine neue Karte der Akkumulationsverteilung fertiggestellt und durch Detailuntersuchungen auch regionale Unterschiede herausgearbeitet. Durch die Bearbeitung mehrerer Kerne konnten Indizien gefunden werden, die erstmals für Grönland auf Auswirkungen der kleinen Eiszeit schließen lassen.

Feldarbeiten am Eisrand in Nordostgrönland führten von Nachmessungen von Pegelfeldern auf dem Storstrømmen-Gletscher (75 °N), der in früheren Jahren Gegenstand intensiver Untersuchungen war, bis hin zur Bestimmung der Dynamik des Nioghalvverdsbrae (79 °N). Dieser Gletscher bildet eine große schwimmende Eiszunge. Mit Hilfe von seismischen Messungen entlang mehrerer Profile wurde nicht nur die Eismächtigkeit, sondern auch die Mächtigkeit des unterlagernden Wasserkörpers

bestimmt. Erste Abschätzungen zeigen, daß an der Unterseite sehr viel Eis abschmilzt (~ 10 m/Jahr). Dies ist etwa gleichviel wie die Verluste durch Schmelzen an der Oberfläche. Diese Ergebnisse, insbesondere in Verbindung mit den Zutragsbestimmungen aus dem Hinterland, sind ein Beitrag zum besseren Verständnis der Massenbilanz des grönländischen Inlandeises.

Die Arbeiten in der Antarktis standen im wesentlichen unter dem Vorzeichen des European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA). In diesem Projekt sind zwei Tiefbohrungen vorgesehen, die in europäischer Zusammenarbeit abgeteuft und bearbeitet werden sollen. Die eine Bohrlokation, Dome C, liegt im pazifischen Sektor der Ostantarktis, und die zweite Bohrung soll im atlantischen Sektor, in Dronning Maud Land, abgeteuft werden.

Während die Bohrlokation in Dome C aufgrund älterer Arbeiten bereits feststand und somit inzwischen mit der Bohrung begonnen ist, sind in Dronning Maud Land umfangreiche glaziologische Arbeiten notwendig, weil dieses Gebiet bislang weitgehend unerforscht ist.

In zwei Feldkampagnen wurden eine Reihe von flachen und mitteltiefen Bohrungen niedergebracht, um die Zutragsverteilung zu bestimmen und erste Information über die Fließdynamik zu erhalten. Für die optimale Auswahl eines Bohrpunktes ist die Kenntnis der Eismächtigkeit und der Topographie des Felsbettes von entscheidender Bedeutung. Diese wurde in einem umfangreichen Befliegungsprogramm mit dem Eisradarsystem auf „Polar 2“ erfaßt. Inzwischen konnten Karten der Eismächtigkeit und der Topographie erstellt werden. Die Fläche, über die nun erstmals genauere Information vorliegt, ist größer als die Bundesrepublik Deutschland.

In der Saison 96/97 war eine weitere Kampagne zur Erfassung der Prozesse an der Aufsetzlinie des Einzugsbereiches des Ronne-Eisschelfs geplant. Aufgrund widriger Eisverhältnisse konnte „Polarstern“ das Ronne-Schelfeis aber nicht erreichen. Die Arbeiten wurden deshalb zur Aufsetzlinie des Ekström-Schelfeises verlegt und dort die lokalen Verhältnisse der Dynamik und des Untergrundes untersucht.

Die glaziologischen Feldarbeiten werden begleitet von der Modellierung der Eisdynamik und des Massenhaushaltes. Die am AWI entwickelten dreidimensionalen Inland- und Schelfeismodelle werden fortlaufend betrieben und für Untersuchungen u.a. des Zusammenhangs zwischen Veränderungen klimatischer Parameter und Veränderung des Meeresspiegels herangezogen.

Für das Inlandeismodell wurde durch die Kopplung mit einem realistischen Lithosphärenmodell eine Verbesserung erzielt, weil damit die isostatische Kompensation wechselnder Eisauflasten gerechnet werden kann.

### 3.6.2 Antarktis

### 3.6.3 Modellierung

## 3.7 Meeresgeologie

### 3.7.1 Natürliche Radionuklide als Tracer für den Partikeltransport

Ziel der meeresgeologischen Untersuchungen ist die Rekonstruktion der ozeanographischen und klimatischen Entwicklung hoher Breiten aus den Sedimenten vom Meeresboden. Dazu müssen die Prozesse und interhemisphärischen Wechselwirkungen verstanden werden, die diese Entwicklung beeinflussen und steuern. Hiermit verbunden ist das langfristige Ziel, über ein besseres Verständnis der natürlichen globalen Klimavariationen zur modellhaften Prognose künftiger Klimaentwicklungen beizutragen.

Der Austrag von organisch fixiertem Kohlenstoff aus dem Oberflächenwasser zum Meeresboden erfolgt über absinkende Partikel. Diese bestehen im offenen Ozean hauptsächlich aus organischem Detritus unterschiedlicher Zusammensetzung. Mit Hilfe von im Meerwasser vorkommenden natürlichen Radionukliden, die selektiv an bestimmte Partikelarten adsorbiert werden, ist es möglich, die Austragsraten genauer zu quantifizieren. Ein solcher Anzeiger für Partikelexport ist  $^{234}\text{Th}$ , Tochter des im Meerwasser gelösten  $^{238}\text{U}$ . Auch  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$ , die am Ende der  $^{238}\text{U}$ -Zerfallsreihe entstehen, sind geeignete Tracer.

Bei der Untersuchung von Planktonentwicklung und Partikelexport im antarktischen Frühjahr und Herbst im Antarktischen Zirkumpolarstrom und im Weddellmeer zeigte sich eine Affinität von  $^{210}\text{Pb}$  zu silikatischen Partikeln und von  $^{210}\text{Po}$  zu partikulärem, organischem Kohlenstoff. Diese Affinität führt zu einer auffälligen Fraktionierung beider Radionuklide an den Partikeln. Die Zunahme silikatischer Partikel während der Ausbildung einer Diatomeenblüte führt an der Polarfront zu niedrigeren  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ -Verhältnissen im absinkenden Material als bei Dominanz nichtsilikatischer Flagellaten im südlichen Antarktischen Zirkumpolarstrom. Deshalb eignet sich  $^{210}\text{Po}$  als Tracer für den Export partikulären organischen Kohlenstoffs und  $^{210}\text{Pb}$  besser als Tracer für den Export von biogenem Silikat. Die Anreicherung von Radionukliden im Meereis jedoch weist darauf hin, daß ein hohes Partikelexportsignal in vom Meereis beeinflussten Regionen eine Folge der  $^{210}\text{Po}$ - und  $^{210}\text{Pb}$ -Adsorption an Meereis sein kann.

### 3.7.2 Modellierung des marinen Partikelflusses

Im Mittelpunkt der Modelluntersuchungen zum marinen Partikelfluß standen Fragen zur Exportproduktion, d.h. des vertikalen Flusses organischen und silikatischen Materials aus den Oberflächenschichten in die Tiefsee zum Meeresboden und zum Abbau der Partikel in der Wassersäule und nach der Ablagerung am Boden. Zur Klärung dieser Fragen wurde ein globales ozeanisches Zirkulationsmodell eingesetzt.

Während in der optimalen Modellösung etwa die Hälfte des globalen Exportes

von partikulärem, organischem Kohlenstoff (POC) in tropischen und subtropischen Regionen gebildet wird und der Beitrag des Südlichen Ozeans (südlich 30 °S) nur ein Drittel des Gesamtexports beträgt, findet der globale Opalexport im Modell wie in der Realität zum größten Teil in einem zonalen Gürtel um die Antarktis statt. Insgesamt sind die weltweiten Exportraten sowie die Skalenhöhen für Partikelremineralisierung des organischen Materials im Modell deutlich größer als Werte in der Literatur, die zum größten Teil auf Sinkstoffallenmessungen beruhen. Die Modellergebnisse deuten auf eine bislang unterschätzte rasche Remineralisierung in den obersten 500 m hin und legen den Schluß nahe, daß Abschätzungen des Exports organischen Materials im Südlichen Ozean, die auf Extrapolationen tiefer Sinkstoffallen beruhen, systematisch zu niedrig sind.

Im Modell erreichen lediglich 2 % des exportierten organischen Materials 4.000 m Tiefe, während etwa 42 % des exportierten Opals dort ankommen. Der große Opalfluß in die Tiefsee im Modell verursacht große vertikale Silikatgradienten mit maximalen Silikatkonzentrationen weit unterhalb der Phosphat- und Nitratmaxima (im Einklang mit Messungen), und nur ein sehr tief reichender Wassermassenauftrieb, wie er in einem zonalen Gürtel um die Antarktis, aber nicht in den meisten Küstenauftriebsgebieten der Tropen und Subtropen vorkommt, ist in der Lage, das Silikat wieder an die Oberfläche zu bringen, um dort neue Opalproduktion zu stimulieren. Nach diesen Modellergebnissen ist die Entstehung des antarktischen Opalgürtels sowohl auf die im Vergleich zum organischen Material langsamere Opallösung (Biogeochemie) als auch auf den tiefgreifenden Auftrieb rund um die Antarktis (Ozeanographie) zurückzuführen.

Der Südliche Ozean ist als zentrales Bindeglied für den Austausch von Wärme, Salz und Nährstoffen im Weltmeer und, wegen seiner Bedeckung mit Meereis, aber auch als potentiell Steuerungsgebiet für den CO<sub>2</sub>-Haushalt, eines der Schlüsselgebiete für die Steuerung des heutigen und vergangenen Klimas. Ziel der Arbeiten, die in Zusammenarbeit mit dem SFB 261 durchgeführt werden, ist die Rekonstruktion der Verbreitungsmuster südpolarer Oberflächenwassermassen, des Meereises, der Zonen erhöhter biologischer Produktion sowie der Tiefen- und Bodenwasserzirkulation. Diese Untersuchungen werden flächenhaft für ausgewählte Zeitintervalle und an Zeitreihen, die die letzten ca. 400.000 Jahre dokumentieren, durchgeführt. Weiterhin sollen prozessorientierte Untersuchungen in der Wassersäule und im Sediment Aufschluß über die Entstehung von Signalen und deren Quantifizierung geben.

Gestützt auf die quantitative Analyse von kieseligen (Diatomeen, Radiolarien) und kalkigen (Foraminiferen) planktischen Mikrofossilvergesellschaftungen aus Oberflä-

### 3.7.3 Der polare Südatlantik

### 3.7.4 Das Oberflächenwas- ser im polaren Südatlantik

chensedimenten, wurden Datensätze erarbeitet, mit denen sich über statistische Verfahren Paläotemperaturen des Oberflächenwassers rekonstruieren lassen. Die entwickelten Referenzdatensätze decken insgesamt einen Temperaturbereich von +25 °C bis -1,8 °C ab, wobei Diatomeen im Temperaturbereich von -1,8 °C bis ca. +10 °C, Radiolarien von 0 °C bis +20 °C und Foraminiferen bei über 4 °C als Indikatorfossilien eingesetzt werden. Der statistische Fehler bei der Berechnung von Paläotemperaturen liegt bei allen Gruppen um 1 °C. Aus den Paläotemperaturen lassen sich zusammen mit Isotopenwerten fossiler planktischer Foraminiferen auch Salzgehalte abschätzen und somit die hydrographischen Eigenschaften der Oberflächenwassermassen in geologischer Vorzeit genauer beschreiben.

#### 3.7.5 Das Zeitintervall „Letztes Glaziales Maximum (LGM)“

Die Wassertemperaturen wurden flächenhaft für das Letzte Glaziale Maximum (LGM) in einem Gebiet zwischen 60 °S und 40 °S im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres rekonstruiert. Dabei ergeben sich Temperaturabweichungen gegenüber heute von ca. 1 °C im Süden und bis zu 5-8 °C im Norden des Untersuchungssektors. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Isothermen und damit auch das Frontensystem des Antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC) während des LGM um ca. vier bis sechs Breitengrade nach Norden verschoben waren. Gleichzeitig war die Ausdehnungsgrenze des Wintermeereises bis zu zehn Breitengrade nach Norden verschoben. Aus den Verteilungsmustern von Diatomeenarten, die als Meereisindikatoren genutzt werden können, läßt sich für den atlantischen Sektor ein Meereiszuwachs von ca. 50 % im glazialen Winter und von ca. 500 % im glazialen Sommer ableiten.

Die enorme Ausdehnung der ganzjährigen Meereisbedeckung im LGM, die der heutigen Meereisbedeckung im Winter nahekommt, und die deutlich geringeren saisonalen Schwankungen der Meereisverbreitung müssen deutliche Auswirkungen auf Albedo, Energie- und Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre, auf Tiefenwasserbildung und biologische Produktion gehabt haben.

Die Zone erhöhter biogener Exportproduktion, die als Opalgürtel zwischen der Wintermeereisgrenze und der Polarfrontzone dokumentiert ist, ist ebenfalls um einige Breitengrade nach Norden verschoben. Radioisotopen-Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, daß der deutlich erhöhte Opaleintrag im Bereich der heutigen Polarfrontzone und angrenzenden Subantarktischen Zone während des LGM's hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, daß Material lateral herangeführt worden ist. Die biologische Exportproduktion hat dagegen nicht oder nur gering zugenommen und kann deshalb nicht als der Faktor angesehen werden, der zu der in antarktischen Eiskernen dokumentierten Verringerung des atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehaltes während des LGM geführt hat.

Der erarbeitete Datensatz geht in Modellierungen des Paläoozeans und -klimas ein und wird die bereits vor 20 Jahren durch CLIMAP erstellten Datensätze im Bereich des Südatlantiks ersetzen.

Mit der Transferfunktionmethode wurden an Sedimentkernen aus dem Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstroms Wassertemperaturen vergangener Zeiten berechnet. Die Sedimentkerne dokumentieren den Zeitraum der letzten 250 bis 350.000 Jahre und erfassen damit die noch heute andauernde Warmzeit, die vor ca. 12 ka (ka = tausend Jahre) begann, und die „Eem“-Warmzeit mit dem klimatischen Optimum vor ca. 125 ka sowie zwei kaltzeitliche Zeitabschnitte, die ihre Maxima vor 135 ka, bzw. ca. 20 ka hatten. Paläowassertemperaturen, die mit Hilfe von Diatomeen, Radiolarien und Foraminiferen aus Sedimentkernen rekonstruiert worden sind, spiegeln den zyklischen Verlauf der Warm- und Kaltzeiten in z. T. hoher zeitlicher Auflösung wider und lassen sich gut mit dem Verlauf der Atmosphärentemperaturen korrelieren, der aus dem Wostok-Eiskern rekonstruiert wurde.

Basierend auf Zeitserienanalysen, wurden die Mechanismen der Klimaänderungen und die Wechselwirkungen zwischen Nord- und Südhemisphäre untersucht. Die Klimaänderungen im Südlichen Ozean, die sich in Änderungen der Paläotemperaturen des Oberflächenwassers und der Meereisverbreitungen ausdrücken, eilen den entsprechenden Änderungen auf der Nordhemisphäre um einige tausend Jahre voraus. Die Temperaturänderungen im Oberflächenwasser des Südlichen Ozeans erfolgen vor denen im Nordatlantik; entsprechend verhält sich das nordatlantische Tiefenwasser. Dadurch wird deutlich, daß die Veränderungen im Südlichen Ozean nicht durch die Produktionsrate des Nordatlantischen Tiefenwassers gesteuert werden, wie häufig vermutet wird, sondern möglicherweise durch frühzeitige Änderungen der atmosphärischen Zirkulationsmuster ausgelöst werden.

Die Untersuchungen der glazialmarinen Sedimentationsprozesse in Abhängigkeit von den quartären Klimazyklen wurden vom atlantischen Teil des Südlichen Ozeans auf den Pazifik ausgeweitet. Sedimentologische Analysen von Kernen aus dem Amundsen- und Bellingshausenmeer sollen helfen, das klimagekoppelte paläoglazilogische Verhalten der Westantarktis zu rekonstruieren und dieses im Vergleich mit der Ostantarktis paläoklimatisch zu interpretieren. Ebenso wurde versucht, die Aussagen zur Paläoozeanographie, insbesondere der Paläoproduktivität auf den pazifischen Bereich des antarktischen Kontinentalrandes auszuweiten.

Die quartären Sedimente werden von einer Wechsellagerung von Sedimenten, die durch hohe Karbonat- und Bariumgehalte eine erhöhte Produktivität widerspie-

### 3.7.6 Deckschicht- änderungen im Zeitraum der letzten 350.000 Jahre

### 3.7.7 Sedimentation am antarktischen Kontinentalrand

geln, und vorwiegend feinkörnigen, terrigenen Ablagerungen charakterisiert. Die für den atlantischen Sektor typischen opalreichen Lagen zu Beginn eines Interglazials fehlen hier weitgehend. Die durch die Meereisbedeckung gesteuerte Produktion im Oberflächenwasser bildet sich somit auch hier durch einen zyklischen Wechsel glazialer und interglazialer Sedimentfazies ab, wie bereits in weiten Teilen des inneren Südlichen Ozeans zwischen Gunnerusrücken und Antarktischer Halbinsel beobachtet; im pazifischen Bereich scheint die Produktivität jedoch insgesamt geringer zu sein.

### 3.7.8 Die Bodenwasserzirkulation des polaren Südatlantiks im Quartär

Die Rekonstruktion relativer Stromintensitäten des Antarktischen Bodenwassers (AABW) wird über die Korngrößenverteilungen der Siltfraktion untersucht. Regional sind zwischen dem Brasil- und Argentinienbecken im westlichem Südatlantik, dem Südozean und dem Weddellmeer Unterschiede zu erkennen. Je nach Region sind maximale Strömungsgeschwindigkeiten für die Interglaziale und die Terminationen, jedoch nicht für die Glazialstadien nachweisbar. Hochauflösende Untersuchungen aus dem Süd-Sandwich-Graben lassen eine maximale Stromintensität des AABW zwischen 9 und 10 ka erkennen. Dieser Zeitabschnitt entspricht dem südhemisphärischen holozänen Klimaoptimum mit maximalen Temperaturen des Oberflächenwassers und minimaler Meereisbedeckung. Somit würde das südhemisphärische dem nordhemisphärischen Klimaoptimum um 3.000 bis 4.000 ka vorausziehen.

Stärkere Bodenströmungen im Glazial sind schwierig zu erklären, da die Bildung von Bodenwasser im südlichen Weddellmeer während der Glazialzeiten wegen der geringeren Ausdehnung der Schelfeise vermutlich gedrosselt war. Andere südliche Bodenwasserquellen müssen jedoch existiert haben, da das letzte Glazialstadium im südöstlichen Weddellmeer durch weit verbreitete Ablagerungen von Konturströmen repräsentiert wird, die das Vorhandensein einer thermohalinen Bodenwasserzirkulation andeuten.

In Arbeiten zur Charakterisierung der rezenten Wassermassen durch die stabilen Sauerstoff-Isotopenverhältnisse des Wassers ( $\delta^{18}\text{O}$ ) und der Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse ( $\delta^{13}\text{C}$ ) des gelösten anorganischen Kohlenstoffs im Wasser konnte nachgewiesen werden, daß rezent im Weddellmeer eine Entkoppelung von der sonst allgemein für Boden- und Tiefenwassermassen gültigen Beziehung zwischen gelösten Phosphatgehalten und  $\delta^{13}\text{C}$ -Verhältnissen im Wasser vorliegt. Diese temperaturabhängige Entkoppelung entsteht beim Austausch von  $\text{CO}_2$  zwischen Atmosphäre und Oberflächenwasser verstärkt bei niedrigen Temperaturen. Sobald die biologische Aktivität über die Verminderung des Phosphatgehaltes bestimmt werden kann, ist dieser sogenannte „thermodynamische Effekt“ ( $\Delta\delta^{13}\text{C}$ ) ein Maß für die Intensität und die Dauer des Kontaktes einer Wassermasse mit der kalten Atmosphäre. Der Anteil des  $\Delta\delta^{13}\text{C}$

am gemessenen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von Tiefen- und Bodenwassermassen ist dann ein Hinweis auf die Bildungsbedingungen dieser Wassermassen. Erste Ergebnisse von ozeanographischen Schnitten am antarktischen Kontinentalrand deuten an, daß mit Hilfe des  $\delta^{18}\text{O}$  und des  $\Delta\delta^{13}\text{C}$  möglicherweise eine Wassermasse ähnlich zu charakterisieren ist, wie sie bisher klassisch über die Beziehung Temperatur-Salinität durchgeführt wurde. Dies wäre gleichbedeutend mit der Entwicklung eines neuen Werkzeuges für die Paläozeanographie.

Die biogeographischen Arbeiten zur heutigen Verbreitung und Ökologie benthischer Foraminiferenfaunen im Südatlantik wurden weitgehend abgeschlossen. Ziel der derzeitigen Arbeiten ist die Klärung der Beziehungen zwischen Infauna, d.h. zwischen den in den im Sediment lebenden Arten und der Nahrungszufuhr. Hier bestätigen erste Ergebnisse die Erwartung, bestimmte Artengruppen und deren  $\delta^{13}\text{C}$ -Signal als Maß für die Paläoexportproduktion benutzen zu können.

Gesamtziel der meeresgeologischen Untersuchungen im Arktischen Ozean und der angrenzenden Eurasischen Kontinentalrandgebiete ist die zeitlich hochaufgelöste Rekonstruktion der Änderungen von Meereisbedeckung, paläoozeanischer Zirkulation, Paläoproduktivität und Paläoklima im Spätquartär. Die Arbeiten konzentrieren sich dabei auf detaillierte sedimentologische, mineralogische und organisch-geochemische Auswertungen von Probenmaterial aus dem zentralen Arktischen Ozean und den angrenzenden Randmeeren.

Um Änderungen von Zusammensetzung und Fluß des organischen Kohlenstoffs in Raum und Zeit zu erfassen, werden Biomarker- und Mazeraleuntersuchungen an ausgewählten Sedimentkernen vom Kontinentalrand der Laptewsee durchgeführt. (Siehe auch „Organischer Kohlenstoff in der Laptewsee und auf dem Lomonossovbrücken“ von Fahl, Nöthig und Stein in Kapitel 2). Verteilungsmuster der n-Alkane, Fettsäuren Alkenone, Sterole und Pigmente sowie bestimmter Mazerale wie Vitrinite, Huminite und Alginite, erlauben eine genauere Identifizierung und Differenzierung terrestrischer und mariner Kohlenstoffquellen. Generell zeigen alle Daten eine klare Dominanz von terrigenem organischem Material. Dies wird auch durch die Zusammensetzung der Palynomorphen bestätigt. In Sedimentkernen vom Schelf und Kontinentalhang der Laptewsee, die nach  $^{14}\text{C}$ -AMS-Datierungen die letzten 14.000 Jahre vor heute repräsentieren, konnten TOC-Akkumulationsraten von bis zu  $15 \text{ gC/cm}^2/\text{ka}$  berechnet werden. Die Intervalle mit maximalem TOC-Eintrag entsprechen in der zeitlichen Einstufung der Termination 1b, d.h. etwa 9.000-10.000 Jahre vor heute, und werden mit verstärkter Erosion als Folge des holozänen Meeresspiegelanstiegs und der weiträumigen Überflutung des Schelfs in Beziehung gesetzt. Zusätzlich durchgeführte Biomar-

### 3.7.9 Rekonstruktion der arktischen Paläoumwelt: Organischer Kohlenstoff- fluß und terrigener Sedi- menteintrag

keruntersuchungen an Material aus der Wassersäule sollen die Anbindung an rezente Prozesse ermöglichen. Diese Untersuchungen bilden einen ersten Versuch, ergänzende Informationen über mögliche Abbaumechanismen und Transportprozesse der organischen Biomoleküle in der Wassersäule und an der Grenzschicht Meer/Meeresboden zu erhalten.

Um Liefergebiete und Transportprozesse des terrigenen siliziklastischen Materials im Arktischen Ozean genauer zu identifizieren und zu quantifizieren, wurden Untersuchungen zur Tonmineral- und Gesamtmineralogie, zur Verteilung der Schwerminerale und Bestimmungen der Haupt- und Spurenelemente durchgeführt. Ton- und Schwermineralassoziationen in Oberflächensedimenten aus der Lapteewsee haben gezeigt, daß eine klare Gliederung des Schelfes in einen östlichen Sektor mit Amphibol- und Illit-Dominanz und einen westlichen Sektor mit Pyroxen- und Smectit-Dominanz möglich ist. Aufgrund unterschiedlicher Liefergebiete weisen die Sektoren eine charakteristische Zusammensetzung auf. Die Verteilungen der Haupt- und Spurenelemente unterstützen die Hypothese, daß sich Liefergebiete und Transportwege des Terrigenmaterials identifizieren lassen. Hohe Cr/Al- und Ti/Al-Verhältnisse in der Karasee und westlichen Lapteewsee z.B. weisen auf Trappbasalte im Hinterland hin; hohe Zr/Al-Verhältnisse sind ein Anzeiger für Transport durch Meereis. Die Variationen in der Zusammensetzung der Ton- und Schwerminerale und der Haupt- und Spurenelemente erlaubt eine Rekonstruktion der Transportwege in Bezug auf Änderungen des Meereiseintrags, Meeresspiegel und ozeanischer Zirkulation während der letzten 15.000 Jahre v.H.

#### **3.7.10 Informationssystem SEPAN: Sediment and Paleoclimate Data Network**

Das im Rahmen eines BMBF-Projektes entwickelte Informationssystem SEPAN wurde fertiggestellt, in mehreren Instituten installiert und in eine Konsolidierungs- und Anpassungsphase überführt, in der das System in den nächsten zwei Jahren im Dauerbetrieb getestet werden soll. Weitere Projekte/Institute sind an einem Anschluß und an der Nutzung des SEPAN-Netzwerkes interessiert. Insgesamt beinhaltet das System Ende 1997 etwa 80.000 Beobachtungs- und Probenpunkte, verbunden mit ca. 100.000 Datensätzen aus den Bereichen Glaziologie, Meeres- und Seesedimente, Ozeanographie, Plankton und Robbenbeobachtungen. Der Datenzugriff ist mit der systemeigenen Software möglich, die dem Nutzer eine hohe Funktionalität und den Datenimport erlaubt; ein universeller lesender Zugriff auf publizierte Daten wird über eine WorldWideWeb-Schnittstelle möglich sein.

Die Übernahme der zum Teil sehr unterschiedlichen Datenwelten hat gezeigt, daß das Datenmodell von SEPAN für die Erfassung von Daten aus punktuellen Beobachtungen/Messungen nahezu universell einsetzbar ist. Die Möglichkeit, das System

generell im Rahmen von Forschungsarbeiten zum „Globalen Wandel“ einzusetzen, spiegelt der neue Name des aus mehreren Teilen bestehenden Gesamtsystems wider: PANGAEA (PaleoNetwork for Geological and Environmental Data).

Die Vermessungsarbeiten mit dem Fächersonar Hydrosweep auf FS „Polarstern“ konzentrierten sich in der Arktis vorrangig auf die Erweiterung des bathymetrischen Kartenwerkes der zentralen Framstraße, das acht Karten im Maßstab 1:100.000 mit den markanten Strukturen des Hoovgard-Rückens und der Molloy- und Spitzbergen-Bruchzone abdeckt. Ein digitales Geländemodell des gesamten Gebietes wurde berechnet und steht u.a. zur dreidimensionalen Visualisierung, zur Kartenherstellung und für morphogenetische Analysen zur Verfügung.

Für die Antarktis liegt das als erstes Blatt, Nr. 567, der „AWI Chart of the Wedell Sea“ (AWI BCWS) im Maßstab 1:1 Mio. vor. Es umfaßt den südlichsten Teil des Weddellmeeres mit dem Filchner-Graben. Weitere fünf Kartenblätter werden Anfang 1998 ausgedruckt. Das gesamte Kartenwerk steht als digitale Datenbasis im Rahmen der Neuausgabe des GEBCO Digital Atlas (GDA 97) auf CD zur Verfügung.

### 3.7.11 Bathymetrische Vermessungen

Schwerpunkt der Arbeiten zu dem vom BMBF geförderten Verbundvorhaben „Geodätisches Referenznetz Antarktis“ (GAP), an dem sechs deutsche Universitäts- und Forschungsinstitute beteiligt sind, war die Auswertung der im Rahmen der Expedition GAP95 durchgeführten GPS-Messungen. Die Bearbeitung der Meßdaten erfolgt mit dem Programmsystem GAMIT des MIT. Die Genauigkeit des ausgewerteten Gesamtnetzes, das nahezu die gesamte Südhemisphäre überdeckt, beträgt  $\pm 1$  cm für die geographische Länge und Breite, und  $\pm 2$  cm für die ellipsoidische Höhe, so daß das Referenznetz für geokinematische und geodynamische Untersuchungen der Antarktis genutzt werden kann. Wiederholungsmessungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Vernadsky Institut in Moskau im Südsommer 97/98 mit FS „Akademik Boris Petrow“ durchgeführt. Vorrangiges Ziel war es, drei Jahre nach der Erstmessung genaue Bewegungsparameter zu bestimmen.

### 3.7.12 Geodätisches Referenznetz

Die Nutzung von Satellitenaltimetern zur Bestimmung topographischer Höhen in der Antarktis wird vom AWI seit längerer Zeit verfolgt. In einem von der DARA geförderten Forschungsprogramm wurden auf dem Ekström-Schelfeis Messungen zur Kalibrierung und Validierung der ERS-Radaraltimeter über Eis durchgeführt. Während der Sommerkampagnen 1996 und 1997 wurden zwei Meßkampagnen zur Überprüfung der Altimetermessungen über geneigten Eisoberflächen durchgeführt. Diese „ground-truth“-Messungen fanden auf Kreuzungspunkten der auf- und absteigenden

### 3.7.13 Satellitenaltimetrie über dem Eis

Satellitenbahnen statt. Als Vergleichswerte für die Altimeterdaten wurden ellipsoide Höhen aus GPS-Messungen im Differentialmodus herangezogen. Die Bodenmessungen mit GPS erfolgten nahe der Neumayer-Station. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, daß nach einer technischen Nachbearbeitung systematische Fehler nachbleiben. Hierbei handelt es sich vermutlich um einen Eindringeffekt des Radarsignals in das Eis. Für eine Klärung der Frage sind weitere Untersuchungen notwendig.

### 3.8 Geowissenschaftliche Studien in Eisrandgebieten

Die Forschungsarbeiten der geowissenschaftlichen Arbeitsgruppe der Forschungsstelle Potsdam konzentrieren sich auf die Eisrandgebiete der Antarktis, Grönlands und Spitzbergens sowie auf die Permafrostlandschaften Sibiriens einschließlich der angrenzenden Küstenbereiche (Abb.1).

Übergeordnetes Ziel dieser Arbeiten ist die Rekonstruktion der Umweltgeschichte im

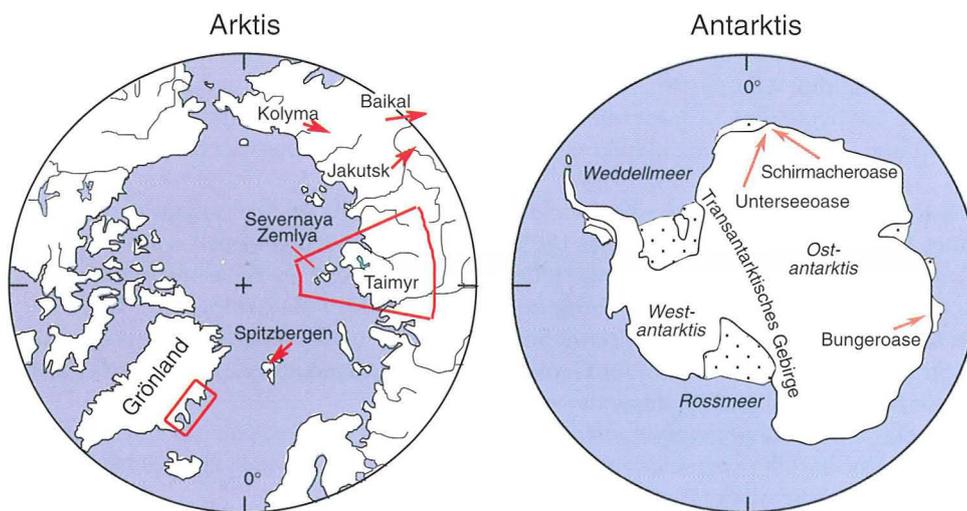


Abb.1: Arbeitsgebiete der Arbeitsgruppe Periglazialforschung der Forschungsstelle Potsdam des AWI

Spätquartär. Für diesen Zeitraum soll untersucht werden, wie die heute eisfreien subpolaren Landgebiete auf die natürlichen Klimaschwankungen der Vergangenheit reagiert haben, um Grundlagen zur Erstellung von prognostischen Modellen für die Reaktion des Systems Erde auf mögliche künftige Klimaänderungen zu liefern.

#### **Rekonstruktion der quartären Umweltgeschichte in Randgebieten Ostantarktikas anhand von periglazialen Seesedimenten**

In heute eisfreien küstennahen Gebieten (Oasen) der Ostantarktis wurden im Sommer 1995 Seesedimentkerne aus dem Wohlthatmassiv (Untersee) und der Schirmacheroase (See Glubokoje) zur Rekonstruktion der regionalen Klima- bzw. Umweltentwicklung erbohrt. Die Ergebnisse aus dem bis zu 169 m tiefen Untersee zeigen, daß die älteren Ablagerungen aus dem lokalen Eliseev Anorthosit Massiv abzuleiten sind.

#### **3.8.1. Rekonstruktion der spätquartären Umweltgeschichte an Sedimenten kontinentaler Periglazialgebiete**

Es gibt Anzeichen für ein erstes Klimaoptimum um  $9.800 \pm 1.000$  Jahren vor heute. Die geochemische Zusammensetzung und ein sehr hoher  $^{14}\text{C}$ -Reservoireffekt von ca. 10.000 Jahren in den oberen Sedimentschichten sind Indizien für eine permanente Eisbedeckung, die einen Austausch mit atmosphärischem  $\text{CO}_2$  verhinderte.  $^{14}\text{C}$ -Datierungen belegen die Existenz des Untersees zumindest seit dem frühen Holozän. Demgegenüber sind einige Seen der Schirmacheroase deutlich älter ( $>35.000$  Jahre). Sie wurden im Zeitraum um 8.000 Jahre v.h. ein letztes Mal durch das Inlandeis überfahren, das Sediment dabei aber nur teilweise erodiert.

Die Untersuchungen in der Bungeroase zeigen eine rasche Enteisung des Gebietes an der Wende Pleistozän/Holozän. Die Proxi-Daten der Sedimente lassen im Holozän auf drei wärmere Phasen von 8.400-7.600, 4.500-2.000 und 500-0 kalibrierte Jahre vor heute (kal. J.v.h.) schließen. Das klimatische Optimum liegt zwischen 3.000 und 2.000 kal. J.v.h., gefolgt von einer raschen Klimaverschlechterung.

#### **Die Umweltentwicklung Mittelsibiriens im Spät- quartär**

Die Rekonstruktion der Umweltentwicklung Mittelsibiriens im Spätquartär war das Ziel eines BMFB-Verbundvorhabens, das bis Ende 1997 finanziell gefördert wurde. An dem Projekt waren neben der Forschungsstelle Potsdam des AWI auch das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg und das Institut für Polarökologie der Universität Kiel beteiligt, sowie von russischer Seite das Arktis- und Antarktis-Forschungsinstitut in St. Petersburg, der Lehrstuhl für Geokryologie der Universität Moskau und das Institut für Bodenkunde und Photosynthese in Pushhino.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über ca. 1.400 km von der Taiga im Süden bei Norilsk über verschiedene Tundrenzonen auf der Taimyr-Halbinsel bis zur arktischen Wüste auf der Inselgruppe Severnaja Zemlja.

Im Frühjahr und Sommer 1996 wurden erstmals lange Sedimentkerne aus zwei Seen auf der Inselgruppe Severnaja Zemlja gewonnen, und flachseismische Messungen zum dreidimensionalen Sedimentaufbau in zwei Seen auf der nördlichen Taimyr-Halbinsel durchgeführt. Im Sommer 1997 wurden zwei Seen am Südrand des Untersuchungsgebietes flachseismisch erkundet und eine 1993 durchgeführte Bohrung in ältere Sedimente erweitert.

Die Seesediment-Untersuchungen haben gezeigt, daß das Untersuchungsgebiet letztmalig während des Frühweichsel-Stadials flächenhaft vergletschert gewesen ist. Das Mittelweichsel-Interstadial war durch instabile Klimabedingungen gekennzeichnet, mit Sommertemperaturen ähnlich denen von heute während der Warmphasen. Im Spätweichsel-Glazial waren auf der Taimyr-Halbinsel nur die Hochlagen der Byrranga-Berge und des Putoran-Plateaus vergletschert. Beim Übergang zum Holozän wurde, wie in anderen Regionen der Nordhemisphäre, der Erwärmungstrend durch zwei Ab-

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

---

kühlungsphasen unterbrochen. Das holozäne Klimaoptimum mit Sommertemperaturen von ca. 4 °C über den heutigen trat bereits vor ca. 9.000 Jahren ein. Zu dieser Zeit lagen die Vegetationszonen mehrere hundert Kilometer nördlich ihrer heutigen Position.

Die Untersuchungen an Permafrostsequenzen, die in den Gebieten des Labaz-Sees und des Taimyr-Sees durchgeführt wurden, erbrachten ebenfalls neue Erkenntnisse zur spätquartären Umweltentwicklung der Tieflandgebiete seit dem Frühweichsel-Stadial.

Umfangreiche isotopengeochemische Untersuchungen an polygonalen Eiskeilen sowie sedimentologische, geochemische, palynologische, mikropaläontologische Analysen und Radiokarbondatierungen an den sie einschließenden Sedimenten wurden durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß ein stark kontinental geprägtes Klima die Umweltentwicklung dieser Region während des letzten glazialen Maximum (LGM) bestimmte. Die vorliegenden Daten geben keine Hinweise für eine Vergletscherung der Tieflandgebiete Taimyrs. Sie sprechen dafür, daß die während des Mittelweichsel-Interstadials durch Gletscherzerfallsprozesse entstandenen großen Seen im LGM weitgehend ausgetrocknet sind. Um etwa 14.000 J v.h. setzte mit den ersten Klimaerwärmungen eine neue Phase von Seenbildung ein, die sich im frühen Holozän noch intensivierte. Bereits zu Beginn des Atlantikums, zwischen 8.000 und 7.000 J v.h. ist eine zunehmende Verlandung der flach angelegten Seen und in großen Arealen Torfbildung zu verzeichnen. Diese Entwicklung wurde von zunehmender Permafrostaggradation begleitet, die zur Ausbildung der heute vorliegenden Tundrenlandschaften führte.

Der Nachweis von mächtigen Toteiskörpern in Glazialablagerungen des Frühweichsel-Stadials am Labaz-See zeigt die außerordentlich geringe Geschwindigkeit des Gletscherzerfalls in Gebieten mit tieftemperierten Permafrost auch während der Warmzeiten. Die Deglazierung ist damit in diesem Raum bis heute noch nicht vollständig beendet.

Im August 1997 wurde in Zusammenarbeit mit dem Permafrost-Institut der Russischen Akademie der Wissenschaften in Jakutsk eine erste Pilotexpedition in der Zentraljakutischen Tiefebene durchgeführt. Dieses innerkontinentale terrestrische Akkumulationsbecken im Mittellauf der Lena besitzt große Bedeutung für die Beurteilung von Reaktionen subarktischer Landschaften, die durch eisreichen Permafrost geprägt werden, auf die holozäne Klimaerwärmung.

Untersuchungsobjekte waren Ablagerungen von Thermokarstsenken, die sich über spätpleistozänen eisreichen Lössderivaten im Holozän gebildet haben. Neben

### ***Untersuchungen zur holozänen Klimageschichte Zentraljakutiens***

verschiedenen sedimentologischen, geochemischen und paläontologischen Untersuchungen soll vor allem mit Hilfe stabiler Isotope (C, O, H) in karbonatischen Fossilien und Pflanzen eine hochauflösende Klimarekonstruktion des Holozäns erarbeitet werden.

#### **Die Vereisungsgeschichte Ostgrönlands**

Während der „Polarstern“-Expedition ARK X/2 wurden aus sechs Seen Ostgrönlands Sedimentkerne gewonnen und in den zwei größten dieser Seen flachseismische Vermessungen durchgeführt. Mit der Bearbeitung des Proben- und Datenmaterials wurde 1997 begonnen.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse bestätigen die Erwartungen, daß die erbohrten Seesedimente z.T. Jahresschichtungen aufweisen und daher die Umweltgeschichte besonders hochaufgelöst widerspiegeln. Da sie zudem teilweise reich an terrestrischen organischen Resten sind, können sie gut mit der 14-C-Methode datiert werden.

Die Informationen aus den Seesedimentkernen zur Umweltentwicklung im Wasserkörper und im Einzugsgebiet der Seen sollen mit den Informationen aus marinen Sedimentkernen und Eisbohrungen verglichen und verknüpft werden. Daraus werden wesentliche Erkenntnisgewinne erwartet zur Klima- und Umweltgeschichte Grönlands seit der letzten Eiszeit, zur Korrelation der verschiedenen Archive und zu den Wechselwirkungen zwischen Meer und Land.

#### **3.8.2 Känozoische Umwelt- und Klimageschichte im südlichen Mittelsibirien**

Der Baikalsee im südlichen Mittelsibirien ist der tiefste und älteste Süßwassersee der Erde. In seinen mehr als 7 km mächtigen Sedimenten dürften die Umwelt- und Klimaveränderungen bis in das Tertiär mit einer hohen zeitlichen Auflösung gespeichert sein. Daher wurde 1989 das „Baikal Drilling Project“ (BDP) initiiert, an dem Forschungseinrichtungen Rußlands und der USA, seit 1992 auch Japans beteiligt sind. Im Sommer 1994 hat das AWI ein Angebot zur Beteiligung am BDP angenommen.

1995 wurde eine Bohrung in einem Niederakkumulationsgebiet abgetäuft, die knapp 200 m Tiefe erreicht hat. Mitarbeiter der Forschungsstelle Potsdam des AWI waren im Winter 1995 und im Sommer 1996 bei der Probenahme und der Bohrkern-dokumentation an der Bohrlokation BDP-96 beteiligt. Erste Ergebnisse zur sedimentologischen Zusammensetzung des Kernmaterials waren die Voraussetzung für die Bewilligung eines DFG-Antrags, mit dessen Hilfe ab Mitte 1997 eine Arbeitsgruppe aus zwei Doktoranden und einem Postdoktoranden aufgebaut werden konnte, welche die Sedimente der Bohrkern BDP-96-1 und -2 unter sedimentologischen, geochemischen und paläontologischen Gesichtspunkten bearbeitet (siehe auch „Sedimentbohrungen im Baikalsee“ von Eckert, Müller, Schwab und Demske im Kapitel 2).

Warm- und Kaltzeiten werden im Hinblick auf den fluvialen bzw. atmosphärischen Eintrag, die Vegetationsgeschichte, die biologische Produktivität betrachtet und in Kontext zur klimabestimmenden Dynamik der Hydrosphäre gebracht.

Für Sauerstoffisotopen-Untersuchungen an biogenem Silikat wurde vom Limnologischen Institut Irkutsk ein zusätzlicher Kolbenlotkern von 5 m Länge für das AWI gezogen.

Zum Verständnis der Vorgänge in der Vergangenheit ist eine Charakterisierung und, wenn möglich, Quantifizierung der Prozesse notwendig, die heute unter bekannten äußeren Bedingungen ablaufen. Um diese zu erfassen, werden geochemische, sedimentologische und mikrobiologische Untersuchungen in Seen und Flüssen durchgeführt und die Prozesse in der saisonalen Auftauschicht der Permafrostböden charakterisiert.

Im Einzugsgebiet des Levinson-Lessing-Sees auf der Taimyr-Halbinsel, Sibirien (74,5°N; 98,6°O) wurden in den Sommermonaten Mai bis September von 1994 bis 1996 meteorologische, hydrologische, geochemische und bodenkundliche Untersuchungen durchgeführt. Schwerpunkte lagen dabei auf der Bestimmung des Wasser- und Stofftransportes in den See sowie der Bestimmung hydrologischer, geochemischer und mikrobieller Prozesse in dem jahreszeitlich auftauenden und gefrierenden Boden (siehe auch „Auftauen und Gefrieren einer Permafrostlandschaft in Sibirien“ von Boike, Hagedorn und Friedrich im Kapitel 2).

Die durch diese Studien gewonnen Erkenntnisse liefern ergänzende Daten zur aktuellen Sedimentakkumulation im See sowie der Stoffumsetzung und des Stofftransportes im Permafrost.

Seit August 1997 werden an der Ny-Ålesund International Arctic Environmental Research Station auf Spitzbergen Experimente zur Wasser- und Energiedynamik von Permafrostböden durchgeführt. Dazu wurden Sensoren zur Bestimmung des Wassergehaltes, der Temperatur und elektrischen Leitfähigkeit in zwei Bodenprofilen bis zu einer Tiefe von 130 cm installiert. Die Ziele des Projektes sind (i) die Energieflüsse zwischen Boden und Atmosphäre quantitativ zu bestimmen und (ii) den Einfluss kleinräumiger Heterogenitäten im Boden auf die Transportflüsse zu bestimmen.

Im Rahmen eines INTAS-Projektes "Frozen Geochemical Barrier: Its Dynamics and Influence on Substance Flux in Permafrost Landscapes" wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenkunde und Photosynthese der Russischen Akademie der

### **3.8.3 Rezente Prozesse und Stoffumsätze in Periglazialgebieten**

#### **Taimyr-Halbinsel, Sibirien**

#### **Spitzbergen**

#### **Kolyma-Tiefland**

Wissenschaften in Pushchino und dem Geographischen Institut der Universität Kopenhagen Untersuchungen zum Einfluß der Permafrosttafel auf geochemische Prozesse (Ionenverteilung, Mineralneubildung, biogeochemische Prozesse) in NO-Sibirien (Tieflandsgebiete zwischen Kolyma und Indigirka) durchgeführt.

***Methan-Anomalie im  
Untersee (Antarktis)***

Biogeochemische Untersuchungen am ostantarktischen Untersee, einem extrem nährstoffarmen Süßwassersee, erbrachten den Nachweis einer außergewöhnlichen Methananomalie im Tiefenwasser einer bis zu 100 m tiefen Teilsenke. Die Methan-gehalte sind die höchsten, die jemals in einem See der Welt gemessen wurden. Das Methan ist bakterieller Entstehung und wird sowohl im Sediment als auch – was viel seltener zu beobachten ist – in der sauerstoff-freien und schwefelwasserstoff-führenden Wassersäule gebildet. Die Methanbildung erfolgt, wie Markierungsexperimente und Isotopenanalysen am gelösten Methan und CO<sub>2</sub> ergaben, vorherrschend über den im Süßwassermilieu ebenfalls selten anzutreffenden Weg der CO<sub>2</sub>-Reduktion mit Wasserstoff. Die permanente Eisbedeckung des Untersees verhindert eine Durchmischung und begünstigt somit die Akkumulation von Methan in der Wassersäule.

***3.8.4 Materialtransport  
über die großen sibirischen  
Flüsse in die  
Laptewsee***

Die Laptewsee bildet eines der Schlüsselgebiete des Arktischen Ozeans. Ein Großteil des arktischen Meereises wird in dieser flachen Schelfregion gebildet und mit der Transpolaren Drift bis in die Framstraße verfrachtet. In das Meereis eingeschlossene Sedimente, die von den sibirischen Flüssen in die Laptewsee eingetragen werden, können auf diese Weise über den gesamten Arktischen Ozean verteilt werden.

Im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „System Laptev-See“ beschäftigt sich das Teilprojekt des AWI-Potsdam mit dem Sedimenttransport der in die Laptewsee mündenden Flüsse Lena, Jana, Khatanga, Olenjok, Anabar und Omoloy. Das Ziel des Vorhabens sind die Qualifizierung und die Quantifizierung des Sedimenteintrages. Insbesondere sollen geochemische und mineralogische Charakteristika der Flußsedimente und der Schwebfracht die Differenzierung unterschiedlicher Flüsse und die Zuordnung von Liefergebieten sowie die Identifizierung des flußtransportierten Materials in marinen Sedimenten der Laptewsee und des Arktischen Ozeans ermöglichen.

Nach zwei in den Sommermonaten der Jahre 1994 und 1995 erfolgreich durchgeführten Expeditionen zur Lena und Jana, wobei auch Proben des Olenjok und Omoloy gewonnen werden konnten, wurde im Jahr 1996 eine Expedition zum Khatanga durchgeführt. Nach Beendigung der Laborarbeiten konzentrierten sich die Arbeiten im Jahr 1997 auf die Auswertung des umfangreichen Datensatzes und die Verknüpfung mit marinen Daten anderer Teilprojekte des Verbundvorhabens. Die Ergebnisse zeigten, daß sowohl mineralogische (Schwer- und Tonmineralzusammen-

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

---

setzung) als auch geochemische Parameter (Haupt- und Spurenelementzusammensetzung) eine Unterscheidung individueller Flußsysteme ermöglichen. Weiterhin zeigte die Synthese mit den Ergebnissen der marinen Teilprojekte, daß die Identifizierung des fluvialen Materials in der Laptewsee und dem angrenzenden Arktischen Ozean möglich wird. Anhand der Sr-Isotopenzusammensetzung läßt sich darüber hinaus der prozentuale Anteil der Materialzufuhr eines individuellen Flusses zu einer marinen Sedimentprobe quantifizieren.

### 3.9 Marine Ökosystemforschung und Ökophysiologie (Biologie I)

Die biologischen Arbeiten der Sektion tragen zum Verständnis der Funktionsprinzipien polarer und mariner Ökosysteme bei. Sie konzentrieren sich auf physiologische Leistungen der Organismen und gehen ansonsten zunächst von den strukturellen Besonderheiten der Lebensräume und Lebensgemeinschaften aus. Sie lassen sich unter drei Hauptthemen zusammenfassen:

1. Stabilität und Fragilität (Variabilität, Stabilität und Diversität der Lebensgemeinschaften vor allem des Meeresbodens sowie Einflüsse von Störungen, Empfindlichkeit gegenüber natürlichen und anthropogenen Einwirkungen, Belastbarkeit).
2. Leistungsvermögen und Anpassungsgrenzen von Organismen (Evolution physiologischer Anpassungen von Tieren und Großalgen an die Lebensverhältnisse in Kaltwassergebieten. Lebensstrategien des Zooplanktons, v.a. unter den saisonal stark schwankenden Produktionsverhältnissen der Polargebiete).
3. Stoff- und Informationsflüsse (Stoffumsätze auf Populationsebene und in größeren Ökosystemteilen einschließlich der Aufstellung von Energieflußmodellen. Informationsaustausch zwischen Organismen als Regulativ dynamischer Systeme, Naturstoffe als Kommunikationsmittel mariner wirbelloser Tiere).

#### 3.9.1 Ökologie einzelner Arten und Gruppen

Ein wesentliches Arbeitsfeld der Sektion sind Verbreitung, Wanderungen, Wachstum, Ernährung und Fortpflanzung, Verständigung mit Artgenossen und Schutz gegen Feinde sowie vor allem die Empfindlichkeit von Organismen gegenüber lebensraumtypischen („normalen“) und ungewöhnlichen (z.B. anthropogenen, neuartigen) Störungen. Dabei gewonnene Einzelkenntnisse schaffen die Voraussetzungen, das Gesamtsystem und die vernetzten Funktionen innerhalb einer Lebensgemeinschaft zu verstehen. Die meisten Untersuchungen wurden in Flachwassergebieten der Polargebiete und der Nordsee durchgeführt, wo Störeinflüsse besonders markant sein können. Viele Fragen bedürfen auch einer physiologischen Klärung.

#### **Robben und ihre Parasiten im antarktischen Nahrungsnetz**

Warmblüter als Endglieder in den Nahrungsnetzen sind wichtige Anzeiger von Zusammenhängen und Veränderungen in polaren Ökosystemen. Robben und ihre Parasiten im antarktischen Nahrungsnetz wurden deshalb intensiv untersucht. Wenn See-Elefanten Ende September zu ihren Fortpflanzungsplätzen auf der King George-Insel kommen, haben sie ein sehr dickes Fettpolster, das gewährleistet, daß die Jungen gut ernährt werden und nach der Entwöhnung vom Säugen selbst noch acht Wochen lang ohne Nahrung überleben können. Die Lipoproteine enthalten neben dem für die

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

Hormonbildung wichtigen Cholesterin hohe Konzentrationen an Phospholipiden, die die Funktionsfähigkeit von Zellmembranen und dadurch vermutlich auch das ausgeprägte Tauchvermögen der See-Elefanten gewährleisten.

ARGOS-Satellitentransmitter haben geholfen, das Wanderverhalten der Robben aufzuklären: Die Jungtiere zogen nach Westen, die Erwachsenen dagegen wanderten südwärts bis zum Bellingshausenmeer. Von dort ziehen sie nach fünf Monaten zur Fortpflanzungskolonie zurück. Zählungen von Flugzeugen aus dienen neben der Bestandskontrolle zur Abschätzung des Nahrungsbedarfs von Robben, Pinguinen und Walen. Beziehungen im Nahrungsnetz werden auch über den Wirtswechsel von Parasiten ermittelt, an dem Fische und Wirbellose beteiligt sind (DFG-Projekt).

Verschiedene Projekte befaßten sich mit der Produktionsbiologie antarktischer Bodentiere: Biomasse, Wachstum und Produktion des Seeigels *Sterechinus* sind auf dem Weddellmeerschelf geringer als im McMurdo-Sound. Offensichtlich sind die Seeigel im Weddellmeer stark nahrungslimitiert. Sie sind trophische Generalisten und unterscheiden sich kaum in ihrem Nahrungsspektrum. Im Winter und Frühjahr fressen sie vor allem Bryozoen, im Sommer sedimentiertes Phytoplankton, so daß sie dann mit den häufigen Schlangensterne und Seegurken konkurrieren.

Bei der antarktischen Muschel *Laternula elliptica* ließen sich saisonale Wachstumsschwankungen anhand der Verteilungsmuster stabiler Isotope von C und O in der Kalkschale nachweisen. Die Muschel kann bei der King George-Insel über 25 Jahre alt werden.

Zur Altersbestimmung von Krebsen werden chemische Methoden eingesetzt, da Krebstiere sich während ihres Lebens mehrfach häuten und Skelettelemente nicht erhalten bleiben. Deshalb werden die Mengenverhältnisse von sich im Laufe des Lebens anreichernden fluoreszierenden Alterspigmenten in bestimmten Gehirnbereichen untersucht (DFG-Projekt).

Im Rahmen der Ökosystemforschung im Wattenmeer standen am AWI Fische und Benthos im Vordergrund. Zur Langzeitbeobachtung von Fischen und dekapoden Krebsen beim gemeinsamen Monitoring der Wattenmeer-Anrainerstaaten wurden Strategien erarbeitet. Die mehrere Jahre untersuchten Auswirkungen der Baumaßnahmen für die Gasleitung „EUROPIPE“ waren für die Fisch- und Dekapodengemeinschaft stark: Anfangs ging im Eingriffsgebiet die Diversität zurück, das Artenspektrum veränderte sich, und die Nordseegarnele hatte erhöhte Erkrankungsraten. Der extreme Eiswinter 1995/96 hatte allerdings noch größere Störauswirkungen auf die Fauna als die Verlegung der

### **Produktionsbiologie antarktischer Bodentiere**

### **Altersbestimmung von Krebsen**

### **Ökosystemforschung im Wattenmeer: Fische und Benthos**

Pipeline. Modellrechnungen bestätigen den nachhaltigen Einfluß von Störungen wie Eiswintern auf die Verteilungsmuster von Polychaeten.

Andere Forschungsarbeiten der Sektion zur Ökologie einzelner Gruppen befaßten sich mit akustischen Signalen und Beutesuchverhalten bei Krebstieren, Kommensalismus, Reproduktion von Copepoden in Arktis und Nordsee, Wachstum, Freßraten, Ölabbau bei Eisorganismen sowie Lebenszyklen und weltweiter Verbreitung von Makroalgen.

### 3.9.2. Leistungsvermögen und Toleranzgrenzen

#### Physiologisch-biochemische Anpassungen von Tieren

Manche Tiergruppen sind in den Polargebieten selten, z.B. die bodenlebenden Zehnfußkrebse in den antarktischen Gewässern. Auf der Suche nach den Ursachen wurde der Bedeutung des Magnesiumhaushaltes nachgegangen. Garnelen der Antarktis halten die Mg-Konzentration in der Hämolymphe unter der des Meerwassers, während die meisten bodenlebenden Formen keinen oder einen wesentlich geringeren Mg-Gradienten zum Wasser aufbauen. Das Aktivitätsniveau wird mit zunehmender Mg-Konzentration in den Tieren geringer.

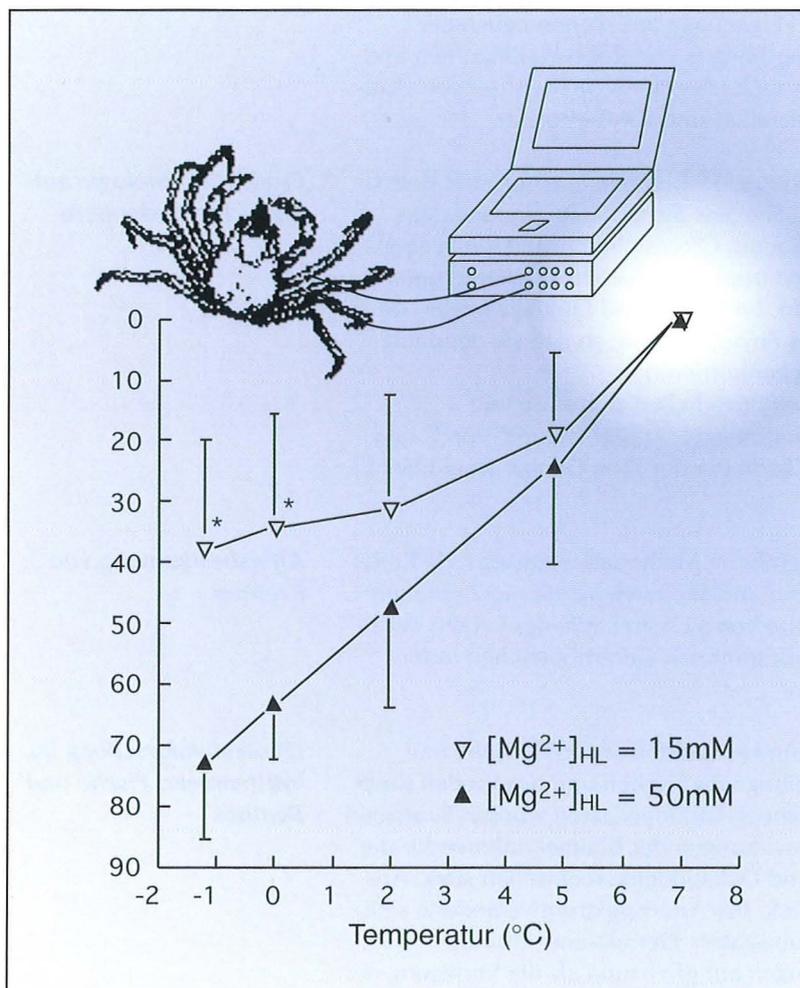


Abb. 1: Die Seespinne (*Hyas araneus*) reagiert auf eine Reduktion der Wassertemperatur mit einer deutlichen Abnahme der Herzfrequenz (dunkle Symbole). Die experimentelle Reduktion der Magnesiumkonzentration in der Hämolymphe führt zu einer signifikant (\*) geringeren Abnahme der Herzfrequenz im untersuchten Temperaturbereich (offene Symbole). Die Reduzierung der Magnesiumkonzentration in der Hämolymphe kann damit die Temperaturtoleranz erhöhen.

Außerdem verstärkt sich die narkotisierende Wirkung des Mg mit abnehmender Temperatur. Der Mg-Haushalt könnte somit das Fehlen bodenlebender Dekapoden in der permanent kalten Antarktis tatsächlich erklären (Abb. 1). Um die Anpassung des Energiestoffwechsels an polare Bedingungen zu quantifizieren, reicht es nach Untersuchungen an Aalmuttern aus der Antarktis (*Pachycara brachycephalum*) und der Nordsee (*Zoarces viviparus*) nicht aus, den Ruhestoffwechsel zu messen. Obwohl der Ruheumsatz beider Arten sich bei 0 °C nicht unterscheidet, ist die aerobe Kapazität des Muskelgewebes bei *P. brachycephalum* zur Kältekompensation wesentlich erhöht. Die Verringerung von Wachstum und Reproduktion der arktisch-borealen *Zoarces*art im Weißen Meer zeigt im Vergleich zur Nordsee die Belastung des Energiehaushaltes der Tiere an ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze (Zusammenarbeit mit dem Zoologischen Institut St. Petersburg).

Beim Pierwurm *Arenicola marina* vom Weißen Meer ist im Vergleich zur Nordseepopulation die Anpassung an die niedrigeren Temperaturen ebenfalls mit einer Erhöhung der aeroben Kapazität verbunden (durch mehr Mitochondrien mit größerer Kapazität in den Muskelzellen). Die Population aus dem Norden kann eine Überschreitung der Toleranzgrenzen wahrscheinlich deshalb besser überleben, weil sie ihren Energieumsatz drastischer zu erhöhen vermag. Auch bei antarktischen Wirbellosen nimmt die Temperaturtoleranz mit steigender aerober Kapazität zu.

Generell hängen die Schwellenwerte der Temperaturtoleranz jedoch vom Temperaturregime ab. Sie wurden bei einem Kalmaren aus dem Golf von Mexiko mit 26 °C und bei einem antarktischen Oktopoden mit 8 °C bestimmt. Die Belastbarkeit jenseits kritischer Grenzen wird durch angepaßtes Verhalten verlängert. So ist der untersuchte Kalmar zwar sensibel gegenüber Sauerstoffmangel und hohen Temperaturen, aber trotzdem durch energiesparende Fortbewegungsweise in der Lage, sich befristet in sauerstoffarmen oder warmen Wasserzonen aufzuhalten (Zusammenarbeit mit dem Marine Biomedical Institute in Galveston, USA).

Die Anpassung an sich ändernde Temperaturen wird bei marinen Wirbellosen und Fischen durch Verschiebungen des pH-Wertes in den Körperzellen unterstützt, und zwar passiv durch Pufferung oder aktiv durch energieverbrauchenden Ionenaustausch. Bei eurythermen Nordseetieren erfolgt im Unterschied zu polaren Tieren der größere Anteil der pH-Verschiebung aktiv. Eine ausgeprägte aktive und damit flexiblere pH-Regulation könnte somit Voraussetzung für die Besiedlung von Lebensräumen mit saisonalen Temperaturschwankungen sein und außerdem zur Absenkung des Stoffwechsels in Ruhephasen (Winterruhe) beitragen.

Bodenlebende Wirbellose sind oft an Hypoxien angepaßt, ja sogar sensibel gegen „normale“ Sauerstoffwerte. Ihr Sauerstoffverbrauch erhöht sich mit steigendem

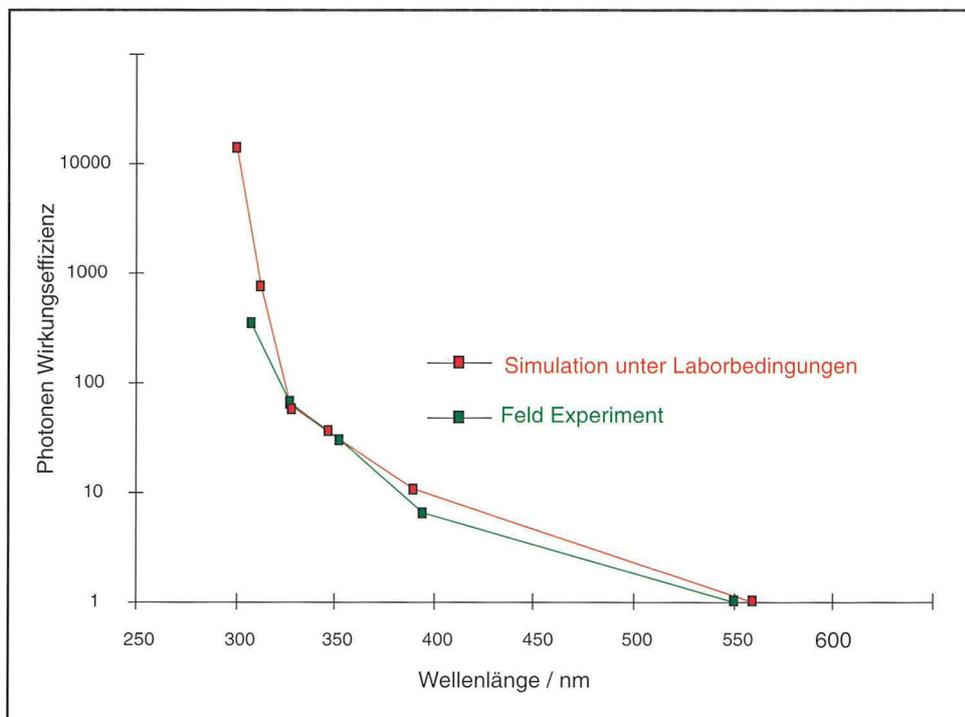


Abb. 2: Wirkungsspektrum unterschiedlicher Lichtwellenlängenbereiche (UVB: 280 - 320 nm, UVA: 320 - 400 nm, „sichtbares Licht“: 400 - 700 nm) für die photochemische Wasserstoffperoxidbildung in unbehandeltem Meerwasser

serstoffperoxids, z.B. im Tiderestwasser und im Oberflächenwasser der Nordsee (Abb. 2). Vergleichend wurde die UV-bedingte  $H_2O_2$ -Bildung in antarktischen Gewässern untersucht, wo wegen des Mangels an gelöstem organischem Material die Radikalbildung geringer ist als in der Nordsee. Allerdings wird Wasserstoffperoxid mit dem Schneefall eingetragen, so daß Tiere des Gezeitenbereichs ebenfalls mit zeitweilig erhöhten Konzentrationen zurechtkommen müssen. Hinzu kommt eine Bildung von Sauerstoffradikalen im Tier, die bei Sauerstoffmangel und in Gegenwart von Schwefelwasserstoff verstärkt werden kann.

Beim Polychaeten *Heteromastus filiformis* aus dem Gezeitenbereich der Nordsee wechseln Belastungen im Tages- und Jahresrhythmus, und betroffene Tiere passen sich durch Veränderungen im Oxidationsschutz der Gewebe an. Der Vergleich der Oxidationsschutz-Enzyme antarktischer und borealer Tiere zeigt, daß bei 0°C nur noch ein

Gehalt in ihrer Umgebung. Dieses oxykonforme Verhalten läßt vermuten, daß eine zusätzliche, sauerstoffverbrauchende Endoxidase in den Mitochondrien erst bei hohen Sauerstoffgehalten aktiviert wird. Das Enzym ist möglicherweise ein Relikt aus einer Zeit, in der Sauerstoff ein Zellgift darstellte, das effektiv beseitigt werden mußte. Isolierte Mitochondrien der Oxykonformer verbrauchen daher überschüssigen Sauerstoff, ohne daß allerdings die Energieproduktion in gleichem Maße steigt.

Die UV-Einstrahlung in Gewässer führt zur Bildung toxischen Was-

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

Bruchteil der für boreale Tiere typischen Enzymaktivität meßbar ist. An niedrige Temperaturen angepaßte polare Tiere tragen demnach ein höheres Risiko, oxidative Schäden zu erleiden, sind diesem Risiko aber seltener ausgesetzt (nur in Hungersituationen).

Bei der Nordseegarnele wird überprüft, ob Wasserstoffperoxid den energieverbrauchenden Ionentransport hemmt und damit die Säure-Basen-Regulation beeinflusst.

Photosynthesemessungen an 36 bei den Südshetland-Inseln häufigen Makroalgenarten bestätigten deren Schwachlichtanpassung nahezu ausnahmslos. Dies gilt besonders für kleine, im Winter gebildete Entwicklungsstadien. So hält die Rotalge *Iridaea cordata* auch im dunklen Winter ihren Photosyntheseapparat uneingeschränkt funktionsfähig und kann durch Lücken im Eis fallendes Licht nutzen. Bei *Palmaria decipiens* hingegen nimmt die Photosynthesekapazität bei Dunkelexposition kontinuierlich ab, steigt dann bei Belichtung im Spätwinter wieder an und erreicht nach Rückgang des Meereises ihr Optimum.

Lichtstreß, besonders durch UV, führt zu einer Abnahme der Photosyntheseleistung. Bei der dynamischen Photoinhibition wird die überschüssige Lichtenergie reguliert als Wärme abgestrahlt, während die chronische Inhibition den Photosyntheseapparat schädigt. Beide Prozesse hängen stark vom Entwicklungsstadium und von der Konstitution der Alge ab. So erholten sich junge Sporophyten von *Laminaria saccharina* von Weißlichtstreß wesentlich langsamer (chronische Photoinhibition) als Gametophyten und ältere Sporophyten (dynamische Photoinhibition). Arten der Gezeitenzone reagieren ausschließlich dynamisch, während Arten aus dem Sublitoral Schäden durch Starklicht- und UV-Bestrahlung erleiden. Rotalgenarten aus dem oberen Sublitoral zeigten allerdings eine gewisse Fähigkeit zur dynamischen Reaktion zumindest gegenüber UV-A-Strahlung. Wahrscheinlich wird die obere Vorkommengrenze der Algen von ihrer Fähigkeit zur dynamischen Photoinhibition bestimmt.

Zum Verständnis ihrer Empfindlichkeit und zur Vorhersage von Veränderungen sind Kenntnisse der heutigen Strukturen und Variabilitäten von Lebensgemeinschaften unabdingbar.

#### **Pelagische Lebensgemeinschaften: Zooplankton**

Es hat sich gezeigt, daß neben den oberflächennah lebenden Zooplanktern auch die meso- und bathypelagischen Zooplanktongemeinschaften in den eurasischen Becken des Arktischen Ozeans vorwiegend atlantisch geprägt sind. Der die arktischen Becken

### **Ökophysiologie von Makroalgen**

#### **3.9.3 Struktur und Entwicklung mariner Lebensgemeinschaften**

trennende Lomonossowrücken scheint einerseits den Faunenaustausch zu behindern, andererseits zur Akkumulation von Biomasse zu führen (über 9 g Trockenmasse pro m<sup>2</sup>).

Im antarktischen Bellingshausenmeer fanden sich deutliche Unterschiede zwischen dem Zirkumpolarstrom im Norden und der Ostwind-Drift im Süden. Charakteristisch für den Zirkumpolarstrom ist das Vorkommen großer calanoider Copepoden, für die Ostwinddrift dagegen kleiner *Oncaea*-Arten (40 % der Biomasse). Abundanzen und Diversitäten sind ähnlich wie im östlichen Weddellmeer.

**Larvenplankton in der  
Arktis**

Mit zunehmender geographischer Breite soll der Anteil der benthischen Evertebraten mit planktischen Larven abnehmen („Thorson-Regel“). Im Eisrandgebiet der Barentssee wurden deshalb im Frühsommer 1997 Mengen und Verteilungsmuster von Larven untersucht. Im freien Wasser dominierten die Stachelhäuter in den obersten 50 m, während die meisten Polychaetenlarven im Eisrandgebiet in der bodennahen Wasserschicht gefunden wurden; weiter im Packeis waren Muschellarven sehr häufig.

**Benthische Lebensge-  
meinschaften**

Die Bodentier-Lebensgemeinschaften haben sich auf Grund ihrer Ortsbeständigkeit als sehr aufschlußreiche Anzeiger variabler Umweltverhältnisse erwiesen:

**Magellanregion**

Die Ergebnisse der internationalen „Victor Hensen“-Expedition 1994 und der komplementären Arbeiten an Bord der „Polarstern“ während ANT XIII/4 (1996) wurden im April 1997 auf einer Konferenz in Punta Arenas vorgestellt. In mehr als 20 Millionen Jahren der Trennung haben sich in den benachbarten Gondwana-Resten Antarktis und Patagonien/Feuerland sehr unterschiedliche marine Ökosysteme entwickelt, wobei die Antarktisähnlichkeit in der Magellanregion von Norden nach Süden zunimmt. Grundsätzliche Unterschiede liegen z.B. im Fehlen der dreidimensionalen Schwamm-Bryozoengemeinschaften in der Magellanregion und von *Macrocystis*-Wäldern in der Antarktis. Von den Dekapoden sind nur die Garnelen nach Auslöschung während des Tertiärs wieder in den antarktischen Bereich eingewandert. Asseln und Flohkrebse lassen sich sowohl im Magellangebiet als auch in der Antarktis bis in die Kreidezeit zurückverfolgen. Die hohen Endemismenzahlen in der Antarktis beruhen auch auf mangelhafter Artenerfassung im südamerikanischen Bereich.

**Biomasse des antarkti-  
schen Makrozoobenthos**

Die Biomasse des antarktischen Benthos soll in Wassertiefen oberhalb von 10 m geringer sein als in vergleichbaren nichtpolaren Gebieten, in größeren Tiefen höher. Ein statistischer Vergleich zeigte jedoch, daß sich in Tiefen unter 10 m und über 1.000 m keine Unterschiede feststellen lassen. Im Bereich dazwischen ist die Biomasse des antarktischen Benthos allerdings deutlich höher (30 g C<sub>org</sub> m<sup>-2</sup> im Vergleich zu 4 g C<sub>org</sub> m<sup>-2</sup>).

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

Das polare Benthos ist gegen unregelmäßige natürliche Störungen und anthropogene Einflüsse, z.B. anhaltende Erwärmung oder lokale Umweltkatastrophen, besonders anfällig, weil Schlüsselarten sich nur sehr langsam erholen. In besonderem Maße gilt das für die Antarktis. Das Benthos im südöstlichen Weddellmeer zeigt klar unterscheidbare Sukzessionsstadien (mit zunehmender Diversität) nach Störung durch grundberührende Eisberge. Bewegliche Schlangensterne sowie am Substrat verankerte Hornschwämme, Borstenwürmer und Seescheiden sind Erstbesiedler, die in Eisbergpflugspuren häufiger als in ungestörten Gebieten sein können. Die Bedeutung von Eisbergstrandungen in beiden Polargebieten wurde erstmalig quantitativ abgeschätzt: 4-5 % des antarktischen Schelfbodens sind von diesem Störeinfluß deutlich betroffen; auf dem Schelf bei Nordostgrönland sind es ca. 10 % (bei Wassertiefen bis 60 m).

#### **Störungen und Belastbarkeit**

Die Gesamtbiomasse der Bodentiergemeinschaften in der Deutschen Bucht hat von 1923 bis 1996 zugenommen, in erster Linie durch opportunistische, kurzlebige Arten mit erhöhten Stoffumsatzraten. Langlebige und größere wirbellose Tiere sind zurückgegangen. Mehrere von ihnen wurden in „Rote Listen“ gefährdeter Arten aufgenommen, die erstmals für den deutschen Nord- und Ostseebereich erstellt wurden. Nach dem kalten Winter 1995/96 gab es erneut auffällige Veränderungen; vorher seltene Tiere wie der Quappwurm *Echiurus* fanden sich gebietsweise in Massen, kälteempfindliche (z.B. einige Muscheln) hatten stark abgenommen.

#### **Langzeitentwicklungen in der Nordsee**

In einem EU-Projekt wurde die Bodenfauna eines durch Schleppnetzfisherei unbeeinflussten Gebietes in der äußeren Deutschen Bucht mit der aus der normal befischten Umgebung verglichen. In dem durch ein Wrack geschützten Gebiet kamen empfindlichere und größere Tiere vor als im Vergleichsgebiet. Zu den direkten Auswirkungen des Fischens zählen neben der Schädigung durch den Fang die hohe Sterblichkeit von Tieren in der Schleppspur (besonders durch Wegfraß). Die intensive Fischerei muß neben der Eutrophierung als weitere Ursache für die Veränderungen in den Bodentiergemeinschaften in Betracht gezogen werden, insbesondere für den Rückgang langlebender Tiere.

#### **Fischereieinflüsse**

In einem INTAS-Gemeinschaftsprojekt wurden bis über die Jahrhundertwende zurückreichende russische Langzeitdaten aus der Barentssee auf klimagesteuerte Trends analysiert. Veränderungen zeigten sich vor allem in den großräumigen Verteilungsmustern von Weichtieren, Krebsen und Schlangensternen. Die Fluktuationen folgen den Varia-

#### **Klimabedingte Trends in der Barentssee**

tionen im Zustrom von Warmwasser aus dem Nordatlantik und auch der winterlichen Eisbedeckung. Prognosen über klimabedingte Veränderungen sind damit möglich: Verschiebungen von Verbreitungsgrenzen, Vordringen von wärmebedürftigen atlantisch-borealen Formen inkl. nutzbarer Fische sogar bis in die Karasee in wärmeren Perioden und Rückgang bei einer mehr als fünf Jahre anhaltenden Abkühlung.

**El Niño** Weitere klimabedingte Veränderungen werden im „El Niño“-Einflußbereich vor Peru untersucht. Die vier im „El-Niño“- (EN)-Projekt erfaßten Niños unterschieden sich hinsichtlich ihres Beginns, ihrer Dauer und ihrer Stärke erheblich. Während aller Niños lag die maximale Artenzahl an einer Station (34 m Tiefe, normalerweise in der Sauerstoffminimumzone) bei 24, aber die kumulative Artenzahl wurde von Stärke und Dauer des jeweiligen EN bestimmt: Bei besonders starker Erwärmung und nachhaltig günstigen O<sub>2</sub>-Verhältnissen gelingt es mehr Arten, sich zu etablieren. Darunter sind sowohl sauerstoffbedürftige autochthone Arten als auch Einwanderer. Selbst Opportunisten, die schnell starke Bestände aufbauen können, benötigen mehr Zeit, wenn das EN-Signal wie 1997 außerhalb der normalen Reproduktionszeit eintrifft. Die Lebensdauer der neugebildeten reicheren Gemeinschaft hängt davon ab, wie lange die Sauerstoffkonzentrationen sich über kritischen Grenzen halten; schon kurze anoxische Phasen führen zum Zusammenbruch. In den Zeiten zwischen den Niños reduziert sich die Zoobenthosgemeinschaft auf wenige Arten. Gelegentliche kurze Sauerstoffschübe bringen keine Veränderung.

Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität zeigen einen geschlosseneren Verlauf und eine viel geringere Variabilität als Temperatur und Sauerstoff und sind somit brauchbare Niño-Indikatoren. Auch Plankton-, andere Benthos- sowie Fischgemeinschaften zeigen frühzeitig den Beginn eines Niño an. Die Gründe für diese frühzeitigen biologischen Veränderungen (vor Eintreffen der Kelvinwelle) sind noch nicht voll verstanden.

Für das EN-Monitoring wurde mit Unterstützung des AWI in Peru das biologische Internet-Frühwarnsystem RIBEN geschaffen. Die Zeitserien werden im Rahmen der HGF in der GMD für Modellentwicklungen analysiert.

**Das Flachwasser-  
ökosystem der King  
George-Insel**

Nach Rückgang des Meereises entwickeln sich in der Nähe des Dallmann-Labors aufgrund der lokalen Winde und Strömungen sowie durch den Eintrag von Gletschertrübe keine ausgeprägten Phytoplanktonblüten. Benthische Suspensionsfresser weichen deshalb auch auf vom Boden aufgewirbelte Nahrungspartikeln aus. Die Tierbesiedlung der Weichböden wurde entlang von Transekten erfaßt. Die unter Eiseinfluß stehenden

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

oberen 15 m werden von eingegrabenen Muscheln, schnellwüchsigen Seefedern sowie stockbildenden Blumentieren (Anthozoen) dominiert; zwischen 15 und 35 m Tiefe prägen solitäre Ascidien, sedentäre Polychaeten und der Schwamm *Mycale acerata* das Benthos.

Zehn Makroalgen der Potter Cove waren bisher nur aus dem kaltgemäßigt-subantarktischen Bereich bekannt. In den tiefenabhängigen Gürteln sind bis 10 m *Desmarestia menziesii*, zwischen 7 und 30 m *D. anceps* und unter 18 m *Himantothallus grandifolius* vorherrschend. Die Zusammensetzung der Algengemeinschaften hängt stark vom Lichtangebot, dem Substrat, der Hangneigung und Störungen durch Eis und Wasserturbulenz ab. Bis in 20 m Tiefe ist vom Spätwinter bis zum Frühsommer (vor dem Eintrag von Gletschertrübe) ausreichend Licht für die Photosynthese vorhanden. Einige Arten haben selbst bei 30 m eine positive Kohlenstoffbilanz. Die Tiefenbegrenzung von Makroalgen scheint daher in erster Linie durch den Grad der Schattenanpassung bestimmt zu sein. Die Algen liefern Nahrung für Tiere. Im Magen des Fisches *Notothenia coriiceps* wurden Teile von 18 Algenarten identifiziert. Darüber hinaus setzen Algen flüchtige Organohalogenverbindungen frei. Dies dürfte für den atmosphärischen Ozonabbau von Bedeutung sein. Die ökologische Funktion der Stoffe ist ungeklärt; diskutiert wird Fraßschutz.

#### **Rolle der Copepoden beim Stoffumsatz im Arktischen Ozean**

Untersuchungen von Mageninhalten sowie der chemischen Zusammensetzung und der Anteile stabiler Kohlenstoff- und Stickstoffisotope von arktischen Copepoden gaben Aufschluß über die Nahrungsbeziehungen in der Wassersäule und die Transformation organischer Substanz auf ihrem Weg ins Sediment. Mesopelagische Copepoden z.B. verändern die organische Substanz durch selektiven Fraß auch qualitativ stark. Modifikationen des Darmes (Verlängerungen, Vergrößerung des Mitteldarms) weisen auf bislang unbeachtet gebliebene Anpassungen an die Nahrungseigenschaften hin. Der relativ hohe Anteil mineralischer Substanzen im Mageninhalt deutet auf die wichtige Rolle des Zooplanktons bei der Umformung jeglicher partikulärer Substanz und bei der Sedimentation hin. (siehe auch „Die Ruderfußkrebse im Arktischen Ozean“ von Scherzinger, Hirche und Kattner in Kapitel 2)

Die Bodentierbiomasse und die Verteilung von Ernährungstypen sind Indikatoren der Intensität direkter (vertikaler) Nahrungsflüsse und advektiver Zufuhren durch Strömungen. Der die Becken des Arktischen Ozeans trennende Lomonossowrücken zeichnet

#### 3.9.4 Ökologische Prozesse

#### **Nahrungszufuhr für arktische Bodenfauna**

sich durch höhere Siedlungsdichten gegenüber der angrenzenden Tiefsee aus. Mit dem Strom atlantischen Wassers wird offensichtlich partikuläres organisches Material aus Hochproduktionsgebieten der Laptevsee weit verfrachtet und fördert die Entwicklung reicherer Lebensgemeinschaften wie am Lomonossowrücken (siehe auch „Besiedlungsverhältnisse am Lomonossowrücken“ von Deubel und Rachor in Kapitel 2). Auch im Bereich des Yermakplateaus nördlich von Spitzbergen gibt es starke, nicht allein tiefenbedingte Gradienten in der Bodentierbesiedlung. Hier scheint der Ausläufer des Westspitzbergenstromes Nahrungspartikel von Süden heranzutransportieren.

Das Schicksal eingetragenen organischen Materials und die Intensität der Stoffumsätze am Boden werden durch Sauerstoffverbrauchsmessungen der sedimentbewohnenden Organismen bestimmt, wozu parallel die Bestände von Makro- und Meiofauna erfaßt werden. Im Norden des Barentsseeescheifs war 1997 der Sauerstoffverbrauch von Sedimentkernen generell gering. Er nahm mit zunehmender Wassertiefe und damit niedrigerem Nahrungsangebot sowie verringerten Bestandsdichten des Makrozoobenthos deutlich ab.

#### 3.9.5 Naturstoffe und anthropogene Spuren- stoffe

##### **Naturstoffe**

In der antarktischen Nacktschnecke *Austrodoris kerguelenensis* wurden Diterpensäure-Derivate und weitere Verbindungen gefunden. Das Verteilungsmuster in den Tieren ist konstant, allerdings mit sehr variablen Konzentrationen der Einzelkomponenten. In Kooperation mit Instituten in Spanien (CEAB Blanes) und Italien (ICMIB Neapel) wurden weitere antarktische Nacktschnecken auf Inhaltsstoffe untersucht, die für die Abwehr von Räubern bedeutsam sind. Aus der Nacktschnecke *Bathydoris hodgsoni* wurden Terpene isoliert und in ihrer Struktur aufgeklärt.

##### **Chemotaxonomie**

Zur Charakterisierung von antarktischen Meereisbakterien wurden Fettsäuren analysiert, wobei ungewöhnliche Komponenten gefunden wurden. Die durch statistische Auswertung gefundene Gruppenbildung der Bakterien entsprach weitgehend der Zuordnung nach morphologischen und physiologischen Merkmalen.

In zehn Fischarten der Bransfieldstraße wurde massenspektrometrisch eine bisher unbekannte chlororganische Verbindung ( $C_{10}H_3OCl_2$ ) entdeckt. Aufgrund der extremen Entfernungen von anthropogenen Quellen ergibt sich, daß diese Substanz hoch persistent, global weit verteilt und bioakkumulativ ist. Nach Untersuchungen an antarktischen Warmblütern wird die vollständige Strukturaufklärung erwartet. Der Nord-Süd-Transport solcher Verbindungen verläuft über die Atmosphäre. Ihre Deposition wird durch die Kälte gefördert.

3. Berichte der wissenschaftlichen  
Arbeitsgruppen

Um die Prinzipien der West-Ost-Ausbreitung von Organochlorverbindungen zu erfassen, wurden ältere Probenserien des heimischen Ringelwurms *Lanice* auf polychlorierte Biphenyle untersucht. Das Muster der PCB-Konzentrationen ist artspezifisch. In mitteleuropäischen Flußmündungen lassen sich sowohl eine Fraktionierung nach unterschiedlicher Chlorierung als auch ein atmosphärischer West-Ost-Transport über dem Kontinent erkennen. Flußferne Proben zeigen eine bisher unbekannte geographische Abhängigkeit, denn die Konzentrationen von chlorierten Substanzen in *Lanice* aus der Deutschen Bucht sind gegenüber denen aus dem atlantisch beeinflussten Englischen Kanal nicht signifikant erhöht.

**Anthropogene Stoffe in  
Fischen der Antarktis und  
in Nordseetieren**

### 3.10 Biologische Meereskunde

Forschungsschwerpunkte der Sektion sind die Klärung und Quantifizierung der vielfältigen Zusammenhänge zwischen den marinen Stoffkreisläufen und der Biologie sowie der Ökologie der beteiligten Organismen. Die Biologie der dominanten Arten wurde unter Feldbedingungen und durch gezielte Experimente im Labor untersucht, um die Stoffkreisläufe zu erfassen und zu verstehen. Andere Fragestellungen, wie Kälte- und Druckanpassungen bei Bakterien, Naturstoffe und Toxizität werden ebenfalls bearbeitet. Die Arbeiten der Sektionsmitglieder zur Ökologie und zum Stoffhaushalt des Meereises und zur Ökophysiologie der Kohlenstoffaufnahme durch Phytoplankton werden in den Berichten der betreffenden interdisziplinären Arbeitsgruppen (3.12 und 3.13.) gesondert behandelt.

#### 3.10.1 Phytoplankton

Die Physiologie, Ökologie und Taxonomie des Phytoplanktons wird von verschiedenen Arbeitsgruppen und daher aus unterschiedlichen Blickwinkeln untersucht. Das übergeordnete Ziel der Biooptik-Gruppe ist es, die Variabilität der Algenphysiologie in Abhängigkeit von der Dynamik der Umwelt zu verstehen. Um den ökologischen Erfolg der verschiedenen Phytoplanktongruppen miteinander zu vergleichen, wurden auf dem Elektronenfluß basierende Kostenanalysen der verschiedenen Lebenszyklen durchgeführt. Mit Laboruntersuchungen werden Lücken im quantitativen Verständnis der Energiebilanz der einzelnen Zellen geschlossen. Drei Modelle wurden hierfür entwickelt:

- a) Ein optisches Modell, das die Wirkung der natürlichen Schwankungen im Unterwasserlichtklima auf die optischen Eigenschaften der Algen beschreibt,
- b) ein Fluoreszenzmodell, das die Beziehung zwischen Lichtangebot und photochemischer Effizienz erfaßt, und
- b) ein Elektronenflußmodell, das die Abhängigkeit der Kohlenstofffixierung von der Lichtzufuhr und der photochemischen Effizienz ermitteln läßt.

Die Modellergebnisse wurden anhand von Feldbeobachtungen überprüft. Außerdem wurden Laborexperimente durchgeführt, um a) die Beziehung zwischen Licht- und Kohlendioxidlimitation,

- c) energetische Aspekte des Wachstums von Diatomeen und
- d) die artspezifische Wirkung von UV-B Strahlung zu untersuchen.

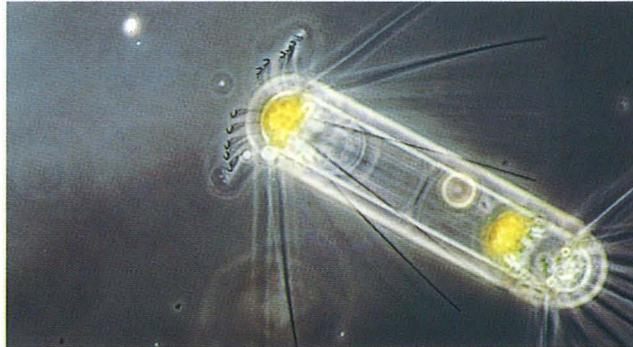
Die Taxonomie, Morphologie und Verbreitung der häufigen marinen Diatomeengattung *Corethron* wurden eingehend bearbeitet und drei deutlich voneinander abgegrenzte Arten identifiziert. Im Südpolarmeer erwies sich die räumliche Verteilung von

3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

Größenspektren der Art *C. criophilum* als nützlich für die Unterscheidung von mesoskaligen Wassermassen (Abb.). Um die Beziehung zwischen Umweltbedingungen und Größenspektren von *Corethron*-Arten besser zu verstehen, wurden die morphometrischen Messungen an natürlichen und kultivierten Populationen fortgesetzt.

Der Baikalsee bietet eine hervorragende Kulisse, um die Evolution von Diatomeen zu studieren. Die Gattung *Aulacoseira* wurde für diesen Zweck ausgesucht und in Zusammenarbeit mit russischen Wissenschaftlern bearbeitet. Es wurden eine Datenbank angelegt und ökologische und molekularbiologische Studien der zwei Arten, die im Baikalsee vorkommen, durchgeführt.

Das DFG-Projekt über die Evolution der Diatomeen wurde mit einem internationalen Workshop: „Rekonstruktion der Evolution von Diatomeen anhand von

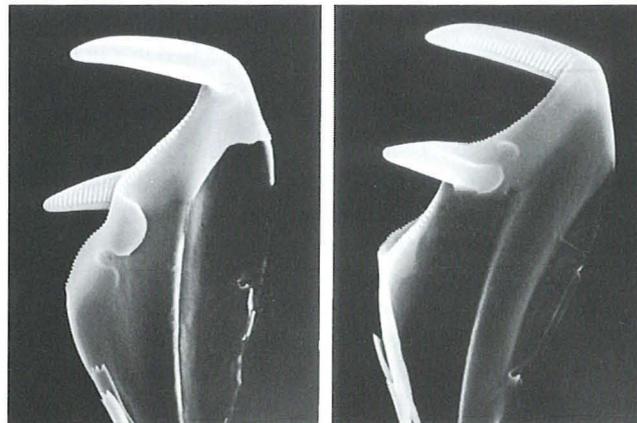
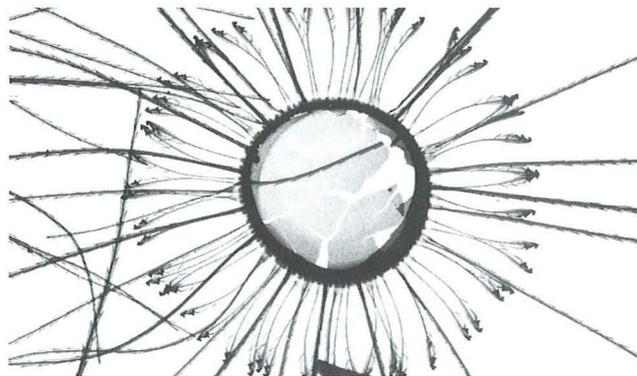


Die Kieselalge *Corethron*

oben: Vergrößerung einer ganzen Zelle mit dem Lichtmikroskop

Mitte: Detail einer Schale am Zellende mit Hakenborsten

unten: Diese Vergrößerung zweier unterschiedlich geformter Hakenborsten mit dem Rasterelektronenmikroskop liegt fast an der Grenze der Auflösung des Elektronenmikroskops.



Molekülen, Morphologie und Fossilien“, der im Sommer 1997 am AWI stattfand, erfolgreich beendet. Die auf Grundlage der molekularen Daten eingeteilten zwei Abstammungslinien konnten durch morphologische Eigenschaften bestätigt werden. Die zu den heterokonten Algen gehörenden Diatomeen sind aus einem endosymbiontischen Ereignis etwa zum Zeitpunkt des Perm/Trias Übergangs entstanden. Am AWI durchgeführte molekulargenetische Untersuchungen haben eine neue Algenklasse dokumentiert. Die Arbeit basierte auf einer vom Roscoffer Institut vor kurzem isolierten Picoplanktonalge aus dem Pazifik.

Im Rahmen eines BMBF-Verbundprojekts sind Gensonden für verschiedene toxische Algen hergestellt worden. Diese sind mit Flußzytometrie an natürlichen Proben getestet worden. Eine neue toxische Bakteriengattung, die mit der toxischen Dinoflagellatengattung *Alexandrium* sowie mit giftigen Schwämmen assoziiert ist, wurde entdeckt.

Es wurde gezeigt, daß die Kolonien der „Schaumalge“ *Phaeocystis* nicht gallertig, wie bisher angenommen, sondern von einer „Haut“ umgeben sind. In Zusammenarbeit mit Biophysikern (TU, München) wurde festgestellt, daß diese dünne, poröse Hülle (<1 µm), mechanisch sehr fest ist und aus einer zellwandartigen Struktur besteht. Diese reißfeste „Koloniehaut“ dürfte einen effektiven Schutz gegen Fraß bieten.

### 3.10.2 Bakterien

Bakterien der Polarmeere sind zwar an niedrige Temperaturen angepaßt, aber mehr als 90 % der isolierten Stämme können sich auch bei Temperaturen über 20 °C vermehren. Allerdings konnte gezeigt werden, daß einige Bakterienstämme bestimmte Substrate nur bei 4 °C und andere nur bei 20 °C verwerten. Die Temperaturabhängigkeit des Substratabbaues war bei den einzelnen Isolaten unterschiedlich. So können einige Bakterienstämme beispielsweise Glycerin nur bei 4° abbauen und andere Isolate nur bei 20°. Dieses merkwürdige Verhalten bedarf noch einer Erklärung.

Aus Anreicherungskulturen konnten kälteadaptierte, oligotrophe Bakterien aus der Arktis und Antarktis isoliert und in Reinkultur gebracht werden. Fünf Gruppen von antarktischen Bakterien konnten unterschieden werden. Bei neun Isolaten aus der Antarktis weisen die typischen morphologischen Merkmale sie als Vertreter der Gattung *Planctomyces* aus. Diese Bakterien sind schwer zu isolieren und bisher noch nicht in Kultur gebracht worden.

Um Produktions- und Umsetzungsprozesse in der Tiefsee abzuschätzen, wurden Bakterien mit einem speziellen Wassers schöpfer ohne Dekompression an Bord gebracht und auf ihr Druckverhalten geprüft. Untersuchungen zum Schicksal kälteangepaßter Oberflächenbakterien beim Absinken in den Tiefseebereich zeigen, daß Kältean-

passung nicht mit hoher Barotoleranz gekoppelt ist. In barophilen Bakterienisolaten konnte massenspektrometrisch eine unbekannt Polyenverbindung aufgedeckt werden, deren genaue Rolle bei der Anpassung an das Tiefseehabitat nun zu klären ist.

Untersuchungen zur Produktion neuer Sekundärmetabolite durch marine Bakterien wurden fortgesetzt. Mehrere neue Verbindungen aus marinen Actinomyceten konnten strukturell aufgeklärt werden.

Die ökologischen Forschungsarbeiten konzentrierten sich auf den Abschluß des BMBF-Projekts TRANSWATT. Analysen der Ergebnisse zeigen ein weit verbreitetes und regelmäßiges Vorkommen mariner Pilzkeime aus allen drei untersuchten Pilzgruppen. Bisweilen wurden sehr hohe Gesamtpilzkeimzahlwerte gemessen. Darüber hinaus standen intensive Bemühungen im Vordergrund, den Wert mariner Pilze für die marine Naturstoffforschung als Quelle für die Entdeckung, Isolation, Identifikation und biotechnologische Nutzung neuer, für die chemische, medizinisch-pharmazeutische und biotechnologische Industrie interessanter Metaboliten unter Beweis zu stellen. Untersuchungen zur Physiologie, Biochemie und Kultivierung mariner Pilze, insbesondere ausgewählter, in der „Kultursammlung mariner Pilze, Bremerhaven - KMPB“ vorhandener Pilzstämmen bildeten deshalb einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten.

### 3.10.3 Marine Pilze

In Laborversuchen wurde die Auswirkung eines toxischen Dinoflagellaten auf die Reproduktion einer Copepodenart bestimmt. Eine negative Auswirkung auf die Überlebensrate und Lebensdauer wurde nicht festgestellt, obwohl die Eiproduktion deutlich gehemmt war. Die Reduktion in der Eiproduktion scheint vom physiologischen Status der Alge abzuhängen. Somit können Copepoden Vektoren für Algentoxine im Nahrungsnetz sein.

### 3.10.4 Zooplankton

Am Beispiel einer Brackwasserart, die in sulfidischen Schichten häufig ist, wurde gezeigt, daß Nematoden nicht, wie viele Bakterien, bei Mangel an gelöstem Sauerstoff auf die Nitratrepiration umschalten können; vermutlich decken sie ihren Energiebedarf durch Gärungsprozesse. Assoziationen von Nematoden und Mikroben wurden untersucht, um festzustellen, ob die Nematoden sich mit Hilfe „ihrer“ Mikrobenkolonien artspezifische Reviere in mikroskopischen Dimensionen anlegen, so daß die Koexistenz zahlreicher Arten in anscheinend gleichförmigen Schlickböden, wie sie in der Tiefsee vorkommen, möglich ist. Diese Hypothese wird mit molekularbiologischen Methoden überprüft.

### 3.10.5 Nematoden

### 3.10.6 Pelagische Ökosysteme

#### **Antarktis**

Die zweite Southern Ocean JGOFS-Fahrt „Polarstern“ ANT XIII/2 (Frontendynamik und Biologie) wurde wieder in interdisziplinärer Zusammenarbeit und mit internationaler Beteiligung durchgeführt, um ein umfassendes Bild über die Wechselbeziehung zwischen Physik, Chemie, Biologie und Sedimentbildung im Bereich eines für den globalen Stoffkreislauf bedeutsamen Gebiets - die Antarktische Polarfront - zu gewinnen. Der Einfluß der mesoskaligen Deckschichtdynamik und des Eisenangebots auf Produktion und Akkumulation von Phyto- und Zooplanktonbiomasse und somit auf den Kohlendioxidhaushalt bildeten den Schwerpunkt der Untersuchungen. Die ersten Ergebnisse sind im Beitrag „Diatomeenblüten an Fronten im Antarktischen Zirkumpolarstrom“ von Bathmann, Hense, Rutgers van der Loeff, Strass und Smetacek im Kapitel 2 dargestellt. Die Ergebnisse der ersten JGOFS-Fahrt wurden in einem Sonderband von Deep-Sea Research vollständig veröffentlicht.

#### **Arktis**

Die Untersuchungen zur pelago-benthischen Kopplung in der Arktis sind in der Laptewsee begonnen und in der Barentssee, auf dem Yermakplateau und der inneren Karasee fortgesetzt worden. Die Artenvielfalt und Abundanz der bisher vernachlässigten Dinoflagellaten wurde speziell untersucht. Die am Lomonossowrücken verankerten Sinkstofffallen (ca. 150 m und 1700 m Wassertiefe) zeigen erhöhte Flußraten von organischem Kohlenstoff mit hohem terrigenen Anteil von Mitte Juli bis Ende Oktober. Der Flußeintrag hat sein Maximum im Juni. (Siehe Beitrag „Organischer Kohlenstoff in der Laptewsee und auf dem Lomonossowrücken“ von Fahl, Nöthig und Stein im Kapitel 2 Ausgewählte Forschungsthemen)

### 3.10.7 Chemische Forschungsarbeiten

Untersuchungen zur Nährsalzdynamik wurden im Rahmen von interdisziplinären Studien an der Antarktischen Polarfront und in der Grönlandsee durchgeführt. Die Nährsalzverteilung und deren Verhältnisse untereinander lassen Rückschlüsse auf das Produktionsgeschehen, aber auch die Herkunft der Wassermassen zu.

Die Arbeiten zur chemischen Charakterisierung und zum bakteriellen Abbau von gelösten organischen Substanzen (DOM) wurden fortgesetzt. Die hohen DOM-Konzentrationen in der Arktis beruhen vermutlich auf dem Eintrag durch die Flüsse. Erste Abschätzungen anhand von Messungen im Einflußbereich der Lena, in der Laptewsee, im zentralen Arktischen Ozean und in der Grönlandsee weisen darauf hin, daß etwa 60 % des DOM in der Laptewsee und noch 20 % im Eurasischen Becken terrigenen Ursprungs sind. Möglicherweise stellt der Eintrag von Lignin (ein Hauptbestandteil vom Holz) in den Arktischen Ozean eine Hauptquelle für die Weltozeane dar. Der

### 3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen

---

Anteil an D- und L-Aminosäuren im DOM wurde untersucht, um Information über Herkunft und Zusammensetzung des DOM sowie bakterielle Umsätze zu erhalten.

Die Verteilungen der stabilen Isotope des Kohlenstoffs ( $^{13}\text{C}$ ) und des Stickstoffs ( $^{15}\text{N}$ ) dienen als Tracer und lassen Rückschlüsse auf Stoffumsetzungen und Nahrungskettenbeziehungen zu. Im Rahmen der interdisziplinären Studie an der südlichen Polarfront wurden Isotopenmessungen erstmalig gleichzeitig an größenfraktionierten Planktonproben und an DOM durchgeführt.

Neue Erkenntnisse über den Aufbau der Lipide in polaren Zooplanktern haben sich durch Untersuchungen der stabilen Kohlenstoffisotope in den einzelnen Lipidkomponenten ergeben. So konnten *de novo* synthetisierte Fettsäuren von denen, die direkt aus der Nahrung eingebaut werden, unterschieden werden. Mit Fütterungsversuchen wurde festgestellt, daß die Lipidbiosynthese eine sehr hohe Umsatzrate hat. Die intensive analytische Bearbeitung der Lipide von antarktischen Krill- und Copepodenarten wurde fortgesetzt. Erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Speicherlipide wurden bei Krillarten gefunden, während erstmalige Messungen an kleinen Copepoden zeigten, daß diese sich ähnlich wie die größeren Vertreter verhalten.

### 3.11 Tiefseeforschung

Am AWI soll sukzessive eine Arbeitsgruppe „Tiefsee“ aufgebaut werden, die intersektionell einen Themenschwerpunkt in der Tiefseeforschung entwickelt. Eine ökologisch orientierte Initialgruppe ist im Rahmen der Erforschung der arktischen Gewässer eng mit verschiedenen Arbeitsgruppen aus dem Hause verbunden. Die Zusammenarbeit soll in Zukunft noch enger werden. Die grundsätzliche Frage, mit der sich diese Gruppe befaßt, ist diejenige nach dem Funktionieren des Ökosystems in einem permanent mit Eis abgedeckten Ozean (siehe 3.11.1). Die Arbeitsgruppe koordiniert auch den vom BMBF finanzierten Forschungsverbund Tiefsee-Umweltschutz (siehe 3.11.2) und ist gleichzeitig mit einem Teilprojekt an diesem Verbund beteiligt. Darüber hinaus haben Mitglieder der Gruppe an der Entwicklung von Geräten und an Vorbereitungen zum Einsatz neuer Techniken teilgenommen (siehe 3.11.3).

#### 3.11.1 Arktische Tiefsee

Die ökologischen Prozesse im Ökosystem der Tiefsee werden durch den vertikalen und horizontalen Eintrag organischen Materials angetrieben. Für den Arktischen Ozean mit seiner permanenten Eisbedeckung wird angenommen, daß der laterale Eintrag von Nahrungsenergie in die Tiefsee gegenüber dem vertikalen Eintrag aus der (stark limitierten) Planktonblüte eine weitaus größere Rolle spielt als in ozeanischen Bereichen, die offen und stets ungehindert dem Licht sowie der windinduzierten Durchmischung zugänglich sind. Untersuchungen zu den Transportwegen organischer Substanzen und der benthischen Prozesse sowie ein Vergleich mit Forschungsergebnissen aus anderen (nicht eisbedeckten) Tiefseeregionen werden zum Verständnis der Funktionsweise des Ökosystems der Arktischen Tiefsee beitragen.

1996 nahmen Mitarbeiter der Arbeitsgruppe „Tiefsee“ erstmals an einer Arktisexpedition teil. Als Gäste auf dem Schwedischen Eisbrecher „Oden“ hatten sie Gelegenheit, eine Reihe von Benthosproben in der zentralen Arktis (nördlich von 85 °N) in Wassertiefen zwischen 900 m (Lomonossowrücken) und 4.300 m (Amundsenbecken) zu sammeln (Abb. 1). Am 10. September 1996 erreichten AWI-Mitarbeiter, zum zweiten Mal nach 1991, den Nordpol.

Die quantitativen Erfassungen benthischer Kleinstorganismen (Größenklasse Bakterien bis Meiofauna) sowie Analysen biogener Sedimentkomponenten zur Ermittlung des Eintrages von organischem Material aus der Phytoplanktonblüte (gemessen als sedimentgebundene chloroplastische Pigmente) und Abschätzungen benthischer Aktivitäten (bakterielle Exo-Enzyme) und Biomassen kleinster sedimentbewohnender Organismen (DNA, Gesamt-Adenylate, partikuläre Proteine, Phospho-Lipide) lieferten wert-

3. Berichte der wissenschaftlichen  
Arbeitsgruppen

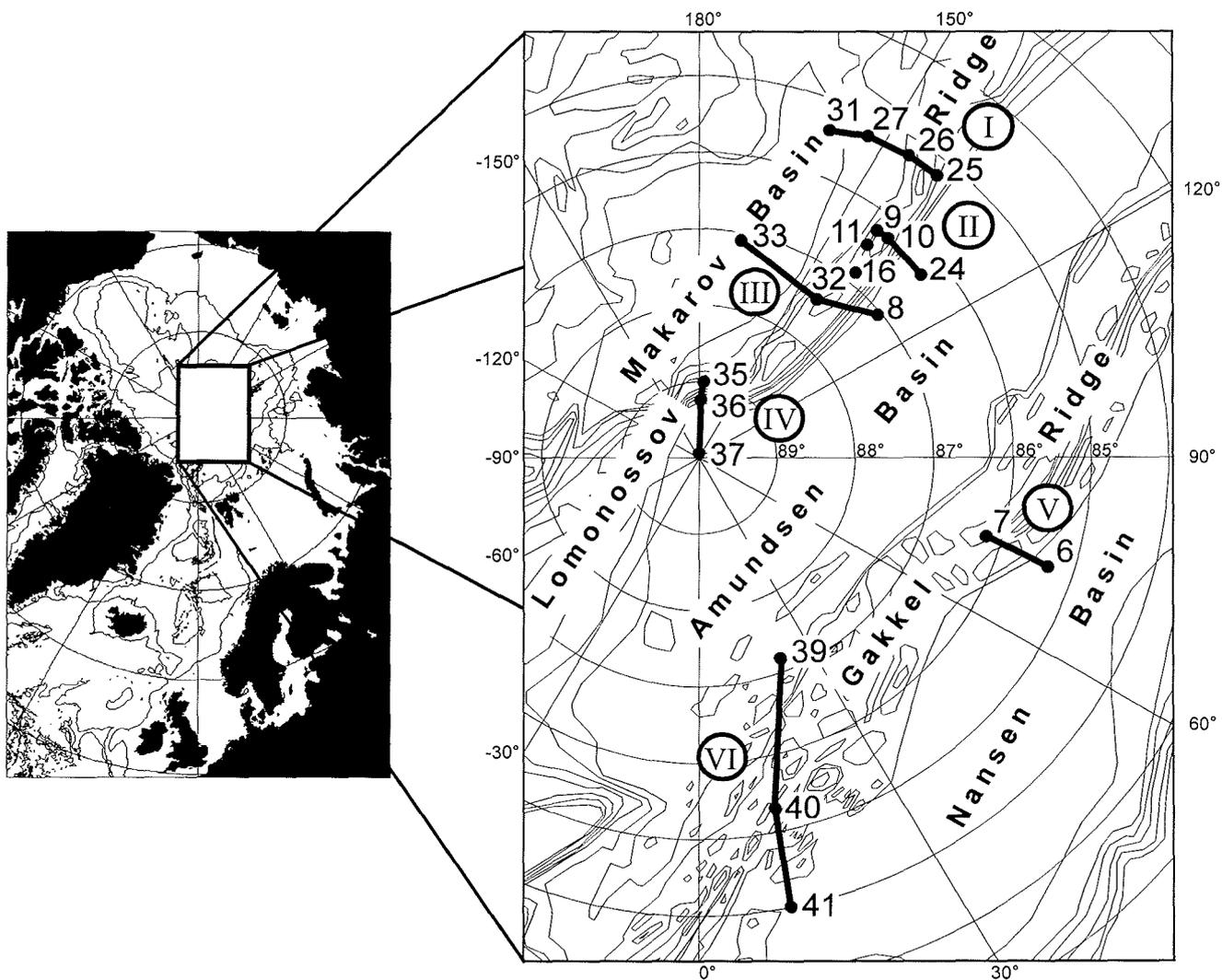


Abb. 1: Probenahmestationen  
im Zentralen Arktischen  
Ozean während der Expedition  
„Arctic Ocean ‘96“

volle Informationen über die ökologischen Verhältnisse im Benthos der Arktischen Tiefsee.

Während der Arktisexpedition ARK XIII/2 (Sommer 1997) mit dem Forschungseisbrecher „Polarstern“ wurden die im Vorjahr begonnenen Arbeiten in einem peripheren, aber ebenfalls permanent eisbedeckten Areal des Arktischen Ozeans (Yermak Plateau, NW Svalbard) weitergeführt und ausgeweitet.

Erstmals wurde das „Ocean Floor Observation System“ (OFOS) zur großräumigen Erfassung der Bodenstrukturen und der auf dem Meeresboden lebenden grösseren Fauna (quantitative und qualitative Erfassung der Megafauna) in der Arktischen Tiefsee in Wassertiefen >1.000 m eingesetzt. Das kabelgebundene OFOS besteht aus einem Metallrahmen, der mit einer Restlicht-Videokamera, einer Einzelbildkamera, Scheinwerfern, Blitzlichtern sowie der benötigten Energieversorgung für das Gesamtsystem ausgestattet ist. Auf insgesamt 17 Einsätzen wurden während



Abb. 2: Organismen und Lebensspuren am Meeresboden im Bereich des Yermak Plateaus nordwestlich von Spitzbergen

der Expedition ARK XIII/2 über 10.000 Fotos (Abb. 2) in Wassertiefen bis 5.450 m (Molloy Deep) gewonnen. Die Ergebnisse über die Besiedlungsdichten der Megafauna lassen sich in erster Näherung aus dem Strömungsregime und aus der Nahrungsfracht in den Wasserkörpern deuten.

Das BMBF-Verbundvorhaben ATESEPP („Auswirkungen technischer Eingriffe in das Ökosystem der Tiefsee im Süd-Ost-Pazifik vor Peru“) erarbeitet mit insgesamt acht Projekten Grundlagenkenntnisse über die Tiefsee, um großräumige Störungen am Meeresboden durch verschiedene Nutzungsarten bewerten zu können. Die Entscheidung, diese Arbeiten im Südostpazifik außerhalb und innerhalb eines deutschen Anspruchsgebietes zur Gewinnung von Manganknollen durchzuführen, wurde 1988 in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie und mit deutschen Wirtschaftsunternehmen getroffen. Das damals langfristig angelegte Vorhaben DISCOL (aus Disturbance and Recolonisation) hat dazu geführt, daß ATESEPP zur Fortführung und zum Vergleich in dieselbe Region gelegt wurde. Dieses Vorhaben analysiert die Eigenschaften des ungestörten Tiefseebodens und registriert Veränderungen des benthischen Systems nach kurzfristigen Störungen und langfristig nach einer im Jahre 1989 gesetzten großflächigen Störung. Die benthologischen Arbeiten werden im Rahmen des Projektes ECOBENT am AWI durchgeführt.

Das ATESEPP Untersuchungsgebiet umfaßt die Arbeitsgebiete der vom BMBF geförderten Projekte DISCOL, SEDIPERU und FE-MILIEU und wurde während der Expedition SO 106 des Forschungsschiffs „Sonne“ von den verschiedenen Arbeitsgruppen beprobt, so daß Aussagen über unterschiedlich produktive Gebiete im Perubecken gemacht werden können. Erste Ergebnisse spiegeln eine große kleinräumige Variabilität in den biologischen und geologischen Daten wider. Einige Ergebnisse sind in „Reaktionen benthischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften auf mechanische Störungen der Sedimente“ von Thiel, Ahnert, Bluhm, Borowski und Vopel im Kapitel 2 dieses Berichtes dargestellt.

Mitarbeiter der Gruppe haben sich im Bereich Tiefseeumweltschutz an der Ausbildung chinesischer Wissenschaftler für deren Forschungsvorhaben in der Tiefsee beteiligt. Sie haben beratend an der Entwicklung eines Bergbaukodex für die Tiefsee teilgenommen, Wissenschaftler der Pionierinvestoren in der Bearbeitung von Umweltproblemen und die Meeresbodenbehörde der Vereinten Nationen beraten. Für die Europäische Union wurde im Rahmen der Marine Science and Technology (MAST II)-Vorhaben gemeinsam mit englischen Kollegen eine Studie zur Frage nach dem Risiko durch großskalige Forschungsexperimente erstellt.

Im Rahmen des von der Europäischen Union (MAST III) geförderten Projektes ALIPOR (Autonomous Lander Instrument Packages for Oceanographie Research) wurde ein Drucktank entwickelt und gebaut, um darin Geräte unter den Druckbedingungen der Tiefsee auf ihre Funktionsfähigkeit und/oder Dichte zu testen.

### 3.11.2 Tiefsee- umweltschutz

### 3.11.3 Entwicklung von Geräten

Eine Anlage zur Sortierung der Meiofauna aus Sedimentproben wurde weiterentwickelt. Besondere Schwierigkeiten bereitete die Abstimmung der hydrodynamischen, mechanischen, optischen und elektronischen Komponenten. Umfangreiche Leistungstests mit diesem ersten Sortiersystem stehen noch aus. Frühere Studien hatten jedoch bereits 70-90 % Sortiereffizienz erbracht.

Die Arbeitsgruppe hat darüber hinaus eine umfangreiche Marktanalyse der für die Tiefseeforschung geeigneten ROVs (Remotely Operated Vehicles) vorgenommen und die Verwendbarkeit dieser Unterwasserroboter auf „Polarstern“ untersucht. Damit sind die Voraussetzungen erarbeitet, um ein solches Gerät von „Polarstern“ aus einsetzen zu können. Mit Manipulatoren ausgerüstete ROVs bieten die Möglichkeit, videokontrolliert gezielt Proben zu entnehmen bzw. Messungen vorzunehmen. Durch den Einsatz von ROVs können in Zukunft Heterogenitäten tierischer, chemischer und sedimentologischer Charakteristiken am Meeresboden und letztlich die biologischen, physikalischen, chemischen und frühdiagenetischen Prozesse besser erarbeitet werden.

## 3.12. Meereisforschung

Die Meereisgruppe befaßte sich im wesentlichen mit zwei Themenkreisen: Zum einen wurden die Arbeiten zur Sukzession von Meereislebensgemeinschaften im antarktischen Packeis fortgeführt. Die Untersuchung physikalischer Prozesse und ihres Einflusses auf die biologische Aktivität im Meereis in einem Eistank der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt ergänzte diese. Zum anderen konnten die Abschätzungen der Meereistransporte im Nordpolarmeer vervollständigt werden. Zu diesem Zweck wurden Satellitendaten, Eisdickenmessungen und Modellrechnungen eingesetzt.

In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der NASA wurden erste Abschätzungen der Primärproduktion im antarktischen Packeis mit Hilfe von Bodenmessungen, Fernerkundungsdaten und Modellrechnungen erzielt. Demnach beträgt die Primärproduktion im antarktischen Meereis etwa 40 Teragramm (1 Tg = 1 Million Tonnen) Kohlenstoff pro Jahr, entsprechend knapp 30 % der geschätzten gesamten Primärproduktion im eisbedecktem Südpolarmeer. Etwa 50 % dieser Rate entfällt auf das Weddellmeer, wo das Meereis durch eine relativ hohe Schneedecke abgesenkt und überflutet wird, so daß Nährsalze aus dem Meer auf und in das Eis gelangen und ein üppiges Algenwachstum gefördert wird.

Feldstudien an der Neumayer- und Drescher-Station im Weddellmeer belegen, daß sich die Artenzusammensetzung der Algen des im Herbst gebildeten Eises stark von denen unterscheidet, die im Winter und Frühling in das Meereis eingeschlossen werden. Die Herbstalgenblüte, bestehend aus kleinen pennaten Diatomeen, die den Winter größtenteils nicht überleben, wird im Frühling durch Flagellaten abgelöst, die im oberen Meter des Eises konzentriert sind. Die wesentlich ergiebigere Algenblüte an der Eisunterseite setzt sich aus größeren, zumeist zentrischen Diatomeen-Arten zusammen. Bereits wenige Tage nach dem Einschluß der Algen in das Eis vermindert sich die mittlere Zellgröße der Gesamtpopulation. Wie Wachstums- und Freßratenexperimente zeigen, finden sowohl Algen wie auch Weidegänger im Eis bessere Bedingungen als in der Wassersäule vor.

Bei Algen in Plättcheneisschichten kann das Verhältnis von gelöstem anorganischen Kohlenstoff zu Stickstoff (DIC/DIN) das Verhältnis ihrer partikulären Produkte (POC/PON) weit übertreffen. Dies bedeutet, daß die Algen stickstoffarme und kohlenstoffreiche Verbindungen in gelöster Form in das Wasser abgeben. Der leicht abbaubare Anteil dieser Verbindungen dient Bakterien als Nahrung und ist somit Bestandteil der „microbial loop“ innerhalb des Meereises. Der schwerer zu reminere-

### 3.12.1 Primärproduktion im antarktischen Packeis

### 3.12.2 Artensukzession und Biogeochemie in Festeis-Lebensräumen

ralisierende Anteil verweilt dagegen länger im Meerwasser und beeinflusst dessen Kohlenstoffbilanz nachhaltiger.

**3.12.3 Fraktionierung  
stabiler Isotope bei der  
Meereisbildung: Eiskerne  
als Archiv der Wechsel-  
wirkung Ozean-Atmo-  
sphäre**

Aus Messungen an Eiskernen aus dem Weddellmeer wurden Eisbildungsraten aus der Fraktionierung der Sauerstoffisotope, d.h. der Anreicherung des schweren Isotopes  $^{18}\text{O}$  im Eis, abgeleitet. Grundlage dafür ist ein Fraktionierungsmodell, das anhand von Meßdaten, u.a. von der Neumayer-Station, validiert wurde. Für einen größeren Datensatz konnte dann neben der Eisbildungsrate und weiteren Größen (z. B. der Menge des im Meereis eingebundenen Schnees) der mittlere Wärmestrom vom Ozean in das Eis in verschiedenen Regionen des Weddellmeeres abgeleitet werden. Erste Untersuchungen an mehrjährigem arktischen Meereis zeigen, daß die Methode auch auf das Nordpolarmeer übertragbar ist. Hiermit konnte ferner nachgewiesen werden, daß aus Meereiskernen auch Zeitreihen meteorologischer oder ozeanischer Größen abgeleitet werden können.

Untersuchungen der Mikrostruktur, der Isotopenfraktionierung und der Absonderung von Salzionen bei der Eisbildung liefern u. a. die Fraktionierungs- und Verteilungskoeffizienten von  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  bzw. Meersalz für antarktisches Meereis. Diese Betrachtungen sollen helfen, die mikrophysikalischen Prozesse im Bereich der nur wenige Millimeter bis Zentimeter mächtigen Grenzschicht an der Eisunterseite durch zusätzliche Labor- und Feldversuche aufzuklären.

**3.12.4 Eistankversuche  
zur mikrophysikalischen  
Entwicklung und biologischen  
Besiedelung von  
Meereis unter kontrollierten  
Randbedingungen**

Die Feinstruktur des Meereises steuert maßgeblich dessen physikalische Eigenschaften, wie die Wärmeleitfähigkeit oder Absorption des Lichts, und ist weiterhin für die biologische Besiedelung des Eises ausschlaggebend. Um diese Zusammenhänge zu erkunden, wurden 1996/97 im Rahmen des internationalen, von der Europäischen Union geförderten Projektes INTERICE an der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA) Versuche in einem Becken von  $30 \times 6 \times 1,5$  m Größe vorgenommen.

Durch Analysen des Porenraums im Eis in Dünnschnittuntersuchungen und mit Hilfe der Kernspinresonanztomographie wurde nachgewiesen, daß insbesondere durch Überschreiten einer kritischen Strömungsgeschwindigkeit markante Änderungen der Mikrostruktur und der physikalischen Eigenschaften des Eises eintreten, wie sie in der Antarktis und in arktischen Schelfgebieten beobachtet worden sind. Weiterhin konnten Messungen der Permeabilität des Eises vorgenommen und zum Verhalten der im Eis eingeschlossenen Fremdstoffe (in der Arktis häufig Sedimente, s.u.) sowie zur biologischen Aktivität in Beziehung gesetzt werden.

Schließlich wurde der biologische Abbau von Ölrückständen im Eis anhand der Kohlenwasserstoffzusammensetzung (Anteil an Alkanen) gemessen und Vorschläge für einen beschleunigten mikrobiellen Abbau von Öl im Meereis erarbeitet.

Die winterliche Eisdrift im Arktischen Ozean wurde aus Satellitendaten des Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) abgeleitet und durch Vergleiche mit der Verlagerung von Driftbojen überprüft. Danach sind die SSM/I-Messungen geeignet, zuverlässige Monatsmittelwerte der Eisbewegung im gesamten Nordpolarmeer zu berechnen und Aufschlüsse über die regionalen Eistransporte zu liefern. Ferner lassen sich die Berechnungen durch Meereismodelle anhand der abgeleiteten Bewegungsfelder vorteilhaft überprüfen.

Aus Zeitserien der Eisdrift in der Framstraße, in der auch Eisdickenmessungen vorgenommen wurden, konnte der Eistransport aus dem Arktischen Ozean in die Grönlandsee für zwei Jahre abgeschätzt werden.

Im Rahmen eines russisch-deutschen Gemeinschaftsprojektes wurden in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe der Universität Washington zunächst die Auswirkung von Sedimenteinschlüssen auf die optischen Eigenschaften des Meereises durch Modellrechnungen abgeschätzt. Dabei wurde festgestellt, daß schon sehr kleine Mengen eingeschlossenen Sedimentes die Eisalbedo deutlich absenken (ca. 5-8 % für 10 mg/l Feststoffkonzentration).

Anhand umfangreicher Feldmessungen und der Analyse von Satellitendaten konnte der Sedimenttransport durch Meereis für den Bereich der Laptewsee abgeschätzt werden. Dabei wurde u. a. gefunden, daß 1994/1995 in der östlichen Laptewsee rund 10 Millionen t Sedimentpartikel in das Eis eingetragen wurden. Diese Menge entspricht in etwa der jährlichen Sedimentation im sibirischen Sektor des Nordpolarmeeres und Teilen der Grönlandsee.

Ferner konnte mit Hilfe von Satellitenmessungen und Modellrechnungen der Meereishaushalt der Laptewsee von 1979 bis 1995 berechnet werden. Fernerkundungsdaten und einfache Modellstudien zeigen, daß der kontinentale Süßwasserabfluß offenbar einen signifikanten Einfluß auf den Eisrückzug im küstennahen Bereich sowie die herbstliche Eisbildung in der Laptewsee hat.

Grundlegende Daten über den Stofftransport im Meereis wurden aufgrund von Permeabilitätsmessungen gewonnen. Mit Hilfe des quantitativen Zusammenhangs zwischen Permeabilität und Porenraumgeometrie lassen sich die kleinskaligen Stoffflüsse im Meereis numerisch simulieren.

Versuche, aus Satellitenmessungen mit einem Radar mit synthetischer Apertur (SAR) und mit einem Radaraltimeter die geometrische Oberflächenrauigkeit des Eises abzuleiten, wurden weiter verfolgt. Hubschraubergestützte Laseraltimetermessungen liefern hierzu Vergleichsdaten. Laseraltimetermessungen in der Laptewsee und im

### **3.12.5 Bewegung und Export von Meereis aus dem Nordpolarmeer**

### **3.12.6 Sedimentbeladenes Meereis in der sibirischen Arktis**

### **3.12.7 Rauigkeit und Dicke des Meereises aus Bodenmessungen und Fernerkundungsdaten**

Weddellmeer zeigen deutliche Unterschiede in den Preßeisrückenintensitäten beider Meeresregionen. Lokale Unterschiede in der Eisdicke spiegeln sich jedoch kaum in der Preßeisrückenstatistik wider.

Aus SAR-Daten der Antarktis konnte eine eindeutige Korrelation zwischen der räumlichen Preßeisrückendichte und den Rückstreukoeffizienten abgeleitet werden. Mit Hilfe neuronaler Netze läßt sich die räumliche Dichte von Preßeisrücken aus den Rückstreuwerten abschätzen.

### 3.13 Der Kohlenstoffkreislauf

Die Konzentration von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) in der Atmosphäre ist seit Beginn des 19. Jahrhunderts um 30 % angestiegen. Bereits eingetretene bzw. mögliche Klima-veränderungen durch die Emission von Kohlendioxid und anderer Treibhausgase werden seit langem diskutiert. Veränderungen der Temperaturen und der atmosphärischen Zirkulation werden die Meeresströmungen beeinflussen und damit auch auf das marine Plankton einwirken, das für gut ein Drittel der globalen Primärproduktion verantwortlich ist. Diese Beeinflussungen werden als indirekte Effekte von Kohlendioxid auf Plankton bezeichnet.

Das Kohlendioxid in der Atmosphäre steht in ständigem Austausch mit dem Kohlendioxid im Oberflächenwasser. Die erhöhte atmosphärische Kohlendioxid-Konzentration findet sich mit einer zeitlichen Verzögerung von weniger als einem Jahr auch im Oberflächenwasser wieder. Dort wirkt Kohlendioxid auf Plankton.

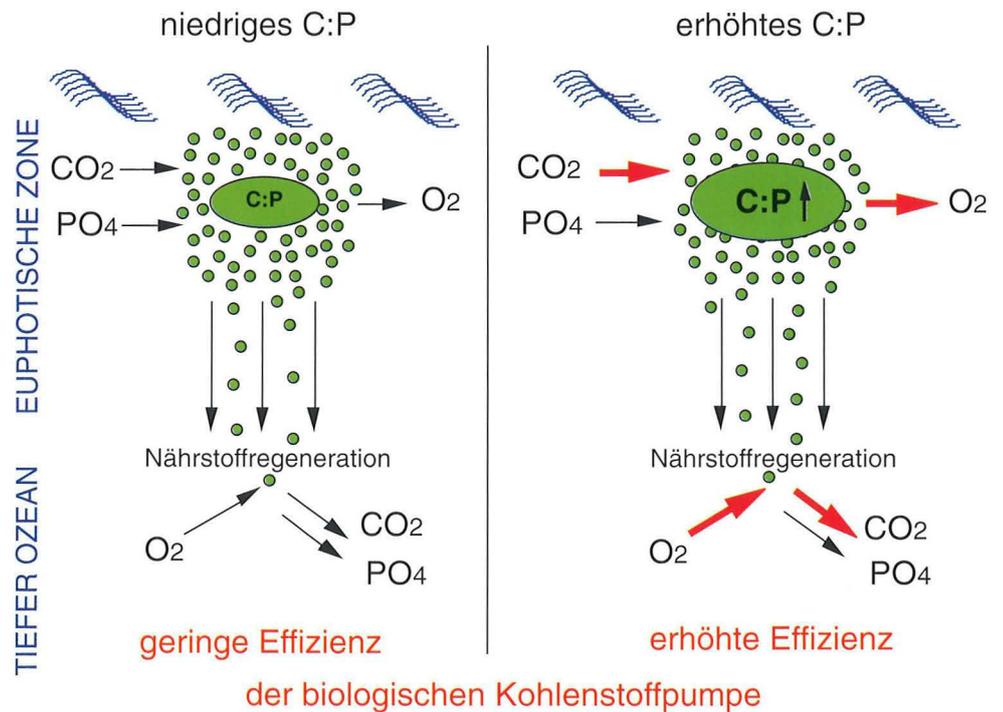
In den letzten Jahren sind verschiedene direkte Effekte von  $\text{CO}_2$  auf marines Plankton von der Kohlenstoffarbeitsgruppe untersucht worden. Dabei interessiert vor allem die Frage, inwiefern sich die marine Primärproduktion und der Transport von Kohlenstoff aus der Deckschicht in den tiefen Ozean verändern. Neben der anthropogen verursachten Kohlendioxidänderung traten ähnlich große natürliche Variationen parallel zum Wechsel von Eis- und Warmzeiten auf. Die geringeren  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen während der Eiszeiten beeinflussen die Werte von Paläo-Proxies (Stellvertreterdaten), die von Geologen zur Rekonstruktion des Klimas vergangener Epochen genutzt werden.

Laboruntersuchungen zeigen, daß das Mengenverhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff zu Phosphor (C:N:P) bei marinen Kieselalgen mit der  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Umgebungswasser variiert. Ein sehr einheitliches Bild ergibt sich dabei für das Verhältnis von C:P, welches mit zunehmender  $\text{CO}_2$ -Konzentration steigt (Abb. 1). Auf den Ozean übertragen, hieße dies, daß bei erhöhter  $\text{CO}_2$ -Konzentration mehr Kohlenstoff pro Molekül Phosphat eingebaut wird. Berücksichtigt man, daß auf längeren Zeitskalen Phosphat das biomasselimitierende Element im Meer ist, so würde demzufolge bei erhöhter Kohlendioxid-Konzentration mit der gleichen Menge Phosphat mehr Kohlenstoff photosynthetisch gebunden und in die Tiefe des Meeres transportiert werden.

Anhand einer Analyse der Tiefenwasserkonzentrationen von Sauerstoff, Nitrat und Phosphat im Nordatlantik konnte gezeigt werden, daß sich das Redfield-Verhältnis (elementare Zusammensetzung der in die Tiefe transportierten und dort remineralisierten organischen Materie) über die vergangenen drei Jahrzehnte tatsächlich zu

#### 3.13.1 Elementare Zusammensetzung von Phytoplankton

Abb. 1: C:P im organischen Material und im tiefen Ozean



höheren C:P und C:N Werten verschoben hat. Dies könnte darauf hindeuten, daß das Meer bei gleichbleibender Phosphatzirkulation heute mehr Kohlenstoff bindet und im Tiefenwasser speichert als vor 30 Jahren. Da allerdings die Ursache für diese Veränderung noch nicht bekannt ist, läßt sich gegenwärtig nicht abschätzen, inwieweit sich diese Entwicklung auch in Zukunft fortsetzen wird.

### 3.13.2 Biogene Kalkfällung

Obwohl Meerwasser in den oberen zwei- bis dreitausend Metern der Wassersäule stark an Kalziumkarbonat übersättigt ist, fällt es spontan, also auf rein chemischem Wege, kaum aus. Diese Übersättigung machen sich kalkskelettbildende Plankter wie die Foraminiferen, Coccolithophoriden und Pteropoden zunutze. Bildung und anschließendes Absinken ihrer Kalkskelette aus der Deckschicht, auch als „Karbonatpumpe“ bezeichnet, verringert die Alkalinität im Oberflächenwasser. Mit abnehmender Meerwasseralkalinität erhöht sich der relative Anteil an Kohlendioxid am anor-

organischen Gesamtkohlenstoff. Durch den damit einhergehenden Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Partialdruckes kann es zum Ausgasen von Kohlendioxid in die Atmosphäre kommen. Die Karbonatpumpe wirkt somit der organischen Kohlenstoffpumpe, die durch Bildung und Absinken partikulär-organischer Materie der Oberflächenschicht Kohlendioxid entzieht, entgegen und wird daher oft als Gegenpumpe bezeichnet.

Die absehbare Erhöhung der Kohlendioxid-Konzentration im Oberflächenwasser führt zu einer deutlichen Abnahme der Karbonationenkonzentration ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), während die Bikarbonatkonzentration ( $\text{HCO}_3^-$ ) sich kaum verändert. Ob sich die Kalzifizierungsrate verschiedener Organismen verändert, hängt u.a. davon ab, welche Kohlenstoffquelle (Karbonat, Bikarbonat oder Kohlendioxid) für die Kalkbildung genutzt wird. Laborexperimente deuten darauf hin, daß Foraminiferen Karbonationen zur Kalkbildung benutzen, während Coccolithophoriden (z.B. *Emiliana huxleyi*) vermutlich Bikarbonat bevorzugen. Die Gewichte der Kalkschalen von Foraminiferen nehmen unterhalb einer Karbonationenkonzentration von  $100 \text{ mmol m}^{-3}$  deutlich ab. Bei Coccolithophoriden erwarten wir dagegen keine Abnahme. Unterhalb eines kritischen pH-Wertes ist das gebildete Kalziumkarbonat allerdings nicht mehr stabil und wird sich auflösen, sofern es nicht durch eine organische Hülle geschützt ist. Verminderte biogene Kalkfällung wirkt als negative Rückkopplung auf erhöhte  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen.

Neben den Wachstumsraten und der elementaren Zusammensetzung kann Kohlendioxid auch die isotopische Zusammensetzung ( $\delta^{13}\text{C}$ ) des Phytoplanktons beeinflussen. In Zusammenarbeit mit einem amerikanischen Kollegen (Greg Rau) wurde dazu ein mechanistisches Modell entwickelt, das auf dem diffusiven Transport von Kohlendioxid in die Algenzelle und der Isotopenfraktionierung durch das Enzym Rubisco beruht. Modellvoraussagen wurden mit Feld- und Labordaten verglichen und zeigten erstaunlich gute Übereinstimmung, obwohl der Modellansatz sehr vereinfachend ist. Neuere Labordaten deuten darauf hin, daß die Kohlenstoffaufnahme und damit auch die Isotopenfraktionierung mit dem Lichtangebot variiert (Lichteffekt). Neben der isotopischen Zusammensetzung im organischen Material ganzer Algenzellen wurde in Zusammenarbeit mit John Volkman (Australien) die isotopische Zusammensetzung von Alkenonen (organischen Verbindungen, die spezifisch für eine Gruppe von Algen sind; Biomarker) unter verschiedenen  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen bestimmt.

Zusammen mit amerikanischen Kollegen (Howard Spero, David Lea, Brian Bemis) wurden über mehrere Jahre hinweg jeweils in den Sommermonaten Experimente mit planktischen Foraminiferen (Abb. 2) unter verschiedenen Kohlendioxid-Bedingungen

### 3.13.3 $\delta^{13}\text{C}$ in Phytoplankton

### 3.13.4 Isotopische Kom- position von Foraminiferen

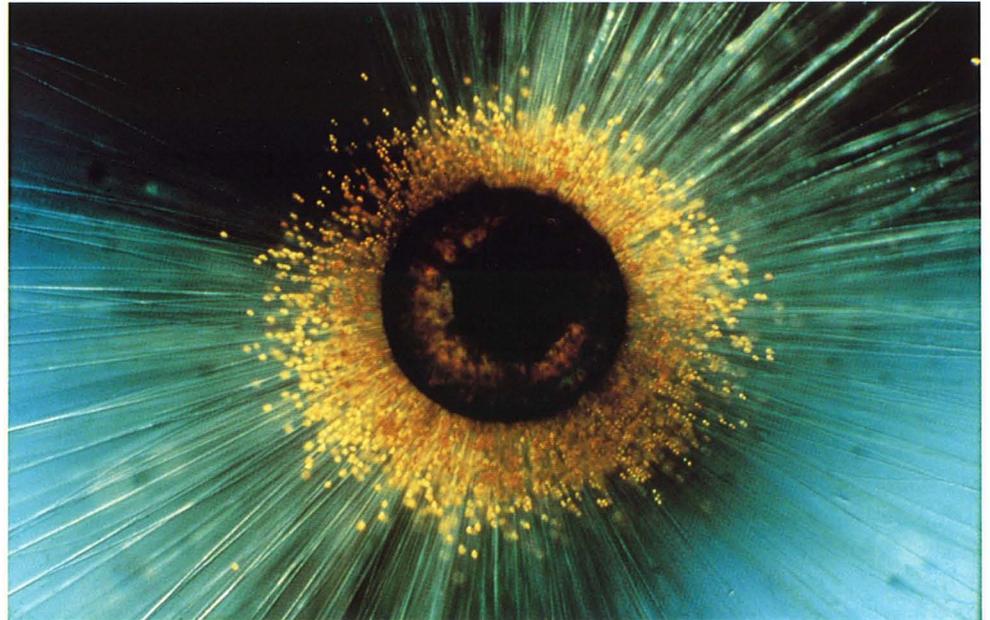


Abb. 2: Bild einer lebenden  
Foraminifere (*Orbulina  
universa*)

durchgeführt. Ziel der Untersuchung war es, die Mechanismen zu verstehen, die zur isotopischen Zusammensetzung ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) der Kalkschalen beitragen, und damit die Interpretation dieser Paläo-Proxies zu verbessern. Überraschenderweise stellte sich heraus, daß die Werte von  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  in den Schalen mit der Konzentration der Karbonationen im Meerwasser variieren.

Dieser Karbonationeneffekt hat Konsequenzen für die Interpretation von  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  aus Sedimenten der letzten Eiszeit, in der die atmosphärische  $\text{CO}_2$ -Konzentration wesentlich geringer als heutzutage war und erhöhte Karbonatkonzentrationen vorlagen. (Siehe auch „Schwierige Spurensuche“ von Bijma, Zeebe und Wolf-Gladrow in Kapitel 2). Wird der Karbonationeneffekt berücksichtigt, so bietet dieser Mechanismus eine neue Erklärung für die sehr negativen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von planktischen Foraminiferen im glazialen Südlichen Ozean. Des weiteren müssen die eiszeitlichen Wassertemperaturen in den Tropen um 1 bis 1,5 Grad nach unten korrigiert werden. Berechnungen mit Diffusions-Reaktions-Modellen zeigen, daß das Karbonatsystem in

### *3. Berichte der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen*

der Mikroumgebung von Foraminiferen durch Lebensprozesse wie Respiration, Kalzifizierung und Photosynthese durch symbiontische Algen, die auf den Stacheln der Foraminiferen sitzen, beträchtlich verändert wird. So sinkt die Karbonatkonzentration an der Kalkschale zeitweise auf etwa die Hälfte der Konzentration ab, die im Mittel im Wasser vorliegt. Modellergebnisse stimmen gut mit pH-Profilen überein, die mit Mikroelektroden gemessen worden sind. Das Diffusions-Reaktions-Modell ist im Rahmen einer Doktorarbeit um Fraktionierungsprozesse stabiler Kohlenstoffisotope erweitert worden. Das Modell hat zum Verständnis der Beobachtungen beigetragen und weitere Experimente angeregt.

Ein seit langem ungelöstes Problem ist die Existenz von Gebieten mit hohen Nährstoffkonzentrationen (Nitrat, Phosphat), aber geringen Chlorophyllwerten (HNLC = high-nitrate, low-chlorophyll), wie z.B. im Südlichen Ozean. Eine mögliche Ursache ist die zu geringe Verfügbarkeit von Mikronährstoffen wie etwa Eisen. Die Chemie von Eisen im Meerwasser ist sehr kompliziert, da der überwiegende Teil des Eisens in organisch komplexierter Form vorliegt und so nicht unmittelbar für die Algen zur Verfügung steht. Im Rahmen eines europäischen Projektes wurde ein Modell zur Eisenkinetik entwickelt, mit dessen Hilfe die Effizienz verschiedener Aufnahmemechanismen verglichen wurden.

#### *3.13.5 Eisen*

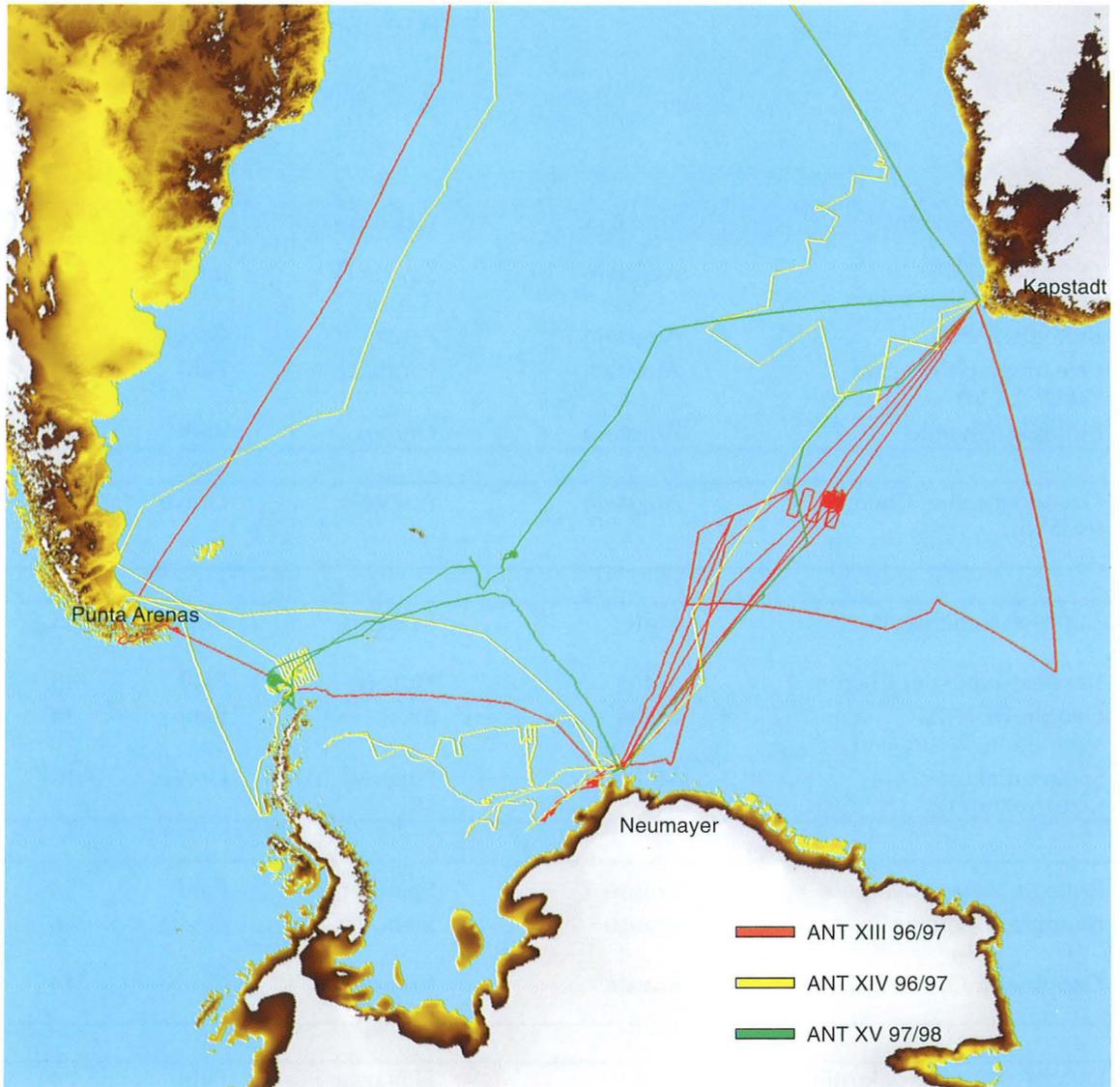
## 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

### 4.1 „Polarstern“ - Expeditionen 1996-1997

Datum	Hafen (an-ab)	Expedition	Region
04.12.95 - 21.06.96	Kapstadt - Kapstadt	ANT XIII/2	Weddellmeer
26.01. - 15.03.96	Kapstadt - Kapstadt	ANT XIII/3	Weddellmeer
17.03. - 20.05.96	Kapstadt - Punta Arenas	ANT XIII/4	zentrales Weddellmeer
22.05. - 21.06.96	Punta Arenas - Bremerhaven	ANT XIII/5	Atlantik
22.06. - 11.07.96	Bremerhaven		Werft / Logistik
12.07. - 29.09.96	Bremerhaven - Bremerhaven	ARK XII	Nansen/ Amundsen- Becken
30.09. - 04.10.96	Bremerhaven		Werft / Logistik
05.10. - 10.11.96	Bremerhaven - Punta Quilla	ANT XIV/1	Nord/Süd-Schnitt, Atlantik
12.11.96. - 01.01.97	Pta. Quilla - Pta. Arenas	ANT XIV/2	Südshetland-Inseln
04.01. - 19.03.97	Punta Arenas - Kapstadt	ANT XIV/3	Weddellmeer
21.03. - 25.04.97	Kapstadt - Bremerhaven	ANT XIV/4	Kap- und Angolabecken
26.04. - 13.5.97	Bremerhaven		Werft / Logistik
14.05. - 30.06.97	Bremerhaven - Tromsø	ARK XIII/1	Grönlandsee
02.07. - 20.08.97	Tromsø - Tromsø	ARK XIII/2	Nansenbecken, Eurasischer Schelf
22.08. - 01.10.97	Tromsø - Bremerhaven	ARK XIII/3	Framstraße, Yermak-Plateau
02.10. - 14.10.97	Bremerhaven		Werft / Logistik
15.10. - 14.11.97	Bremerhaven - Kapstadt	ANT XV/1	Anreise
16.11.97 - 15.01.98	Kapstadt - Kapstadt	ANT XV/2	Scotia See / Bransfieldstraße

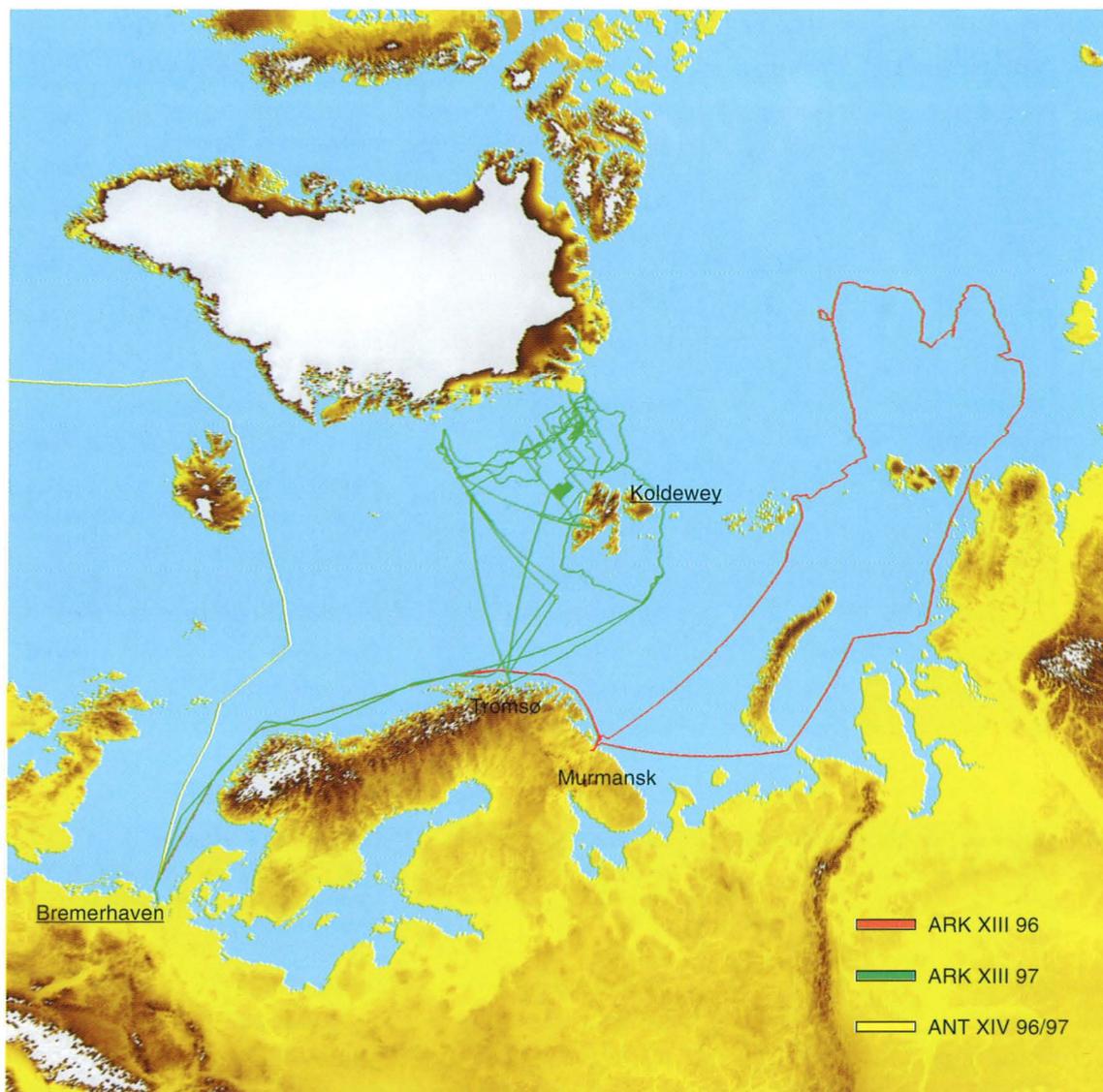
#### 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

Wiss. Schwerpunkte	Koord.	Fahrtleiter	Kapitän	Teilnehmerzahl
Biologie/JGOFS Versorgung Neumayer	Augstein	Smetacek	Jonas	70
Biologie/EASIZ	Augstein	Arntz	Greve	55
Ozeanographie/ WEDDEX 96	Augstein	Fahrbach	Pahl	48
Biologie, Chemie	Augstein	Gerdes	Keil	20
Ozeanographie, Chemie (ACSYS)	Augstein	Augstein	Greve	52
Atmosphärenchemie	Miller	Schrems	Keil	43
Fischereibiologie, Chemie	Miller	Kattner	Pahl	45
Geophysik/FRISP Versorgung Neumayer	Miller	Jokat	Pahl	58
Sedimentakustik, Ozeanographie	Miller	Fütterer	Greve	10
Biologie, Ozeanographie	Krause	Spindler	Pahl	55
Biologie, Geologie	Krause	Stein	Greve	48
Geophysik, Ozeanographie	Krause	Krause	Greve	44
Luftchemie, Hydroakustik	Arntz	El Naggar	Pahl	24
Geologie, Biologie, Bathymetrie Versorgung für EPICA	Arntz	Schenke	Pahl	80



Die Antarktis-  
expeditionen  
des FS „Polar-  
stern“ in den  
Jahren 1996  
und 1997.

4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen



Die Arktis-  
expeditionen  
des FS „Polar-  
stern“ in den  
Jahren 1996  
und 1997.

## 4.2 Forschungsfahrten FS „Victor Hensen“ - 1996

	Zeitraum vom/bis	Fahrttage	Aus- und Einlaufhafen	Fahrtgebiet /Einsatzgebiet
1996	10.-19.01.	10	Brh./Sta.Cruz de Tenerife	Subtropischer Atlantik, Gewässer um die Kanarischen Inseln
	23.01.-22.02.	30	Sta.Cruz de Tenerife Las Palmas	dto.
	24.02.-04.03.	10	Las Palmas/ Brh.	dto.
	07.-18.05	12	Brh./Helgoland/Brh.	Deutsche Bucht, Doggerbank
	28.05.-02.06.	10	Brh./Büsum/Brh.	Deutsche Bucht, Nordfries. Wattenmeer
	17.-22.06.	6	Brh./Brh.	Deutsche Bucht
	07.-12.08.	6	Brh./Büsum/ Brh.	Deutsche Bucht, Nordfries. Wattenmeer
	19.-24.08.	6	Brh./Brh.	Deutsche Bucht
	08.-19.09.	12	Brh./Mariager/Brh.	Kattegat, Mariager-Fjord, Limfjord
	02.-09.10.	8	Brh./Büsum/Brh.	Deutsche Bucht, Nordfries. Wattenmeer
	14.-25.10.	12	Brh./Brh.	Zentrale Nordsee
	<p><i>Es wurden nur Fahrten, die länger als 5 Tage dauerten, berücksichtigt. „Victor Hensen“ war darüberhinaus 44 weitere Tage im Einsatz.</i></p>			

## Forschungsfahrten FS „Victor Hensen“ - 1997

	Zeitraum vom/bis	Fahrttage	Aus- und Einlaufhafen	Fahrtgebiet/Einsatzgebiet
1997	01.04.-06.06.	67	Brh./Vigo/ Las Palmas/ Vigo/Brh.	Engl. Kanal, Biscaya, Galacia-Bank, Kanaren-Madeira Seamounts, Seegebiet um die Kanarischen Inseln
	10.-18.06.	9	Brh./Helgoland/Brh.	Deutsche Bucht
	20.-25.06.	6	Brh./Brh.	Deutsche Bucht
	28.08.-02.09.	6	Brh./Brh.	Deutsche Bucht
	08.-24.09.	17	Brh./Kiel/ Cuxhaven/ Brh.	Ostsee/Deutsche Bucht
<p><i>Es wurden nur Fahrten, die länger als 5 Tage dauerten, berücksichtigt. „Victor Hensen“ war darüberhinaus 23 weitere Tage im Einsatz.</i></p>				

#### 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

<b>Forschungsprogramm /Aufgaben</b>	<b>Teiln.-Z.</b>	<b>Fahrtleiter/Institution</b>
Test: Tiefseeverankerung und Hydrographie der Oberfläche	3	K. Ohm AWI
EU-Langzeitmessprogramm, ESTOC-Transekt, -Station und Insel-Schelfe, bio-optische und biochemische Messungen Produktion und Export-Flux, EU-Projekt CANIGO: Marokko-Schelf, Hydrographie, Partikelfluß und Paläo-Ozeanographie	22	R. Reuter, Uni Oldenburg S. Neuer, Uni Bremen G. Ruhland, Uni Bremen
Test: Tiefseeverankerung, Hydrographie der Oberfläche Flachwasserökologie, IMPACT (Plankton, Benthos, Fischerei)	3	K. Ohm AWI, I. Hoppe/ R. Knust AWI
	9	
Stoffumsatzexperimente im Wattenmeer (TRANSWATT-8)	10	K. Schaumann AWI
Bio-Optik-Untersuchungen am Plankton (incl. Hydrographie)	9	B. Kroon AWI
Stoffumsatzexperimente im Wattenmeer (TRANSWATT-9)	13	G. Weide AWI
Zoo- und Phytoplanktonökologie UV-B Einfluß, Bio-Optik-Messungen	10	J. Dutz AWI
Schwefelkreislauf im Sediment	10	T. Ferdemann, MPI Bremen
Stoffumsatzexperimente im Wattenmeer (TRANSWATT-10)	12	G. Weide AWI
Cloud Retrieval Validation Experiment (CLOREVAL)	6	H. Gäng IfM Kiel

<b>Forschungsprogramm Aufgaben</b>	<b>Teiln.-Z</b>	<b>Fahrtleiter/Institution</b>
hydrographische, geologische, sedimentologische, biologische und chemische Untersuchungen an Tiefwasser-Korallenriffen, ESTOC-Station und Transect, Marokko-Schelf (EU-CANIGO-Projekt)	41	R. Henrich*, H. Barth, S. Neuer*, G. Meinecke*, A. Freiwald*, *Uni Bremen, Uni Oldenburg
Nordseebenthos, Fisch- und Dekapodenökologie	10	R. Knust AWI
Bio-Optik-Untersuchungen am Plankton (incl. Hydrographie)	3	R. Röttgers AWI
optische und hydrographische Profil-Messungen im Wasser Drifter-Experimente, Flug-Koordination	9	R. Reuter Uni Oldenburg
Nordseebenthos, Ökophysiologie, Fischökologie, CLICOFI	8/10	R. Knust/J. Ulleweit AWI

## 4.3 Übersicht der Flugzeugeinsätze 1996/97\* (Polar 2 und Polar 4)

Kampagne	Einsatzgebiet für Meß- und Logistikflüge	Zeitraum	Anzahl Flüge	Projektleitung	Teiln. AWI/ Andere	Wissenschaftl. Schwerpunkte
ANT XIII 95/96 (Anteil 1996)	Antarktis Dronning Maud Land	13.01.-20.02.96	31	H. Oerter/U. Meyer	3/8	Geophysik
ARCTOC 96	Spitzbergen	15.04.-11.05.96	15	D. Nagel	2/6	Atmosphärenphysik
NGRIP 96	Grönland Eiskappe	04.06.-21.06.96	14	L. Hempel	1/6	Geophysik/Glaziologie
AEROMAG 96	Ostgrönland	27.06.-22.07.96	18	V. Schindwein	1/4	Geophysik
AGMASCO 96	Skagerrak	13.09.-21.09.96	8	U. Meyer	2/13	Geophysik
ANT XIV 96/97:	Antarktis					
-EMAGE 96	Neumayer-Station	23.12.-30.12.96	6	W. Jokat/ U. Meyer	1/8	Geophysik
-EPICA 2	Dronning Maud Land	09.01.-08.02.97	14	H. Oerter/ U. Meyer	3/8	Geophysik
KABEG 97	West-/Ostgrönland	12.04.-14.05.97	14	G. Heinemann	0/7	Geophysik
NGRIP 97	Grönland Eiskappe	21.05.-18.06.97	15	U. Nixdorf	1/8	Geophysik/Glaziologie
NORDGRAV 97	Nordostgrönland	17.07.-17.08.97	25	U. Meyer	2/10	Geophysik
ANT XV 97/98	Antarktis					
EPICA 3	Dronning Maud Land	08.12.-29.12.97	19	H. Oerter/U. Meyer	2/8	Geophysik

\* Es sind jeweils nur die Flüge vor Ort erfaßt. Überführungsflüge an den Einsatzort sind nicht enthalten!

4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen



Die Polarflugzeuge „Polar 2“ und „Polar 4“ an Station Nord in Grönland.  
(Foto: U. Meyer)

## 4.4 Landexpeditionen 1996/97

Expedition	Region	Zeitraum (von bis)
<i>Forschungsstelle Potsdam: Antarktis, Sibirien, Spitzbergen, Grönland, Jakutien</i>		
GEOMAUD 1995/1996	Dronning Maud-Land, Antarktis	10.11.95 - 18.03.96
Taymyr/Severnaya 1996	nördliches Mittelsibirien	09.06.96 - 09.09.96
Laptev-Sea System 1996	Khatanga-Fluß, nördliches Mittelsibirien	14.07.96 - 20.08.96
Norilsk 1997	nördliches Mittelsibirien	13.07.97 - 30.08.97
Spitzbergen 1997	Ny-Ålesund, Kongsfjord Gebiet	15.08.97 - 08.09.97
Grönland 1997	Ostgrönland (Station Zackenberg)	07.07.97 - 22.07.97
Jakutien 1997	Zentraljakutische Tiefebene	11.08.97 - 28.08.97
<i>Geophysik/Glaziologie: Antarktis, Grönland</i>		
EPICA	Dronning Maud-Land	15.11.95 - 11.03.96
ANT XIV	Dronning Maud-Land	21.11.96 - 11.03.97
ANT XIV	Ekström-Schelfeis	31.01.97 - 02.03.97
	Ostgrönland	05.07.97 - 12.08.97
NGRIP 96	Grönland 75 °N, 42 °W	01.05.95 - 07.08.96
NGRIP 97	Grönland 75 °N, 42 °W	21.05.97 - 04.08.97
Climate Change	Grönland, Nioghalofjordsbrae	14.07.97 - 02.09.97

#### 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

AWI-Teilnehmer	Zielsetzung/Programm
U. Wand, W.-D. Hermichen	Rekonstruktion der spätquartären Glazial- und Hebungsgeschichte durch isotopengeochemische Analysen und Datierungen
M. Melles (Ltg.), B. Hagedorn, F. Niessen T. Ebel, G. Vannahme C. Kopsch, M. Wilmking A. Zielke	Rekonstruktion der Klima- und Umweltgeschichte im Spätquartär; dazu Seesediment-Seismik sowie Aufnahme und Beprobung von Permafrostprofilen und Grundeiskörpern auf der Taimyr-Halbinsel, Seesediment-Probennahme auf der Inselgruppe Severnaya Zemlya und umfassende Rezentstudien in beiden Gebieten
V. Rachold (Ltg.) E. Hoops	Beprobung von Sedimenten, Schwebfracht und Wasser des Khatanga-Flusses und seiner wesentlichen Nebenflüsse zur Charakterisierung des rezenten Flußeintrages in die Laptewsee
M. Melles (Ltg.), A. Raab, B. Wagner, G. Stoof G. Müller	Rekonstruktion der Klima- und Umweltgeschichte im Spätquartär; dazu Seesediment-Seismik und -Probennahme im Lamasee sowie umfassende Rezentstudien
J. Boike (Ltg.), C. Kopsch	Wasser- und Energiefluß in Permafrostböden: Experimente und Modellierung
B. Hagedorn	Vorexpedition sowie geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen an Suspensionsfracht und Wasser im Einzugsgebiet der Zackenberg-Station zur Rekonstruktion der aktuellen Erosionsraten.
C. Siegert (Ltg.) H. Oberhänsli	Hochauflösende Klimarekonstruktion des Holozäns mit Hilfe isotopengeochemischer, geochemischer und geochronologischer Methoden an Ablagerungen von Thermokarstsenken (Alasen)
6/H. Oerter (Ltg.)	Vorerkundung für EPICA-Tiefbohrung
9/H. Oerter (Ltg.)	Vorerkundung für EPICA-Tiefbohrung
6/U. Nixdorf (Ltg.)	Seismiktraverse
V. Schlindwein	Suszeptibilitätsmessungen an Gesteinen (Kooperation mit Geological Survey of Denmark and Greenland)
4/S. Kipfstuhl	Eiskerntiefbohrung
8/S. Kipfstuhl	Eiskerntiefbohrung
4/C. Mayer	Massenbilanz and Sea Level, 79 Grad Gletscher (EU-Projekt)

## 4.5. Landstationen

### 4.5.1 Neumayer-Station (70° 39' S; 08° 15' W) in der Antarktis

An der Neumayer-Station wurden im Berichtszeitraum die wissenschaftlichen Aufgaben ohne Unterbrechung fortgesetzt. Die Station war außerdem logistische Basis für Sommerexpeditionen in das antarktische Inland.

Das geophysikalische Observatorium hat folgende Aufgaben:

- Kontinuierliche Aufzeichnung der regionalen und globalen Erdbebenaktivität.
- Registrierung der zeitlichen Variationen des Erdmagnetfeldes.
- Erfassung der gezeitenbedingten Vertikalbewegungen des Ekström-Schelfeises.
- Echolotmessungen zur direkten Bestimmung der Abschmelzrate an der Unterseite des Schelfeises.

Im Berichtszeitraum wurde ein seismologisches Detektionsarray auf dem Halvar-Ryggen, ca. 50 km südöstlich der Neumayer-Station, installiert. Die registrierten Beben werden zum Geophysikobservatorium übertragen und dort ausgewertet. Die Magnetik- und Seismologiedaten des Observatoriums werden regelmäßig an das World Data Center (WDC) und an das International Seismological Center (ISC) weitergegeben. Die gesamten Daten sind im AWI archiviert und stehen auf Anforderung zur Verfügung.

Das meteorologische Observatorium ist Bestandteil des weltweiten Beobachtungsnetzes der Weltorganisation für Meteorologie (WMO).

Zu den Aufgaben des Observatoriums gehören:

- Synoptische Wetterbeobachtungen im 3-Stunden Rhythmus.
- Tägliche Sondierungen der Atmosphäre mit ballongetragenen Radiosonden.
- Wöchentliche Messung der vertikalen Ozonverteilung mit ballongetragenen Ozonsonden (ECC).
- Kontinuierliche Strahlungsmessungen im kurzwelligen und langwelligen Spektralbereich.
- Kontinuierliche spektrometrische UV-B-Messungen (286 - 321 nm).
- Photometermessungen der spektralen optischen Dicke des troposphärischen Aerosols.

Die synoptischen und aerologischen Daten wurden online im GTS (Global Telecommunication System) der WMO weltweit verbreitet. Die kompletten meteorologischen Zeitreihen seit Beginn des Observatoriumsbetriebes in 1981 sind im Meteorologischen Informationssystem des AWI (MISAWI) in validierter Form archiviert. Über das World Wide Web im Internet (<http://www.awi-bremerhaven.de/MET/>) sind sie weltweit zugänglich.

Die Strahlungsmessungen, Ballonsondierungen und die Meteorologie sind Bestandteil des BSRN (Baseline Surface Radiation Network) im Weltklimaforschungsprogramm (WCRP).

#### 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

Darüber hinaus erstellen die Meteorologen der Neumayer-Station für Land-, Schiffs- und Flugzeugoperationen lokale Wettervorhersagen.

Die technische Ausstattung des meteorologischen Observatoriums wurde durch eine neue, hochauflösende Satellitenbildanlage und die Umrüstung der Radiosondenanlage für den Einsatz von GPS-Radiosonden verbessert.

Zur Validierung der Ozon- und Aerosoldaten des ILAS-Instruments an Bord des ADEOS-Satelliten wurde von Januar bis März 1997 eine Meßkampagne mit zusätzlichen Ozonsondierungen und Photometermessungen durchgeführt.

Das Forschungsprojekt UV-B-Dosimetrie zur Ermittlung der UV-B-Dosis an Personen, die sich außerhalb der Station aufhalten, wurde fortgesetzt. Das am AWI neu entwickelte Dosimeter (ELUV-14) funktionierte fehlerfrei. Es wurde für Messungen im Stationsbereich und auf den Landexpeditionen ins Innere der Antarktis eingesetzt.

Das Langzeitbeobachtungsprogramm des luftchemischen Observatoriums, durchgeführt in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg, umfaßt derzeit folgende atmosphärische Spurenstoffe:

- *in situ*-Messungen: Kondensationskerne, Rußpartikel, Radon, Boden-Ozon, PAHs, Partikelstreckkoeffizient, stratosphärische Spurengase (Ozon, NO<sub>2</sub>, OClO, BrO)
- Probennahmen zur Analyse von Spurengasen und Aerosolen: Kohlendioxid und Methan (einschließlich Kohlenstoffisotope), Krypton-85, Lachgas, Schwefelhexafluorid, Wasserdampf (stabile Isotope und Tritium), chemische Zusammensetzung des Aerosols (Sulfat, Nitrat, Chlorid, Natrium, Methansulfonsäure u.a.)
- Neuschnee- und Firnprobennahmen: chemische Zusammensetzung, stabile Isotope.

Das Observatorium dient seit der grundlegenden Modernisierung 1994/95 verstärkt auch der Durchführung apparativ aufwendiger, aber zeitlich limitierter Experimente:

- Partikelgrößenverteilungen
- Photooxidantien (Wasserstoffperoxid, Formaldehyd)
- Spurengase: Dimethylsulfid, Schwefeldioxid, Stickoxide

Besonders erfolgreich war die in der Sommersaison 1996/97 (in Zusammenarbeit mit dem British Antarctic Survey, Cambridge) durchgeführte Meßkampagne zur erstmaligen Bilanzierung der Stickoxidkomponenten in der Antarktis.

Die Neumayer-Station ist über Satellitenverbindungen mit dem AWI verbunden. An der Station sind moderne Rechnersysteme (Sun Workstations, PCs) eingesetzt, die im Netzverbund stehen. Im Berichtszeitraum wurde das Netzwerk erweitert und ein Teil der Rechner erneuert. Die Systempflege und Erweiterung wird vom AWI-Rechenzentrum koordiniert.

Obwohl die laufenden Messungen der Observatorien weitgehend automatisiert sind, ist eine permanente Betreuung durch das wissenschaftliche Personal notwendig. Nur unter dieser Voraussetzung kann die geforderte Datenqualität gesichert werden.

#### 4.5.2 Dallmann-Laboratorium (62° 14' S; 58° 14' W) in der Antarktis

Das Dallmann-Laboratorium auf King George Island an der argentinischen Überwinterungsstation Jubany bietet Arbeitsmöglichkeiten für 12 Personen. Es wurde während des antarktischen Sommers für biologische Feldstudien im eisfreien Küstenbereich, für Taucheinsätze im küstennahen Gewässer und für Laborarbeiten genutzt. Im Berichtszeitraum arbeiteten insgesamt 41 argentinische, deutsche und niederländische Wissenschaftler und Techniker an der Station.

Das wissenschaftliche Programm hatte folgende Schwerpunkte:

- Untersuchungen zur Ökologie und zu den Lebenszyklen einzelner Organismen im Rahmen des AWI-Flachwasserökologie-Programms sowie des RASCALS- und des CS-EASIZ-Programms.
- Messungen zum UV-Strahlungsklima, über UV- Schutzsubstanzen bei Makroalgen.
- Ökophysiologische Untersuchungen zur Anpassung verschiedener Schlüsselarten (Wirbellose, Robben, Flechten, Moose) an die Umweltbedingungen in der Antarktis.
- Untersuchungen zum Vorkommen von endophytischen Braunalgen in Makroalgen und zur Ökologie und zur Taxonomie von Ciliaten.
- Untersuchungen zu den Nahrungsbeziehungen von heterotrophen Protisten, bes. Foraminiferen und benthischen Suspensivoren, Schlangensterne und verschiedenen Vogelarten.
- Studien der Lebenszyklen von Parasiten in Warmblütern, Fischen und Evertibraten.

#### 4.5.3 Koldewey-Station (79° 93' N; 11° 95' E) auf Spitzbergen

Die Koldewey-Station ist das arktische Observatorium des AWI und wird sowohl für Langzeitmessungen als auch für befristete Vorhaben mit unterschiedlichen Zielsetzungen genutzt.

Ny-Ålesund ist ein internationales Zentrum für arktische Forschungsvorhaben. Das Ny-Ålesund Science Managers Committee (NySMAC), in dem das AWI vertreten ist, erarbeitet Empfehlungen zur Durchführung neuer Forschungsprogramme, fördert die Zusammenarbeit und befaßt sich mit Fragen zum Umweltschutz in Ny-Ålesund und im Kongs Fjord Bereich. Letzteres ist mit einer umfangreichen Studie „Environmental Impact Assessment“ sehr gründlich behandelt worden. Die Einhaltung der Regeln zum Umweltschutz wird vom NySMAC kontrolliert.

Im Berichtszeitraum gab es an der Koldewey-Station keine Unterbrechungen des

#### 4. Großgeräte, Expeditionen und Landstationen

wissenschaftlichen Betriebs. Als ständiges Personal arbeiteten, jeweils befristet auf ein Jahr, ein Wissenschaftler und ein Ingenieur an der Station. Darüber hinaus waren im Berichtszeitraum zur wissenschaftlichen und technischen Betreuung der Langzeitmessungen und Durchführung der verschiedenen Projekte 49 Wissenschaftler und Techniker des AWI mit insgesamt 1.596 Manntagen an der Station tätig. Weiterhin führten 65 Wissenschaftler und Techniker von 21 Universitäten und Instituten des In- und Auslands mit 1.466 Manntagen Projekte in den Bereichen Atmosphäre, Biologie, Geologie und Geophysik durch. Die Large Scale Facility-Förderung der EU nutzten vier Wissenschaftler mit 93 Manntagen für Forschungsaufenthalte an der Koldwey-Station.

Das Observatoriumsprogramm beinhaltet fernerkundende Messungen mit einem Mehrwellenlängenlidar, einem Fourierspektrometer, einem Mikrowellenradiometer und Photometer zur Untersuchung atmosphärischer Spurengase, Aerosole und polarer stratosphärischer Wolken. Weiterhin gehören dazu Ballonsondierungen zur Messung aerologischer Parameter und der Ozonverteilung bis in die mittlere Stratosphäre. Bodengebundene Strahlungsmessungen im kurzwelligen und langwelligen Spektralbereich sowie Messungen des UV-B-Spektrums mit dem UV-Spektrometriometer, der Betrieb einer automatischen Wetterstation sowie der Einsatz von Depositionssammlern vervollständigen die atmosphärischen Beobachtungen. Darüber hinaus wird eine automatische seismologische Station betrieben. Biologische Langzeitbeobachtungen beinhalten die Untersuchung der UV-Effekte auf Makroalgen des Kongsfjords.

Die meisten atmosphärischen Langzeitprogramme sind Beiträge zu globalen Netzwerken wie das NDSC (Network for Detection of Stratospheric Change) zur globalen Erfassung stratosphärischer Veränderungen. Das AWI arbeitet dazu eng mit der Universität Bremen und dem Norwegischen Institut für Atmosphärenforschung (NILU) zusammen. Die Ozon- und Strahlungsmessungen sowie die Meteorologie sind, wie an der Neumayer-Station, Teil des BSRN (Baseline Surface Radiation Network). An der Koldwey-Station wird dieses Programm in Zusammenarbeit mit dem Norwegischen Polarinstitut (NP) ausgeführt.

Im Berichtszeitraum konnte die Meßtechnik an der Koldwey-Station mit der Entwicklung eines neuartigen Sternphotometers, Emissionsmessungen mit einem hochauflösenden Fourier-Spektrometer, der Installation eines 1,5 m-Teleskops für das Mehrwellenlidar und der Erprobung eines abstimmbaren Ozon- und Aerosollidars für troposphärische Messungen erweitert werden.

Die Ozondaten wurden zur Validierung für GOME an Bord des Satelliten ERS II verwendet. Der hohe Standard der vielseitigen atmosphärischen Messungen erbrachte die Anerkennung als „Anker-Station“ für die SAGE III Validierung durch das Science Team der NASA.

Die Koldewey-Station verfügt über mehrere Gebäude. Für die wissenschaftlichen Programme werden das NDSC-Laboratorium, das Blaue Haus und ein Chemielabor vorgehalten. An der Station sind moderne Rechnersysteme (Sun Workstations) eingesetzt, die im Netzverbund stehen und an das Internet angeschlossen sind. Im Berichtszeitraum wurde das Netzwerk erweitert und ein Teil der Rechner erneuert. Die Systempflege wird vom AWI-Rechenzentrum koordiniert.

*4.5.4 Weitere kleine Stationen in der Antarktis*

Die Filchner Station (77° 09' S; 50° 38' W) auf dem Filchner-Ronne Schelfeis ist ein Stützpunkt für glaziologische Feldeinsätze und Flugzeugoperationen in dieser Region. Im Sommer 1995/96 waren keine Programme vorgesehen. Im Januar 1997 konnte „Polarstern“ die Station wegen äußerst schwieriger Eisverhältnisse nicht ansteuern. Die geplanten wissenschaftlichen Feldarbeiten mußten ausfallen.

Die Georg Forster Station (70° 46' S; 11° 50' E) wurde im Sommer 1995/96 zum letzten Mal als Basis für die Feldarbeiten im Rahmen des Projektes GEOMAUD genutzt.

An der kleinen Ardley-Station (62° 12' S; 58° 58' W) liefen die Arbeiten im Sommer 1996/97 aus. Sie werden im Bereich des Dallmann-Laboratoriums weitergeführt.

## 5. Logistik

Die Bestimmungen des Antarktisvertrages und des Umweltschutzprotokolls sind für das AWI die Grundlage der land- und seegestützten Expeditionen sowie für den Betrieb der Forschungsstationen im antarktischen Bereich. Die Beratung des Auswärtigen Amtes zu Fragen des Antarktisvertrages und die Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt zum Umweltschutz auf Forschungsexpeditionen wurden im Berichtszeitraum fortgesetzt.

Im Berichtszeitraum wurden die Auflagen des Umweltschutzprotokolls für alle deutschen Antarktisaktivitäten schrittweise verwirklicht. Das betraf die Implementierung von „Waste Management“-Plänen auf „Polarstern“, an den Antarktisstationen und bei Landexpeditionen sowie die Weiterentwicklung umweltfreundlicher Polartechnik. Der Abschluß des deutsch-russischen Projekts zum Abbau der Georg-Forster-Station und die Bereinigung von Mülldeponien in der Schirmacheroase Anfang 1996 stellten einen herausragenden Beitrag des AWI zum Umweltschutz in der Antarktis dar. Für die Forschungsarbeiten in Ny-Ålesund auf Spitzbergen (Arktis) wurde vom Ny-Ålesund Science Managers Committee (NySMAC) eine Studie „Environmental Impact Assessment“ initiiert. Die daraus abgeleiteten Umweltschutzregeln für Ny-Ålesund sind Grundlage bei den Arbeiten an der Koldewey-Station, die das AWI dort betreibt. Die Logistik des AWI ist für die Ausrüstung der Fahrtteilnehmer, den Betrieb der Polarstationen, die Versorgung der Schiffe mit Umschlagarbeiten in Bremerhaven und auswärtigen Häfen, den Transport und die Einholung von Forschungsgenehmigungen verantwortlich. Im Berichtszeitraum war die Forschungsaktivität in der Antarktis sehr hoch. Über 600 Wissenschaftler und Techniker wurden z.B. 1997 für die Fahrt in die Antarktis ausgerüstet, von denen 50% aus anderen Forschungseinrichtungen kamen. Diese vielseitigen wissenschaftlichen Aktivitäten stellten hohe Anforderungen an die Logistik des AWI, die alle Aufgaben termingerecht erfüllen konnte.

Die Anzahl der Fahrten mit „Polarstern“ hat sich im Berichtszeitraum gegenüber den Vorjahren nicht verändert. 1996 gab es sechs Antarktis- und einen Arktisfahrtabschnitt und 1997 vier Antarktis- und drei Arktisfahrtabschnitte. Die Auslastung des Schiffes war unverändert hoch. Der Anteil ausländischer Wissenschaftler betrug 20 bis 25 Prozent. Die technische Betreuung und der Betrieb des Schiffes erfolgten wie in den vergangenen Jahren in Zusammenarbeit mit dem Bereederer.

Da „Polarstern“ hauptsächlich als wissenschaftliche Plattform eingesetzt wird, stoßen sehr umfangreiche Transport- und Versorgungsaufgaben, wie sie insbesondere in der Saison 1996/97 notwendig waren, an die Grenze der Kapazität. Daher mußten im Berichtszeitraum zur Entlastung der „Polarstern“ erneut weitere Schiffe gechartert werden.

Eine wichtige Veränderung an Bord von „Polarstern“ war der Einbau einer neuen Satellitenempfangsanlage, die die Navigation in Eisgebieten wesentlich erleichtert. Für seismische Untersuchungen wurde eine neue leistungsstarke Hochdruckkompressoranlage (bis 210 bar) eingebaut. Die Hydrosweepanlage wurde zur Verbesserung der Bedienung sowie der Erfassung und Analyse bathymetrischer Daten umgerüstet und erweitert.

Die Erneuerung (Midlife-Conversion) des FS „Polarstern“ ist für 1998 und 1999 vorgesehen. Die Planung hat im Berichtszeitraum begonnen. Die Reederei arbeitet die detaillierten Aufgabenstellungen aus, bei denen sowohl technische Weiterentwicklungen als auch neue Umweltschutzaufgaben (MARPOL und Antarktisvertrag) berücksichtigt werden sollen.

FS „Victor Hensen“ war in 1996 und 1997 im Rahmen von EU-Projekten jeweils ca. 2,5 Monate von März bis Juni im Bereich der Kanarischen Inseln und anschließend bis in den Oktober hinein in der Nordsee im Einsatz.

An der Neumayer-Station wurden in der Sommersaison 1996/97 erstmals die Treppentürme, Notausstiege und Lüftungsschächte wegen des Schneezutrages um jeweils eine Sektion erhöht. Gleiches war bei der neuen Fahrzeughalle, beim Spurenstoffobservatorium, an der Ballonfüllhalle und an der Windkraftanlage notwendig. Darüber hinaus ist am Osttor der Station eine neue Rampenzufahrt errichtet worden. Seit Anfang 1997 gibt es an der Neumayer Station eine neu entwickelte biologische Kläranlage, welche die gesamten Stationsabwässer (Grau- und Schwarzwasser) klärt. Die Neumayer-Station war logistischer Stützpunkt für zahlreiche wissenschaftliche Programme. Dazu gehörte die Traverse zu den Kottasbergen und zur Grounding Line des Ekström-Schelfeises, wo geophysikalische und glaziologische Messungen durchgeführt wurden. Bereits seit mehreren Jahren ist die Logistik an der Planung, Vorbereitung und Durchführung des antarktischen Tiefbohrvorhabens (EPICA) beteiligt. Im Berichtszeitraum fanden Vermessungen und Probebohrungen statt, und es wurde ein Treibstoffdepot angelegt. Die wissenschaftlichen Programme und die Bauaktivitäten erforderten einen über die normale Routine hinausgehenden Aufwand im Transport, in der Versorgung sowie bei der technischen Betreuung im Feld. Im Sommer 1996/97 waren die Einsätze in den Kottasbergen besonders aufwendig.

Das Dallman-Labor auf King Georg Island wird gemeinsam mit Argentinien genutzt und ist eine Annexstation der Jubany-Station. Für die Versorgung und den Transport von Personen und Material ist Argentinien verantwortlich. Da es bei der Anreise der deutschen Fahrtteilnehmer Schwierigkeiten gab, mußten wiederholt Touristenschiffe sowie die Fluglogistik anderer südamerikanischer Staaten, vor allem von Chile und Uruguay, um Unterstützung gebeten werden. Auch „Polarstern“ war für Transporte

## 5. Logistik

zu dieser Station eingesetzt. Im Rahmen eines niederländisch-argentinisch-deutschen Projektes wurde an der Station Jubany eine biologische Kläranlage installiert, die 1998 in Betrieb genommen werden soll. Darüber hinaus wurden im Berichtszeitraum ein Aquariumcontainer sowie neue Werkstatt- und Lagercontainer aufgestellt.

An der Filchner-Station konnte im Südsommer 1996/97 das wissenschaftliche Programm nicht wie geplant durchgeführt werden, weil „Polarstern“ wegen schwieriger Eisverhältnisse die Station nicht erreichte. Es gelang jedoch, mit dem Flugzeug „Polar 4“ und einer Twin Otter des British Antarctic Survey Personal und Material zur Ausführung dringender Wartungsarbeiten einzufliegen. Bei diesem Notprogramm wurde die Plattform um ein Segment erhöht und die Station winterfest zurückgelassen.

Noch stärker als in der Antarktis ist die Intensivierung der Forschungstätigkeiten in der Arktis zu spüren. Die Koldewey-Station in Ny-Ålesund auf Spitzbergen hat sich in den letzten Jahren zu einem wichtigen Stützpunkt für zahlreiche Forschungsprogramme entwickelt. Die Logistik in Ny-Ålesund wird durch die technische Betreuung und Versorgung seitens des norwegischen Partners, Kings Bay Kull Company, der auch Bauarbeiten ausführt, wesentlich erleichtert. Die AWI-Logistik sorgt für die Ausrüstung der Fahrtteilnehmer und die technische Grundausstattung der Stationsgebäude.

Die Forschungsaktivitäten in Sibirien und in der Barents-, Kara- und Laptewsee wurden in großem Umfang fortgesetzt. Im Berichtszeitraum wurden neun Expeditionen in diesen Teil der Arktis und elf Expeditionen auf das zentrale grönländische Inlandeis sowie in den nordostgrönländischen Küstenbereich ausgerüstet. Die AWI-Logistik ist darüber hinaus mit technischen Ausrüstungen an der europäischen Tiefbohrung auf dem grönländischen Inlandeis beteiligt.

Die internationale logistische Zusammenarbeit mit Argentinien, Rußland, Norwegen, Chile und Uruguay funktionierte sehr gut. Besonders eng waren die Beziehungen zum British Antarctic Survey (BAS). Sie umfaßten den Personen- und Ausrüstungstransfer zur Antarktis und gegenseitige Versorgung mit Brennstoffen. Auch in Zukunft wird es notwendig sein, die logistische Zusammenarbeit mit den genannten Ländern fortzusetzen und zu erweitern.

## Die Entwicklung der Logistik im Alfred-Wegener-Institut

### Ein Rückblick auf die letzten 20 Jahre im Gedenken an Heinz Kohnen

Vor 20 Jahren begann die neue deutsche Antarktisforschung mit den Vorbereitungen für die Expedition zur Erkundung eines Standortes für die geplante Überwinterungsstation. Obwohl bereits seit 1975 mit Förderung des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie mehrere schiffgebundene Expeditionen in antarktische Gewässer stattgefunden hatten, sollte die Standorterkundung die erste direkte Berührung mit dem antarktischen Kontinent sein. Seit dieser Zeit hat die durch das AWI für die deutsche Wissenschaft vorgehaltene Expeditionslogistik zwei zum Teil völlig unterschiedliche Aufgaben zu bewältigen. Sie muß zum einen die notwendigen Infrastruktur für marine Forschungsarbeiten bereitstellen und zum anderen die Möglichkeiten für landgebundene Forschungsprogramme schaffen.

Am 25. Juli 1997 ist Dr. Heinz Kohnen, der Leiter der Logistik des Alfred-Wegener-Instituts, verstorben. Er hat den Aufbau der Expeditionslogistik getragen und entscheidend geprägt. Dieser Rückblick auf die letzten 20 Jahre soll die Entwicklung von den Anfängen bis heute nachzeichnen.

Um auf dem Ronne-Eisschelf eine geeignete Stelle für die dort nach dem gemeinsamen Willen der deutschen Antarktisforscher zu errichtende Überwinterungsstation zu finden, führte 1979/80 eine Standorterkundungsexpedition mit einem gecharterten kleinen norwegischen eisgehenden Schiff, der „Polarisirkel“, in das südliche Weddellmeer. Diese Expedition bot auch die Gelegenheit, Fahrzeuge und Geräte einer Erprobung auf dem Eis zu unterziehen und damit Erfahrungen zu sammeln. Ebenso wurde das Zusammenspiel von schiffsgebundenen wissenschaftlichen Arbeiten mit den Erfordernissen der schiffseitigen Unterstützung für die auf dem Eis operierende Gruppe erprobt. Als außerordentlich wertvoll erwies sich dabei der Einsatz von Hubschraubern, und bis heute hat sich dieses Konzept erhalten und bewährt.

In der darauffolgenden antarktischen Sommersaison 1980/81 sollte die Überwinterungsstation errichtet werden. Aufgrund widriger Eisverhältnisse konnten die drei im Einsatz befindlichen Schiffe, „Polarisirkel“, „Gotland II“ und der Hochseeschlepper „Titan“ aber das Ronne-

Schelfeis nicht erreichen, und so mußte die Station am vorsorglich erkundeten Ersatzstandort, dem Ekström-Schelfeis, errichtet werden.

Der antarktische Sommer ist kurz, und die am Beginn der Expedition im Packeis des Weddellmeeres verlorene Zeit fehlte natürlich in der anschließenden Bauphase. Nur durch die große Anstrengung jedes einzelnen Beteiligten konnte dennoch die Station errichtet werden und Anfang März 1981 in betriebsfähigem Zustand der ersten Überwinterungsmannschaft übergeben werden.

Die Georg-von-Neumayer-Station war eine Röhrenkonstruktion, die auf der Schneeoberfläche errichtet wurde und durch den jährlichen Schneezutrag im Lauf der Zeit zunächst zugedeckt und später immer tiefer unter der Oberfläche zu finden war. Dieses Konzept des Stationsbaus basierte auf den Erfahrungen anderer bereits länger in der Antarktis forschender Nationen, war aber in Details modifiziert und verbessert worden. Als innovativ galt damals insbesondere das Konzept der Klimatisierung der inneren Räume unter Nutzung der Abwärme der Generatoren, sowie die Integration der drei wissenschaftlichen Observatorien. Diese konnten allerdings erst in der Saison 1981/82 voll ausgebaut werden. Bereits damals konnte für den wissenschaftlichen Betrieb eine Vorstufe eines heutzutage überall üblichen Local Area Networks (LAN) realisiert werden.

Neben kleineren Ausbauarbeiten an der Georg-von-Neumayer-Station wurde 1981/82 auf dem Ronne-Schelfeis die Filchner Sommerstation errichtet. Sie dient seither als Basis für vorwiegend glaziologische Arbeiten auf dem Ronne-Schelfeis und wird in Kooperation fallweise auch von Forschergruppen anderer Nationen genutzt. Sie wurde in einem innovativen Konzept auf Stelzen über dem Eis errichtet. Dadurch wird bewirkt, daß



Die Georg-von-Neumayer-Station in der Antarktis, 1981 (Foto: Drücker)



Die Filchner-Sommerstation auf dem Ronne-Schelfeis der Antarktis (Foto: Schuster)



Das eisbrechende Forschungs- und Versorgungsschiff „Polarstern“ (Foto: Fütterer)



Die Polarflugzeuge „Polar 1“ (DO 128) und „Polar 2“ (DO 228/100) an der Filchner-Station während der Expedition ANT II, 1983/84 (Foto: Miller)

der vom Wind verfrachtete Schnee sich nicht am Hindernis anhäuft und die Station im Lauf der Zeit unter sich begräbt. Um den unvermeidlichen normalen Schneezutrag auszugleichen, wird die Station durch Verlängern der Stelzen immer wieder hochgesetzt. Damit ist die Lebensdauer dieser Station praktisch unbegrenzt. Dieses in relativ kleinem Maßstab ausgeführte Stelzenkonzept diente später als Modell für die Station Halley V des British Antarctic Survey, wo es in großem Maßstab umgesetzt wurde.

1982 wurde die „Polarstern“ als eisbrechendes Forschungs- und Versorgungsschiff in Dienst gestellt und ist seither die Grundlage der marinen Forschungsarbeiten in Arktis und Antarktis und dient gleichermaßen der Versorgung der Stationen wie der Unterstützung der Expeditionen auf dem Eis. In enger Abstimmung zwischen dem Reeder und dem AWI werden die Forschungsreisen durchgeführt und die für die Wissenschaft erforderliche technische Infrastruktur auf dem Schiff vorbehalten und auch weiterentwickelt.

1983/84 waren zum ersten Mal die Polarflugzeuge des Instituts im Feldeinsatz in der Antarktis. Mit einer DO 128 und einer DO 228/100, beide ausgestattet mit einem Schifahrwerk, um auf unpräparierten Schneepisten landen und starten zu können, konnten erste wissenschaftliche Messungen durchgeführt und Erfahrungen im Einsatz für die Versorgung von Forschergruppen gewonnen werden. Der Aufbau der Fluglogistik mit den Anforderungen der Überführungsflüge von Europa über Südamerika in die Antarktis und die Errichtung der notwendigen Infrastrukturen vor Ort war eine Aufgabe, die in ständiger Interaktion der AWI-Logistik mit dem Hersteller, den für den Flugbetrieb zuständigen Piloten und den beteiligten Wissenschaftlern so gelöst werden konnte, daß die Flugzeuge heute ein wertvolles Instrument der Forschung darstellen. Sie sind wie „Polarstern“ ein integraler Bestandteil der Forschungsplanung und -durchführung.

Die Entwicklung der Logistik

---



Schlittenzug für geophysikalische Feldarbeiten vor der Heimefrontfjella  
(Foto: Eckstaller)



Feldcamp in den Kottasbergen zur Unterstützung der Vorerkundung für das EPICA-Projekt (European Ice Coring in Antarctica) (Foto: Oerter)



Der Neubau der Neumayer-Station 1992  
(Fotos: Stark, Thull)

1985/86 wurden während einer etwa zehnwöchigen Expedition in das Hinterland der Georg-von-Neumayer-Station zwischenzeitlich neu konzipierte Lastschlitten, Wohncontainer und andere für derartige Traversen notwendige Einrichtungen einem ausführlichen Feldtest unterzogen. Wie auch die speziell für den Antarktiseinsatz modifizierte Zugfahrzeuge haben sich die neuen Entwicklungen hervorragend bewährt. Die umgesetzten Entwurfsprinzipien haben sich inzwischen international durchgesetzt und wurden von anderen Nationen entweder in Deutschland gekauft oder nachgebaut. Heute verfügen wir im AWI über einen ausgewogenen und leistungsfähigen Fahrzeugpark, der es uns ermöglicht, auch große internationale Programme wie z. B. das europäische Projekt EPICA (European Ice Coring in Antarctica) federführend durchzuführen.

Während über die Jahre hinweg der Betrieb der Georg-von-Neumayer-Station mit den eingeschlossenen wissenschaftlichen Einrichtungen durch sorgfältige Wartung und Pflege weitgehend störungsfrei verlief, machte sich doch bemerkbar, daß die Station – bedingt durch die zunehmende Schneelast – in immer stärkerem Maße deformiert wurde und sich dem Ende ihrer Lebenszeit, die auf 10 Jahre veranschlagt war, näherte. Dies machte die Planung einer neuen Überwinterungsstation erforderlich. Gleichzeitig wurden Pläne für den Bau einer Empfangsstation für die SAR-Aufnahmen der Erdkundungssatelliten ERS-1 und 2 ausgearbeitet.

1991/92 wurde die Georg-von-Neumayer-Station aufgegeben und geräumt und eine neue Station, die Neumayer-Station, in der Nachbarschaft errichtet. Diese Station ist ebenfalls eine Röhrenkonstruktion. Die Erfahrungen aus dem Betrieb der alten Station wurden konsequent in Verbesserungen umgesetzt. Insbesondere wurde den gestiegenen Anforderungen an die Umweltfreundlichkeit Rechnung getragen. Zu nennen sind hier u. a.

Die Entwicklung der Logistik

---



Schlitten mit Tankcontainer  
und Kettenfahrzeuge  
an der Neumayer-Station  
(Foto: Oerter)



Die Windkraftanlage bei  
Neumayer (Foto: Kohnen)



Die Georg-Forster-Station (Foto: Kopsch)



Das Dallmann-Labor an der argentinischen Station Jubany auf King George Island (Foto: Kühne)



Die Forschungsstation des AWI im Norden: Die Koldewey Station in Ny-Ålesund, Spitzbergen (Foto: Schrems)

ein beinahe geschlossener Kreislauf für die Betriebsstoffe vom Schiff bis zur Verbrennung - spezielle Tankcontainer und Rückhaltebecken sorgen dafür, die konsequente Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung, der Einsatz von Windenergie mit einem eigens für die spezifischen Verhältnisse entwickelten Windgenerator, die konsequente Müllsortierung, -kompaktierung und -entsorgung.

Mit dem Einbau einer biologischen Kläranlage für die Abwässer der Station 1996 schließlich genügt die Station nicht nur den im Umweltschutzprotokoll zum Antarktisvertrag festgelegten Vorschriften, sondern geht darüber hinaus. Sie wird international als vorbildlich angesehen.

Nach der deutschen Wiedervereinigung wurde vom AWI auch die Georg-Forster-Station mit zwei Überwinterungen zunächst weiter betrieben, doch sehr bald wurde klar, daß es aus wissenschaftlicher Sicht keinen Sinn macht, eine weitere Station in unmittelbarer Nähe der russischen Station Novolazarevskaya auf Dauer zu betreiben. Eine einfache Stilllegung der Station kam aus Umweltschutzgründen nicht in Frage, und in einem für die Antarktis bislang einmaligen Projekt wurde in deutsch-russischer Zusammenarbeit die Georg-Forster-Station abgebaut und zusammen mit Altlasten der Station Novolazarevskaya innerhalb von 3 Jahren (1993 – 96) komplett entsorgt. Heute erinnert eine Bronzetafel an diese Station.

1994 wurde das Dallmann-Labor an der argentinischen Station Jubany auf King George Island offiziell eingeweiht. Es dient während der Sommermonate als Basis für vorwiegend biologische Arbeiten im Flachwassermilieu und wird gemeinsam von argentinischen, deutschen und niederländischen Wissenschaftlern genutzt und ist damit beispielgebend für mögliche künftige Nutzungskonzepte von antarktischen Stationen. Das technische Konzept des Dallmann-Labors wurde im AWI

entwickelt, die Station in Deutschland gebaut und vor Ort zusammengesetzt.

Mit dem seit 1988 zunehmenden Anteil der Arktisforschung ergab sich die Notwendigkeit für eine dauerhafte Forschungsstation im Norden. Hier entwickelt sich in der Koldewey Station in Ny-Ålesund, Spitzbergen aus einfachen Anfängen ein leistungsfähiges Observatorium für Untersuchungen zur Physik und Chemie der Atmosphäre. Ebenso eröffnete sich die Möglichkeit für meeresbiologische und meereschemische Arbeiten, die hervorragend zu vergleichenden Studien mit antarktischen Verhältnissen geeignet sind.

Zwar ist es wesentlich einfacher, den Betrieb einer Station in Ny-Ålesund aufrecht zu erhalten als in der Antarktis, dennoch bedurfte es auch hier großer Erfahrung und eines durchdachten Konzeptes für die Infrastruktur, um eine tragfähige Grundlage für den wissenschaftlichen Betrieb zu legen.

Neben den aufwendigen und arbeitsintensiven Großprojekten im logistisch-technischen Bereich wird natürlich das Tagesgeschäft in der Logistik beherrscht von vielen, für sich genommen, kleinen Dingen, die sich in der Summe aber ebenso beachtlich ausnehmen. Man denke nur an die Wartung und Pflege des Fahrzeugparks, der weiteren Expeditionsausrüstung, die Versorgung der Stationen mit den benötigten Ersatzteilen oder an die Ausrüstung der Wissenschaftler mit der für ihre Aufgaben und für ihr Forschungsumfeld sinnvollen Bekleidung und Ausrüstung. Heute werden im Jahr etwa 700 Polarforscher mit der entsprechenden Ausrüstung versorgt, sie werden den neuen Bestimmungen folgend in die spezifischen antarktischen Umweltschutzmaßnahmen eingewiesen, sie werden, sofern erforderlich, in den entsprechenden Überlebentechniken geschult.

Die Entwicklung dieser Voraussetzungen am AWI hat uns heute in die Lage versetzt, auch ehrgeizige Forschungsziele ins Auge zu fassen. Die AWI-Logistik genießt auch im internationalen Rahmen einen außerordentlich guten Ruf, und daraus entwickeln sich Allianzen mit anderen Ländern in der technisch-logistischen Unterstützung, die der deutschen Wissenschaft neue Felder oder Regionen erschließen, aber auch zur Kostendämpfung und zur Vermeidung der Belastung der polaren Umwelt beitragen.

## 6. Nationale und internationale Zusammenarbeit

### 6.1 Nationale Zusammenarbeit

#### **Landesausschuß SCAR/IASC**

Zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben hat die DFG einen Landesausschuß SCAR/IASC eingerichtet, in dem Wissenschaftler verschiedener Disziplinen, die Forschungsrichtungen und daraus folgende Forschungsprogramme diskutieren und so eine Basis auch für das koordinierte Programm Antarktisforschung der DFG finden. Dieser Landesausschuß wird durch ein Sekretariat im AWI unterstützt. Seit dem Ausscheiden von Herrn Dr. Giermann aus dem aktiven Dienst führt Prof. Miller dieses Sekretariat.

Der SCAR/IASC-Landesausschuß tagte im Mai 1996 in Frankfurt und im Mai 1997 in Hannover. Er ließ sich über den Stand der deutschen Mitarbeit in den SCAR- und IASC-Arbeitsgruppen berichten. Ebenso wurde die mittelfristige Forschungsplanung diskutiert. Das AWI berichtete jeweils über die Expeditionen, die Überwinterung an der Neumayer Station und die logistischen Möglichkeiten für die Durchführung künftiger Expeditionen.

Die Koordination der einzelnen Expeditionen und die Abstimmung der Forschungspläne von Forschern der Hochschulen und anderen außeruniversitären Einrichtungen mit den logistischen Möglichkeiten wird ebenfalls am AWI fortlaufend durchgeführt.

#### **Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats der Bundes- regierung Globale Umweltveränderungen**

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), auf Kabinettsbeschuß vom 8.4.1992 für die erste und zum 1.7.1996 für die zweite vierjährige Amtsperiode berufen, hat folgende Aufgaben:

- Zusammenfassende, kontinuierliche Berichterstattung und Analyse zu aktuellen Problemen im Bereich globaler Umweltveränderungen und ihrer Folgen;
- Beobachtung und Bewertung der nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der globalen Umweltveränderungen;
- Hinweise auf mögliche Problemfelder und Aufzeigen von Forschungsdefiziten und Koordinierungsbedarf;
- Vorschläge zum politischen Handeln auf nationaler und internationaler Ebene zur Vermeidung anthropogener Umweltveränderungen.

Die Geschäftsstelle mit insgesamt 8 Mitarbeitern unterstützt die 12 Beiratsmitglieder durch Zuarbeit von Texten und Übersichten, bereitet die monatlichen Sitzungen vor und nach, überwacht die Vergabe von Aufträgen an Dritte und verwaltet zentral die

## 6. Nationale und Internationale Zusammenarbeit

Finanzmittel des Beirats. Darüberhinaus wird Öffentlichkeitsarbeit geleistet, und es werden Vorlagen für die federführenden Ministerien BMBF und BMU erstellt.

Jährlich im Sommer übergibt der Beirat ein Gutachten an die Bundesregierung. Die Geschäftsstelle sorgte im Berichtszeitraum für die Herausgabe folgender Titel im Springer-Verlag:

- Welt im Wandel: Herausforderung für die deutsche Wissenschaft (1996)
  - Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser (1997)
- Zusätzlich erarbeitete der Beirat eine Stellungnahme zur 3. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Kyoto:
- Ziele für den Klimaschutz 1997 (1997)

Die Geschäftsstelle begleitete für alle diese Publikationen eine englische Übersetzung und deren Veröffentlichung.

### 6.2 Internationale Zusammenarbeit

Die Antarktisforschung ist auf internationaler Ebene im Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) des ICSU organisiert. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist Mitglied in SCAR und wird bei der Wahrnehmung dieser Funktion vom AWI unterstützt.

SCAR-Vollversammlungen finden alle 2 Jahre statt. Die letzte, die 24. Sitzung, wurde im August 1996 in Cambridge abgehalten. Prof. Tilzer als deutscher Delegierter und Dr. Giermann als Sekretär nahmen daran teil. Als deutsche Vertreter in den SCAR permanent Working Groups bzw. Groups of Specialists nahmen vom AWI ferner Prof. Arntz (Biology), Prof. Fütterer (Cenozoic Paleoenvironments), Dr. Kottmeier (Physics and Chemistry of the Atmosphere), Prof. Miller (Glaciology und GOSEAC), Dr. Plötz (Seals und Environmental Officers Network) teil.

Im Juli 1997 fand auf Einladung des AWI die Tagung der SCAR Group of Specialists on Environmental Affairs and Conservation (GOSEAC) in Bremerhaven statt. GOSEAC beschäftigte sich vorwiegend mit Fragen zur inhaltlichen Definition von unklaren Begriffen aus dem Haftungsannex, um entsprechende Anfragen der Antarktisvertragsstaaten, die während der 20. Konsultativtagung aufgetaucht waren, wissenschaftlich begründet zu beantworten.

Von 14. bis 18. Juli 1997 fand in Hobart, Tasmanien, ein SCAR-Symposium „International Symposium on Antarctica & Global Change“ statt, an dem sich auch eine Reihe von Teilnehmern aus dem AWI mit Vorträgen und Diskussionsbeiträgen beteiligten.

Dieses Symposium wurde auch genutzt, um Planungen für künftige Forschungsarbeiten im internationalen Rahmen abzustimmen und längerfristige Planungsgrundlagen für größere Projekte zu erarbeiten.

Die Arktisforschung findet seit 1990 im International Arctic Science Committee (IASC) einen Schirm. IASC ist ein Zusammenschluß der Anrainerstaaten der Arktis und der im nordpolaren Raum Forschung betreibenden Nationen. Zunächst hat, nicht zuletzt der hoheitsrechtlichen Gebietsansprüche wegen, IASC eine sehr viel politischere Funktion als SCAR. Dennoch wird seitens IASC ein Anschluß an ICSU angestrebt.

Prof. Fütterer als deutscher Vertreter in IASC nahm an allen Sitzungen des IASC Council und des IASC Executive Committee als Mitglied und als Vizepräsident teil. 1997 schied Prof. Fütterer aus dem IASC-Executive, ebenso stellte er sein Amt als Vizepräsident zur Verfügung, weil der neue Präsident von IASC, Dr. D. Drewry, ebenfalls Vertreter eines Nicht-Anrainerstaates ist und nach den Statuten lediglich ein Vertreter eines Nicht-Anrainerstaates Mitglied im Executive sein kann.

In den IASC Arbeitsgruppen arbeiteten folgende AWI-Wissenschaftler mit: Prof. Fütterer (Global Change und Marine Geology), Dr. Stein (Marine Geology), Prof. Miller (Arctic Glaciers) sowie Dr. Reinke (Arctic Environmental Data Directory).

Das Arctic Ocean Sciences Board (AOSB), zur Koordinierung mariner Forschungsprogramme in der Arktis 1981 gegründet, traf sich im Februar 1997 zu seiner 16. Sitzung in Zoppot. Prof. Fütterer wurde dort zum Vorsitzenden gewählt.

**EU-Büro** 1996 und 1997 hat das Tätigkeitsvolumen des EU-Büros beträchtlich zugenommen. Bei den laufenden Projekten handelt es sich um Projekte, die bei Ausschreibungen der vergangenen Jahre erfolgreich waren sowie um jene aus dem Jahr 1997. Das Gesamtvolumen des Umsatzes von Bremerhaven und Potsdam beläuft sich auf 3.320 TDM. Insgesamt gibt es 43 Verträge, die mit der Kommission abgeschlossen wurden. Bei der Mehrzahl der Projekte handelt es sich um Aufgabenstellungen mit „europäischer Dimension“ und vor allem um Grundlagenforschungsprojekte. Zusätzlich wären zwei Netzwerke zu benennen, die neben der Forschung das Ziel haben, den Austausch junger europäischer Wissenschaftler zu fördern. In diesem Rahmen konnte das AWI eine Französin in der Geologie aufnehmen und einen Vertrag mit einer spanischen Biologin abschließen. Außerdem wird das Institut erstmalig eine europäische Stipendiatin erhalten, die die Bedingungen von TMR erfüllte.

AWI-Wissenschaftler nahmen an vielen Ausschreibungen teil, was im Programm Umwelt sehr erfreuliche Resultate brachte. Es wurden insgesamt für alle Programme der EU mehr als 50 Anträge gestellt.

Zur Pflege der Beziehungen mit der Kommission fand u.a. am 18. August 1997 ein Zusammentreffen von Prof. Tilzer und dem Direktor der DG 12, Herrn Patemann,

6. Nationale und Internationale  
Zusammenarbeit

in Brüssel statt. Dabei wurden unter anderem drei Themen diskutiert: Gestaltung des V. Rahmenprogrammes, Zugang zu Großforschungsanlagen, mittel- bis langfristige Perspektiven in der Polarforschung.

EU-Programm/ Vertragsnummer	Projektbezeichnung	Laufzeit	Projektleitung	Bewilligung in TDM	Ausgaben 1996- 1997
CHRX-CT94-0424	Surface ocean paleocirculation recorders past natural climate variability in high and middle latitude ocean	01.11.1994 - 30.04.1998	Dr. Gersonde	158,40	72,49
INTAS-93-3604	The biology and systematics of three problem diatom genera in Lake Baikal	01.08.1995 - 31.07.1996	Dr. Crawford	11,88	5,79
MAS3-CT95-0014 AGMASCO:	Development of an airborne geoid mapping system for coastal oceanography	01.01.1996 - 31.12.1998	Dr. Meyer	496,98	421,14
MAS3-CT95-0018	BENGAL: High resolution temporal and spatial study of the benthic biology and geochemistry of a North Eastern Atlantic abyssal locality	01.02.1996 - 31.01.1999	Dr. Brey	237,60	122,16
MAS3-CT95-0015	ESOP II: Thermohaline circulation in the Greenland Sea	01.01.1996 - 31.12.1998	Dr. Budéus	564,30	428,01
MAS3-CT95-0005	MERLIM: Marine ecosystems regulation: Trace metals and carbon dioxide limitation	01.02.1996 - 31.01.1999	Dr. Riebesell	647,46	297,06
MAS3-CT95-0010	ALIPOR: Autonomous Lander Instrument packages for oceanographic research	01.02.1996 - 31.01.1999	Prof. Thiel	231,66	178,39
ENV4-CT95-0124	Climate change and sea level	01.03.1996 - 31.03.1999	Dr. Oerter	311,05	168,56
ENV4-CT95-0046	LAMOCs: Laboratory studies and modelling of heterogeneous chemistry in the stratosphere	01.04.1996 - 31.03.1998	Prof. Schrems	261,36	277,30

6. Nationale und Internationale  
Zusammenarbeit

EU-Programm/ Vertragsnummer	Projektbezeichnung	Laufzeit	Projektleitung	Bewilligung in TDM	Ausgaben 1996- 1997
ENV4-CT95-0074	EPICA: European project for ice coring in Antarctica	01.02.1996 - 31.01.1999	Prof. Miller	475,73	235,88
MAS3-CT95-0039	TASC: Trans-Atlantic study of Calanus Finmarchicus	01.02.1996 - 31.01.1999	Dr. Hirche	364,32	201,68
ENV4-CT96-0188	UV-Marine : Effects of ultraviolet radiation on marine macroalgae and seagrasses	01.05.1996 - 30.04.1998	Dr. Wiencke	437,07	186,28
INTAS-93-1022 EXT	Fluctuations of Marine Zoobenthos in relation to climatological variability	01.04.1996 - 31.03.1997	Dr. Rachor	8,20	1,70
MAS3-CT96-0060	CANIGO: Canary Islands Azores Gibraltar observations	01.08.1996 - 31.08.1999	Prof. Krause	132,66	0
AIR-CT96-1558	Investigation into the role of bacteria/dinoflagellate interactions in paralytic shellfish poisoning	01.03.1997 - 28.02.2000	Dr. Medlin	429,66	60,20
MAS3-CT96-0070	VEINS: Variability of exchanges of the Northern Sea	01.01.1997 - 31.08.2000	Dr. Fahrbach	1.110,18	131,03
INTAS-RFBR-95- 0646	Bottom sediments of Lake Baikal	01.02.1997 - 31.01.1999	Dr. Crawford	5,94	0,81
Info2000-3003	Arktis-Antarktis	01.01.1997 - 30.06.1997	Pauls	5,94	5,65
MAS3-CT97-0080	AIMS: Automated identification and characterization of marine microbial populations	01.10.1997 - 31.09.2000	Dr. Medlin	297	13,31
PI96-1032	PROVCESS: Processes of vertical exchange in shelf sea	01.08.1998- 31.07.2001	Prof. Krause	252,42	0
SMT4-CT97-7510	Thematic Network for UV-measurements	15.11.1997- 15.12.2000	Dr. Tüg	5,45	0
PL-96-1325	Workshop Galapagos	1997	Prof. Arntz	23,76	0
ERB-FRMX-CT97- 0113	Coccolithophorid evolutionary biodiversity and ecology network	01.01.1998 - 30.09.2001	Dr. Medlin	495,35	0

6. Nationale und Internationale  
Zusammenarbeit

EU-Programm/ Vertragsnummer	Projektbezeichnung	Laufzeit	Projektleitung	Bewilligung in TDM	Ausgaben 1996- 1997
ENV4-CT97-0472	CARUSO: Regulation and quantification of the carbon dioxide pumps in the Southern Ocean	01.01.1998 - 31.12.2000	van der Loeff	374,22	0
ENV4-CT97-0596	CLICOFI: Effects of climate induced temperature change on marine coastal fishes	01.04.1997 - 31.03.2001	Prof. Pörtner Dr. Knust	318,38	0
ENV4-CT97-0487	ARTIST: Arctic radiation and turbulence interaction	01.11.1997 - 30.09.2000	Prof. Augstein	581,09	0
ENV-CT97-0810	GOSAC: Global ocean storage of anthropogenic carbon	01.12.1997 - 31.10.2000	Dr. Schlitzer	304,33	0
PL-97-0727	EPICA- Verlängerung	01.02.1999 - 31.01.2001	Prof. Miller	673,02	
PL-Intas 1359	A contribution of the ecology of the deep basin of the White Sea	01.12.1997 - 31.03.2000	Dr. Rachor	12,47	0
INFO-3003-Ext.	Polar Perspectives	01.01.1998 - 31.12.2000	Pauls	96,17	0
INTAS-93-3605	Development of a research network to support fundamental studies in the NIS of the origin and maintenance of biodiversity in diatom algae underpinning applied studies	10.08.1997 - 31.07.1999	Dr. Crawford	9,58	0
ERB-FMBI-CT97-2813	Trophic role of benthic Cnidarians in energy transfer processes in energy transfer processes in marine polar sublittoral ecosystems	01.08.1997 - 31.07.2001	Prof. Arntz	239,11	0

**Forschungsstelle Potsdam**

INTAS-93-226	Frozen Geochemical Barrier: Its dynamics and influence on substance flux in permafrost	01.04.1995 - 30.04.1997	Dr. Siegert	69,30	95,29
ENV4-CT95-0136	ESMOS/ARCTIC II. European stratospheric monitoring stations in the Arctic	01.02.1996 - 31.01.1999	Dr. Neuber	392,94	129,48

EU-Programm/ Vertragsnummer	Projektbezeichnung	Laufzeit	Projektleitung	Bewilligung in TDM	Ausgaben 1996- 1997	
ENV4-CT95-0145	Ozone soundings as a tool for detecting ozone change	01.02.1996 - 31.01.1999	Dr. v.d. Gathen	311,66	97,54	
ENV4-CT95-0108	Pacht- und Leihgebühr für das Sternphotometer STAR01 ACEII	01.03.1996 - 28.02.1998	Dr. Herber	59,40	47,85	
ARCFAC-ERB4052	Nutzungsgebühr für Forschungsstation in Ny Ålesund	01.01.1996 - 31.12.1998	Dr. Neuber	237,60	104,92	
ENV4-CT96-6144	18. Internationale Laser Radar Konferenz	24.05.1996 - 31.12.1996	Dr. Neuber	9,1	9,09	
ILRC	Climatic relevance of sapropelites in the world changing from a non-glaciated	1997 - 1998	Dr. Oberhänsli	39,60	8,2	
	Ice sheets and climate in the Eurasian Arctic	01.12.1997 - 30.11.2000	Prof. Dr. Hubberten	0	0	
	Polar Vortex Change PVC	01.12.1997 - 30.11.1999	Dr. v. d.Gathen	109,30	0,07	
	Wasser- und Energiefluß in Permafrostböden	01.01.1997 - 31.12.1998	Dr. Boike	16,00	8,84	
	Climatic relevance of sapropelites in a world changing from a non-glaciated	01.01.1997 - 31.12.1998	Dr. Oberhänsli	47,92	9,47	
<b>Bremerhaven und Potsdam</b>				<b>90.976,02</b>	<b>10.865,56</b>	<b>3.318,19</b>

### WOCE

Zur Zeit läuft – bis Ende 1998 – die letzte Förderphase (BMBF) des deutschen Beitrags zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE). Zum aktuellen Stand der Arbeiten aller Projekte wurde im November 1997 während eines Seminars in Bremerhaven berichtet. Bis auf wenige Ausnahmen sind die Feldarbeiten erfolgreich abgeschlossen, so daß die Auswertungen der Messungen im Laufe des Jahres 1998 vorgelegt werden können.

## 7. Zentrale Einrichtungen

### 7.1 Rechenzentrum

Die Arbeiten des Rechenzentrums hatten 1996 und 1997 folgende Schwerpunkte:

- Verstärkung der für Modellierungsvorhaben notwendigen Rechnerleistung durch Installation einer CRAY T3E AC52-128 mit 56 Prozessoren und ca. 7 GB verteiltem Hauptspeicher.
- Neukonzeption des WWW-basierten Informationsangebots des AWI (interner und externer WWW-Server) in Zusammenarbeit mit der Öffentlichkeitsarbeit.
- Aufbau des neuen ATM-basierten Campus-Netzes
- Vereinheitlichung E-Mailsystems für alle Standorte des AWI
- Installation eines Windows NT-Servers zur Bereitstellung der Basisdienste für PC-Nutzung im Laborbereich.

Zu weiteren Schwerpunkten zählen die verbesserte Operationalisierung des satelliten-basierten Kommunikationssystems zum elektronischen Datenaustausch mit der Neumayer-Station, mit „Polarstern“ und Ny Ålesund, die Fortsetzung der Projektarbeiten im Bereich Datenbanken & Informationssysteme mit Schwerpunkt „Nationales Polares Datenzentrum“ und die Weiterentwicklung des Informationssystems PANGEA mit der Datenbank SEPAN für marine Sedimentdaten sowie die Parallelisierung der Modellierungssoftware für Ozean- und Meereismodelle zur Nutzung dieser Modelle auf der CRAY T3E.

Der Ausbau des hauptsächlich in der Modellierung genutzten Compute- und Fileserver Tandems, bestehend aus einer CRAY J916/8 und einer CRAY YMP/EL, wurde mit dem Einsatz der YMP/EL durch eine leistungsfähigere CRAY J916/SE-4 abgeschlossen. Parallel zu den Arbeiten an bestehenden Systemen wurde die Installation einer CRAY T3E mit 56 Prozessoren und ca. 7 GB verteiltem Hauptspeicher durchgeführt. Alle Prozessoren sind untereinander durch ein internes Netzwerk verbunden, über das der für parallele Programme notwendige Austausch lokaler Daten abläuft. Von den 56 Prozessoren stehen zur Zeit 51 für parallele Anwendungen zur Verfügung, die restlichen 5 übernehmen den interaktiven Betrieb sowie Aufgaben des Betriebssystems.

Bei der Einführung der T3E wurden einige Maßnahmen vorgesehen, um den Übergang zur parallelen Implementierung von Modellcodes zu erleichtern und die Akzeptanz der neuen Maschine zu erhöhen. So wurde die vollständige T3E-Dokumentation auf dem WWW-Server des AWI zur Verfügung gestellt und Informationsveran-

#### 7.1.1 Zentrale Unix-Rechner

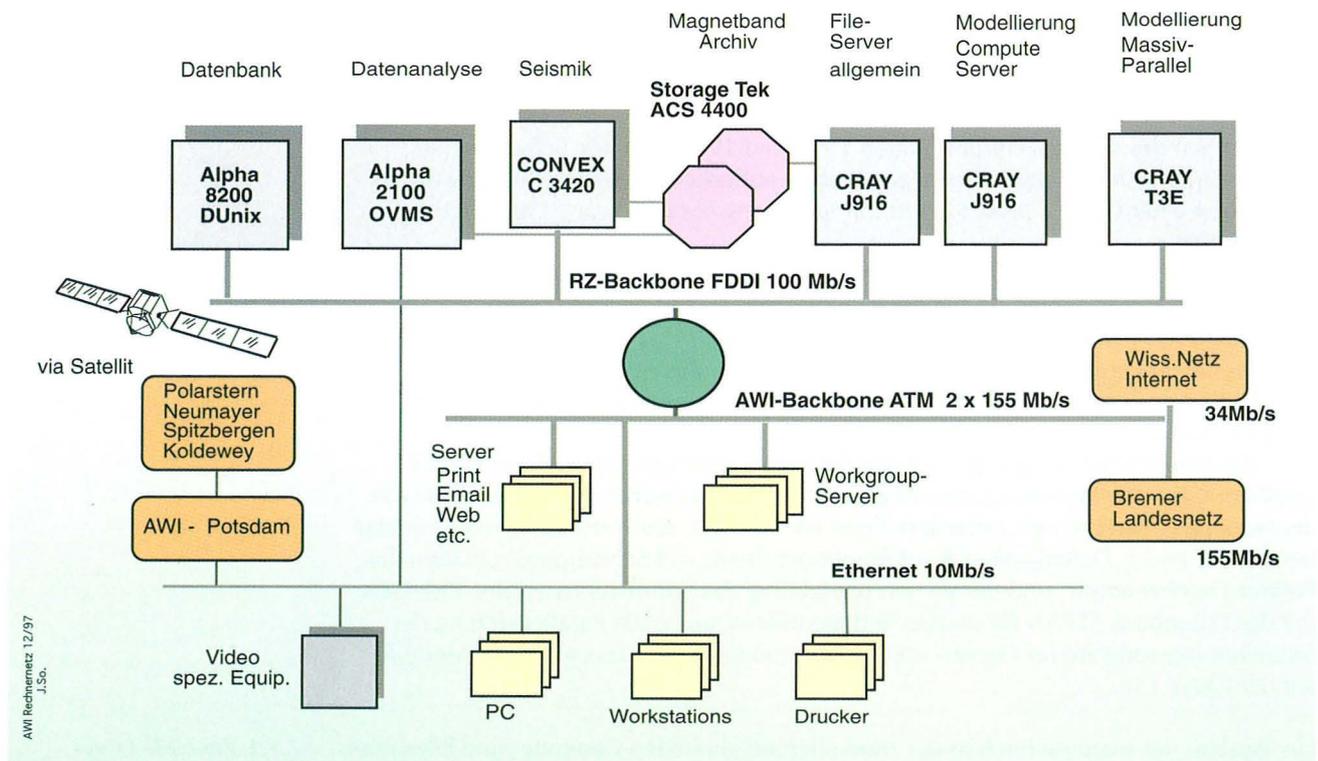


Abb. 1: Rechnernetz des AWI

staltungen und Schulungen durchgeführt. Die Portierung der wichtigsten AWI-Modelle läuft. Die Arbeiten an dem Meereismodell und den Ozeanmodellen MOM und SPEM wurden im Berichtszeitraum abgeschlossen.

Wichtigstes Modellierungsvorhaben auf der CRAY T3E ist ein globales wirbelauflösendes Ozeanmodell, welches auch in der Lage ist, biologische und geochemische Prozesse zu simulieren, um ein Verständnis für die globalen Stoffkreisläufe zu bekommen. Dazu müssen mit diesem Modell Langfrist-Integrationen von mehreren tausend Modelljahren durchgeführt werden, mit einem Rechenzeitbedarf von 4000 Stunden und Datenvolumen von 300 GB pro Lauf.

Der Aufwand bei der Datensicherung der großen UNIX-Serversysteme konnte weiter reduziert werden. Diese erfolgt jetzt für alle großen Rechnersysteme des AWI

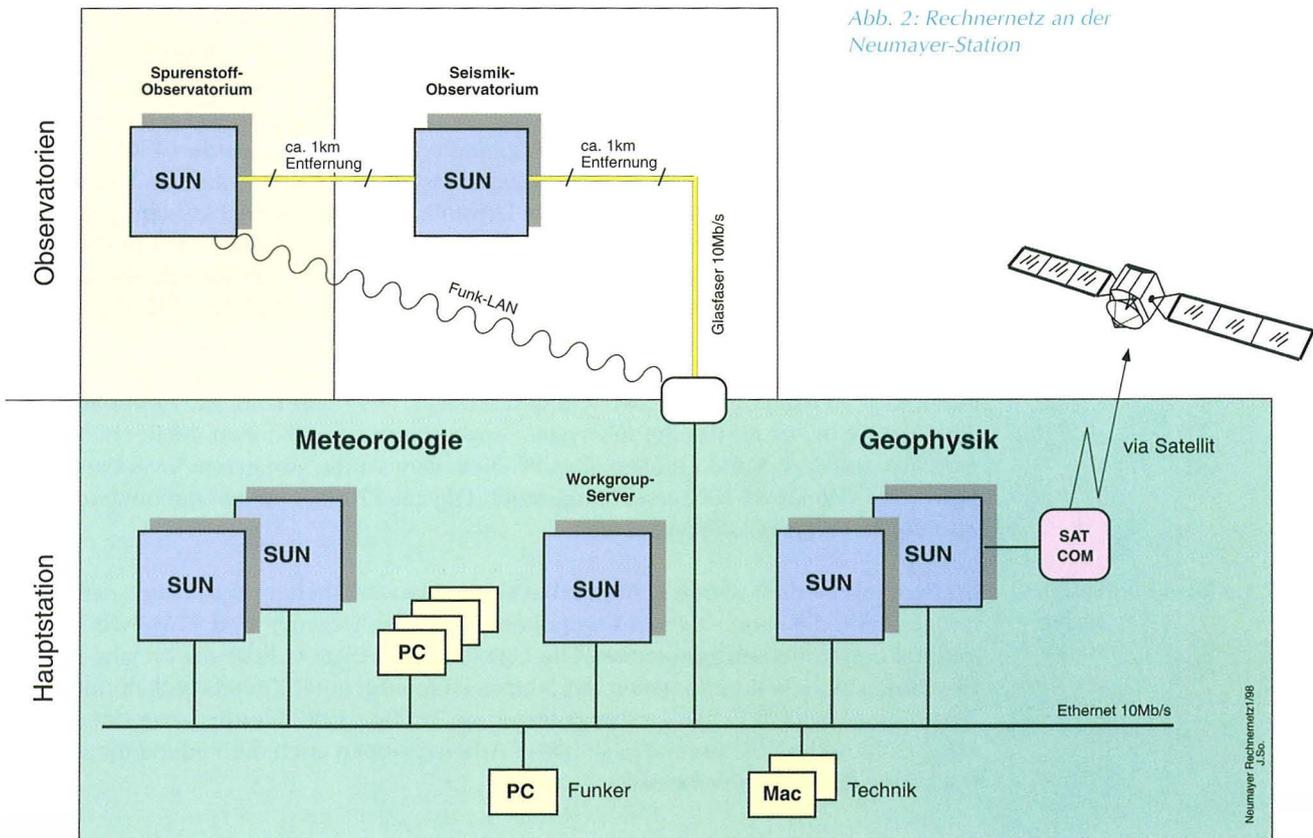
## 7. Zentrale Einrichtungen

(CRAY J916 Systeme, CRAY T3E und CONVEX) automatisch in die beiden Storage Tek-Silo. Hier wurde durch Neuinstallation von zwei „Redwood“ Bandlaufwerken der Zeitaufwand für Datensicherung (je Laufwerk 20 GB pro Stunde) erheblich reduziert. Die Gesamtkapazität der Silosysteme umfaßt ca. 30 Terabyte Datenvolumen mit 12000 Kassetten online und 6000 Kassetten im Archivbereich. (siehe auch Abb. 1)

Während der Sommerkampagne 95/96 wurde an der Neumayer-Station ein neuer Workgroup-Server zur Übernahme allgemeiner Dienste installiert. Der freigewordene Rechner übernahm Aufgaben als Datenerfassungsrechner im Geophysikalischen Ob-

### 7.1.2 Neumayer Station

Abb. 2: Rechnernetz an der Neumayer-Station



servatorium. Während der Sommerkampagne 96/97 wurde das Netzwerk gewartet und erweitert. Da das von der Station zu den Observatorien verlegte Glasfaserkabel den Scherbelastungen des Eises ausgesetzt ist, wurde zur Sicherung des Datentransfers eine Funk-LAN-Verbindung zwischen Station und Luftchemischem Observatorium eingerichtet. Die Seaspacesatellitenanlage zum Empfang hochauflösender Bilder (NOAA, DMSP, Eisdaten) wurde in das Stationsnetz integriert. Das E-Mail-System wurde zum Betrieb mit vielen Benutzern (Sommergäste) modifiziert. Wegen der zunehmenden Komplexität des Rechnernetzes der Station (Abb. 2) führt das Rechenzentrum seit 1995 jährlich einwöchige Vorbereitungskurse für das Überwinterungsteam durch.

#### 7.1.3 Einsatz von Arbeitsplatzrechnern im AWI-Rechnernetz

Im Berichtszeitraum nahm die Zahl der Workstations am AWI weiter stark zu. Ende 1997 waren 200 Workstations installiert. Derzeit arbeiten am AWI 13 sektions-spezifische Workstation-Cluster. Aufgrund der neuen strukturierten Verkabelung konnte die Zahl der dafür benötigten Subnetze auf sechs verringert werden. Als Massenspeicher für Anwenderdaten sowie Applikations-Fileservices wurden 4 RAID5-Plattensysteme mit insgesamt 72 GB Kapazität installiert. Es wurde auf den Workstations des Herstellers Sun institutsweit die Umstellung auf das Betriebssystem Solaris 2.5 durchgeführt, so daß jetzt wieder ein einheitliches System-Release für alle Sun Workstations im Einsatz ist. Dies ermöglichte insbesondere den Einsatz der neuesten Hardware-Technologie dieses Herstellers, wodurch bis Ende 1997 etwa 30 ältere Rechner ersetzt werden konnten.

Zur Einbindung in das AWI-Intranet wurden im Berichtszeitraum alle Apple Macintosh an das TCP/IP Netzwerk angeschlossen. 1997 wurde für die Apple-Systeme eine Institutslizenz für das Betriebssystem angeschafft; damit können die Rechner den gleichen Software-Stand erhalten. Das PC-Netzwerk wurde von einem VMS-basierten Server auf „Windows NT Server“ umgestellt. Die ca. 120 PCs nutzen die beiden Server als File, Print- und CDROM-Server.

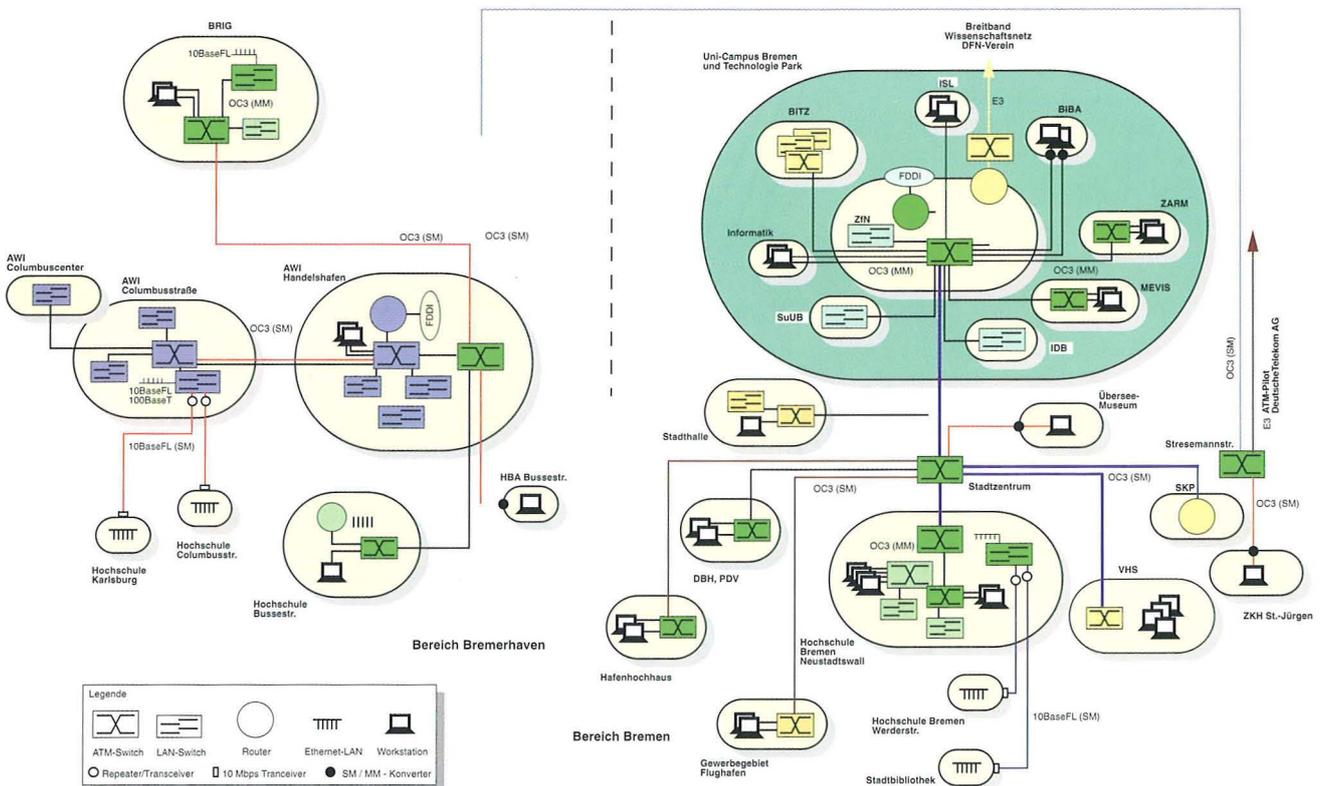
#### 7.1.4 Kommunikationssysteme

Im Berichtszeitraum wurde in Bremerhaven die Neuverkabelung des Institutsnetzes fertiggestellt, die neuen aktiven Komponenten (Router, Ethernet- und ATM-Switches) getestet und in Betrieb genommen. Die Umstellung erfolgte vollständig im Jahr 1996. Die neuen aktiven Komponenten des Netzes laufen mit guter Zuverlässigkeit und führten zu einer beträchtlichen Leistungssteigerung. Im Jahr 1997 wurde neben der Erhöhung der Anschlußbandbreite bestimmter Arbeitsgruppen auch die Redundanz im Backbone des Netzes verbessert.

## 7. Zentrale Einrichtungen

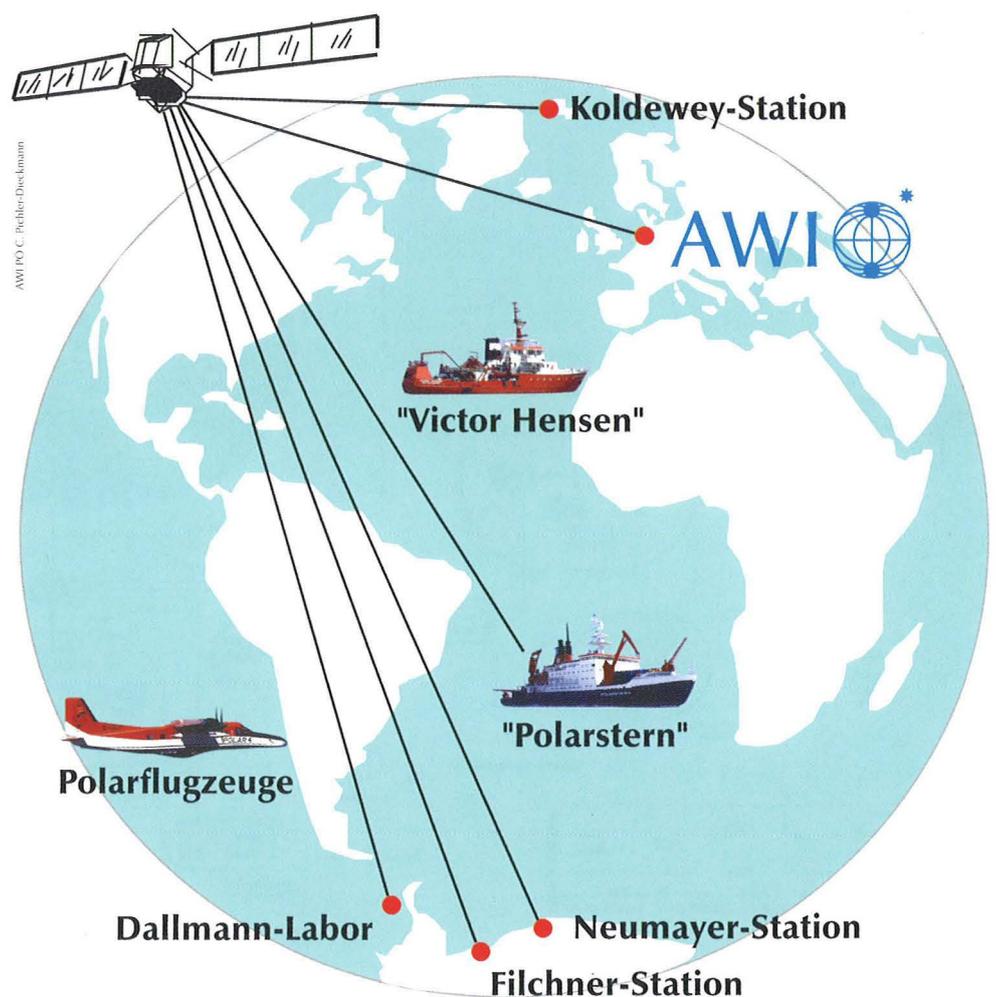
Unter der technischen Federführung des AWI-RZ wurde das Bremische Landesbreitbandnetz aufgebaut (Abb. 3). Das Netz verbindet hauptsächlich die wissenschaftlichen Institutionen des Landes mittels 155 Mbit/s ATM-Technik untereinander. Für mehrere Projekte des AWI ergibt sich dadurch eine verbesserte Möglichkeit zur breitbandigen Kommunikation mit der Universität und den Hochschulen. Insbesondere konnte die Verbindung des AWI via Landesnetz zum Breitband Wissenschaftsnetz (B-WIN) in Kooperation mit der Universität Bremen verbessert werden. AWI und Uni Bremen teilen sich einen 34 Mbit/s B-WIN-Anschluß mit 16 Mbit/s anteiliger Kapazität für das AWI.

Abb. 3: Bremer Landesbreitbandnetz



Die Daten-, insbesondere Mailkommunikation mit „Polarstern“ und „Neumayer“ hat sich als vielgenutzter Dienst etabliert (Abb. 4). Die Häufigkeit der Verbindungen wurde erhöht, um die Nutzung der vergleichsweise teuren Sprach- und Faxkommunikation zu minimieren. Auf „Polarstern“ wurde 1997, analog zum Institut in Bremerhaven, ein Zentraler Mail-Server installiert. Im Herbst 1997 wurden mobile Satellitenkommuni-

Abb. 4: Datenkommunikation über Satellit



## 7. Zentrale Einrichtungen

---

kationsanlagen für das Dallmann-Labor und eine Drescher-Kampagne testweise mit entsprechender Software zum Austausch von E-Mail über den externen Modemzugang ausgestattet.

Das RTB Nord-Projekt zur verteilten Modellierung wurde zur Jahreswende 96/97 abgeschlossen. Die Ergebnisse werden im AWI weiterentwickelt und im Bereich der Modellierung weiter eingesetzt, wobei insbesondere der im Projekt entwickelte 3D-Datenbrowser zur Visualisierung von umfangreichen Datensätzen in der Modellierung zum Einsatz kommen soll.

Ziel ist die Weiterentwicklung des Systems, so daß auch dynamische Abläufe in der Ozean-Modellierung (Wirbelbildung, Tracerverteilung, Transport von Wassermassen) in Form von Filmsequenzen abgespeichert werden können. Dies soll zum einen eine verbesserte qualitative Interpretation von Modellläufen ermöglichen, zum anderen auch eine bessere Präsentation von Arbeitsergebnissen aus der Modellierung für die Öffentlichkeitsarbeit ergeben.

Die WWW-basierten internen und externen Informationsdienste gewinnen kontinuierlich an Bedeutung. Dies zeigt sich an den steigenden Zugriffen auf intern abgelegte Dokumentationen ebenso wie an den WWW-basierten Zugriffsmöglichkeiten auf Datenbanken des AWI. Die WWW-basierten Angebote wurden im Berichtszeitraum zusammen mit der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit neu strukturiert und erweitert. Die Neukonzeption dieser Angebote beinhaltet die Trennung von externen und internen Inhalten auf verschiedenen Rechnern, so daß die Skalierbarkeit des Angebotes und die Datensicherheit erhöht werden konnte. Das neu strukturierte interne WWW-Angebot konnte seinen Dauerbetrieb im Mai 1997 aufnehmen. Allen Organisationseinheiten und an allen Standorten des AWI steht die Nutzung des Servers zur Bereitstellung ihrer Information zur Verfügung.

In dem neu konzipierten externen WWW-Angebot <http://www.awi-bremerhaven.de> findet sich in einem einheitlichen, modernen Layout und mit neuer Struktur und Navigation ein Angebot aller Organisationseinheiten und ein zunehmendes Datenbankangebot. Im Monat der Inbetriebnahme (Dez. 97) haben wöchentlich 2.000 externe Rechner ca. 10.000 HTML-Seiten abgerufen.

Das AWI ist „nationales Antarktisches Datenzentrum“ im Rahmen von SCAR. Nach den Vorarbeiten soll Anfang 1998 das „German Polar Data Directory (GPDD)“ auf dem Wissenschaftsnetz/Internet etabliert werden, das ein Verzeichnis aller in Deutschland verfügbaren polaren Datensätze enthalten wird. Es ist in das internationale „Antarctic Data Directory System (ADDS)“, das vom „International Centre for Antarctic

### 7.1.5 Visualisierung und Verteilte Systeme

### 7.1.6 Datenbankprojekte

Information and Research (ICAIR)", Christchurch, Neuseeland, betreut wird, und in das „International Directory Network/IDN“ der großen Raumfahrt Agenturen NASA, ESA und NASDA eingebunden.

Wichtige wissenschaftliche, langfristig archivierte Informationen werden aus relationalen Datenbanken im Internet publiziert.

Das „*Meteorologische Informationssystem*“ (MISAWI) enthält alle Radiosondenaufstiege inklusive Ozonmessungen, Wetterbeobachtungen und Strahlungsdaten der Neumayer Station, der Koldewey Station und des Forschungsschiffs „Polarstern“. Die Datenbank umfaßte Anfang 1998 16.087 Radiosondenaufstiege, 32.333 Wetterbeobachtungen vom Forschungsschiff Polarstern, 98.214 Wetterbeobachtungen von den Stationen und 1.608.083 kontinuierliche meteorologische Wetterbeobachtungen (Windstärke und -richtung, Temperatur und Strahlungsdaten). Die Meßserie begann im Frühjahr 1982.

In der „*Polarstern*“-Datenbank sind meteorologische, navigatorische und teilweise hydrographische Parameter in 10 Minutenmitteln kontinuierlich seit Mai 1993 - der Einführung des neuen Datenerfassungs- und Verteilungssystems (PODEV) - gespeichert (179800 Datensätze). Die Originaldaten (Messungen im Sekundenbereich) sind im Institut auf Magnetbändern im Massenspeichersystem verfügbar.

Die *meteorologischen Daten* und die Polarstern-Informationen können von Wissenschaftlern über das Internet (World Wide Web) abgerufen werden.

Die „*Ocean Circulation Datenbank*“ enthält alle validierten CTD- und Verankerungsdaten des AWI. Zur Zeit sind in diesem System Daten aus 2.487 hochaufgelösten CTD-Profilen und 135 Verankerungen verfügbar. Für das Internet wurde eine graphische Oberfläche entwickelt, die den Zugriff über eine interaktive Karte auf diese Daten ermöglicht.

Die „*PANGEA*“-Datenbank ist Teil des nationalen Paläoklimainformationssystems, das für Klimainformationen aus marinen und lakrustinen Sedimenten aufgebaut wird. Ziel dieses Projektes ist es, klimarelevante Informationen aus vielen Arbeitsgruppen auf nationaler Basis in einem einheitlichen Informationssystem zusammenzufassen. Die zentrale Datenbank am AWI ist über das Wissenschaftsnetz für diese Arbeitsgruppen erreichbar. Neben einem speziellen Kartenwerkzeug und einem Datenbrowser stehen Programme zur Verfügung, mit denen Daten aus Tabellenkalkulationsprogrammen direkt in die Datenbank eingelesen werden können.

In einer *biologischen Datenbank* stehen russische Daten des Instituts für Fischerei und Ozeanographie (AtlantNIRO, Kaliningrad/Königsberg) aus dem Südatlantik über Krill, Zooplankton und Phytoplankton von 21.553 Stationen der letzten drei Jahrzehnte zur Verfügung.

## 7. Zentrale Einrichtungen

Die *ADCP-Datenbank* verfügt über Daten des schiffbasierten profilierenden Strömungsmessers ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), der hochauflösende Strömungsmessungen vornehmen kann. In 173 Meßkampagnen wurden über 3 Millionen Daten aufgezeichnet.

Die hochauflösenden Navigations- und Umweltdaten, die über das PODEV-System im sekundlichen Takt auf über 200 Sensoren auf dem Forschungsschiff „Polarstern“ erhoben werden, sind über das Robotersilo innerhalb kürzester Zeit verfügbar. Die hochauflösenden Daten sind seit der Einführung des Systems, 1993, archiviert. Die Daten des Vorgängersystems INDAS (Integriertes Navigationsdaten Aquisitionssystem) sind von 1984-1993 elektronisch gespeichert. Die Informationsmenge der Polarsterndaten umfaßt 600 Kassetten.

Die Modellierung des Klimasystems ist wegen der großen Komplexität des Problems stets an die möglichst effektive Nutzung der aktuell verfügbaren Höchstleistungsrechner gebunden. Mit dem derzeit zu beobachtenden Paradigmenwechsel bei den Höchstleistungsrechnern von der Vektorarchitektur hin zu Parallelrechnern mit RISC-Prozessoren und verteiltem Speicher müssen die existierenden Modellcodes neu optimiert werden. Bei der Parallelisierung der Modellierungssoftware für die CRAY T3E wurde ein datenparalleles Programmiermodell benutzt. In Abhängigkeit von der Modellgröße und der Prozessoranzahl können so vom Nutzer optimale Datenpartitionierungen genutzt werden. Die neuesten Modellcodes skalieren gut, so daß die Gesamtrechenzeit wesentlich gesenkt werden konnte. Zur weiteren Verringerung der Rechenzeit wurden Mehrgitterlöser für die Helmholtzgleichung auf Rechteckgebieten in unterschiedlichen Koordinaten und mit verschiedenen Randbedingungen implementiert, die nun in den Ozeanmodellen wahlweise eingesetzt werden können. Ein wesentliches Ergebnis des Projekts sind die Parallelisierung der globalen Ozeanmodelle MOM und SPEM, welche auf der CRAY T3E gerechnet werden. Außerdem wurde von Mitarbeitern des Projektes im Berichtszeitraum eine parallele Version des AWI-Meereismodells entwickelt und mit der Message Passing Bibliothek MPI auf der T3E implementiert.

### 7.1.7 Parallelprojekt

Unter anderem war auch die Optimierung von Ein- und Ausgabe im Rahmen von hochvolumigen Modellläufen auf den Großrechnern (T3E, J90) notwendig. Mit der Installation der Bibliotheken für das maschinenunabhängige und selbstbeschreibende Datenformat netCDF und deren Dokumentation und Betreuung im WWW wurde die Grundlage für die Nutzung von netCDF als Standard-Datenformat des AWI geschaffen. Durch Performancetest und Optimierung der netCDF-Transfers wurde die Akzeptanz

von netCDF bei den Benutzern, insbesondere bei den Ozeanographen, die MOM verwenden, deutlich erhöht.

Ein weiteres Projekt (Anwendungen der Multiskalenmodellierung mit adaptiven Finite-Elemente-Methoden), das im März 1997 begonnen wurde, hat zum Ziel, neue Verfahren des wissenschaftlichen Rechnens für die Ozeanmodellierung zu erschließen. Der Transport von Spurenstoffen in der arktischen polaren Stratosphäre konnte durch Verwendung relevanter Winddaten in einem schon vorhandenen Testprogramm simuliert werden. Das Testprogramm dient normalerweise der Untersuchung der numerischen Eigenschaften verschiedener Komponenten des neuen adaptiven Verfahrens. Für die Simulationen wurden Antriebsdaten aus realen Experimenten mit dem Modell HIRHAM der Arbeitsgruppe „Atmosphärenmodellierung“ (K. Dethloff) verwendet. Dank des adaptiven Verfahrens können die Simulationsergebnisse in sehr hoher Auflösung dargestellt werden.

## 7.2 Bibliothek

Die Institutsbibliothek hat ihren Hauptstandort in Bremerhaven und eine kleinere Zweigstelle in Potsdam. Daneben werden Bibliotheken auf der „Polarstern“ und in den Polarstationen Neumayer und Koldewey von Bremerhaven aus betreut.

Der Bestand an bibliographischen Einheiten der Institutsbibliothek (Monographien, Zeitschriftenbände, Nachschlagewerke, Sonderdrucke, Karten) ist bis Ende 1997 auf 105.837 angestiegen. Damit ist der Bestand gegenüber Ende 1995 um sechs Prozent erweitert worden, allein bei den Büchern um acht Prozent. Die Zahl der derzeit laufend geführten Zeitschriften und Serien liegt bei 695. Davon werden 191 über Abonnements bezogen. Die restlichen Zeitschriften und Serien erhält die Bibliothek durch Tausch oder Abgabe kostenloser Exemplare.

Der Aufbau des EDV-gestützten Fernleihsystems wurde abgeschlossen. Die Nutzer können Fernleihbestellungen nun über den World Wide Web-Browser auf drei Rechnerplattformen (SUN, Macintosh und DOS/Windows) selbst eingeben. Die Fernleihe wird dabei weiterhin durch das Bibliothekspersonal durchgeführt. Ebenfalls über den Web-Browser wurde das OPAC-System (Online Public Access Catalog) installiert, mit dem AWI-Mitarbeiter vom Arbeitsplatz aus Monographien, Zeitschriften und Karten und nach Autoren und Titeln im Gesamtbestand suchen können.

Die Bibliothek ist Mitglied in folgenden Organisationen:

- Arbeitsgemeinschaft der Bibliotheken der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF)

## 7. Zentrale Einrichtungen

- Arbeitsgemeinschaft meereskundlicher Bibliotheken
- Arbeitsgemeinschaft der Spezialbibliotheken (ASpB), IAMSLIC und EURASLIC.

	1996	1997	Gesamt
<b>Bücher</b>	893	628	20.613
<b>Zeitschriften</b>	3.138	2.703	51.814
<b>Karten</b>		56	2.283
<b>Fernleihe</b>			
<i>nehmend</i>	726	1.208	1.934
<i>gebend</i>	100	144	244
<b>laufende Periodika</b>	771	695	
<b>neue Periodika</b>	109	55	164
<b>Tausch</b>	452	385	
<b>Abonnement</b>	197	191	

### 7.3 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

#### Medien

Den größten Teil der Pressearbeit des AWI umfaßte auch im Berichtszeitraum das Beantworten einer Vielzahl von Anfragen der Medien nach Informationen, Ansprechpartnern für Interviews usw. Außerdem betreut die Pressestelle Journalisten, Fotografen und Filmteams, die das AWI besuchen und über das Institut oder von der „Polarstern“ oder von den Forschungsstationen berichten.

Im Januar 1996 war eine Journalistin von „bild der wissenschaft“ an der Koldewey-Station. Im Januar 1996 nahmen eine Hörfunkjournalistin und ein Wissenschaftsjournalist (Printmedien) an der Reise des vom AWI gecharterten Schiffs „Polar Queen“ teil. Während der Reise und in den Wochen danach sind viele Hörfunkbeiträge von Sendeanstalten der ARD gebracht worden. Im Januar 1996 war ein Fernsehteam von Radio Bremen während der Antarktisexpedition der „Polarstern“ an Bord und einige Tage an der Neumayer-Station. Daraus entstanden drei Reportagen, die im Laufe des Jahres 1996 in Arte, N3 und der ARD gesendet wurden. Das Fernsehen der Deutschen Welle hat diese Filme für ihr internationales Programm übernommen, so daß sie auch weltweit zu sehen waren. Für seine Öffentlichkeitsarbeit hat das AWI drei

eigene Produktionen aus den bei der Expedition entstandenen Aufnahmen erstellen lassen.

Im April 1997 berichtete ein Hörfunkjournalist vom Deutschland Radio Berlin und Deutschlandfunk Köln direkt von der Koldewey-Station. Im Sommer 1997 nahmen an der Arktisexpedition der „Polarstern“ ein Fernsehteam des Bayrischen Rundfunks (ARK XIII/1 ) und ein Wissenschaftsjournalist (ARK XIII/2) teil. Bei dem Fahrtabschnitt ARK XIII/3 fuhren eine Fotografin und ein Bildhauer mit, die mit ihren Arbeiten an der Ausstellung „Arktis Antarktis“ der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, beteiligt waren und weitere Ausstellungen vorbereiten.

Ein Fernsehteam hat für das ZDF das Bohrprojekt Cape Roberts in der Antarktis begleitet. Die Reportage wurde Ende Dezember 1997 gesendet.

Das AWI hat im Berichtszeitraum die Medien in 60 Pressemitteilungen über die wichtigsten Ereignisse und Arbeitsergebnisse informiert und Veranstaltungen angekündigt. Ein Teil des Echos in den Printmedien wird in einem Pressespiegel erfaßt. Es wird außerdem eine Liste der Beiträge im Hörfunk und Fernsehen geführt, soweit sie dem Pressereferat bekannt werden.

#### ***Vorträge, Führungen und Besichtigungen***

1996 und 1997 wurden die Vortragsreihe „Das AWI stellt sich vor“, die Führungen durch das Hauptgebäude und weitere Vorträge für die interessierte Öffentlichkeit in bewährter Weise fortgesetzt. Am 7. Juli 1996 fand ein Tag der offenen Tür auf „Polarstern“ statt.

#### ***Drucksachen***

1996 gab die Öffentlichkeitsarbeit die deutsche und englische Fassung des Zweijahresberichts 94/95 heraus. Im Herbst 1996 erschien der AWI-Kalender 1997 über die Koldewey-Station auf Spitzbergen. Zur Hannover-Messe veröffentlichte das AWI im April 1997 die Broschüre „Die Biologie der Meere beeinflußt unsere Zukunft“, die in sechs populärwissenschaftlichen Aufsätzen Beispiele aus der Arbeit der beiden biologischen Sektionen vorstellt. Anlässlich der NDSC-Tagung an der Koldewey-Station wurde 1997 die Broschüre über die Station aktualisiert und neu aufgelegt. Der AWI-Kalender 1998 war dem Thema „Leben im Meer“ gewidmet. Laufend werden außerdem die allgemeinen Informationen über das Institut aktualisiert und vervollständigt.

#### ***Messen und Ausstellungen***

Vom 28. März bis zum 28. April 1996 präsentierte das AWI eine Ausstellung „Polarforschung heute“ im Naturkundehaus des Tiergartens Nürnberg. Vom 22. April bis zum

## 7. Zentrale Einrichtungen

3. Mai 1996 war die Ausstellung „Von der Antike bis zur Neuzeit - der verleugnete Anteil der Frauen an der Physik“ im AWI zu sehen. Die Ausstellung wurde von der Frauenbeauftragten und der Öffentlichkeitsarbeit des AWI nach Bremerhaven geholt. Anlässlich der Konferenz der Antarktisvertragsstaaten in Utrecht vom 29. April bis zum 10. Mai 1996 zeigte das AWI dort Exponate und Poster in einer Ausstellung. Vom 13. bis 28. Mai 1996 beteiligte das AWI sich an den Wochen der Meeresforschung in Bremen, in deren Rahmen eine Ausstellung und eine Vortragsreihe stattfanden. An zwei Tagen der offenen Tür stellte das AWI das Forschungsschiff „Victor Hensen“ in Bremen vor.

Am 1. Juli 1996 war das AWI bei „Wissenschaft live“ im Deutschen Museum Bonn - einer Reihe, die das Museum gemeinsam mit „bild der wissenschaft“ veranstaltet. Die Veranstaltung „Forschen in der Polarnacht“ mit einer Direktverbindung zur Neumayer-Station war mit mehr als 100 sehr interessierten Besuchern gut besucht.

Vom 25. bis 27. September 1996 stellte die Forschungsstelle Potsdam auf der Innovationsmesse in Leipzig ein Sternphotometer und ein Flachseismiksystem zur Untersuchung der Sedimentverteilung in Binnengewässern aus.

Anlässlich des 25jährigen Jubiläums der Universität Bremen beteiligte das AWI sich an der Ausstellung „Impulse aus der Forschung“ in der Sparkasse zu Bremen. Am 26. Oktober 1996 war das AWI beim Tag der offenen Tür der Universität mit einer Ausstellung seiner Arbeit vertreten.

Das AWI präsentierte 1997 auf der Hannover-Messe im Gemeinschaftsstand der HGF Beispiele aus der biologischen Forschung. Das Institut war im Juli 1997 auf der Bremerhavener Festwoche vertreten. Im September 1997 stellte das Institut, wie während der Hannover-Messe, auf dem Gemeinschaftsstand der HGF beim Forschungsforum in Leipzig Beispiele aus der biologischen Forschung vor.

Im Rahmen der bundesweiten „Tage der Forschung“ lud das Institut im November 1997 zu einem Blick „hinter die Kulissen“ ein. Den Auftakt bildete ein Vortrag über „Die Lebensweise antarktischer Robben unter dem Eis“. Am 8. und 15. November 1997 konnten Interessierte in den Labors die Arbeit der Wissenschaftler im AWI kennenlernen. Außerdem hatten sie Gelegenheit, im Hörsaal des AWI eine stimmungsvolle Bilderreise in die Wissenschaft und die kältesten Gebiete unserer Erde unternemen, und für WWW-Begeisterte gab es ein Internet-Cafe, um über das Breitbandnetz zu „surfen“.

An der Ausstellung „Arktis Antarktis“, die am 18.12.1997 in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn (KAH) eröffnet wurde, war das AWI beteiligt. Es lieferte Leihgaben für die Ausstellung, Beiträge für den Katalog sowie

Abb. 1: Die neue Homepage des AWI



## Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

Suche  english

**AKTUELLES**  
  **Ausstellung  
in Bonn**

 **Foto des  
Monats**

 **Meereis für  
Anfänger**

▶ [wie Sie uns erreichen...](#)

▶ [Stellenangebote](#)

▶ [Wissenschaftlicher Beirat  
Globale Umweltveränderungen  
\(WBGU\)](#)

Polar- und Meeresforschung sind zentrale Themen der Erdsystem- und globalen Umweltforschung. Das AWI fördert die Polar- und Meeresforschung durch eigene Forschungsarbeiten in der Arktis, Antarktis und den gemäßigten Breiten. Es koordiniert die Polarforschung in Deutschland und stellt die für Polarexpeditionen erforderliche Ausrüstung und Logistik zur Verfügung. Zu den Aufgaben in der Meeresforschung gehören die Nordseeforschung, Beiträge zum biologischen Monitoring in der hohen See, Untersuchungen zur Meeresverschmutzung und zu marinen Naturstoffen sowie meeres technische Entwicklungen.

Die Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung umfasst folgende Einrichtungen: das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven mit der [Forschungsstelle Potsdam](#) und die [Biologische Anstalt Helgoland](#) in Hamburg/Bremerhaven, die Inselstation Helgoland und die Wattenmeerstation List. Die Stiftung ist Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und wird zu 90% vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) finanziert. Das Land Bremen ist mit 8% beteiligt, die Länder Brandenburg und Schleswig-Holstein mit je 1%.

- [Forschung](#)
- [Logistik und Technik](#)
- [AWI-Information](#)
- [Schiffe, Stationen, Flugzeuge](#)
- [Bibliothek](#)

© AWI



Verantwortlich: [Dr. C. Dahm-Brey](#)

[Webmaster](#)

Letzte Änderung: 24.2.98

## 7. Zentrale Einrichtungen

Daten, Bilder und Filme für das Multimediaprogramm, das eine wesentliche Attraktion in der Ausstellung darstellte.

1996 und 1997 beteiligte sich das AWI außerdem an den Vorbereitungen für den deutschen Pavillon der Expo 98 Lissabon - „Die Ozeane - ein Erbe für die Zukunft“ und an der Konzeption der Abteilung Meeres- und Polarforschung im Erweiterungsbau des Deutschen Schiffahrtsmuseums.

### **Neue Medien**

Die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit realisierte im Berichtszeitraum gemeinsam mit dem Rechenzentrum ein Konzept für die internen und externen Webseiten des AWI im Internet. (Siehe auch Bericht des Rechenzentrums). Die Abbildung 1 zeigt die neue Homepage des AWI. Im Dezember 1997 wurden die neuen externen Seiten der Öffentlichkeit zugänglich gemacht

Im Rahmen eines EU-Projekts hat die Öffentlichkeitsarbeit für die Laufzeit der Ausstellung „Arktis Antarktis“ und anlässlich des Internationalen Jahres der Meere für 1998 zusätzliche Informationen im Internet für die breite Öffentlichkeit und insbesondere Schulklassen vorbereitet, die wöchentlich aktuelle Berichte und Daten von den Expeditionen und Stationen des AWI enthalten.

## 8. Personelle Situation und Haushalts- entwicklung

### 8.1 Personalplan 1996/97

Die personelle Entwicklung im Berichtszeitraum ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt.

#### BREMERHAVEN

	<b>Soll am 31.12.1996</b>	<b>Ist</b>	<b>Soll am 31.12.1997</b>	<b>Ist</b>
Stellenplan	206	204	202	203
Annex-Personal	173	140	173	145
unbefristetes	16	16	16	16
Drittmittelpersonal				
befristetes	–	74	–	76
Drittmittelpersonal				
Hochschulsonder- programm II/III	24	24	19	19
<b>Summe</b>	<b>419</b>	<b>458</b>	<b>410</b>	<b>459</b>

#### POTSDAM

	<b>Soll am 31.12.1996</b>	<b>Ist</b>	<b>Soll am 31.12.1997</b>	<b>Ist</b>
Stellenplan	34	34	34	34
Annex-Personal	22	20	22	22
unbefristetes	–	–	2	2
Drittmittelpersonal				
befristetes	–	16	–	16
Drittmittelpersonal				
Hochschulsonder- programm II/III	3	3	3	3
<b>Summe</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>61</b>	<b>77</b>

## *8. Personelle Situation und Haushaltsentwicklung*

### *8.2 Haushalt 1996/1997*

Das Haushaltsvolumen des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven belief sich im Jahr 1996 im Soll auf 101.311 TDM. Davon entfielen 85.339 auf den Betriebsmittelplan und 15.972 TDM auf den Investitionsmittelplan.

Im Haushaltsjahr 1997 wurden insgesamt Ausgaben von 100.861 TDM veranschlagt. Bei den Betriebsmitteln war eine Senkung von 373 TDM zu verzeichnen, die sich aus dem Anstieg der Personalaufwendungen um 200 TDM, bei den Betriebsführungsverträgen um 650 TDM und einer Kürzung bei den Sachausgaben um 1.223 TDM ergab. Die Abweichung zwischen den Sachausgaben ist im wesentlichen durch die Kürzung der Bundeszuwendung für den Betrieb zur Erbringung des Beitrages zur globalen Minderausgabe hervorgerufen. Im Investitionsmittelbereich war eine Erhöhung gegenüber dem Haushaltsjahr 1996 um 77 TDM veranschlagt.

Im Drittmittelbereich standen 1996 11.463 TDM und 1997 10.132 TDM zur Verfügung.

Das Haushaltsvolumen des Alfred-Wegener-Instituts, Forschungsstelle Potsdam belief sich im Jahr 1996 im Soll auf 10.200 TDM. Davon entfielen 5.170 TDM auf den Betriebsmittel- und 5.030 TDM auf den Investitionsmittelplan, davon 4.000 TDM auf die Ausbauinvestitionen. Im Haushaltsjahr 1997 wurden insgesamt Ausgaben von 10.312 TDM veranschlagt. Bei den Betriebsmitteln war eine Steigerung von 124 TDM zu verzeichnen. Es wurden Kürzungen bei den Sachausgaben von 161 TDM vorgenommen. Im Investitionsmittelbereich war gegenüber dem Jahr 1996 eine Kürzung des Ansatzes um 24 TDM veranschlagt.

Im Drittmittelbereich standen 1996 1.784 TDM und 1997 1.744 TDM zur Verfügung.

## Finanzplan 1996/1997

### BREMERHAVEN

	Soll am 31.12.1996	Ist	Soll am 31.12.1997	Ist
	TDM	TDM	TDM	TDM
<b>Betriebsmittelplan:</b>				
Personal	27.297	31.425	27.497	31.472
Sachmittel	58.714	57.855	58.141	56.676
<b>Investitionsmittelplan:</b>				
Lfde. Investitionen	15.972	15.972	15.895	15.895
Bauinvestitionen	0	0	0	0
Einnahmen				
Erlöse u. Erträge	–	944	–	703
F u. E - Aufträge	672	3.105	672	2.558
Gesamt	101.311	101.203	100.861	100.782
Drittmittel	–	11.463	–	10.132

### POTSDAM

	Soll am 31.12.96	Ist	Soll am 31.12.97	Ist
	TDM	TDM	TDM	TDM
<b>Betriebsmittelplan:</b>				
Personal	3.466	3.584	3.585	3.572
Sachmittel	1.704	1.665	1.721	1.708
<b>Investitionsplan:</b>				
Lde. Investitionen	1.030	1.212	1.006	633
Bauinvestitionen	4.000	0	4.000	200
Einnahmen				
Erlöse u. Erträge	–	28	–	11
F u. E - Aufträge	–	65	–	–
Gesamt	10.200	6.368	10.312	6.102
Drittmittel	–	1.784	–	1.744

### 8.3. Bericht der Frauenbeauftragten

Der Ansatz, die Effizienz der Gleichstellungsarbeit zu steigern und gleichzeitig die beruflichen Defizite der beteiligten Frauen möglichst gering zu halten, hat sich in einer Gremiumsstruktur am AWI in den letzten vier Jahren bewährt. Das Gremium der Frauenbeauftragten setzt sich aus den hauptamtlich gewählten Frauenbeauftragten und den Ersatzmitgliedern beider Nachrücklisten zusammen.

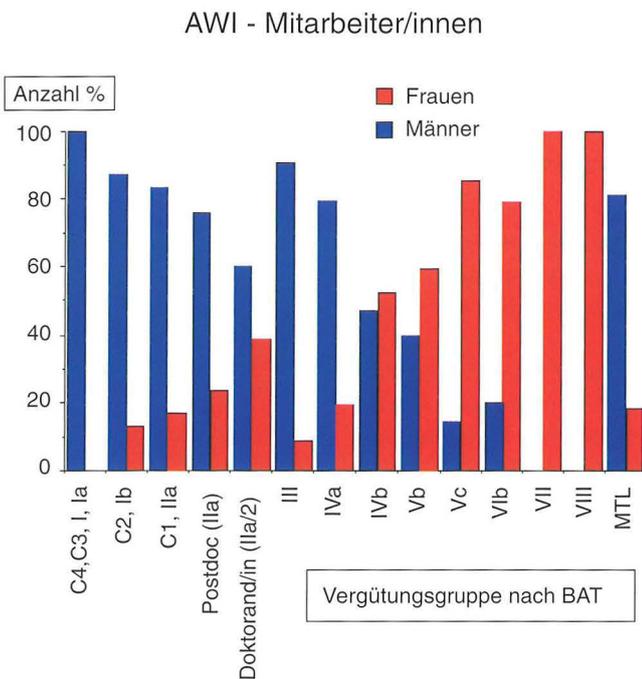
Grundlage der Arbeit der Frauenbeauftragten ist das Landesgleichstellungsgesetz vom 20. November 1990, welches die Gleichstellung von Frau und Mann im öffentlichen Dienst des Landes Bremen regelt. Die Frauenbeauftragte ist demnach bei allen Personalangelegenheiten zu beteiligen. Hierzu gehören Stellenausschreibungen, Vorstellungsgespräche, Einstellungsverfahren, Höhergruppierungen, Beförderungen, die gemeinsamen Berufungsverfahren mit der Universität Bremen sowie die Teilnahme an den wöchentlichen Personalratssitzungen. Auch bei organisatorischen Maßnahmen

und Planungen ist sie in beratender Funktion hinzuzuziehen und nimmt deshalb an den Monatsgesprächen mit dem Direktorium und dem Personalrat, an den Sitzungen des erweiterten Direktoriums sowie, themenbezogen, an den Sitzungen des wissenschaftlichen Rates teil.

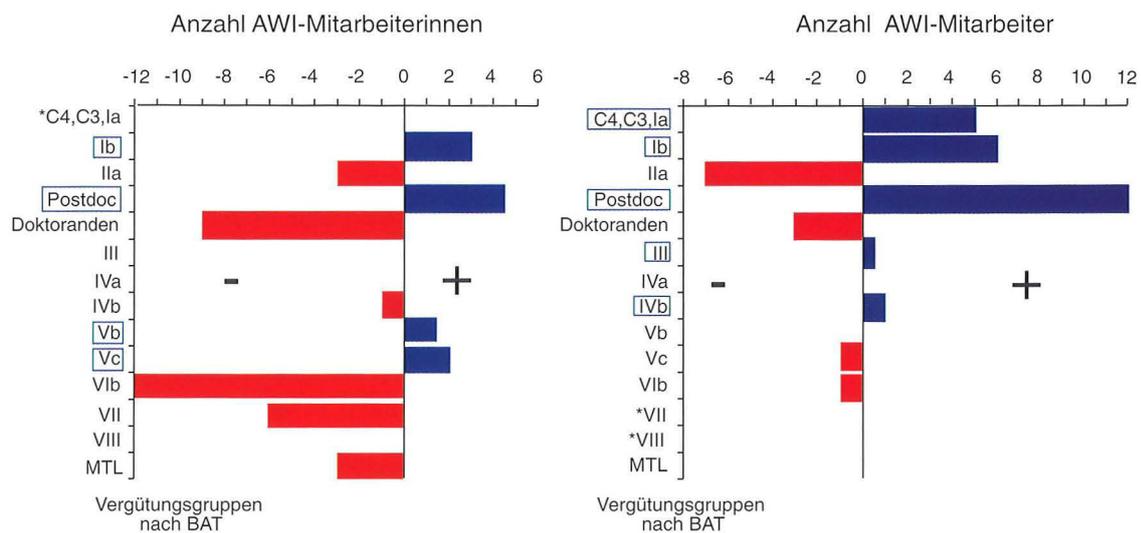
Innerhalb der Helmholtz-Gesellschaft ist sie Mitglied im Arbeitskreis „Frauen in den Forschungszentren“ und hat im April 1997 einen Vortrag auf dem HGF-Workshop „Einstieg und Aufstieg von Frauen in der Forschung“, zu dem Thema „Frauenförderung in den Forschungszentren - Brauchen wir eine gesetzliche Grundlage?“ gehalten. Zu den weiteren Aktivitäten der Mitglieder des Gremiums gehörten die Teilnahme an der Tagung der BUKOF (Bundeskongress der Frauen- und Gleichstellungsbeauftragten an Hochschulen) und an den Treffen der kommunalen Frauenbeauftragten.

Die Strukturanalyse zeigt die Verteilung der Stellen am AWI im Februar 1997, gegliedert nach Gehalts- und Geschlechtsgruppen (Abb. 1). Beim Führungspersonal fehlen Frauen völlig, ihr Anteil steigt erst bei den unteren Wissenschaftlerstufen langsam an. Diese Verteilung trifft auch auf den technischen Bereich und die

Abb. 1: Strukturanalyse nach dem Landesgleichstellungsgesetz des Landes Bremen (Stand 1.2.1997)



### Veränderungen in der Stellenbesetzung Vergleich 1995/1998



\* In diesen Vergütungsgruppen sind keine Frauen beschäftigt

\* In dieser Vergütungsgruppe sind keine Männer beschäftigt

Verwaltungsebene zu. Ähnliches findet sich auch in anderen deutschen Forschungsinstituten. Dennoch befindet sich das AWI mit einem Frauenanteil von insgesamt 35 % und einem Anteil an Wissenschaftlerinnen von 21 % noch im oberen Mittel der Helmholtz-Zentren.

In einem Vergleich der Strukturanalysen zwischen 1995 und 1998 wird dargestellt, daß eine Erhöhung des Frauenanteils in den höheren Vergütungsgruppen (BAT Ib) nur in geringem Maße stattgefunden hat, während beim männlichen Personal ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen ist (Abb. 2). Eine Erhöhung des weiblichen Anteils in den gehobenen Positionen ist aufgrund der Stellensituation in den nächsten Jahren allerdings nicht zu erwarten. Eine Erklärung für die signifikante Reduzierung der weiblichen Doktorandenstellen kann bisher noch nicht gegeben werden. Dagegen ist die deutliche Abnahme im unteren BAT-Bereich, von dem vor allem Frauen betroffen sind, wahrscheinlich auf die geringere Förderung von technischem Personal im Drittmittelbereich zurückzuführen.

Abb. 2: Veränderungen in der Stellenbesetzung innerhalb von drei Jahren (Stand 1.2.1995 und 1.2.1998). Dargestellt ist der Zuwachs und die Abnahme der Anzahl von Stellen am AWI, gegliedert nach Geschlechts- und Gehaltsgruppen. Der Stellenzuwachs durch die Eingliederung der Biologischen Anstalt Helgoland ist darin nicht berücksichtigt.

Bei der Stellenbesetzung im Bereich der Nachwuchswissenschaftler/innen ergibt sich für das Jahr 1997, daß die Anzahl der Einstellungen von Frauen und Männern im Verhältnis zu der Anzahl der Bewerbungen erfolgt ist (Abb. 3). Damit kann ein Anstieg von Frauen selbst im Bereich befristeter Stellen in der Wissenschaft nur sehr langsam erfolgen.

### Befristete BAT IIa - Stellen 1997

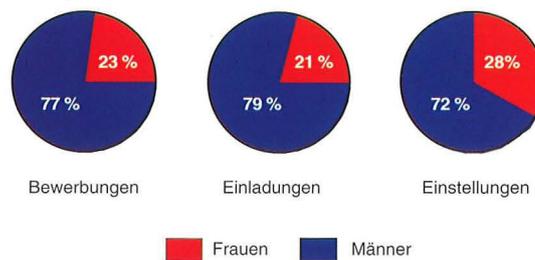


Abb. 3: Verhältnis von Frauen und Männern bei Bewerbungen, Einladungen zu Vorstellungsgesprächen und Einstellungen im befristeten Wissenschaftsbereich (BAT IIa) des AWI.

Eine Studie der Bundesländer-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung hat gezeigt, daß die Chancen für Frauen, in gehobene Positionen aufzusteigen, nur dann vergrößert werden können, wenn entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden, die diesen Auf-

stieg ermöglichen. Dazu gehört eine höhere Flexibilität im Stellenbereich, aber auch eine Reformierung des wissenschaftlichen Bereiches, wo bisher ausschließlich männlich ausgerichtete Strukturen den Aufstieg von Frauen verhindern. Um hier eine Erhöhung des Frauenanteils zu erreichen, muß ein Umdenken stattfinden und müssen Strategien entwickelt werden, bei denen die Karriereplanung von Frauen einbezogen wird. Das bedeutet auch, daß das Problem, Wissenschaft (Beruf) und Familie zu vereinbaren, in gleichem Maß in die Verantwortlichkeit von männlichen Wissenschaftlern (Kollegen) gegeben wird und dies von der „Wissenschaftsgemeinde“ nicht mehr als „frauentypisches“ Problem angesehen, sondern als anerkannte Lebenssituation in den wissenschaftlichen Ablauf integriert wird.

## 9. Veröffentlichungen

### 9.1 Veröffentlichungen des Instituts

#### Berichte zur Polarforschung

- Heft-Nr. 183/1996 „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann.
- Heft-Nr. 184/1996 „Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal marine, and Arctic areas“, by María Dolores Andrés Hernández.
- Heft-Nr. 185/1996 „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller.
- Heft-Nr. 186/1996 „Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{231}\text{Pa}$  and  $^{238}\text{U}$ : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank.
- Heft-Nr. 187/1996 „The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft-Nr. 188/1996 „Die Expedition ANTARKTIS XI/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft-Nr. 189/1996 „Die Expedition ARKTIS VII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft-Nr. 190/1996 „Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan ‚Victor Hensen‘ Campaign in 1994“, edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.
- Heft-Nr. 191/1996 „Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen“, von Frank Wilhelms.
- Heft-Nr. 192/1996 „Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategien antarktischer Makroalgen“, von Gabriele Weykam.
- Heft-Nr. 193/1996 „Heterogene Reaktionen von  $\text{N}_2\text{O}_5$  und  $\text{HBr}$  und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre“, von Sabine Seisel.
- Heft-Nr. 194/1996 „Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)“, von Corinna Dahm.
- Heft-Nr. 195/1996 „Die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis“, von Doris Berberich.
- Heft-Nr. 196/1996 „Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis“, von Birgit Heese.
- Heft-Nr. 197/1996 „The expedition ARKTIS XI/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1995, ed. by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 198/1996 „Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspurenanalysen“, von Frank Lisker.
- Heft-Nr. 199/1996 „The Northeast Water Expedition. Data Report on CTD measurements of RV ‚Polarstern‘ cruises ARKTIS IX/2 and 3“, von Gereon Budéus and Wolfgang Schneider.

## 9. Veröffentlichungen

- Heft-Nr. 200/1996 „Stability of the thermohaline circulation in analytical and numerical models“, von Gerrit Lohmann.
- Heft-Nr. 201/1996 „Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King-George-Insel, Antarktis)“, von Katrin Iken.
- Heft-Nr. 202/1996 „Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)“, von Michael K. Schmid.
- Heft-Nr. 203/96 „Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis - Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell“, von Markus Harder.
- Heft-Nr. 205/1996 „Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation“, by Thorsteinn Thorsteinsson.
- Heft-Nr. 206/1996 „Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten“, von Kerstin Fieg.
- Heft-Nr. 207/1996 „Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer“, von Cornelia Metz.
- Heft-Nr. 208/1996 „Atmosphäreinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern“, von Christoph Oelke.
- Heft-Nr. 209/1996 „Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereiserkennung mit Hilfe von Line-Scanner-Messungen“, von Axel Bochert.
- Heft-Nr. 210/1996 „Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna“, von Kathrin Kunzmann.
- Heft-Nr. 211/1996 „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995 of the ISSP Pushchino Group“, ed. by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten.
- Heft-Nr. 212/1996 „Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin“, ed. by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.
- Heft-Nr. 213/1996 „Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente“, von Barbara Niehoff.
- Heft-Nr. 214/1996 „Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Schelfeis“, von Christoph Mayer.
- Heft-Nr. 215/1996 „Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95“, hrsg. von Ulrich Wand.
- Heft-Nr. 216/1996 „Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien“, von Uta Brathauer.
- Heft-Nr. 217/1996 „Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung“, von Jörn Behrens.
- Heft-Nr. 218/1997 Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (Reflex III), von Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.

- Heft-Nr. 219/1997 „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT XII/3“, hrsg. von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 220/1997 „Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1“, von Tilo Schöne.
- Heft-Nr. 221/1997 „Die Expeditionen ANTARKTIS XIII/1-2 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1995/96“, hrsg. von Ulrich Bathmann, Mike Lucas, Victor Smetacek.
- Heft-Nr. 222/1997 „Tectonic structures and glaciomarine sedimentation in the south-eastern Weddell Sea from seismic reflection data“, by László Oszkó.
- Heft 223/1997 „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.
- Heft 224/1997 „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.
- Heft 225/1997 „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.
- Heft 226/1997 „Scientific cruise report of the Arctic Expedition ARK XI/1 of RV ‚Polarstern‘ in 1995“, ed. by Eike Rachor.
- Heft 227/1997 „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis und Antarktis“, von Katharina Kück.
- Heft 228/1997 „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.
- Heft 229/1997 „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.
- Heft 230/1997 „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski.
- Heft 231/1997 „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann.
- Heft 232/1997 „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann.
- Heft 233/1997 „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen des Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecointei*“, von Doris Meyerdierks.
- Heft 234/1997 „Die Expedition ARCTIC '96 des FS ‚Polarstern‘ (ARK XII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und Fahrtteilnehmern.
- Heft 235/1997 „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich.
- Heft 236/1997 „Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier.

## 9. Veröffentlichungen

- Heft 237/1997 „Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR/SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, ed. by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov.
- Heft 238/1997 „Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.
- Heft 239/1997 „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1996“, hrsg. von Eberhard Fahrback und Dieter Gerdes.
- Heft 240/1997 „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.
- Heft 241/1997 „Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-II Nam.
- Heft 242/1997 „Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.
- Heft 243/1997 „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.
- Heft 244/1997 „The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica. Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Gaw, Christian Müller and Johannes Rogenhagen.
- Heft 245/1997 „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen“, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft 246/1997 „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises“, von Christine Friedrich.
- Heft 247/1997 „Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen“, von Berit Kirchhoff.
- Heft 248/1997 „Laptev Sea System: Expeditions in 1995“, ed. by Heidemarie Kassens.
- Heft 249/1997 „The expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV ‚Polarstern‘ to the eastern Weddell Sea in 1996“, ed. by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft 250/1997 „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis“, von Andreas Starmans.
- Heft 251/1997 „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel“, von Christoph Vogt.
- Heft 252/1997 „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik“, von Stephan Kühne.
- Heft 253/1997 „Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean“, by Christine Klaas.
- Heft 254/1997 „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunger-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe.
- Heft 255/1997 „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK XIII/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1997“, ed. by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.

*Berichte aus dem Fachbereich Physik*

- Fritsch, B. (1996). Parallelisierungsstrategien für das quasigeostrophische Modell auf der KSR1. Ber. Fachber. Physik No. 66.
- Dobrindt, U., (1996). Ein Gitter-Boltzmann-Modell für einen barotropen Ozean. Ber. Fachber. Physik No. 67.
- Olbers, D.J. and Völker, Chr. (1996). Steady states and variability in oceanic zonal flows. Ber. Fachber. Physik No. 68.  
In: Decadal Climate Variability Dynamics and Predictability (D. Anderson, J. Willebrand, eds.). Springer-Verlag, Berlin, 1996: 407 - 443
- Kottmeier, Chr. und Lüdemann, J. (1996). Meereisbojen 1986-1995 - Technische Dokumentation. Ber. Fachber. Physik No. 69.
- Sellmann, L., Kottmeier, Chr. and Lüdemann, J. (1996). Meereisbojen 1991-1995 - Datendokumentation. Ber. Fachber. Physik No. 70.
- Vogeler, A. and Schröter, J. (1996). Fitting a regional ocean model with adjustable open boundaries to TOPEX/POSEIDON data. Ber. Fachber. Physik No. 71.
- Seiß, G. (1996). Ein inverses Modell der globalen barotropen Zirkulation des Ozeans. Dissertation, Universität Bremen, Ber. Fachber. Physik No.72.
- Kersken, H.-P. (1996). Parallelisation of a primitive equation ocean model. Ber. Fachber. Physik No. 73.
- Yaremchuk, A. and Schröter, J. (1996). Polynomial approximations to operator-valued functions, Ber. Fachber. Physik No. 74.
- Yaremchuk, A. und Schröter, J. (1996). Reconstruction of the world ocean large-scale circulation from the sea surface height data. Ber. Fachber. Physik No. 75.
- Zilitinkevich, S. (1997). Heat/mass transfer in the convective surface layer: Towards improved parameterization of surface fluxes in climate models. Ber. Fachber. Physik No. 76.
- Timmermann, R. (1997). Entstehung und Erhaltung einer Polynja im Weddellmeer. (Diplomarbeit). Ber. Fachber. Physik No. 77.
- Zou, J. and Schröter, J. (1997). Nudging TOPEX/POSEIDON sea surface height data into an eddy-resolving quasi-geostrophic model of the Southern Ocean. Ber. Fachber. Physik, No. 78.
- Zou, J. and Schröter, J. (1997). Adjustment of the ocean circulation in a quasi-geostrophic channel model by nudging surface data. Ber. Fachber. Physik No. 79.
- Völker, Chr. (1997). Continuation and bifurcation problems with MATLAB. Ber. Fachber. Physik No. 80.
- Zilitinkevich, S.S., Gryanik, V.M., Lykossov, V.N. and Mironov, D.V. (1997). A look at the hierarchy of non-local turbulence closures for convective boundary layers. Ber. Fachber. Physik No. 81.
- Schauer, U. and Osterhus, S. (1997). LANCE - 6-97 „Fram Strait“ (23 August to 17 September 1997) Cruise Report. Ber. Fachber. Physik No. 82.
- Olbers, D., Wolff, J.-O., Ivchenko, V. and Völker, C. (1997). Eddy-flux parametrizations for wind-driven quasi-geostrophic zonal flows. Ber. Fachber. Physik No. 83.
- Völker, C. (1997). Momentum balance in zonal flows and resonance of baroclinic Rossby waves. Ber. Fachber. Physik No. 84.

## 9. Veröffentlichungen

### **Filchner Ronne Ice Shelf Programme**

Report 10/1996 comp. by H. Oerter: 124 pp.

Report 11/1997 comp. by H. Oerter: 78 pp.

### **Polarstern Abstracts**

Heft 10/1996 Eds. I. Hempel, J. Voß-Diestelkamp: 217 pp.

Heft 11/1997 Eds. J. Voß-Diestelkamp, W.E. Arntz: 236 pp.

### **Forschungsprogramm**

1997/98 (1997): 197 pp.

**Tiefseeforschung am AWI.** (1997): 29 pp.

Report 1994/95. (1996): 288pp.

### **Presse- und Öffentlichkeitsarbeit:**

#### **Zweijahresbericht**

1994/95. (1996): 288 pp.

Report 1994/95 (1996): 288 pp.

#### **AWI-Kalender**

Deutsche Polarforschung auf Spitzbergen - 1997 (1996)

Leben im Meer - 1998 (1997)

**Die Biologie der Meere beeinflusst unsere Zukunft.** Biologische Grundlagenforschung am Alfred-Wegener-Institut. (1997): 33 pp.

**Die deutsche Arktisstation im Netzwerk der stratosphärischen Meßstationen.** Neuaufl. (1997): 20 pp.

## 9.2 Veröffentlichungen der Mitarbeiter

## Nachträge 1995

- Bluhm, H.**, Schriever, G. and **Thiel, H.** (1995). Megabenthic recolonization in an experimentally disturbed abyssal manganese nodule area. *Marine Georesources and Geotechnology* 13: 393-416
- Bussau, C., Schriever, G. and **Thiel, H.** (1995). Evaluation of abyssal metazoan meiofauna from a manganese nodule area of the Eastern South Pacific. *Vie Milieu* 45 (1): 39-48
- Fausto, R., **Kulbida, A.** and **Schrems, O.** (1995). UV-induced isomerization of (*E*)-Crotonic Acid. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 91(21): 3755-3770
- Gooday, A.J., Carstens, M. and **Thiel, H.** (1995). Micro- and nanoforaminifera from abyssal Northeast Atlantic sediments: a preliminary report. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 80 (2): 361-383
- Hartmann, J.**, **Kottmeier, C.**, **Wamser, C.** and **Augstein, E.** (1995) Aircraft measured atmospheric momentum heat and radiation fluxes over Arctic sea ice in the polar oceans and their role in shaping the global environment. In: *Geophys. Monogr. Ser. 85* (O.M. Johannesson, R.D. Muench, J.E. Overland, eds). AGU, Washington: 443-454
- Hinrichs, K.-U., Rullkötter, J. and **Stein, R.** (1995). Preliminary assessment of organic geochemical signals in sediments from Hole 893A, Santa Barbara Basin, Offshore California. *Proc. ODP Results, Sci. Results* (J.P.Kennet, J.G. Baldauf, M. Lyle, eds.): 201-211
- Johnsson, K., Engdahl, A., **Kölm, J.**, Nieminen, J. and Nelander, B. (1995). The ClOCIO, BrOCIO, and IOClO molecules and their photoisomerization. A matrix isolation study. *J. Phys. Chem.* 99: 3902-3904
- Lohmann, G.**, **Gerdes, R.** and **Chen, D.** (1995) Sensitivity of the thermohaline circulation in coupled oceanic GCM - atmospheric EBM experiments. *Climate Dynamics* 12: 403 - 416
- Lüpkes, C.** and Schlünzen, K. H. (1996). Modelling the Arctic convective boundary-layer with different turbulence parameterizations. *Boundary Layer Meteorol.* 79: 107 - 130
- Melles, M.**, **Kuhn, G.**, **Fütterer, D.K.** and Meischner, D. (1995). Processes of modern sedimentation in the Southern Weddell Sea, Antarctica - Evidence from surface sediments. *Polarforschung* 64 (2): 45-74
- Soltwedel, T.** and **Thiel, H.** (1995). Biogenic sediment compounds in relation to marine meiofaunal abundances. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 80 (2): 297-311
- Stein, R.** (1995). Clay and bulk mineralogy of late Quaternary sediments at Site 893, Santa Barbara Basin. *Proc. ODP Results, Sci. Results* (J.P. Kennet, J.G. Baldauf, M. Lyle, eds.): 89-102
- Stein, R.** and Rack, F.R. (1995). A 160,000-Year high-resolution record of quantity and composition of organic carbon in the Santa Barbara Basin (Site 893). *Proc. ODP-Results, Sci. Results* (J.P. Kennet, J.G. Baldauf, M. Lyle, eds.): 125-138
- Thiel, H.** (1995). Ocean cleaning and marine snow. *Mar. Poll. Bull.* 30: 490-491
- Vaughan, D.G., Sievers, J., Doake, C.S.M., Hinze, H., Mantripp, D.R., Pozdeev, V.S., Sandhäger, H., **Schenke, H.W.**, Solheim, A. and Thyssen, F. (1995). Subglacial and seabed topography, ice thickness and water column thickness in the vicinity of Filcher-Ronne-Schelfeis, Antarctica. *Polarforschung* 64 (2): 75-88

## 9. Veröffentlichungen

**Viehoff, T.** and Li, A. (1995). Iceberg observations and estimation of submarine ridges in the western Weddell Sea, *Int. J. Remote Sensing* 16: 3391-3408

### Nicht begutachtete Veröffentlichungen 1995 (Nachträge)

Haidvogel, D.B. and **Beckmann, A.** (1995). Wind-driven residual currents over a coastal canyon. In: Topographic effects in the ocean (P. Müller, D. Henderson., eds.). Proc. „Aha Huliko‘a Hawaiian Winter Workshop: 219-224

**Lüpkes, C.**, Schlünzen, K.H., **Birnbaum, G.** and Salzen, K. v. (1995). Calculation of heat fluxes for Arctic regions dependent on sea ice distribution. Conf. proc. „The Arctic Ocean“, Göteborg: 5 pp.

**Mackensen, A.**, **Grobe, H.** and **Hubberten, H.-W.** (1995). Stabile Kohlenstoffisotope und Nährsalzgehalt des Südatlantiks im Spätquartär. Vortragsveranstaltung der HHG, Bonn-Bad Godesberg. HGF, Paläoklima und Klimaprozesse: 10-12

**Melles, M.**, **Grobe, H.** and **Hubberten, H.-W.** (1995). Mineral composition of the clay fraction in the 100 m core BDP-93-2 from Lake Baikal - preliminary results. In: IPPCCE Newsletter (S. Horie ed.) 9: 17-22

Rebhan, H. und **Li, A.** (1995). Ice motion analysis on different spatial scales in the Wedell Sea. IGARSS '95, Vol. 1: 641-643

**Strass, V. H.** (1995). Sea-ice draft and coverage in the Weddell Sea recorded with moored upward looking sonars. WMO WCRP ACSYS Rep., 8/1995, Appendix J

**Thiel, H.**, Rice, A.L. and Schriever, G. (1995). Environmental risks from large-scale ecological research in the deep sea: a desk study (RISKER). In: Marine Sciences and Technologies (M.Weydert, E. Lipiatou, R. Goni, C. Fragakis, M. Bohle-Carbonell, K.-G. Barthel, eds). Second MAST days and EUROMAR market, 7-10 November 1995. Projects reports 1: 295-300

Verkulich, S., Bolshiyarov, D., Kuz'mina, I. and **Melles, M.** (1995). Environmental evolution of the Bunger Oasis (East Antarctica) at the end of the Late Pleistocene and during the Holocene: results from the study of bottom sediments from lakes and epishelf basins [in Russian]. In: Results of Investigations in Antarctica 1991-1995. Arctic and Antarctic Research Institute Proc., Spec. Issue: 77-79

### Veröffentlichungen 1996

**Abele-Oeschger, D.** (1996). A comparative study of superoxidedismutase activity in intertidal and subtidal marine invertebrates with respect to sulphide exposure. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 197: 39-49

**Abelmann, A.** and Gowing, M.M. (1996). Horizontal and vertical distribution pattern of living radiolarians along a transect from the Southern Ocean to South Atlantic subtropical region. *Deep-Sea Res.* 43 (3): 361-382

Adate, T., Stinnesbeck, W., Remane, J. and **Hubberten, H.** (1996). Paleogeographic setting of Center-East Mexico at the Jurassic/Cretaceous boundary, correlation with NE-Mexico. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg* 77: 379-393

- Albers, C.S., Kattner, G.** and Hagen, W. (1996): The compositions of wax esters, triacylglycerols and phospholipids in Arctic and Antarctic copepods: evidence of energetic adaptations. *Mar. Chem.* 55: 347-358
- Andreassen I., **Nöthig, E.-M.** and Wassmann, P. (1996). Vertical particle flux on the shelf off northern Spitsbergen, Norway. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 137: 215-228
- Andrés-Hernandez, M.D., Notholt, J.,** Hjorth, J. and **Schrems, O.** (1996). A DOAS study on the origin of nitrous acid at urban and non-urban sites. *Atmosph. Environm.* 30 (2): 175-180
- Ansmann, A., **Neuber, R., Rairoux, P.** and Wandinger, U., Eds. (1996). Advances in atmospheric remote sensing with Lidar: Selected papers of the 18th Internat. Laser Radar Conf. (ILRC), Berlin, 1996. Springer, Heidelberg: 590 pp.
- Bamber, J.L. and **Huybrechts, P.** (1996). Geometric boundary conditions for modelling the velocity field of the Antarctic ice sheet, *Ann. Glaciol.* 23: 364-373
- Barthel, D., Tendal, O.S. and **Thiel, H.** (1996). A wandering population of the hexactinellid sponge *Pheronema carpenteri* on the continental slope off Morocco, Northwest Africa. *Mar. Ecol.* 17 (3): 603-616
- Bathmann, U.V.** (1996) Abiotic and biotic forcing on vertical particle flux in the Southern Ocean. In: Particle flux in the ocean (V. Ittekkot, P. Schäfer, S. Honjo, P.J. Depetris, eds.). SCOPE Report 57. Wiley & Sons, London: 243-250
- Behrens, J.** (1996). An adaptive semi-lagrangian advection scheme and its parallelization. *Monthly Weather Review* 124 (10): 2386-2395
- Behrmann, G.** (1996). Calcareous concretions in the skin of toothed whales (Odontoceti). *Arch. Fish. Mar. Res.* 43 (2): 183-193
- Behrmann, G.** (1996). De knobbeltjes op de rug-, staart- en borstvinnen van de bruinvis, *Phocoena phocoena* (linné, 1758). *Marswin* 17 (3): 66-76
- Behrmann, K.** (1996). Einfluß von Nitrat auf die Physiologie der Grünalge *Acrosiphonia arcta*. *Junge Wissenschaft* 42: 18-21
- Beichert, P.** and Finlayson-Pitts, B.J. (1996). Knudsen cell studies of the uptake of gaseous  $\text{HNO}_3$  and other oxides of nitrogen on solid NaCl: The role of surface adsorbed water. *J. Phys. Chem.* 100: 15218-15228
- Beyerle, G.,** McDermid, I.S., **Neuber, R.** and **Gathen, P. von der** (1996). Comparative study of stratospheric aerosols and ozone at mid and high latitudes during the Pinatubo episode, 1991-1994. In: Advances in atmospheric remote sensing with Lidar (A. Ansmann, **R. Neuber, P. Rairoux, U. Wandinger**, eds). Springer, Heidelberg: 489-492
- Bischoff-Bäsmann, B.** and **Wiencke, C.** (1996). Temperature requirements for growth and survival of Antarctic Rhodophyta. *J. Phycol.* 32: 525-535
- Böning, C.W., Bryan, F.O., Holland W.R. and **Döscher, R.** (1996). Deep water formation and meridional overturning in a high-resolution model of the North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.* 26: 1142-1164
- Boetius, A.** and **Lochte, K.** (1996). Effect of organic enrichments on hydrolytic potentials and growth of bacteria in deep-sea sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140: 239-250

- Boetius, A.**, Scheibe, S., Tselepidis, A. and **Thiel, H.** (1996). Microbial biomass and activities in deep-sea sediments of the Eastern Mediterranean: trenches are benthic hotspots. *Deep-Sea Res.* 43 (9): 1439-1460
- Boltovskoy, D., **Oberhänsli, H.** and Wefer, G. (1996). Radiolarian assemblages in the eastern tropical Atlantic: patterns in the plankton and in sediment trap samples. *J. Mar. Syst.* 8: 31-51
- Bøggild, C.E., **Oerter, H.** and Tukiainen, T. (1997). Increased ablation of Wisconsin ice in eastern north Greenland: observations and modelling. *Ann. Glaciol.* 23: 144-148
- Breitzke, M., **Grobe, H., Kuhn, G.** and Müller, P. (1996). Full waveform ultrasonic transmission seismograms - a fast new method for the determination of physical and sedimentological parameters of marine sediment cores. *J. Geophys. Res.* 101/B10: 22123-22141
- Brey, T., Jarre-Teichmann, A.** and **Borlich, O.** (1996). Artificial neural network versus multiple linear regression: predicting *P/B* ratios from empirical data. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140: 251-256
- Brey T., Dahm, C., Gorny, M., Klages, M., Stiller, M.** and **Arntz, W.E.** (1996). Do Antarctic benthic invertebrates show an extended level of eurybathy? *Antarct. Sci.* 8 (1): 3-6
- Brühl, C., Drayson, S.R., Russell III, J.M., Crutzen, P.J., McInerney, J.M., Purcell, P.N., Claude, H., **Gernandt, H.,** McGee, T.J., McDermid, I.S. and Gunson, M.R. (1996). Halogen occultation experiment ozone channel validation. *J. Geophys. Res.* 101/D6: 10217-10240
- Buchner, T., Abele-Oeschger, D.** and Theede, H. (1996). Aspects of antioxidant status in the polychaete *Arenicola marina*: tissue and subcellular distribution, and reaction to environmental hydrogen peroxide and elevated temperatures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 143: 141-150
- Bundschuh, B., Schneider, D., Grindel, M. and **Becker, E.** (1996). Simulation of a low cost correlation LIDAR. In: *Advances in atmospheric remote sensing with Lidar* (A. Ansmann, **R. Neuber, P. Rairoux, U. Wandinger**, eds). Springer, Heidelberg: 127-130
- Buravtsev, V.Y. and **Jokat, W.** (1996). Technical aspects of marine seismic survey in ice covered regions. *Proc. Sixth Internat. Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE)*, Los Angeles, Vol. II: 447-449
- Castelnaud, O., **Thorsteinsson, T., Kipfstuhl, J.,** Duval, P. and Canova, G.R. (1996). Modelling fabric development along the GRIP ice core, central Greenland, *Ann. Glaciol.* 23: 194-201
- Child, J.R., Cooper, A.K., Sliter, R., Cochrane, G.R., Buseti, M., Marchetti, A., Brancolini, G., Zanolla, C., Davey, F.J., Cunningham, A.P., O' Brien, P.E. and **Jokat, W.** (1996). Description of CD-ROM digital data: Seismic stratigraphy of the Ross Sea, Antarctica, and circum-Antarctic seismic navigation. In: *Geology and seismic stratigraphy of the Antarctic margin* (A.K. Cooper, P.F. Barker, G. Brancolini, eds). AGU, Washington, Antarctic Res. Ser. 68: 287-296
- Chondrogianni, C., Ariztegui, D., **Niessen, F.,** Ohlendorf and Lister, G. S., (1996). Late Pleistocene and Holocene sedimentation in Lake Albano and Lake Nemi, (Lazio, Central Italy). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 55: 23-38
- Cogley, J.F., Adams, W.P., Ecclestone, M.A., **Jung-Rothenhäusler, F.** and Ommanney, C.S.L. (1996). Mass balance of White Glacier, Axel Heiberg Island, N.W.T., Canada, 1960-91. *J. Glac.,* 42: 548-563

- Crawford, K., **Kuhn, G.** and Hambrey, M.J. (1996). Changes in the character of glaciomarine sedimentation in the southwestern Weddell Sea, Antarctica: evidence from the core PS1423-2. *Ann. Glaciol.* 22: 200-204
- Dengg, J., **Beckmann, A.** and **Gerdas, R.** (1996). The Gulf Stream separation problem. In: The warmwatersphere of the North Atlantic Ocean (W. Krauss, ed.). Borntraeger, Berlin; Stuttgart: 253-290
- Dethloff, K., Rinke, A., Lehmann, R.,** Christensen, J.H., Botzet, M. and Machenhauer, B. (1996). Regional climate model of the Arctic atmosphere. *J. Geophys. Res.* 101/D18: 23401-23422
- Diekmann, B.,** Petschik, R., Gingele, F.X., **Fütterer, D. K., Abelmann, A., Brathauer, U., Gersonde, R.** and **Mackensen, A.** (1996). Clay mineral fluctuations in Late Quaternary sediments of the southeastern South Atlantic: Implications for past changes of deep-water advection. In: The South Atlantic: present and past circulation (G. Wefer, W. H. Berger, G. Siedler, D. Webb, eds.). Springer, Heidelberg: 621-644
- Dodge, C., Majewski, F., Marx, B., **Pfeiffenberger, H.** and **Reinke, M.** (1996). Providing global access to marine data via the World Wide Web. *J. Visualization and Computer Animation* 7: 159-168
- Dower, K.M., Lucas, M.I., Philipps, R., **Dieckmann, G.** and Robinson, D.H. (1996). Phytoplankton biomass. I. Relationships and primary production in the Weddell Sea, Antarctica, during the Austral autumn. *Polar Biol.* 16: 41-52
- Drebes, G., **Kühn, S.F.,** Gmelch, A. and Schnepf, E. (1996) *Cryothecomonas aestivalis* sp. nov., a colourless nanoflagellate feeding on the marine centric diatom *Guinardia delicatula* (Cleve) Hasle. *Helgoländer Meeresunters.* 50: 497-515
- Elert, E. von und **Loose, C.J.** (1996). Predator-induced diel vertical migration in *Daphnia*: enrichment and preliminary chemical characterization of a kairomone exuded by fish. *J. Chem. Ecol.* 22 (5): 885-895
- Etim, L., Brey, T.** and **Arntz, W.E.** (1996). A seminal study of the dynamics of a mudskipper (*Periophthalmus papilio*) population in the Cross river, Nigeria. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 30: 41-48
- Fechner, N.** and **Jokat, W.** (1996). Seismic refraction investigations on the crustal structure of the western Jameson Land Basin, East Greenland. *J. Geophys. Res.* 101/B7: 15867-15881
- Finke, E., Pörtner, H.O.,** Lee, P.G. and Webber, D.M. (1996). Squid (*Lolliguncula brevis*) life in shallow waters: Oxygen limitation of metabolism and swimming performance. *J. Exper. Biol.* 199: 911-921
- Fischer, G., Neuer, S., Wefer, G. and **Krause, G.** (1996). Short-term sedimentation pulses recorded with a fluorescence sensor and sediment traps at 900-m depth in the Canary basin. *Limnol. Oceanogr.* 41(6): 1354-1359.
- Frank, M., **Gersonde, R., Ruttgers van der Loeff, M.M., Kuhn, G.** and Mangini, A. (1996). Late Quaternary sediment dating and quantification of lateral sediment redistribution applying  $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$ : A study from the eastern Atlantic sector of the Southern Ocean. *Geol. Rdsch.* 85: 554-566
- Freimann, R.** (1996). *In situ* measurements of the zooplankton volume-frequency distribution by means of light scattering. *Cont. Shelf Res.* 16 (4): 421-434

## 9. Veröffentlichungen

- Gamenick, I., Jahn, A., **Vopel, K.** and Giere, O. (1996). Hypoxia and sulphide as structuring factors in a macrozoobenthic community on the Baltic Sea shore: colonisation studies and tolerance experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 144: 73-85
- Gernandt, H., Herber, A., Gathen, P. von der, Rex, M., Rinke, A., Wessel, S.** and Kaneto, S. (1996). Variability of ozone and aerosols in the polar atmosphere, *Mem. Nat. Inst. Polar Res., Spec. Issue* 51: 189-215
- Gersonde, R., Abelmann, A., Brathauer, U., Sieger, R. and Zielinski, U.** (1996). Das Südpolarmeer - ein Schlüsselgebiet für Klimaänderungen in vergangener Zeit. *Geowiss.* 14 (9): 365-369
- Giese, H., Kriews, M. and Schrems, O.** (1996). Bestimmung von Cr(III) und Cr(VI) mittels GFAAS nach Trennung durch Flüssig-flüssig Extraktion. In: CANAS '95 Colloquium Analytische Atomspektroskopie (B. Welz, Hrsg.). Bodenseewerk Perkin-Elmer GmbH: 419-424
- Gingele, F. X., **Kuhn, G., Maus, B., Melles, M. and Schöne, T.** (1996). Holocene ice retreat from the Lazarev Sea shelf, East Antarctica. *Cont. Shelf Res.* 17(2): 137-163
- Gili, J.M., Alvà, V., Pagès, F., **Klöser, H. and Arntz, W.E.** (1996). Benthic diatoms as the major food source in the sub-Antarctic marine hydroid *Silicularia rosea*. *Polar Biol.* 16: 507-512
- Gleitz, M., Grossmann, S., Scharek, R. and Smetacek, V.** (1996). Ecology of diatom and bacterial assemblages in water associated with melting summer sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. *Antarct. Sci.* 8 (2): 135-146
- Gleitz, M., Kukert, H., Riebesell, U. and Dieckmann, G.** (1996). Carbon acquisition and growth of Antarctic sea ice diatoms in closed bottle incubations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 135: 169-177
- Gollasch, S. and **Riemann-Zürneck, K.** (1996). Transoceanic dispersal of benthic macrofauna: *Haliplanella luciae* (Verrill, 1898) (Anthozoa, Actiniaria) found on a ship's hull in a shipyard dock in Hamburg Harbour, Germany. *Helgoländer Meeresunters.* 50: 253-258
- Gómez, I. and Wiencke, C.** (1996). Photosynthesis, dark respiration and pigment contents of gametophytes and sporophytes of the Antarctic brown alga *Desmarestia menziesii*. *Bot. Mar.* 39: 149-157
- Gómez, I., Wiencke, C.** and Thomas, D.N. (1996). Variations in photosynthetic characteristics of the Antarctic marine brown alga *Ascoseira mirabilis* in relation to the thallus age and size. *Eur. J. Phycol.* 31: 167-172
- Grabemann, I., Kappenberg, J. and **Krause, G.** (1996). Comparison of the dynamics of the turbidity maxima in two coastal plain estuaries. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 47: 195-203
- Grieger, B. and **Schlitzer, R.** (1996). Inverse modelling of the glacial (Atlantic) circulation system. In: *The South Atlantic: Present and Past Circulation* (G. Wefer, W. H. Berger, G. Siedler, D. Webb, eds.). Springer, Heidelberg: 411-422
- Grossmann, S., Lochte, K. and Scharek, R.** (1996). Algal and bacterial processes in platelet ice during late austral summer. *Polar Biol.* 16: 623-633
- Günther, C.-P.** (1996). Development of small *Mytilus* beds and its effect on resident intertidal macrofauna. *Mar. Ecol.* 17 (1-3): 117-130

- Gutt, J.** and Ekau, W. (1996). Habitat partitioning of dominant high Antarctic demersal fish in the Weddell Sea and Lazarev Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 206: 25-37
- Gutt, J., Starmans, A.** and **Dieckmann, G.** (1996). Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 137: 311-316
- Hagen, R. A., Vergara, H.** and Naar, D.F. (1996). Morphology of San Antonio submarine canyon on the central Chile forearc. *Mar. Geol.* 129: 197-205
- Hagen, W. and **Schnack-Schiel, S.B.** (1996). Seasonal lipid dynamics in dominant Antarctic copepods: Energy for overwintering or reproduction? *Deep-Sea Res.* 43: 139-158
- Hagen, W., Vleet, E.S. van and **Kattner, G.** (1996). Seasonal lipid storage as overwintering strategy of Antarctic krill. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 134: 85-89
- Hanelt, D.** (1996). Photoinhibition of photosynthesis in marine macroalgae. *Sci. Mar.* 60 (Suppl. 1): 243-248
- Helmers, E.** (1996). Trace metals in suspended particulate matter of Atlantic Ocean surface water (40°N to 20°S). *Mar. Chem.* 53: 51-67
- Herber, A., Thomason, L.W., Dethloff, K., Viterbo, P., Radionov, V.F.** and **Leiterer, U.** (1996). Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar regions: 1991-1994. *J. Geophys. Res.* 101/D2: 3921-3928
- Hieke, W., Werner, F. and **Schenke, H.W.** (1996). Geomorphological study of an area with mud diapirs south of Crete (Mediterranean Ridge). *Mar. Geol.* 132: 63-93
- Hirche, H.-J.** (1996). Diapause in the marine copepod *Calanus finmarchicus*. *Ophelia* 44: 129-143
- Hirche, H.-J.** (1996). The reproductive biology of the marine copepod *Calanus finmarchicus* - a review. *Ophelia* 44: 111-128
- Hirche, H.-J.** and **Niehoff, B.** (1996). Reproduction of the Arctic copepod *Calanus hyperboreus* in the Greenland Sea - field and laboratory observations. *Polar Biol.* 16: 209-219
- Hübscher, C., Jokat, W.** and **Miller, H.** (1996). Crustal structure of the Antarctic continental margin in the eastern Weddell Sea. In: *Weddell Sea tectonics and Gondwana Break-up* (B.C. Storey, E.C. King, R.A. Livermore, eds.). *Geol. Soc. Spec. Publ.* 108: 165-174
- Hübscher, C., Jokat, W.** and **Miller, H.** (1996). Structure and origin of southern Weddell Sea crust: results and implications. In: *Weddell Sea tectonics and Gondwana Break-up* (B.C. Storey, E.C. King, R.A. Livermore, eds.). *Geol. Soc. Spec. Publ.* 108: 201-211
- Huybrechts, P.** (1996). Basal temperature conditions of the Greenland ice sheet during the glacial cycles. *Ann. Glaciol.* 23: 226-236
- Huybrechts, P., Payne, A.J.** and EISMINT Intercomparison Group (1996). The EISMINT benchmarks for testing ice-sheet models. *Ann. Glaciol.* 23: 1-12
- Jakobsen, B.H., **Siegert, C.** and **Ostroumov, V.** (1996). Effect of permafrost and palaeo-environmental history on soil formation in the lower Kolyma Lowland, Siberia. *Danish J. Geogr.* 96: 40-50
- Jokat, W.** und **Oszko L.** (1996). Glaziale Sedimentation im Weddellmeer. *Geowiss.* 14 (9): 361-364
- Jokat, W., Hübscher, C., Meyer, U., Oszko, L., Schöne, T., Versteeg, W.** and **Miller, H.**, (1996). The continental

## 9. Veröffentlichungen

- margin off East Antarctica between 10° W and 30° W. In: Weddell Sea tectonics and Gondwana Break-up (B.C. Storey, E.C. King, R.A. Livermore, eds.). Geol. Soc. Spec. Publ. 108: 129-141
- Kattner, G.**, Hagen, W., Falk-Petersen, S., Sargent, J.R. and Henderson, R.J. (1996). Antarctic krill *Thysanoessa macrura* fills a major gap in marine lipogenic pathways. Mar. Ecol. Prog. Ser. 134: 295-298
- Klöser, H.**, Quartino, M.L. and **Wiencke, C.** (1996). Distribution of macroalgae and macroalgal communities in gradients of physical conditions in Potter Cove, King George Island, Antarctica. Hydrobiologia 333: 1-17
- Knust, R.** (1996). Food ecology of North Sea dab (*Limanda limanda*). Part I: Seasonal changes in food uptake and condition in the German Bight and on Dogger bank. Arch. Fish. Mar. Res. 44 (1/2): 1-12
- Kottmeier, C.** and **Sellmann, L.** (1996). Atmospheric and oceanic forcing of Weddell Sea ice motion. J. Geophys. Res. 101/C9: 20809-20824
- Krause, R.A.** (1996). 1895, Gründerjahr der deutschen Südpolarforschung. Dt. Schifffahrtsarchiv 19: 141-162
- Krause, R.A.** (1996). Moritz Lindemann. Dt. Schifffahrtsarchiv 19: 163-170
- Kriews, M.**, **Giese, H.** and **Schrems, O.** (1996). Bestimmung von Schwermetallen in Schnee und Eis der Arktis. In: CANAS '95 Colloquium Analytische Atomspektroskopie (B. Welz, Hrsg.). Bodenseewerk Perkin-Elmer GmbH: 521-529
- Kühn, S.F.**, Drebes, G. and Schnepf, E. (1996). Five new species of the nanoflagellate *Pirsonia* in the German Bight, North Sea, feeding on planktic diatoms. Helgoländer Meeresunters. 50: 205-222
- Kühne, S.** and **Rachor, E.** (1996). The macrofauna of a stony sand area in the German Bight (North Sea). Helgoländer Meeresunters. 50: 433-452
- Kurgansky, M.V., **Dethloff, K.**, Pishchenko, I.A., **Gernandt, H.**, Chmielewski, F.-M. and Jansen, W. (1996). Long-term climate variability in a simple, nonlinear atmospheric model. J. Geophys. Res. 101/D2: 4299-4314
- Lange, M.**, Guillou, L., Vaulot, D., **Simon, N.**, Amann, R., Ludwig, W. and **Medlin, L. K.** (1996). Identification of the class Prymnesiophyceae and the genus *Phaeocystis* with rRNA-targeted nucleic acid probes. J. Phycology 32: 858-868
- Laternus, F.** (1996). Volatile halocarbons released from Arctic macroalgae. Mar. Chem. 55: 359-366
- Laternus, F.**, **Wiencke, C.** and **Klöser, H.** (1996). Antarctic macroalgae - sources of volatile halogenated organic compounds. Mar. Environm. Res. 41 (2): 169-181
- Leitchenkov, G., **Miller, H.** and Zatzepin, E.N. (1996). Structure and Mesozoic evolution of the eastern Weddell Sea, Antarctica: history of early Gondwana break-up, In: Weddell Sea tectonics and Gondwana Break-up (B.C. Storey, E.C. King, R.A. Livermore, eds.). Geol. Soc. Spec. Publ. 108: 175-190
- Liu, Q.** and Ruprecht, E. (1996). Radiative transfer model: matrix operator method. Applied Optics 35 (21): 4229-4237
- Liu, Q.** and Simmer, C. (1996). Polarization and intensity in microwave radiative transfer. Beitr. Phys. Atmosph. 69 (4): 535-545

- Liu, Q.**, Simmer, S. and Ruprecht, E. (1996). 3-D radiative transfer effects of clouds in the microwave spectral range. *J. Geophys. Res.* 101/D2: 4289-4298
- Lohmann, G., Gerdes, R. and Chen, D.** (1996). Sensitivity of the thermohaline circulation in coupled oceanic GCM - atmospheric EBM experiments. *Climate Dynamics* 12: 403-416
- Lohmann, G., Gerdes, R. and Chen, D.** (1996). Stability of the thermohaline circulation in a simple coupled model. *Tellus* 48A: 465-477
- Lozan, J. L., Lampe, R., Matthäus, W., **Rachor, E.**, Rumohr, H. and Westernhagen, H. v., Hrsg. (1996). Warnsignale aus der Ostsee - Wissenschaftliche Fakten. Parey, Berlin: 385 pp.
- Lozan, J. L., Lampe, R., Matthäus, W., **Rachor, E.**, Rumohr, H. and Westernhagen, H. v. (1996). Über die Gefährdungen und Veränderungen der Ostsee. In: Warnsignale aus der Ostsee - Wissenschaftliche Fakten. Parey, Berlin: 315-321
- MacAyeal, D.R., Rommelaere, V., **Huybrechts, P.**, Hulbe, C.L., **Determann, J.** and Ritz, C. (1996). An ice-shelf model test based on Ross Ice Shelf, Antarctica. *Ann. Glaciol.* 23: 46-51
- Mackensen, A., Hubberten, H.-W., Scheele, N. and Schlitzer, R.** (1996). Decoupling of  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  and phosphate in recent Weddell Sea deep and bottom water: Implications for glacial Southern Ocean paleoceanography. *Paleoceanography* 11 (2): 203-215
- Mai, S., Wamser, C. and Kottmeier, C.** (1996). Geometric and aerodynamic roughness of sea ice. *Boundary Layer Met.* 77: 233-248
- Mantripp, D. R., Sievers, J., Bennat, H., Doake, C.S.M., **Heidland, K.**, Ihde, J., Jonas, M., Riedel, B., Robinson, A.V., Scharroo, R., **Schenke, H.W.**, Schirmer, U., Stefani, F., Vaughan, D.G. and Wingham, D.J. (1996). Topographische Karte (Satellitenbildkarte) 1:2,000,000 Filchner-Ronne-Schelfeis, Antarktis. Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main
- Medlin, L.K.**, Barker, G.L.A., Campbell, L., Green, J.C., Hayes, P.K., Marie, D., **Wrieden, S.** and Vaultot, D. (1996). Genetic characterisation of *Emiliana huxleyi* (Haptophyta). *J. Mar. Syst.* 9: 13-31
- Medlin, L.K., Kooistra, W.H.C.F., Gersonde, R. and Wellbrock, U.** (1996). Evolution of the diatoms (Bacillariophyta) II. Nuclear-encoded small-subunit rRNA sequence comparisons confirm a paraphyletic origin for the centric diatoms. *Molecular Biol. & Evol.* 13: 67-75
- Medlin, L.K., Kooistra, W.H.C.F., Gersonde, R. and Wellbrock, U.** (1996). Evolution of the diatoms (Bacillariophyta) III. Molecular evidence for the origin of the Thalassiosirales. *Nova Hedwigia* 112: 221-234
- Meier, A. and Notholt, J.** (1996). Determination of the isotopic abundances of heavy  $\text{O}_3$  as observed in Arctic ground-based FTIR spectra. *Geophys. Res. Lett.* 23: 511-554
- Melles, M., Siegert, C., Hahne, J. and Hubberten, H.-W.** (1996). Klima- und Umweltgeschichte des nördlichen Mittelsibiriens im Spätquartär - erste Ergebnisse. *Geowiss.* 14 (9): 376-380
- Melnikov, I.A. and **Spiridonov, V.A.** (1996). Antarctic krill under perennial sea ice in the western Weddell Sea. *Antarct. Sci.* 8 (4): 323-329
- Meur, E. Le and **Huybrechts, P.** (1996). A comparison of different ways of dealing with isostasy: examples from modeling the Antarctic ice sheet during the last glacial cycle. *Ann. Glaciol.* 23: 309-317

## 9. Veröffentlichungen

- Niehoff, B.** and **Hirche, H.J.** (1996). Oogenesis and gonad maturation in the copepod *Calanus finmarchicus* and the prediction of egg production in preserved samples. *Polar Biol.* 16: 601-612
- Notholt, J.** and Pfeilsticker, K. (1996). Stratospheric trace gas measurements in the near-UV and visible spectral range with the sun as a light source using a Fourier Transform Spectrometer. *Appl. Spectr.* 50 (5): 583-587
- Nürnberg, D., Bijma, J.** and Hemleben, C. (1996). Assessing the reliability of magnesium in foraminiferal calcite as a proxy for water mass temperatures. *Geochim. Cosmochim. Acta* 60 (5): 803-814
- O'Connell, S., Wolf-Welling, T.C.W., Cremer, M. and **Stein, R.** (1996). Neogene paleoceanography and paleoclimate history from Fram Strait: Changes in accumulation rates. In: Proc. ODP, Scient. Res. (J. Thiede, A.M. Myhre, J. Firth et al., eds.), College Station, Tx (Ocean Drilling Program), vol. 151: 569-582
- Oberhänsli, H.** (1996). Klimatische und ozeanographische Veränderungen im Eozän. *Z. dt. Geol. Ges.* 147: 303-413
- Okano, S., Okabayashi, M. and **Gernandt, H.** (1996). Observations of ozone profiles in the upper stratosphere using a UV sensor on board a light-weight high-altitude balloon. *Mem. Nat. Inst. Polar Res., Spec. Issue* 51: 225-231
- Olbers, D.** and **Völker, C.** (1996). Steady states and variability in oceanic zonal flows. In: Decadal climate variability dynamics and predictability (D. Anderson, J. Willebrand, eds.). Springer, Berlin: 407-443
- Ostroumov, V.E. and **Siegert, C.** (1996). Exobiological aspects of mass transfer in microzones of permafrost deposits. *Adv. Space Res.* 18 (12): 79-86
- Pagès, F., González, H.E.** and González, S.R. (1996). Diet of the gelatinous zooplankton in Hardangerfjord (Norway) and potential predatory impact by *Aglantha digitale* (Trachymedusae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 139: 69-77
- Pagès, F.** and **Schnack-Schiel, S.B.** (1996). Structure of the mesozooplankton populations, principally siphonophores and medusae, in the vicinity of the Antarctic Slope Front (eastern Weddell Sea). *J. Mar. Syst.* 9: 231-248
- Pagès, F., White, M.G.** and Rodhouse, P.G. (1996). Abundance of gelatinous carnivores in the nekton community of the Antarctic polar frontal zone in summer 1994. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 141: 139-147
- Pauer, F., Kipfstuhl, J.** and Kuhs, W.F. (1996). Raman spectroscopic study on the spatial distribution of nitrogen and oxygen in natural ice clathrates and their decomposition to air bubbles. *Geophys. Res. Lett.* 23: 177-180
- Peck, L.S. and **Brey, T.** (1996). Bomb signals in old Antarctic brachiopods. *Nature* 380: 207-208
- Pesant, S., Legendre, L., Gosselin, M., Smith, R.E.H., **Kattner, G.** and **Ramseier, R.** (1996). Size-differential regimes of phytoplankton production in the Northeast Water Polynya (77°-81°N). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 142: 75-86
- Peters, E.** (1996). Prolonged darkness and diatom mortality. II. Marine temperate species. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.* 207: 43-58

- Peters, E. and Thomas, D.N.** (1996). Prolonged darkness and diatom mortality. I. Marine Antarctic species. J. Exper. Mar. Biol. Ecol. 207: 25-41
- Peters, E. and Thomas, D.N.** (1996). Prolonged nitrate exhaustion and diatom mortality: a comparison of polar and temperate *Thalassiosira* species. J. Plankton Res. 18 (6): 953-968
- Petersen, G.H., Madsen, P.B., Jensen, K.T., Bernem K.H. van, Harms, J., Heiber, W., Kröncke, I., Michaelis H., **Rachor, E.**, Reise, K., Dekker, R., Visser, G.J.M and Wolff, W.J. (1996). V. Red List of macrofaunal benthic invertebrates of the Wadden Sea. Helgoländer Meeresunters. 50 (Suppl.): 69-76
- Petschik, R., Kuhn, G. and Gingele, F.** (1996). Clay mineral distribution in surface sediments of the South Atlantic: sources, transport, and relation to oceanography. Mar. Geol. 130: 203-229
- Pfeiffenberger, H.** (1996). Internet und World Wide Web - Strohfeuer oder Industriestandard. In: Integrierte breitbandige Telekommunikation: Stand d. Technik u. Anwendungsfelder; Konferenzband zum gleichnamigen Workshop in Bremen, 1995 (P. Knackfuß, H. Duin, U. Kaufmann, Hrsg.). Bremer Institut für Betriebstechnik u. angewandte Arbeitswissenschaft, Mainz, Aachen: 59-66
- Piepenburg, D., Chernova, N.V., Dorrien, C.F. von, **Gutt, J.**, Neyelov, A.V., **Rachor, E.**, Saldanha, L. and Schmid, M.K. (1996). Megabenthic communities in the waters around Svalbard. Polar Biol. 16, 431-446
- Pörtner, H.O. and Reipschläger, A.** (1996) Ocean disposal of anthropogenic CO<sub>2</sub>: physiological effects on tolerant and intolerant animals. In: Ocean storage of CO<sub>2</sub>. Environmental impact. Boston/Cheltenham, UK. Massachusetts Institute of Technology and International Energy Agency, Greenhouse Gas R&D Programme: 57-81
- Pörtner, H.O., Finke, E. and Lee, P.G.** (1996). Metabolic and energy correlates of intracellular pH in progressive fatigue of squid (*L. brevis*) mantle muscle. Am. J. Physiol. 271: R1403-R1414
- Rachold, V.**, Alabyan, A., **Hubberten, H.-W.**, Korotaev, V.N. and Zaitsev, A.A. (1996). Sediment transport to the Laptev Sea - hydrology and geochemistry of the Lena River. Polar Res. 15 (2): 183-196
- Ramseier, R.** (1996) Size-differential regimes of phytoplankton production in the Northeast Water Polynya (77°-81°N). Mar. Ecol. Prog. Ser. 142: 75-86
- Rau, G., **Riebesell, U. and Wolf-Gladrow, D.** (1996). A model of photosynthetic <sup>13</sup>C fractionation by marine phytoplankton based on diffusive molecular CO<sub>2</sub> uptake. Mar. Ecol. Progr. Ser. 133: 275-285
- Reipschläger, A. and Pörtner, H.O.** (1996). Metabolic depression during environmental stress: The role of extracellular versus intracellular pH in *Sipunculus nudus*. J. Exper. Biol. 199: 1801-1807
- Rist, M.A., Sammonds, P.R., Murrell, S.A.F., Meredith, P.G., **Oerter, H.** and Doake, C.S.M. (1996). Experimental fracture and mechanical properties of Antarctic ice: preliminary results. Ann. Glaciol. 23: 284-292
- Rudjakov, J.A.** (1996). Mesozooplankton biomass distribution in the upper 100 m layer of the Atlantic sector of the Southern Ocean. Antarct. Sci. 8 (4): 343-348
- Savidge, G., Priddle, J., Gilpin, L.C., **Bathmann, U.**, Murphy, E.J., Owens, N.J.P., Pollard, R.T., Turner, D.R., Veth, C. and Boyd, P. (1996). An assessment of the role of the marginal ice zone in the carbon cycle of the Southern Ocean. Antarct. Sci. 8 (4): 349-358

## 9. Veröffentlichungen

- Schäfer, J.**, Theopold, F.A., Baumgart, R., **Beninga, I.**, **Beyerle, G.**, Hofer, B., Lahmann, W., Mildner, W., **Schrems, O.** and Weitkamp, C. (1996). A new modular and mobile lidar system design for Raman Lidar application based on a 10-channel filter polychromator. In: Advances in atmospheric remote sensing with lidar (A. Ansmann, **R. Neuber**, **P. Rairoux**, U. Wandinger, eds.). Springer, Berlin: 497-500
- Schenke, H.W.**, Hinze, H., Weihmüller, U., Hoppmann, B., Focke, J., **Hagen, R.**, **Heidland, K.**, **Monk, J.**, **Niederjasper, F.**, **Schöne, T.** and **Steinmetz, S.** (1996). Bathymetric chart of the Weddell Sea, Antarctica, 1:1,000,000 at 70°S (AWI BCWS 567, Filchner Trough). Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven
- Schlitzer, R.** (1996). Mass and heat transports in the South Atlantic derived from historical hydrographic data. In: The South Atlantic: Present and Past Circulation (G. Wefer, W. H. Berger, G. Siedler, D. Webb, eds.). Springer, Heidelberg: 305-323
- Schubert, C.** and **Stein, R.** (1996). Deposition of organic carbon in Arctic Ocean sediments: Terrigenous supply vs marine productivity. *Organic Geochem.* 24: 421-436
- Schwarz, G.**, **Ohm, K.**, Yamanouchi, T., Furukawa, T., Kowski, P. and **Gernandt, H.** (1996). Stable isotopic composition of Antarctic air moisture and precipitation. *Antarct. Rec.* 40 (2): 169-178
- Seisel, S.** and **Schrems, O.** (1996). Heterogeneous reactions of  $N_2O_5$  with HBr on ice and NAT surfaces. In: Polar stratospheric ozone (J.A. Pyle, N.R.P. Harris, G.T. Amanatidis, eds.). Air pollution research report 56: 740-743
- Skoog, A., Hall, P. O. J., Hulth, S., Paxeus, N. and **Ruttgers van der Loeff, M. M.** (1996). Early diagenetic production and sediment-water exchange of fluorescent dissolved organic matter in the coastal environment. *Geochim. Cosmochim. Acta* 60: 3619-3629
- Smith, C. R. and **Kukert, H.** (1996) Macrobenthic community structure, secondary production and rates of bioturbation and sedimentation at the Kane'ohe Bay Lagoon floor. *Pacific Science* 50: 211-229
- Soltwedel, T.**, Pfannkuche, O. and **Thiel, H.** (1996). The size structure of deep-sea meiobenthos in the North-Eastern Atlantic: Nematode size spectra in relation to environmental variables. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 76: 327-344
- Spiridonov, V.A.**, **Nöthig, E.-M.**, **Schröder, M.** and **Wisotzki, A.** (1996). The onset of biological winter in the eastern Weddell Gyre (Antarctica) planktonic community. *J. Mar. Syst.* 9: 211-230
- Stebel, K.**, **Schrems O.**, **Neuber, R.**, **Beyerle, G.**, **Gathen P. von der** and Knudsen, B. (1996). Lidar observations of polar stratospheric clouds in the Arctic (Spitsbergen). In: Polar stratospheric ozone (J. A. Pyle, N.R.P. Harris and G.T. Amanatidis, eds.). Air pollution research report 56: 113-116
- Stebel, K.**, **Neuber, R.**, **Beyerle, G.**, **Biele, J.**, **Scheuch, P.**, **Schütt, H.**, **Gathen, P. von der** and **Schrems, O.** (1996). Lidar observations of polar stratospheric clouds above Spitsbergen. In: Advances in atmospheric remote sensing with Lidar (A. Ansmann, **R. Neuber**, **P. Rairoux**, U. Wandinger, eds.). Springer, Heidelberg: 509-512

- Stein, R.** and **Schubert, C.** (1996). Organischer Kohlenstoffeintrag im spätquartären Arktischen Ozean. *Geowiss.* 9: 370-375
- Stein, R., Nam, S.-I., Grobe, H.** and **Hubberten, H.** (1996). Late Quaternary glacial history and short-term ice-rafted debris fluctuations along the East Greenland continental margin. In: Late Quaternary palaeoceanography of the North Atlantic margins (J.T. Andrews, W.E.N. Austin, H. Bergsten, A.E. Jennings, eds.). *Geol. Soc. Spec. Publ.* 111: 135-151
- Steinbrecht, W., Jäger, H., Adriani, A., Donfrancesco, G. di, Barnes, J., **Beyerle, G., Neuber, R.,** David, C. Godin, S., Donovan, D., Carswell, A.I., Gross, M., McGee, T., Masci, F., D'Altorio, A., Rizi, V., Visconti, G., McDermid, I.S., Megie, G., Mielke, B., Stein, B., Wedekind, C., Nagai, T., Uchino, O., Nakane, H., Osborn, M and Winker, D. (1996). NDSC intercomparison of stratospheric aerosol processing algorithms. In: *Advances in atmospheric remote sensing with Lidar* (A. Ansmann, **R. Neuber, P. Rairoux,** U. Wandinger, eds). Springer, Heidelberg: 501-504
- Strass, V.H.** and **Nöthig, E.-M.** (1996). Seasonal shifts in ice edge phytoplankton blooms in the Barents Sea related to the water column stability. *Polar Biol.* 16: 409-422
- Tan, T.L., Reinke, M.** and **Rüger, H.-J.** (1996). New dilution method in microtiter-plates for enumeration and enrichment of copiotrophic and oligotrophic bacteria. *Arch. Hydrobiol.* 137 (4): 511-521
- Tarazona, J., **Arntz, W.E.** and Canahuire, E. (1996). Impact of two „El Niño“ events of different intensity on the hypoxic soft bottom macrobenthos off the central Peruvian Coast. *P. S. Z. N. I: Mar. Ecol.* 17 (1-3): 425-446
- Tatenhove, F.G.M van and **Huybrechts, P.** (1996). Modelling of the thermal conditions at the Greenland ice sheet margin during Holocene deglaciation: boundary conditions for moraine formation. *Geografiska Annaler*, 78A(1): 83-99
- Tatenhove, F.G.M. van, Fabre, A., Greve, R. and **Huybrechts, P.** (1996). Modelled ice sheet margins of three Greenland ice sheet models compared with a geological record from ice marginal deposits in central west Greenland. *Ann. Glaciol.* 23: 52-58
- Thiel, H., Pörtner, H.O.** and **Arntz, W.E.** (1996). Marine life at low temperatures - a comparison of polar and deep-sea characteristics. In: *Deep-sea and extreme shallow-water habitats: affinities and adaptations* (F. Uiblein, J. Ott, M. Stachowitsch, eds). *Biosystematics and Ecology Series 11*, Austrian Academy of Sciences, Vienna: 183-219
- Urban, H.-J.** and Tarazona, J. (1996). Effects of El Niño/southern oscillation on the population dynamics of a *Gari solida* population (Bivalvia: Psammobiidae) from Bahía Independencia, Peru. *Mar. Biol.* 125: 725-734
- Verity, P.G. and **Smetacek, V.** (1996). Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 130: 277-293
- Vopel, K.** and Arlt, G. (1996). Meiofauna in Sulphureten - Untersuchungen zur Schwefelwasserstoffresistenz von *Cletocamptus confluens* (Schmeil, 1894) (Copepoda, Harpacticoida). *Bodden* 3: 53-70

## 9. Veröffentlichungen

- Vopel, K.**, Dehmlow, J. and Arlt, G. (1996). Vertical distribution of *Cletocamptus confluens* (Copepoda, Harpacticoida) in relation to oxygen and sulphide microfilms of a brackish water sulphuretum. Mar. Ecol. Prog. Ser. 141: 129-137
- Voß, J.** (1996). Dokumente zur Lebensgeschichte Alfred Wegeners und zu seiner letzten Grönland-Expedition im Alfred-Wegener-Archiv, Bremerhaven. In: Das kulturelle Erbe geowissenschaftlicher und montanwissenschaftlicher Bibliotheken, Internat. Symp., Freiberg, 1993. Ber. Geol. Bundesanst. Wien 35: 359-366
- Wadhams, P., Comiso, J.C., Prussen, E., Wells, S., Brandon, M., Aldworth, E., **Viehoff, T.**, Allegrino, R. and Crane, D.R. (1996). The development of the Odden ice tongue in the Greenland Sea during winter 1993 from remotes sensing and field observations. J. Geophys. Res. 101: 18213-18235
- Wamser, C.** and Lykossov, V. (1996). High resolution turbulence measurements above Arctic sea ice. ISARS '96, Conference Proc. (M.A. Kallistratova, ed.): 7.13-7.18
- Warrick, R.A. and 21 others among whom **Huybrechts, P.** (1996). Changes in sea level. In: Climate change 1995 (J.T. Houghton et al., eds.). Cambridge University Press, Cambridge: 359-405
- Weber, K.** and **Goerke, H.** (1996). Organochlorine compounds in fish off the Antarctic Peninsula. Chemosphere 33 (3): 377-392
- Weidick, A., Andreasen, C. **Oerter, H.** and Reeh, N. (1996). Neoglacial glacier changes around Storstrømmen, North-East Greenland. Polarforschung 64 (3): 95-108
- Weller, R.** and **Schrems, O.** (1996). Photooxidants in the marine Arctic troposphere in summer. J. Geophys. Res. 101/D4: 9139-9147
- Weller, R.** and **Schrems, O.** (1996) Vertical O<sub>3</sub> stratification, surface NO and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the marine Arctic atmosphere in summer. In: Proc. EUROTRAC Symposium '96 (P.M. Borrell, T. Cvitas, K. Kelly, W. Seiler, eds.). Computational Mechanics Publications, Southampton: 973-977
- Weller, R.**, **Lilischkis, R.**, **Schrems, O.**, **Neuber, R.** and **Wessel, S.** (1996). Vertical ozone distribution in the marine atmosphere over the central Atlantic Ocean (56°S - 50°N). J. Geophys. Res. 101/D1: 1387-1399
- Westermeier, R. and **Gómez, I.** (1996). Biomass, energy contents and major organic compounds in the brown alga *Lessonica nigrescens* (Laminariales, Phaeophyceae) from Mehuín, South Chile. Bot. Mar. 39: 553-559
- Weykam, G.** and **Wiencke, C.** (1996): Seasonal photosynthetic performance of the endemic Antarctic alga *Palmaria decipiens* (Reinsch) Ricker. Polar Biol. 16: 357-361
- Weykam G.**, **Gómez, I.**, **Wiencke, C.**, **Iken, K.** and **Klöser, H.** (1996). Photosynthetic characteristics and C:N ratios of macroalgae from King George Island (Antarctica). J. Exper. Mar. Biol. Ecol. 204: 1-22
- Wiencke C.** (1996). Recent advances in the investigation of Antarctic macroalgae. Polar Biol. 16: 231-240
- Wiencke, C.**, Clayton, M. and Langreder, C. (1996). Life history and seasonal morphogenesis of the endemic Antarctic brown alga *Desmarestia anceps* Montagne. Bot. Mar. 39: 435-444
- Woodgate, R.A.** and Killworth, P.D. (1996). The problem of the barotropic mode in deriving pressure from density using vertical normal modes. J. Geophys. Res. 101: 3765-3768

- Zeebe, R.E, Eicken, H.,** Robinson, D.H., **Dieckmann, G.S.** and **Wolf-Gladrow, D.** (1996). Modeling the heating and melting of sea ice through light absorption by microalgae. *J. Geophys. Res.* 101/C1: 1163-1181
- Zielinski, S.** and **Pörtner, H.O.** (1996). Energy metabolism and ATP free-energy change of the intertidal worm *Sipunculus nudus* below a critical temperature. *J. Comp. Physiol. B* 166: 492-500
- Zilitinkevich, S.** and **Mironov, D.** (1996). A multi-limit formulation for the equilibrium depth of a stably stratified boundary layer. *Boundary-Layer Met.* 81: 325-351

Nicht begutachtete Veröffentlichungen

- Abegg, C. A., Dethloff, K., Rinke, A.** Romanov, V.F. and Meijgaard, E. van (1996). Sensitivity of the Arctic climate to planetary boundary layer parameterization. Seventh Conf. on Mesoscale Processes, Reading, Proc.: 550-551
- Arntz, W.E.** and **Fahrbach, E.** (1996). El Niño: Experimento climático de la naturaleza. Causas físicas y efectos biológicos. Trad. de C. Wosnitza-Mendo, J. Mendo. Fondo de Cultura Económica, Mexico: 312 pp.
- Bathmann, U.** (1996). Eine Zusammenfassung und Perspektive der JGOFS-Projekte im südlichen Ozean. In: Bericht über den 4. JGOFS-Workshop, 20./21. November 1995 in Bremen (M. Giese, G. Wefer, Hrsg.). Ber. FB Geowiss., Univ. Bremen 70: 9-10
- Bleil, U., Brück, L., Frederichs, T., Hensen, Ch., Hilgenfeldt, Ch., Hoek, R., Hübscher, C., von Lom-Keil, H., Janke, A., Kreutz, R., Keenan, J., Little, M., Martens, H., Rosiak, U., Schmidt, W., Schneider, R., Segl, M., Spieß, V., **Uenzelmann-Neben, G.**, Urbanek, H. and Zühlsdorff, L. (1996). Report and preliminary results of Meteor cruise 34/1 Cape Town - Walvis Bay, 03.01.1996 - 26.01.1996. Ber. FB Geowiss., Univ. Bremen 77: 129 pp.
- Boetius, A.** and **Lochte, K.** (1996). High proteolytic activities of deep-sea bacteria from oligotrophic polar sediments. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 48: 269-276
- Botzet, M., Christensen, J.H., Claudius, E., **Dethloff, K., Lehmann, R.,** Machenhauer, B. and **Rinke, A.** (1996). A regional climate model of the Arctic atmosphere. In: Proc. of the ACSYS Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, 1994. WCRP-94, WMO/TD No. 760: 169-173
- Bluhm, H.** and **Thiel, H.** (1996). Photographic and video surveys for large scale animal and seafloor surface charting aiming at ecological characterization of habitats and communities. Proc. Internat. Seminar on Deep Sea-bed Mining Technology, COMRA, Peking, PR China, 1996: C15 - C23
- Borowski, C. and **Thiel, H.** (1996). Indicator taxa for dominant deep-sea animal groups in their importance for comparative biodiversity and environmental studies. Proc. Internat. Seminar on Deep Sea-bed Mining Technology, COMRA, Peking, PR China, 1996: C35 - C43
- Diepenbroek, M.** and **Reinke, M.** (1996). Publishing scientific data - a strategy for the integration of heterogenous and dynamic data environment - IGBP Informationsbrief: 7-9
- Dubischar, C.D., Bathmann, U.** and **González, S.** (1996) Zooplankton faecal pellet distribution in relation to pelagic

## 9. Veröffentlichungen

- systems in the Southern Ocean. In: Bericht über den 4. JGOFS-Workshop 20./21. November 1995 in Bremen (M. Giese, G. Wefer, Hrsg.). Ber. FB Geowiss, Univ. Bremen, 70: 13-14
- Eckstaller, A.** (1996). Seismological „very broadband“ station (VBB-station), station name KBS (KOL10). Research in Svalbard, Norsk Polarinstitut, Longyearbyen: 92
- Eicken, H.,** Gradinger, R., Ivanov, B., Makshtas, A. and Pác, R. (1996). Surface melt puddles on multi-year sea ice in the Eurasian Arctic. World Climate Research Programme WCRP-94. Proc. of the ACSYS Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, 1994. WMO/TD No. 760: 267-271
- Eisinger, M.,** Burrows, J.P. and Richter, A. (1996). Studies on the precision of GOME irradiance and radiance products and GOME measurements of OCIO and BrO over Antarctica GOME Geophysical Validation Campaign: Final results workshop proceedings. ESA WPP-108: 93-105
- Eisinger, M.,** Burrows, J.P., Richter, A. and Piters, A. (1996). Studies on DOAS ozone column retrieval from the UV and visible measurements of GOME, GOME Geophysical Validation Campaign: Final results workshop proceedings ESA WPP-108: 161-173
- El Naggar, S.** (1996). UV-B-dosis measurements at personal related level in Antarctica by using an electronical dosimeter. Veröffentl. Strahlenschutzkommission 34: 378
- El Naggar, S.** and Kockott, D. (1996). Personal dosimetry of UV-radiation by using the polysulphone film. Veröffentl. Strahlenschutzkommission 34: 377
- Fütterer, D.K.** and Wefer, G. (1996). Der Südatlantik im Spätquartär. HGF-Jahresheft: 30-32
- Gathen, P. von der, Gernandt, H., Neuber, R. and Rex, M.** (1996). Ozone deficits in the lower and middle stratosphere of the Arctic polar vortex. In: Polar Stratospheric Ozone (J.A.Pyle, N.R.P. Harris, G.T. Amanatidis, eds.). Commissions of the European Communities, DG-XII, Brussels, Report 56: 569-573
- Gerland, S., Oerter, H., Kipfstuhl, J.,** Wilhems, F., Frenzel, A., Miners, W.D., Mulvaney, R. and Peel, D.A. (1996). Continuous density measurements on the ice core B25 from Berkner Island, Antarctica. Filchner-Ronne Ice Shelf Programme Report 10: 23- 24
- Gersonde, R., Abelman, A., Brathauer, U., Sieger, R. and Zielinski, U.** (1996). Das Südpolarmeer - ein Schlüsselgebiet für Klimaänderungen in vergangener Zeit. Geowiss. 14 (9): 17-21
- Graf, W., **Oerter, H., Mayer, C., Lambrecht, A. and Minikin, A.** (1996). Accumulation rates along the Foundation Ice Stream, Filchner-Ronne-Schelfeis. Filchner-Ronne Ice Shelf Programme Report 10: 25-31
- Huybrechts, P.** (1996). Modélisation du comportement des calottes polaires au cours du temps. Nouvelles de la Science et des Technologies 14 (4): 83-92
- Kottmeier, C.** (1996). User handbook polar aircraft. Geänderte Neuauflage. Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung: 46 pp.
- Kuhs, W.F., Chazallon, B., Radaelli, P.G., **Pauer, F. and Kipfstuhl, J.** (1996). Raman Spectroscopic and neutron diffraction studies on natural and synthetic clathrates of air and nitrogen. Proc. 2nd Int. Conference on Natural Gas Hydrates: 9-16

- Ladstätter-Weissenmayer, A., Burrows, J.P., Richter, A., Wittrock, F., Buchwitz, M., Weber, M., **Eisinger, M.** and **Neuber, R.** (1996). Validation of GOME O3 and NO2 measurements in Bremen, Ny-Ålesund, and Neumayer. GOME Geophysical Validation Campaign: Final results workshop proceedings. ESA WPP-108: 153-160
- Lambrecht, A., Mayer, C., Nixdorf, U.** and **Oerter, H.** (1996). Glaciological investigations in the grounding line area of the Foundation Ice Stream. Filchner-Ronne Ice Shelf Programme Report 10: 50-56
- Lara, R.J., Hubberten, U., Thomas, D.N.** and **Kattner, G.** (1996). Humic substances research in polar waters. In: Humic substances and organic matter in soil and water environments: characterization, transformations and interactions (C. E. Clapp, M. H. B. Hayes, N. Senesi, S. Griffith, eds.): 241-248
- Lensu, M., **Haas, C.**, Cottier, F., Friedrich, C., **Weissenberger, J.**, Abrahamsson, K., Ekdahl, A., Darovskikh, A., and Johnson, K.P. (1996). Arctic'96: Polarstern Ice Station report. Helsinki University of Technology, Ship Lab.: M-214
- Lochte, K.** (1996). Benthic exchange and transformation in the deep sea - the need for high resolution four dimensional studies. In: The Ocean and the poles (G. Hempel, ed.). Fischer Verlag, Jena: 157-169
- Lüpkes, C.** (1996). Entwicklung einer Parameterisierung für subskalige turbulente Flüsse in einem mikroskaligen Strömungs- und Transportmodell für die Hindernisschicht. Jahresbericht TFS-LT1: 8
- Mann, U.** and **Stein, R.** (1996). Paleoenvironmental significance of organic facies variations in Mid-Cretaceous Black Shales (Colombia). In: Global and regional controls on biogenic sedimentation, II. Cretaceous sedimentation (J. Reitner, F. Neuweiler & F. Gunkel, eds.), Gött. Arb. Geol. Paläont., Sb3: 61-63
- Martin, T.** (1996). Sea-ice drift in the East Greenland Current. Scientific report of European Subpolar Ocean Programme (P. Wadhams et al., eds.). Scott Polar Research Institute, Cambridge, UK, Vol. 1: 59-71
- Martin, T.** and Wadhams, P. (1996). Ice fluxes within the Greenland Sea and their variability. Scientific Report of European Subpolar Ocean Programme (P. Wadhams et al., eds.). Scott Polar Research Institute, Cambridge, UK, Vol. 1: 72-79
- Medlin, L.K.** (1996). New avenues in understanding oceanic biodiversity - The molecular way. In: The Ocean and the poles (G. Hempel, ed.). Fischer Verlag, Jena 229-243
- Muench, R.D., Dewey, R.K. and **Schauer, U.** (1996). Internal waves and vertical mixing over the Laptev Sea slope. Proc. of the ACSYS Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, 1994. WMO/TD No. 760: 441 - 445
- Mulvaney, R., Pasteur, E.C., Graf, W., **Minikin, A.**, Arrowsmith, C., **Oerter, H.**, Peel, D.A., Miners, W.D. and Holman, N. (1996). The Berkner Island project: isotopic and chemical trends in the ice core data. Filchner-Ronne Ice Shelf Programme Report 10: 72-77
- Neuber, R.**, (with contributions from the participants) (1996). The European Stratospheric Monitoring Stations in the Arctic (ESMOS/Arctic), Final Report 1994-95: 133 pp.
- Nixdorf, U., Oerter, H., Lambrecht, A., Rohardt, G.** and **Fahrbach, E.** (1996). Two temperature profiles in the northern part of the FRIS. Filchner-Ronne Ice Shelf Programme Report 10: 94-95

## 9. Veröffentlichungen

- Notholt, J., Lehmann, R., Meier, A. and Becker, E.** (1996). Seasonal cycles of stratospheric HCl, ClONO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> in the Arctic during winter 1994/95 compared to previous winters. In: Polar Stratospheric Ozone, Air pollution report 56, European Commission, Brussels - Luxemburg: 249-254
- Oerter, H., Lambrecht, A., Mayer, C., Nixdorf, U. and Graf, W.** (1996). Das Filchner-Ronne-Schelfeis-Projekt. Geowiss. 14: 352-360
- Rauschert, M.** (1996). Erstnachweis der Familie Cyproideidae (Crustacea: Amphipoda: Gammaridea) in der Magellan-Region. Mitt. Zool. Mus. Berlin 72: 199-206
- Reid, S. J., **Gathen, P. von der, Rex, M.**, Reimer, E., Krüger-Carstensen, R., Haan, L.L. De, Braathen, G.O., Murphy, G., Wenger, J., Zerefos, C. and Varotsos, C. (1996). The evolution of ozone laminae using the Match approach. In: Polar stratospheric ozone (J.A. Pyle, N.R.P. Harris, G.T. Amanatidis, eds.). Commissions of the European Communities, DG-XII, Brussels, Report 56: 590-594
- Rex, M., Gathen, P. von der,** Harris, N.R.P. Reimer, E., Beck, A., Alfier, R., Krüger-Carstensen, R., Knudsen, B.M., Mikkelsen, I.S., Chipperfield, M., Lucic, D., Allaart, M., Backer, H. De, Braathen, G.O., Reid, S., Claude, H. O'Connor, F., Dier, H., Fast, H., Gamma, A., Gil, M., Godin, S., Guirlet, M., Kyrö, E., Rummukainen, M., Litynska, Z., Kois, B., Murphy, G., Ravagnani, F., Varotsos, C., Wenger, J., Yushkov, V., Dorokhov, V., Zerefos, C., Balis, D. and Ziomas, I. (1996). Chemical ozone loss in the Arctic winters 1991/92 and 1994/95 (Match). In: Polar stratospheric ozone (J.A. Pyle, N.R.P. Harris, G.T. Amanatidis, eds.). Commissions of the European Communities, DG-XII, Brussels, Report 56: 586-589
- Rinna, J., Rullkötter, J. and **Stein, R.** (1996). Hydrocarbons as indicator for provenance and thermal history of organic matter in Late Cenozoic sediments from Hole 909C, Fram Strait. In: Proc. ODP, Scient. Res. (J. Thiede, A.M. Myhre, J. Firth et al., eds.), College Station, Tx (Ocean Drilling Program), vol. 151: 407-414
- Schauer, U.** (1996). Brine enriched shelf waters in the North-Western Barents Sea. Proc. ACSYS Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, 1994. WMO/TD No. 760: 467
- Schauer, U.,** Rudels, B., Muench, R.D. and Timokhov, L. (1996). Circulation and watermass modification along the Nansen Basin slope. Proc. of the ACSYS Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, 1994. WMO/TD No. 760: 468 - 472
- Schaumann, K.** (1996). Marine Pilze und pilzähnliche Protisten als Produzenten neuartiger Substanzen - wissenschaftliche und biotechnologische Aspekte. In: Fachtagung Ökologische - Soziale Marktwirtschaft: „Chancen für eine wirtschaftliche Nutzung der Meeresbiotechnologie in Norddeutschland“ (H.-F. Felmborg, E.-M. Haase, H.-G. Zemke, M. Meiners, Hrsg.). Arbeitskreis Deutsche Meerespolitik, Wilhelmshaven: 15-37
- Schenke, H.W.** (1996). Untersuchungen von Eisbergspuren mit dem Fächersonar. In: Beiträge zum 11. Hydrographentag 1996, Glücksburg, 1996. Dt. Hydrogr. Ges: 13 pp.
- Schrems, O.** (1996). NDSC-Station Ny Ålesund: Annual Report: 19 pp.

- Schriever, G., Koschinsky, A. and **Bluhm, H.** (1996). Cruise report ATESEPP. Ber. Zentrum Meeres- und Klimaforsch, Hamburg, Reihe E, 11: 195 pp.
- Schwager, M., **Kipfstuhl, J.**, **Thorsteinsson, T.**, Wilhelms, F., **Miller, H.**, Fischer, H., Wagenbach, D. and Sommer, S. (1996). The AWI North Greenland traverse, first results. In: Rep. 6th Workshop on Mass Balance and Related Topics of the Greenland Ice Sheet, Rapport 1996/53 (O.B. Olesen, ed.). Geol. Survey of Denmark and Greenland: 63-66
- Smetacek, V.** (1996) Biodiversity and production in the water mass. In: The ocean and the poles (G. Hempel, ed.). Fischer Verlag, Jena 207-216
- Stein, R.** and **Schubert, C.** (1996). Organischer Kohlenstoffeintrag im spätquartären Arktischen Ozean. Geowiss. 9: 370-375
- Stein, R.** and Stax, R. (1996). Organic carbon and n-alkane distribution in late Cenozoic sediments of Arctic Gateways Sites 909 and 911 and their paleoenvironmental implications: Preliminary results. In: Proc. ODP, Scient. Res. (J. Thiede, A.M. Myhre, J. Firth et al., eds.), College Station, Tx (Ocean Drilling Program), vol. 151: 391-405
- Stein, R.**, **Niessen, F.**, Behrends, M., Bourtmann, M., **Fahl, K.**, Mitjajev, E., Musatov, E., Nørgaard-Pedersen, N., Shevchenko, V. and Spielhagen, R. (1996). Polarstern returns to the Eurasian margin: Report of the geology program. Nansen Icebreaker 8: 6-9
- Thiel, H.** (1996). Die Tiefsee und ihre Einbindung in ein globales System. Meer und Museum 12: 51-56
- Uenzelmann-Neben, G.** (1996). The effect of Cenozoic rifting on the central East Greenland shelf and fjord region. *Anales Geophys.*, Pt. 1: 193
- Wamsler, C.** and **Lykossov, V.** (1996). High resolution turbulence measurements above Arctic Sea ice. ISARS '96 Conference Proc. (M.A. Kallistratova, ed.): 7.13 - 7.18
- Weller, R.** and **Schrems, O.** (1996), Photooxidants in the marine Arctic troposphere in summer. In: Proc. 2nd German-Italian Workshop on Chemical Processes in the Troposphere and Related Problems in Urban Air (H. Geiger, R. Kurtenbach, eds.): 45
- Wiencke, C.** (1996). Planned and ongoing marine biological research of the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI), Bremerhaven, Germany. In: Ecosystem studies in the Ny-Ålesund Area: Scientific Seminar, Cambridge, 1996. Agenda and abstracts. Norwegian Polar Institute: 95-96

Veröffentlichungen 1997

- Abele-Oeschger, D., Sartoris, F. J. and Pörtner, H. O.** (1997). Hydrogen peroxide causes a decrease in aerobic metabolic rate and in intracellular pH in the shrimp *Crangon crangon*. *Comp. Biochem. Physiol.* 117C (2): 123-129
- Abele-Oeschger, D., Tüg, H. and Röttgers, R.** (1997). Dynamics of UV-driven hydrogen peroxide formation on an intertidal sandflat. *Limnol. Oceanogr.* 42 (6): 1406 -1415
- Abelmann, A.** and Gowing, M.M. (1997). Spatial distribution pattern of living polycystine radiolarian tax - baseline study for paleoenvironmental reconstructions in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Mar. Micropaleontol.* 30: 3-28
- Anderson, M.E. and **Bluhm, H.** (1997). Description of a new species of *Pachycara* ZUGMAYER, 1911, from the abyssal southeastern Pacific and redescription of *P. thermophilum* GEISTDOERFER, 1994, with a new key to the species. *Trans. Roy. Soc. S. Africa* 51: 219-227
- Aritztegui, D., Bianchi, M.M., Masferro, J., Lafargue, E. and **Niessen, F.** (1997). Interhemispheric synchrony of late-glacial climatic instability as recorded in proglacial Lake Mascardi, Argentina. *J. Quaternary Sci.*, 14 (4): 333-338
- Arntz, W.E., Gutt, J. and Klages, M.** (1997). Antarctic marine biodiversity: an overview. In: Antarctic communities. Proc. 6th SCAR Biol. Symp., Venice 1994 (B. Battaglia, J. Valencia, D. Walton, eds). Cambridge Univ. Pr., Cambridge: 3-14
- Arrigo, K.R., Worthen, D.L., Lizotte, M.P., Dixon, P. and **Dieckmann, G.** (1997). Primary production in Antarctic sea ice. *Science* 276: 394-397
- Atkinson, A, **Schnack-Schiel, S.B.**, Ward, P. and Marin, V. (1997). Regional differences in the life cycle of *Calanoides acutus* (Copepoda: Calanoida) within the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 150: 99-111
- Baar, H.J.W. de, Leeuwe, M.A. van, **Scharek, R.**, Goeyens, L., Bakker, K. M. J. and Fritsche, P. (1997). Nutrient anomalies in *Fragilariopsis kerguelensis* blooms, iron deficiency and the nitrate/phosphate ratio (A.C. Redfield) in the Antarctic Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 229-260
- Bakker, D.C.E., Baar, H.J.W. de and **Bathmann, U.V.** (1997). Changes of carbon dioxide in surface waters during spring in the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 91-127
- Batist, M. De, Bart, P.J. and **Miller, H.** (1997). Trough-mouth fans: Cray fan, eastern Wedell Sea, Antarctica. In: Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 276-279
- Bathmann, U.V., Scharek, R., Klaas, C., Dubischar, C.D. and Smetacek, V.** (1997). Spring development of phytoplankton biomass and composition in major water masses of the Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 51-67
- Beckmann, A.** and **Döscher, R.** (1997). A method for improved representation of dense water spreading over topography in geopotential-coordinate models. *J. Phys. Oceanogr.* 27: 581 - 591

- Beckmann, A.** and Haidvogel, D.B. (1997). A numerical simulation of flow at Fieberling Guyot. *J. Geophys. Res.* 102/C3: 5595-5613
- Behrmann, G.** (1997). The phylogeny of the homodontal set of teeth and the dentition of toothed whales (*Odontoceti*). In: *European Research on Cetaceans 11: Proc. 11th Annual Conf. of the European Cetacean Society, Stralsund, 1997* (P.G.H. Evans, E.C.M. Parsons, S.L. Clark, eds.). Kiel: 240-242
- Beyerle, G., Luo, B., Neuber, R., Peter, T., McDermid, I.S.** (1997). Temperature dependence of ternary solution particle volumes as observed by lidar in the Arctic stratosphere during winter 1992/93. *J. Geophys. Res.* 102/D3: 3603-3609
- Biermann, F.** (1997). Financing environmental policies in the South: Experiences from the Multilateral Ozone Fund. *International Environmental Affairs* 9 (3): 179-218
- Biermann, F.** (1997). Die neue Verhandlungsmacht der Entwicklungsländer in der Weltumweltpolitik. In: *Zukunftsfähige Entwicklung. Herausforderungen an Wissenschaft und Politik. Festschrift für Udo E. Simonis zum 60. Geburtstag* (F. Biermann, S. Büttner, C. Helm, Hrsg.). Edition sigma, Berlin: 191-204
- Biermann, F.** und Hardtke, M. (1997): Tod im Korallenriff: Die "Regenwälder der Meere" drohen zu sterben. *Ökozidjournal, Zeitschrift für Ökologie und „Dritte Welt“* 13 (1): 2-13
- Biermann, F., Büttner, S.** und Helm, C. (Hrsg.) (1997): *Zukunftsfähige Entwicklung. Herausforderung an Wissenschaft und Politik. Festschrift für Udo E. Simonis zum 60. Geburtstag.* Edition sigma, Berlin: 330 pp.
- Biermann, F., Büttner, S.** und Holm, C. (1997): Elemente der Zukunftsfähigkeit: Eine Einleitung. In: *Zukunftsfähige Entwicklung. Herausforderungen an Wissenschaft und Politik. Festschrift für Udo E. Simonis zum 60. Geburtstag* (F. Biermann, S. Büttner, C. Helm, Hrsg.). Edition sigma, Berlin: 15-28
- Biermann, F., Loose, C.** and **Pilardeaux, B.** (1997): Five years after Rio. Right track or dead end? *Nord-Süd aktuell* 11 (2): 228-236
- Bischoff-Bäsmann, B., Bartsch, I., Xia, B.** and **Wiencke, C.** (1997). Temperature responses of macroalgae from the tropical island Hainan (P.R. China). *Phycological Res.* 45: 91-104
- Boike, J.** and Roth, K. (1997). Time domain reflectometry as a field method for measuring water content and soil water electrical conductivity at a continuous permafrost site. *Permafrost and Periglacial Processes* 8: 359-370
- Bornemann, H., Mohr, E.** and **Plötz, J.** (1997). Why does apomorphine fail in Weddell Seals? *Polar Biol.* 17: 188-190
- Brandini, F.P. and **Baumann, M.E.M.** (1997). The potential role of melted „brown ice“ as sources of chelators and ammonia to the surface waters of the Weddell Sea, Antarctica. *Proc. NIPR Symposium on Polar Biology* 10, Tokyo: 1-13
- Brey, T.** and Gage, J.D. (1997). Interactions of growth and mortality in benthic invertebrate populations: Empirical evidence for a mortality-growth continuum. *Arch. Fish. Mar. Res.* 45 (1): 45-59
- Brey, T.** and **Gerdes, D.** (1997). Is Antarctic benthic biomass really higher than elsewhere? (Short note). *Antarct. Sci.* 9 (3): 266-267

## 9. Veröffentlichungen

- Brey, T.** and **Mackensen, A.** (1997). Stable isotopes prove shell growth bands in the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* to be formed annually. *Polar Biol.* 17: 465-468
- Budéus, G., Schneider, W.** and **Kattner, G.** (1997). Distribution and exchange of water masses in the Northeast Water Polynya (Greenland Sea). *J. Mar. Syst.* 10: 123-138
- Büdel, B., **Karsten, U.** and Garcia-Pichel, F. (1997). Ultraviolet-absorbing scytonemin and mycosporine-like amino acid derivatives in exposed, rock-inhabiting cyanobacterial lichens. *Oecologia* 112: 165-172
- Burkhardt, S.** and **Riebesell, U.** (1997). CO<sub>2</sub> availability affects elemental composition (C:N:P) of the marine diatom *Skeletonema costatum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 155: 67-76
- Bullini, L., Arduino, P., Cianchi, R., Nascetti, G., D'Amelio, S., Mattiucci, S., Paggi, L., Orecchia, P., **Plötz, J.**, Berland, B., Smith, J.W. and Bratney, J. (1997). Genetic and ecological research on anisakid endoparasites of fish and marine mammals in the Antarctic and Arctic-boreal regions. In: Antarctic communities: Species, structure and survival. SCAR Biology Symposium, Venice, 1994 (B. Battaglia, J. Valencia, D.W.H. Walton, eds.). Cambridge Univ. Pr., Cambridge: 39-44
- Carlotti, F. and **Hirche, H.-J.** (1997). Growth and egg production of female *Calanus finmarchicus*: an individual-based physiological model and experimental validation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 91-104
- Chesnick, J. M., **Kooistra, W.H.C.F., Wellbrock, U.** and **Medlin, L.K.** (1997). Ribosomal RNA analysis indicates a benthic pennate diatom ancestry for the endosymbionts of the dinoflagellates *Peridinium foliaceum* and *Peridinium balticum* (Pyrrhophyta). *J. Euk. Microbiol.* 44 (4): 314-320
- Chipperfield, M.P., Burton, M., Bell, W., Walsh, C.P., Blumenstock, T., Coffey, M.T., Hannigan, J.W., Mankin, W.G., Galle, B., Mahieu, E., Zander, R., **Notholt, J.**, Sen, B. and Toon, G.C. (1997). On the use of HF as a reference for stratospheric observations. *J. Geophys. Res.* 102: 12901-12919
- Clausen, H.B., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Dahl-Jensen, D., Steffensen, J.P., **Kipfstuhl, J.** and Legrand, M. (1997). A comparison of the volcanic records over 4000 years from the GRIP and DYE 3 ice cores. *J. Geophys. Res.* 102/C12, GISP2/GRIP spec. issue: 26707-26723
- Clayton, M.N., **Wiencke, C.** and **Klöser, H.** (1997). New records of temperate and sub-Antarctic marine benthic macroalgae from Antarctica. *Polar Biol.* 17: 141-149
- Crawford, R.M.** and Gardner, C. (1997). The transfer of *Asterionellopsis kariana* to the new genus *Asteroplanus* (Bacillariophyceae), with reference to the fine structure. *Nova Hedwigia* 65: 47-57
- Crawford, R.M., Hinz, F.** and Rynearson, T. (1997). Spatial and temporal distribution of assemblages of the diatom *Corethron criophilum* in the polar frontal region of the South Atlantic. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 479-496
- Dahl-Jensen, D., **Thorsteinsson, T.**, Alley, R.B. and Shoji, H. (1997). Flow properties of the ice from the Greenland Ice Core Project ice core: The reason for folds? *J. Geophys. Res.* 102/C12, GISP2/GRIP special issue: 26831-26840
- Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Keller, K., Johnsen, S.J., Gogineni, S.P., Allen, C.T., Chuah, T.S., **Miller, H., Kipfstuhl, J.** and Waddington, E. (1997). A search in North Greenland for a new ice core drilling site. *J. Glaciol.* 43 (144): 300-306

- Detmer, A. and **Bathmann, U.** (1997). Distribution patterns of autotrophic pico- and nanoplankton and their relative contribution to algal biomass during spring in the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 299-320
- Diepenbroek M., Grobe H. and Reinke M.** (1997). SEPAN - Sediment and Palaeoclimate Data Network. In: Climate and environmental database systems (M. Lautenschlager, **M. Reinke**, eds.). Kluwer, Dordrecht: 147-160
- Dijk, P.L.M. van, Hardewig, I. and Pörtner, H.O.** (1997). Temperature-dependent shift of  $pH_i$  in fish white muscle: contributions of passive and active processes. *Am. J. Physiol* 272: R84-R89
- Dodge, C., Möring, H., Pfeiffenberger, H. and Schulz, A.** (1997). A distributed administration system for ocean simulation data. In: Climate and environmental database systems (M. Lautenschlager, **M. Reinke**, eds.) Kluwer, Dordrecht: 135-146
- Döscher, R. and Redler, R.** (1997). The relative importance of Northern overflow and subpolar deep convection for the North Atlantic thermohaline circulation. *J. Phys. Oceanogr.* 27: 1894 - 1902
- Dubischar, C.D. and Bathmann, U.V.** (1997). Grazing impacts of copepods and salps on phytoplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 415-433
- Eicken, H.,** Reimnitz, E., Alexandrov, V., Martin, T., Kassens, H. and **Viehoff, T.** (1997). Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export. *Cont. Shelf Res.* 17 (2): 205-233
- Eisinger, M.,** Richter, A., Ladstätter-Weißemayer, A. and Burrows, J.P. (1997). DOAS zenith sky observations. 1. BrO measurements over Bremen (53N) 1993-1994. *J. Atm. Chem.* 26: 93-108
- Etim, L., Brey, T. and Arntz, W.** (1997). Quantification of the sinusoidal trajectory in tissue mass and condition indices of a bivalve (*Egeria radiata*) in the Cross River, Nigeria. *J. Moll. Stud.* 63: 101-108
- Forsberg, R., Hehl, K., Bastos, L., Gidskehaug, A. and **Meyer, U.** (1997). Development of an airborne geoid mapping system for coastal oceanography (AGMASCO). IAG Symp. on Gravity, Geoid, and Marine Geodesy, Vol. 117, Springer, Berlin: 163-170
- Franeker, J. A. van, **Bathmann, U.V.** and Mathot, S. (1997). Carbon fluxes to Antarctic top predators. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 435-455
- Gerdes, R. and Schauer, U.** (1997). Large-scale circulation and water mass distribution in the Arctic Ocean from model results and observations. *J. Geophys. Res.* 102/C4: 8467-8483
- Gerland, S., Kuhn, G. and Bohrmann, G.** (1997). Physical properties of a porcellanite layer (Southwest Indian Ridge) constrained by geophysical logging. *Mar. Geol.* 140: 415-426
- Gernandt, H., Gathen, P. von der and Herber, A.** (1997). Ozone change in the polar atmosphere. In: Atmospheric ozone dynamics: Observations in the Mediterranean region (C. Varotsos, ed.). NATO ASI Series I, Global Environmental Change, 53: 73-100
- Gersonde, R.,** Kyte, F.T., Bleil, U., **Diekmann, B.,** Flores, J.A., **Gohl, K.,** Grahl, G., Hagen, R., **Kuhn, G.,** Sierro, F.J., Völker, D., **Abelmann, A.** and Bostwick, J.A. (1997). Geological record and reconstruction of the late Pliocene impact of the Eltanin asteroid in the Southern Ocean. *Nature* 390: 357-363
- Gingele, F., Kuhn, G., Maus, B., Melles, M. and Schöne, T.** (1997). Holocene ice retreat from the Lazarev Sea Shelf, East Antarctica. *Cont. Shelf Res.* 17 (2): 137-163

- Gohl, K., Nitsche, F. and Miller, H.** (1997). Seismic and gravity data reveal Tertiary interplate subduction in the Bellingshausen Sea, southeast Pacific. *Geology* 25 (4): 371-374
- Gómez, I. and Wiencke, C.** (1997). Seasonal growth and photosynthetic performance of the Antarctic macroalga *Desmarestia menziesii* (Phaeophyceae) cultivated under fluctuating Antarctic daylengths. *Bot. Acta* 110: 25-31
- Gómez, I., Weykam, G., Klöser, H. and Wiencke, C.** (1997). Photosynthetic light requirements, metabolic carbon balance and zonation of sublittoral macroalgae from King George Island (Antarctica). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148: 281-293
- Grabemann, I., Uncles, R.J., **Krause, G.** and Stephens, J.A. (1997). Behaviour of turbidity maxima in the Tamar (U.K.) and Weser (F.R.G.) estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 45: 235 - 246
- Graeve, M., Kattner, G.** and Piepenburg, D. (1997). Lipids in Arctic benthos: Does the fatty acid and alcohol composition reflect feeding and trophic interactions? *Polar Biol.* 18: 53-61
- Grosfeld, K., Gerdes, R.** and Determann, J. (1997). Thermohaline circulation and interaction between ice shelf cavities and the adjacent open ocean. *J. Geophys. Res.* 102/C7: 15595-15610
- Haas, C., Gerland, S., Eicken, H. and Miller, H.** (1997). Comparison of sea-ice thickness measurements under summer and winter conditions in the Arctic using a small electromagnetic induction device. *Geophysics* 62 (3): 749-757
- Hahne, J. and Melles, M.** (1997). Late- and post-glacial vegetation and climate history of the southwestern Taymyr Peninsula, central Siberia, as revealed by pollen analysis of a core from Lake Lama. *Veget. Hist. Archaeobot.* 6: 1-8
- Hanelt, D., Wiencke, C.** and Nultsch, W. (1997). Influence of UV radiation on the photosynthesis of Arctic macroalgae in the field. *J. Photochem. Photobiol. B, Biol.* 38: 40-47
- Hanelt, D., Melchersmann, B., Wiencke, C.** and Nultsch, W. (1997). Effects of high light stress on photosynthesis of polar macroalgae in relation to depth distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 255-266
- Hanelt, D., Wiencke, C., Karsten, U.** and Nultsch, W. (1997). Photoinhibition and recovery after high light stress in different developmental and life-history stages of *Laminaria saccharina* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 33: 387-395
- Harloff, J. and Mackensen, A.** (1997). Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. *Mar. Micropaleontol.* 31: 1-29
- Hartmann, J., Kottmeier, C.** and Raasch, R. (1997). Boundary layer development and roll vortex structure during a cold air outbreak. *Bound. Layer Meteorol.* 84: 45 - 65
- Herber, A., Debatin, S., Graeser, J., Gernandt, H., Schulz, K.-H., Naebert, A., Gundermann, J. and Alekseeva, G.** (1997). Measurements of the spectral optical depth of aerosols with moon and star light during polar night 1994/95 and 1995/96 in Ny-Ålesund, Spitsbergen. In: *IRS '96: Current Problems in Atmospheric Radiation. Proc. Internat. Radiation Symposium, Fairbanks, Alaska, 1996* (W.L. Smith, K. Stamnes, eds.). Deepak Publ., Hampton, Virginia, USA: 19-22
- Hirche, H.-J.** (1997). Life cycle of the copepod *Calanus hyperboreus* in the Greenland Sea. *Mar. Biol.* 128: 607-618

- Hirche, H.-J.** and Kwasniewski, S. (1997). Distribution, reproduction and development of *Calanus* species in the Northeast water in relation to environmental conditions. *J. Mar. Syst.* 10: 299-317
- Hirche, H.-J., Meyer, U. and Niehoff, B.** (1997). Egg production of *Calanus finmarchicus*: effect of temperature, food and season. *Mar. Biol.* 127: 609-620
- Hoppema, M., Fahrbach, E. and Schröder, M.** (1997). On the total carbon dioxide and oxygen signature of the Circumpolar Deep Water in the Weddell Gyre. *Oceanologica Acta* 20 (6): 783-798
- Hummel, H., **Sommer, A.**, Bogaards, R.H. and **Pörtner, H.O.** (1997). Variation in genetic traits of the lugworm *Arenicola marina*: temperature related expression of mitochondrial allozymes? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 159: 189-195
- Iken, K.**, Barrera-Oro, E.R., Quartino, M.L., Casaux, R.J. and **Brey, T.** (1997). Grazing by the Antarctic fish *Notothenia coriiceps*: evidence for selective feeding on macroalgae. *Antarct. Sci.* 9 (4): 386-391
- Isaksen, I., **Gathen, P. von der**, Braathen, G., Chipperfield, M., Goutail, F., Harris, N.R.P., Müller, R. and **Rex, M.** (1997). Ozone Loss. In: European research in the stratosphere - The contribution of EASOE and SESAME to our current understanding of the ozone layer (European Commission DG XII, ed.), Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, Chapter 5: 139-169
- Jarre-Teichmann, A., Brey, T., Bathmann, U.V., Dahm, C., Dieckmann, G.S., Gorny, M., Klages, M., Pagés, F., Plötz, J., Schnack-Schiel, S.B., Stiller, M. and Arntz, W.E.** (1997). Trophic flows in the benthic shelf community of the eastern Weddell Sea, Antarctica. In: Antarctic communities: Species, structure and survival (B. Battaglia, J. Valencia, D.W.H. Walton, eds.). Cambridge Univ. Pr., Cambridge: 118-134
- Jenkins, A., Vaughan, D.G., Jacobs, S.S., **Hellmer, H.H.** and Keys, J.R. (1997). Glaciological and oceanographic evidence of high melt rates beneath Pine Island Glacier. *J. Glaciol.* 43 (143): 114 - 121
- Jokat, W., Fechner, N.** and Studinger, M. (1997). Geodynamic models of the Weddell Sea embayment in view of new geophysical data. In: The Antarctic region: Geological evolution and processes (C.A. Ricci, ed.). Terra Antarctica Publication, Siena: 453-459
- Kähler, P., Bjørnsen, P.K., **Lochte, K.** and Antia, A. (1997). Dissolved organic matter and its utilization by bacteria during spring in the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 341-353
- Kasparian, J., Krämer, B., Dewitz, J.P., Vajda, S., **Rairoux, P.**, Vezin, B., Boutou, V., Leisner, T., Hübner, W., Wolf, J.-P., Wöste, L. and Bennemann, K.H. (1997). Angular dependences of third harmonic generation from microdroplets. *Phys. Rev. Letter A* 78 (15): 2952-2955
- Kattner, G. and Budéus, G.** (1997). Nutrient status of the Northeast Water Polynya. *J. Mar. Syst.* 10: 185-197
- Klaas, C.** (1997). Microprotozooplankton distribution and their potential grazing impact in the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 375-393
- Kölm, J.**, Engdahl, A., **Schrems, O.** and Nelander, B. (1997). A spectroscopic and photoisomerisation study of bromine dioxides in argon matrices. *Chem. Phys.* 214: 313-319

## 9. Veröffentlichungen

- König-Langlo, G.** and Marx, B. (1997). The meteorological information system at the Alfred-Wegener-Institute. In: Climate and environment database systems. (M. Lautenschlager, **M. Reinke**, eds.). Kluwer, Dordrecht: 117-126
- Kopp, M.**, Doucette, G.J., Kodama, M., Gerds, G., Schütt, C. and **Medlin, L.K.** (1997). Phylogenetic analysis of selected toxic and non-toxic bacterial strains isolated from the toxic dinoflagellate *Alexandrium tamarense*. FEMS Microbiol. Ecol. 24: 252-257
- Krause, R.A.** (1997). Zweihundert Tage im Packeis: Die authentischen Berichte der „Hansa“-Männer der deutschen Ostgrönland-Expedition 1869 bis 1870. Schriften des Deutschen Schifffahrtsmuseums 46. DSM, Bremerhaven und Kabel Verl., Hamburg: 349 pp.
- Kühn, S.F.** (1997). Infection of *Coscinodiscus* spp. by the parasitoid nanoflagellate *Pirsonia diadema*: I. Behavioural studies on the infection process. J. Plankton Res. 19:791-804
- Kühn, S.F.** (1997). *Rhizamoeba schneppii* sp. nov., a naked amoeba feeding on marine diatoms (North Sea, German Bight). Arch. Protistenkd. 147: 277-282
- Kühn, S.F.** (1997). *Victoriniella multiformis*, gen. et spec. nov. (incerta sedis), a polymorphic parasitoid protist infecting the marine diatom *Coscinodiscus wailesii* Gran & Angst (North Sea, German Bight). Arch. Protistenkd. 148: 115-123
- Lambrecht, A., Mayer, C., Hempel, L., Nixdorf, U.** and **Oerter, H.** (1997). Glaciological investigations in the grounding line area of the Foundation Ice Stream, Antarctica. Polarforschung 65 (1): 15-25
- Lara, R.J., Hubberten, U.**, Thomas, D.N., Baumann, M.E.M. and **Kattner, G.** (1997). Dissolved organic matter studies in enclosed systems: Application of hydrophobic fractionation for the assessment of organic nitrogen dynamics. J. Mar. Syst. 13: 155-161
- Larsen, A. and **Medlin, L.K.** (1997). Inter- and intraspecific genetic variation in twelve *Prymnesium* (Haptophyceae) clones. J. Phycol. 33: 1007-1015
- Larsen, B.K., **Pörtner, H.O.** and Jensen, F.B. (1997). Extra- and intracellular acid-base balance and ionic regulation in cod (*Gadus morhua*) during combined and isolated exposures to hypercapnia and copper. Mar. Biol. 128: 337-346
- Larsen, N., Knudsen, B.M., Rosen, J.M., Kjome, N.T., **Neuber, R.** and Kyrö, E. (1997). Temperature histories in liquid and solid polar stratospheric cloud formation. J. Geophys. Res. 102: 23505-23517
- Lautenschlager, M. and **Reinke, M.**, eds. (1997). Climate and environmental database systems. Kluwer, Dordrecht: 197 pp.
- Leeuwe, M. van, **Scharek, R.**, Baar, H.J.W. de, Jong, J.T.M. de and Goeyens, L. (1997). Iron enrichment experiments in the Southern Ocean: physiological responses of plankton communities. Deep-Sea Res. II 44 (1-2): 189-207
- Leiterer, U., **Nagel, D.** and Stolte, R. (1997). Typical vertical profiles of aerosol spectral extinction coefficients derived from observations of direct solar radiation extinction during aircraft experiments Arctic Haze 94/95 and Merisec 93/94. Atmos. Res. 44 (1-2): 73 - 88

- Liu, Q.**, Simmer, C. and Ruprecht, E. (1997). Estimating longwave net radiation at sea surface from the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I). *J. Appl. Meteorol.* 36 (7): 919-930.
- Lochte, K.**, Bjørnson, P.K., Giesenhagen, H. and Weber, A. (1997). Bacterial standing stock and production and their relation to phytoplankton in the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 321-340
- Mann, U.** and **Stein, R.** (1997). Organic facies variations, source-rock potential, and sea-level changes in Cretaceous black shales of the Quebrada Ocal (Upper Magdalena Valley, Colombia). *AAPG Bulletin* 81: 556-576
- Marx B., **Diepenbroek M.**, Dodge C. and **Reinke M.** (1997). Providing map-driven access via the World Wide Web. In: Climate and environmental database systems (M. Lautenschlager, **M. Reinke**, eds.). Kluwer, Dordrecht: 127 -134
- Massom, R.A., Drinkwater, M.R. and **Haas, C.** (1997). Winter snow cover on sea ice in the Weddell Sea. *J. Geophys. Res.* 102/C1: 1101-1117
- Medlin, L.K.** and Simon, N. (1997). Phylogenetic analysis of marine phytoplankton. In: Molecular approaches of the study of the oceans (K.E. Cooksey, ed). Chapman and Hall, London: 161-186
- Medlin, L.K.**, **Kooistra, W.H.C.F.**, **Gersonde, R.**, Sims, P.A. and **Wellbrock, U.** (1997). Is the origin of diatoms related to the end-Permian mass extinction? *U. Geissler Festschrift Nova Hedwigia. Nova Hedwigia* 65: 1-11
- Medlin, L.K.**, **Kooistra, W.H.C.F.**, Potter, D., Saunders, G.W. and Andersen, R.A. (1997). Phylogenetic relationships of the 'golden algae' (haptophytes, heterokont chromophytes) and their plastids. In: The origin of the algae and their plastids. (D. Bhattacharya, ed.). *Plant Syst. Evol. (Suppl.)* 11: 187-219
- Mehrtens, G.** and Laturnus, F. (1997). Halogenating activity in an arctic population of brown macroalga *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. *Polar Res.* 16: 19-25
- Melles M.**, **Kulbe T.**, Verkulich S.R., Pushina Z.V. and **Hubberten H.-W.** (1997). Late Pleistocene and Holocene environmental history of Bunger Hills, East Antarctica, as revealed by fresh-water and epishelf lake sediments. In: The Antarctic region: Geological evolution and processes (C.A. Ricci, ed.). Terra Antarctica Publication, Siena: 809-820
- Miners, W.D., Hildebrand, A., **Gerland, S.**, Blindow, N. **Steinhage, D.** and Wolff, E.W. (1997). Forward modeling of the internal layers in radio echo sounding using electrical and density measurements from ice cores. *J. Physical Chem. B* 101 (32): 6201-6204
- Minnett, P.J., Bignami, F., Böhm, E., **Budéus, G.**, Galbraith, P.S., Gudmandsen, P., Hopkins, T.S., Ingram, R.G., Johnson, M.A. Niebauer, H.I., Ramseier, R.O. and **Schneider, W.** (1997). A summary of the formation and seasonal progression of the Northeast Water Polynya. *J. Mar. Syst.* 10: 79-85
- Müller, R., Crutzen, P.J., Groöß, J.-U., Brühl, C., Russell III, J.M., **Gernandt, H.**, McKenna, D.S. and Tuck, A.F. (1997). Severe chemical ozone loss in the Arctic during the winter of 1995-96. *Nature* 389: 709-710
- Nees, S., Altenbach, A. V., Kassens, H. and **Thiede, J.** (1997). High-resolution record of foraminiferal response to late Quaternary sea-ice retreat in the Norwegian Greenland Sea. *Geology* 25 (7): 659-662

## 9. Veröffentlichungen

- Niessen, F.** and Whittington, R.J. (1997). Typical sections along a transect of a fjord in East Greenland. In: Glaciated continental margins - an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 182-185
- Niessen, F.** and Whittington, R.J. (1997). Synsedimentary faulting in an East Greenland Fjord. In: Glaciated continental margins - an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 130-131
- Nitsche, F.O.** and **Gohl, K.** (1997). Sedimentation processes along the Bellingshausen Sea continental margin. *Terra Antarctica* 4 (1): 27-28
- Nitsche, F.O., Gohl, K.,** Vanneste, K. and **Miller, H.** (1997). Seismic expression of glacially deposited sequences in the Bellingshausen and Amundsen Seas, West Antarctica. In: *Geology and seismic stratigraphy of the Antarctic margin pt. 2.*, *Ant. Res. Ser.* 71: 95-108
- Noji, T.T., **Bathmann, U.V.,** Bodungen, B. v., Voss, M., Antia, A., Krumbholz, M., Klein, B., Peeken, I., Noji, C.I.-M. and Rey, F. (1997). Clearance of picoplankton-sized particles and formation of rapidly sinking aggregates by the pteropod, *Limacina retroversa*. *J. Plankton Res.* 19 (7): 863-875
- Notholt, J., Schütt, H.** and Keens, A. (1997). Solar absorption measurements of stratospheric OH in the UV with a fourier-transform spectrometer. *Appl. Optics* 36 (24): 6076-6082
- Notholt, J.,** Toon, G.C., **Lehmann, R.,** Sen, B. and Blavier, J.-F. (1997). Comparison of Arctic and Antarctic trace gas column abundances from ground-based Fourier transform infrared spectrometry. *J. Geophys. Res.* 102/D11: 12863-12869
- Notholt, J.,** Toon, G.C., Stordal, F., Solberg, S., Schmidbauer, N., **Becker, E., Meier, A.** and Sen, B. (1997). Seasonal variations of atmospheric trace gases in the high Arctic at 79°N. *J. Geophys. Res.* 102/D11: 12855-12861
- Oelke, C.** (1997). Atmospheric signatures in sea-ice concentration estimates from passive microwaves: modelled and observed. *Int. J. Remote Sensing* 18 (5): 1113-1136
- Ohlendorf, C., **Niessen, F.** and Weissert, H. (1997). Glacial varve thickness and 127 years of instrumental climate data: A comparison. *Climatic Change* 36: 391-411
- Pauer, F., Kipfstuhl, J.** and Kuhs, W.F. (1997). Raman spectroscopic and statistical studies on natural clathrates from the Greenland Ice Core Project ice core, and neutron diffraction studies on synthetic nitrogen clathrates. *J. Geophys. Res.* 102/C12, GISP2/GRIP spec. issue: 26519-26526
- Peters, A.F., Oppen, M.J.H. van, **Wiencke, C.,** Stam, W.T. and Olsen, J.L. (1997). Phylogeny and historical ecology of the Desmarestiaceae (Phaeophyceae) support a southern hemisphere origin. *J. Phycol.* 33: 294-309
- Piepenburg, D., Voß, J. and **Gutt, J.** (1997). Assemblages of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) and brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) in the Weddell Sea (Antarctica) and off Northeast Greenland (Arctic): a comparison of diversity and abundance. *Polar Biol.* 17: 305-322
- Pfirman, S., Colony, R., Nürnberg, D., **Eicken, H.** and Rigor, I. (1997). Reconstructing the origin and trajectory of drifting Arctic sea-ice. *J. Geophys. Res.* 102/C6: 12575 - 12586

- Pilardeaux, B.** (1997). Agrarian transformation in northern Pakistan and the political economy of highland-lowland interaction. In: Perspectives on history and change in the Karakorum, Hindukush, and Himalaya (I. Stellrecht, M. Wininger, eds.). Köppe, Köln: 43-57
- Pilardeaux, B.** (1997). Desertifikationsbekämpfung im Aufwind? - 1. Vertragsstaatenkonferenz der UNCCD. Nord-Süd aktuell 11 (4): 744-749
- Prange, M., Lohmann, G. and Gerdes, R.** (1997). Sensitivity of the thermohaline circulation for different climates - Investigations with a simple atmosphere-ocean model. J. Paleoclimates 2: 71-99
- Pusecker, K., Laatsch, H., **Helmke, E.** and **Weyland, H.** (1997). Dihydrophencomycin methyl ester, a new phenazine derivative from a marine *Streptomyces*. J. Antibiotics 50 (6): 479-483
- Queguiner, B., Treguer, P., Peeken, I. and **Scharek, R.** (1997). Biogeochemical dynamics and the silicon cycle in the Atlantic sector of the Southern Ocean during austral spring 1992. Deep-Sea Res. II 44 (1-2): 69-89
- Rachold, V., Eisenhauer, A., Hubberten, H.-W., Hansen, B. and Meyer, H.** (1997). Sr isotopic composition of suspended particulate material (SPM) of East Siberian Rivers: Sediment transport to the Arctic Ocean. Arctic and Alpine Res. 29 (4): 422-429
- Rau, G., **Riebesell, U.** and **Wolf-Gladrow, D.** (1997). CO<sub>2aq</sub>-dependent photosynthetic <sup>13</sup>C fractionation in the Ocean: A model versus observations. Global Biogeochem. Cycles 11 (2): 267-278
- Reinke M.** and Marx B. (1997). Polar data directory systems. In: Climate and environmental database systems (M. Lautenschlager, **M. Reinke**, eds.) Kluwer, Dordrecht: 189 - 197
- Reipschläger, A., Nilsson, G.E. and Pörtner, H.O.** (1997). A role for adenosine in metabolic depression in the marine invertebrate *Sipunculus nudus*. Am. J. Physiol. 272: R350-R356
- Rex, M., Harris, N.R., Gathen, P. von der, Lehmann, R., Braathen, G.O., Reimer, E., Beck, A., Chipperfield, M.P., Alfier, R., Allaart, M., O'Connor, F., Dier, H., Dorokhov, V., Fast, H., Gil, M., Kyrö, E., Litynska, Z., Mikkelsen, I.S., Molyneux, M., Nakane, H., Notholt, J., Rummukainen, M., Viatte, P. and Wenger, J.** (1997). Prolonged stratospheric ozone loss in the 1995/96 Arctic winter. Nature 389: 835-838
- Riemann, F.** and Sime-Ngando, T. (1997). Note on sea-ice nematodes (Monhysteroidea) from the Resolute Passage, Canadian High Arctic. Polar Biol. 18: 70-75
- Riemann-Zürneck, K.** (1997). *Anthosactis janmayeni* Danielssen, 1890, a rare high-arctic sea anemone. Polar Biol. 17: 487-491
- Riemann-Zürneck, K.** (1997). The deep-sea anemones *Bathypheilia margaritacea* and *Daontesia porcupina* sp. nov. with comments on the family Bathypheiliidae. J. mar. biol. Ass. U.K. 77: 361-374
- Riemann-Zürneck, K.** (1997). A hemisessile sea anemone from the Porcupine Abyssal Plain, North Atlantic Ocean: *Iosactis vagabunda* gen. nov., sp. nov. J. mar. biol. Ass. U.K.: 1011-1025
- Rijssel, M. van, **Hamm C.E.** and Gieskes, W.W.C. (1997). *Phaeocystis globosa* (Prymnesiophyceae) colonies: hollow structures built with small amounts of polysaccharides. Eur. J. Phycol. 32: 185-192

## 9. Veröffentlichungen

- Rinke, A., Dethloff, K.,** Christensen, J.H., Botzet, M. and Machenhauer, B. (1997). Simulation and validation of Arctic radiation and clouds in a regional climate model. *J. Geophys. Res.* 102/D25: 29833-29847
- Rinke, A., Dethloff, K.,** Radionov, V.F., Christensen, J.H., Botzet, M. and Machenhauer, B. (1997). Simulation of radiation and clouds with a regional climate model of the Arctic. In: *IRS '96: Current Problems in Atmospheric Radiation. Proc. of the Internat. Radiation Symposium, Fairbanks, Alaska, 1996* (W.L. Smith, K. Stamens, eds.). Deepak Publ., Hampton, Virginia, USA: 15-18
- Romanovskii, N.N., Gavrilov, A.V., Kholodov, A.L., **Hubberten, H.-W.** and Kassens, H. (1997). Reconstruction of Paleogeographic conditions on the Laptev Sea Shelf for Late Pleistocene-Holocene Glacioeustatic Cycle. *Kryosfera Zemli*, 1: 42-49 (in Russian).
- Rommet, J.W., Stoll, M.H.C., Koster, R.X. de, Bruin, T.F. de, Baar, H.J.W. de, **Bathmann, U.V.** and **Smetacek, V.** (1997): Deep-Sea Research II: CD-ROM Appendix. *Deep-Sea Research II* 44: 517
- Rosenberger, A., Oerter, H. and Miller, H.** (1997). Short range observations on Ekströmisen, Antarctica. *Polar - forschung* 65 (1): 1-14
- Rutgers van der Loeff, M.M.** and Boudreau, B.P. (1997). The effect of resuspension on chemical exchanges at the sediment-water interface in the deep sea - A modelling and natural radiotracer approach. *J. Mar. Syst.* 11: 305-342
- Rutgers van der Loeff, M.M., Friedrich, J. and Bathmann, U.V.** (1997). Carbon export during the spring bloom at the Antarctic Polar Front, determined with the natural tracer  $^{234}\text{Th}$ . *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 457-478
- Rutgers van der Loeff, M., Helters, E. and Kattner, G.** (1997). Continuous transects of cadmium, copper, and aluminium in surface waters of the Atlantic Ocean, 50°N to 50°S: Correspondence and contrast with nutrient-like behaviour. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61 (1): 47-61
- Sartoris, F.J. and Pörtner, H.O.** (1997). Increased concentrations of haemolymph  $\text{Mg}^{2+}$  protect intracellular pH and ATP levels during temperature stress and anoxia in the common shrimp *Crangon crangon*. *J. Exp. Biol.* 200: 785-792
- Sartoris, F.J. and Pörtner, H.O.** (1997). Temperature dependence of ionic and acid-base regulation in boreal and arctic *Crangon crangon* and *Pandalus borealis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 211: 69-83
- Schäfer, J., Schrems, O., Beyerle, G., Hofer, B., Mildner, W. and Theopold, F. A.** (1997). Shipborne measurements with a modular multi-purpose mobile lidar system for tropospheric and stratospheric aerosol observations. *SPIE Vol.* 3104: 265-273
- Scharek, R.,** Leeuwe, M.A. van and Baar, H.J.W. de (1997). Responses of Southern Ocean phytoplankton to the addition of trace metals. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 209-227
- Schauer, U.,** Muench, R.D., Rudels, B. and Timokhov, L. (1997). The impact of Eastern Arctic Shelf waters on the Nansen Basin intermediate layers. *J. Geophys. Res.* 102: 3371-3382

- Schellnhuber, H.-J., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lammel, G., Lass, W., Lienenkamp, R., **Loose, C.J.**, Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O., Petschel-Held, G., Plöchl, M. und Reusswig, F. (1997). Syndromes of global change. *GAIA* 6 (1): 19-34
- Schiebel, R., **Bijma, J.** and Hemleben, C. (1997). Population dynamics of the planktic foraminifer *Globigerina bulloides* from the eastern North Atlantic. *Deep-Sea Res.* 44 (9/10): 1701-1713
- Schlünzen K.H., Stahlschmidt T., Rebers A., Niemeier U., **Kriews M.** and Dannecker W. (1997). Atmospheric input of lead into the German Bight – a high resolution measurement and model case study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 156: 299-309
- Schmiedl, G.** and **Mackensen, A.** (1997). Late Quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: Evidence from benthic foraminifera. *Palaeogeography, -climatology, -ecology* 130: 43-80
- Schmiedl, G.**, **Mackensen, A.** and Müller, P.J. (1997). Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses. *Mar. Micropaleontol.* 32: 249-287
- Schneider, W.** and **Budéus, G.** (1997). A Note on Norske ø ice barrier (Northeast Greenland), viewed by Landsat 5 TM. *J. Mar. Syst.* 10: 99-106
- Schneider, W.** and **Budéus, G.** (1997). Summary of the Northeast Water Polynya formation and development (Greenland Sea). *J. Mar. Syst.* 10: 107-122
- Schriever, G., Ahnert, A., **Bluhm, H.**, **Borowski, C.** and **Thiel, H.** (1997). Results of the large scale deep-sea environmental impact study DISCOL during eight years of investigation. Proc. 7th Internat. Offshore and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, 1997: 438-444
- Schubert, C.J.** and **Stein, R.** (1997). Lipid distribution in surface sediments from the eastern central Arctic Ocean. *Mar. Geol.* 138: 11-25
- Schubert, C.J.**, **Nürnberg, D.**, **Scheele, N.**, **Pauer, F.** and **Kriews, M.** (1997). <sup>13</sup>C isotope depletion in ikaite crystals: evidence for methane release from the Siberian shelves? *Geomar. Lett.* 17: 169-174
- Seibold, E. und **Thiede, J.** (1997). Die Geschichte der Ozeane nach Tiefseebohrungen: Wissenschaftlich-technologischer Erfolg und Herausforderung an der Jahrhundertwende. *Akad. Wiss. Lit. Mainz Abh. Math-Naturwiss. Kl. 2*, Steiner, Stuttgart: 62 pp.
- Seiß, G.**, **Schröter, J.** and **Gouretski, V.** (1997). Assimilation of GEOSAT altimeter data into a quasigeostrophic model of the Antarctic Circumpolar Current. *Monthly Weather Rev.* 125: 1598-1614
- Simon, N.**, Brenner, J., Edvardsen, B. and **Medlin, L. K.** (1997). The identification of *Chrysochromulina* and *Prymnesium* species (Haptophyta, Prymnesiophyceae) using fluorescent or chemiluminescent oligonucleotide probes: a means for improving studies on toxic algae. *Eur. J. Phycol.* 32: 393-401
- Skoog, A., Thomas, D., Lara, R. and **Richter, K.-U.** (1997). Methodological investigations on DOC determinations by the HTCO method. *Mar. Chem.* 56: 39-44
- Smetacek, V.**, Baar, H.J.W. de, **Bathmann, U.V.**, **Lochte, K.** and **Rutgers van der Loeff, M.M.** (1997). Ecology and biogeochemistry of the Antarctic Circumpolar Current during austral spring: a summary of Southern Ocean JGOFS cruise ANT X/6 of R.V. *Polarstern*. *Deep-Sea Res. II* 44 (1-2): 1-21

## 9. Veröffentlichungen

- Smith, R.E.H., Gosselin, M., **Kattner, G.**, Legendre, L. and Pésant, S. (1997). Biosynthesis of macromolecular and lipid classes by phytoplankton in the Northeast Water Polynya. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 147: 231-242
- Smith, Jr. W., Gosselin, M., Legendre, L., Wallace, D., Daly, K. and **Kattner, G.** (1997). New production in the Northeast Water Polynya: 1993. *J. Mar. Syst.* 10: 199-209
- Socal, G., **Nöthig, E.-M.**, Bianchi, F., Boldrin, A. Mathot, S. and Rabitti, S. (1997). Phytoplankton and particulate matter at the Weddell/Scotia Confluence (47°W) in summer 1989, as a final step of a temporal succession (EPOS project). *Polar Biol.* 18: 1-9
- Solomon, S., Brasseur, G., Martin, S.T., **Rex, M.** and Sandilands, W. (1997). Polar Ozone. In: *The stratosphere and its role in the climate system* (G. Brasseur., ed.). Springer, Heidelberg: 253-259
- Soltwedel, T.** (1997). Meiobenthos distribution pattern in the tropical East Atlantic: indication for fractionated sedimentation of organic matter to the sea floor? *Mar. Biol.* 129 (4): 747-756
- Soltwedel, T.** (1997). Temporal variabilities in benthic activity and biomass on the western European continental margin. *Oceanol. Acta* 20 (6): 871-879
- Sommer, A., Klein, B.** and **Pörtner, H.O.** (1997). Temperature induced anaerobiosis in two populations of the polychaete worm *Arenicola marina*. *J. Comp. Physiol. B.* 167: 25-35
- Spielhagen, R.F., Bonani, G., Eisenhauer, A., Frank, M., Frederichs, T., Kassens, H., Kubik, P.W., Mangini, A., Nørgaard-Pedersen, N., Nowaczyk, N., Schäper, S., Stein, R., **Thiede, J.**, Tiedemann, R. and Wahsner, M. (1997). Arctic Ocean evidence for late Quaternary initiation of northern Eurasian sheets. *Geology* 25 (9): 783-786
- Studinger M., Kurinin R.G., Aleshkova N. and **Miller H.** (1997). Power spectra analysis of gravity data from the Weddell Sea embayment and adjacent areas. *Terra Antarctica* 4 (1): 23-26
- Thiede, J.** and Schäfer, P. (1997). Micropaleontology and paleoceanography of the northern North Atlantic Ocean: A foreword. In: *Contributions to the micropaleontology and paleoceanography of the Northern North Atlantic* (H.C. Hass, M.A. Kaminski, eds.). Grzybowski Foundation, Krakow, spec. publ. 5: VII-VIII
- Thiede, J., Nees, S., Schulz, H.** and Deckker, P. de (1997). Oceanic surface conditions recorded on the sea floor of the Southwest Pacific Ocean through the distribution of foraminifera and biogenic silica. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeogeogr.* 131 (3/4): 207-239
- Thiel, H.** (1997). Environmental protection of the deep sea: a challenge for engineers, scientists and politicians. *Proc. 7th Internat. Offshore and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, 1997:* 1-5
- Thiel, H.** and Rice, A.L. (1997). The environmental consequences of large-scale research in the Deep Ocean. *Proc. 7th Internat. Offshore and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, 1997:* 434-437
- Thorsteinsson, T., Kipfstuhl, J.** and **Miller, H.** (1997). Textures and fabrics in the GRIP ice core. *J. Geophys. Res.* 102/ C12, GISP2/GRIP spec. issue: 26583-26599
- Uenzelmann-Neben, G.** (1997). Structures in Scoresby Sund, East Greenland. In: *Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images* (T.A. Davies et al., eds.). Chapman & Hall, London: 38-39
- Uenzelmann-Neben, G., Spiess, V.** and Bleil, U. (1997). A seismic reconnaissance survey of the northern Congo Fan. *Mar. Geol.* 140: 283-306

- Vanneste, K. and **Uenzelmann-Neben, G.** (1997). Seismic account of ice-proximal sediments in a small glacial inlet: Vikingebugt, Central East Greenland. In: Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images (T.A. Davies et al., eds.). Chapman & Hall, London, Weinheim u.a.: 186-189
- Vanneste, K., Theilen, F. and **Miller, H.** (1997). Large-scale stratigraphy of major glacial deposits along the Polar North Atlantic margins. In: Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 268-271
- Veth, C., Peeken, I. and **Scharek, R.** (1997). Physical anatomy of fronts and surface waters in the ACC near the 6°W meridian during austral spring 1992. Deep-Sea Res. II 44 (1-2): 23-49
- Volbehr, U.** and **Rachor, E.** (1997): The association between the caprellid *Pariambus typicus* KRØYER (Crustacea, Amphipoda) and ophiuroids. Hydrobiologia 355 (V-VI): 71-76
- Wachter, B. De, **Sartoris, F.J.** and **Pörtner, H.O.** (1997). The anaerobic endproduct lactate has a behavioural and metabolic signal function in the shore crab *Carcinus maenas*. J. Exp. Biol. 200: 1015-1024
- Walsh, C.P., Bell, W., Gardiner, T., Swann, N., Woods, P., **Notholt, J.**, **Schütt, H.**, Galle, B., Arlander, W. and Mellqvist, J. (1997). An uncertainty budget for ground-based Fourier transform infrared column measurements of HCl, HF, N<sub>2</sub>O, and HNO<sub>3</sub> deduced from results of side-by-side instrument intercomparisons. J. Geophys. Res. 102: 8867-8873
- Wamser, C.**, Peters, G. and Lykossov, V.N. (1997). The frequency response of sonic anemometers. Boundary-Layer Meteorology 84: 231-246
- Wand, U.**, **Schwarz, G.**, Brüggemann, E. and Bräuer, K. (1997). Evidence for physical and chemical stratification in Lake Untersee (Central Dronning Maud Land, East Antarctica). Antarct. Sci. 9: 43-45
- Wang Zipan, **Dieckmann, G.** and Gradinger, R. (1997). Ecology of newly formed sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. I. Chlorophyll *a* and nutrients. Chinese J. Polar Sci. 8 (1): 18-26
- Ward, P., Atkinson, A., **Schnack-Schiel, S.B.** and Murray, A.W.A. (1997). Regional variation in the life cycle of *Rhincalanus gigas* (Copepoda: Calanoid) in the Atlantic sector of the Southern Ocean - re-examination of existing data (1928-1993). Mar. Ecol. Prog. Ser. 157: 261-275
- Watanabe, M., Iwasaka, Y., Hayashi, M., Nagatani, M., Nakada, H., Adachi, H., Fujiwara, M., **Gernandt, H.** and **Neuber, R.** (1997). Distribution of particulate sulfur in the winter Arctic stratosphere: Balloon-borne measurements of particle number concentration. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol. 11, Tokyo: 138-149
- Weber, M.E., **Niessen, F.**, **Kuhn, G.** and Wiedicke, M. (1997). Calibration and application of marine sedimentary physical properties using a multi-sensor core logger. Mar. Geol.: 151-172
- Wessel, S.**, Aoki, S., **Weller, R.**, **Herber, A.**, **Gernandt, H.** and **Schrems, O.** (1997). Aerosol and ozone observations in the polar troposphere at Spitsbergen in spring 1994. Atmospheric Res. 44: 175-189
- Weykam G.**, Thomas, D.N. and **Wiencke, C.** (1997). Growth and photosynthesis of the Antarctic red algae *Palmaria decipiens* (Palmariales) and *Iridaea cordata* (Gigartinales) during and following extended periods of darkness. Phycologia 36 (5): 395-405

## 9. Veröffentlichungen

- Whittington, R.J. and **Niessen, F.** (1997). A cross-section of a fjord debris flow. In: Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 128-129
- Whittington, R.J. and **Niessen, F.** (1997). Staircase rotational slides in an Ice Proximal Fjord Setting, East Greenland. In: Glaciated continental margins: an atlas of acoustic images (T. Davies et al., eds.). Chapman and Hall, London: 132-133
- Wolf-Gladrow, D.** and **Riebesell, U.** (1997). Diffusion and reactions in the vicinity of plankton: A refined model for inorganic carbon transport. *Mar. Chem.* 59: 17-34
- Woodgate, R.** and Killworth, P.D. (1997). The effects of assimilation on the physics of an ocean model. Pt. I: Theoretical model and barotropic results. *J. Atmosph. Oceanic Technol.* 14 (4): 897-909
- Woodgate, R.** (1997). The effects of assimilation on the physics of an ocean model. Pt. II: Baroclinic identical-twin experiments. *J. Atmosph. Oceanic Technol.* 14 (4): 910-924
- Zielinski, S.** and **Pörtner, H.O.** (1997). Energy metabolism and ATP free-energy change of the intertidal worm *Sipunculus nudus* below a critical temperature. *J. Comp. Physiol.* 166: 492-500
- Zielinski, U.** (1997). Parmales species (siliceous marine nanoplankton) in surface sediments of the Weddell Sea, Southern Ocean: indicators for sea ice environment? *Mar. Micropaleontol.* 32: 387-395
- Zielinski, U.** and **Gersonde, R.** (1997). Diatom distribution in Southern Ocean surface sediments (Atlantic sector): Implications for paleoenvironmental reconstructions. *Palaeogeography, -climatology, -ecology* 129: 213-250
- nicht begutachtet:
- Abegg, C., Dethloff, K., Rinke, A.** and Romanov, V. (1997). Influence of planetary boundary layer parameterization on Arctic climate simulations. ACSYS Conference on Polar Processes and Global Climate, WMO/ICSU/IOC World Climate Research Programme (WCPR), Proc.: 1-3
- Abegg, C., Dethloff, K., Rinke, A.** and Romanov, V. (1997). Untersuchungen zur Parameterisierung der planetaren Grenzschicht der Arktis. *Ann. Meteorol.* 34: 163-164
- Barnard, S., Barnier, B., **Beckmann, A.**, Böning, C.W., Coulibaly, M., Cuevas, D.A. De, Dengg, J., Dieterich, Ch., Ernst, U., Herrmann, P., Killworth, P.D., Kröger, J., Lee, M.-M., Provost, C. Le, Molines, J.-M., New, A.L., Oschlies, A., Reynaud, T., West, L.J. and Willebrand, J. (1997). DYNAMO - Dynamics of North Atlantic Models: Simulation and assimilation with high resolution models. *Berichte Inst. f. Meereskunde Kiel* 294: 333 pp.
- Bathmann, U.** (1997): Southern Ocean JGOFS-Phase II. In: Bericht über den 5. JGOFS-Workshop 27./28. November 1996 in Bremen. (M. Giese, G. Wefer, eds.) *Ber. FB Geowiss., Univ. Bremen* 89: 14-15
- Becker, E.** and **Notholt, J.** (1997). Ground based FTIR-emission spectroscopy of the polar atmosphere in the wintertime. *Proc. of the European Symposium on Environmental Sensing II (EnviroSense '97)*, Fairgrounds: 154

- Beyerle, G., Schäfer, H.-J., Neuber, R., Rairoux, P., Schrems, O.** and McDermid, I.S. (1997). Dual wavelength Raman lidar observations of tropical cirrus clouds during the ALBATROSS campaign 1996. In: Optical Remote Sensing of the Atmosphere, Optical Society of America, Washington DC, OSA Technical Digest Series 5: PDP4-2
- Biele, J., Neuber, R., Beninga, I., Gathen, P. von der, Stebel, K. and Schrems, O.** (1997). The evolution of polar stratospheric clouds above Spitsbergen. *J. Aerosol Sci.* 28, Suppl.1: 423-424
- Biermann, F.** (1997). Umweltvölkerrecht: Eine Einführung in den Wandel völkerrechtlicher Konzeptionen zur Weltumweltpolitik. WZB-discussion, WZB, Berlin. Paper FS II 97-402
- Biermann, F.** (1997). Institutionenlernen: Das Beispiel des Ozon-Fonds. In: Jahrbuch Ökologie 1998 (G. Altner, B. Mettler-von Meibom, U.E. Simonis, E.U. von Weizsäcker, Hrsg.). Beck, München: 68-74
- Bluhm, H.** (1997). Megafauna as indicators for the recolonization of abyssal areas impacted by physical disturbances. Proc. Internat. Symposium on Environmental Studies for Deep-sea Mining, Metal Mining Agency of Japan, Tokyo, 1997: 211-221
- Böckmann, Ch., **Biele, J., Neuber, R.** and Niebsch, J. (1997). Retrieval of Multimodal aerosol size distribution by inversion of multiwavelength data. *SPIE* vol. 3104: 27-38
- Dethloff, K., Rinke, A., Hebestadt, I.,** Christensen, J. H., Botzet, M. and Machenhauer, B. (1997). High resolution climate simulations over the Arctic with special emphasis on Spitsbergen. Proc. Third NySMAC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 157-160
- Dethloff, K., Rinke, A., Hebestadt, I.,** Christensen, J. H., Botzet, M. and Machenhauer, B. (1997). High resolution climate simulations over the Arctic and its sensitivity to physical parameterizations: Proc. First SPARC General Assembly, Stratospheric Processes and their Role in Climate (SPARC), WMO/TD-NO. 814, Vol. I: 31-34
- Diepenbroek M., Grobe H. and Reinke, M.** (1997) PANGAEA- Ein Informationssystem für die Meeresforschung, DGM-Mitteilungen 1-2/1997: 94-96
- Dietrich, R., Dach, R., **Schenke, H.W., Schöne, T.,** Pohl, M., Soltau, G., Engelhardt, G., Mikolajski, H.-W., Seeber, G., Menge, F., Niemeier, W., Salbach, H., Lindner, K. and Mayer, M. (1997). The SCAR 95 GPS Campaign: Objectives, data analysis and final solution. In: The Geodetic Antarctic Project GAP95-German Contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign (R. Dietrich, ed.), München: DGK, B Nr. 304: 9-14
- Foell, E.J., **Bluhm, H., Borowski, C., Thiel, H.,** Ahnert, A. and Schriever, G. (1997). German environmental risk assessments in the Southeastern Pacific Peru Basin: DISCOL revisited. 29th Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas. OTC Paper 8345: 549-566
- Fuentes, U.** und Heimann, D. (1997). Weiterentwicklung der statistisch-dynamischen Regionalisierung. *Ann. Met.* 34. :141-142

## 9. Veröffentlichungen

- Gathen, P. von der, Gernandt, H. Neuber, R. and Rex, M.** (1997). Ozone deficits in the lower and middle stratosphere of the Arctic Polar Vortex. In: Atmospheric Research in Ny-Ålesund, Proc. Third NySMaC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 65
- Gerland, S., Sammonds, P. and **Oerter, H.** (1997). Indentation testing on ice from the Filchner Ronne Ice shelf area, Antarctica: preliminary results. Filchner-Ronne Ice Shelf Report 11: 18-12
- Gernandt, H.** (1997). Network for detection of stratospheric change (NDSC) - Steering Committee Meeting. Ny-Ålesund Newsletter, 2nd ed., November: 2
- Gernandt, H.** (1997). The Koldewey-Station in Ny-Ålesund - Contributions to atmospheric studies in the Arctic. Proc. Third NySMaC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 23-26
- Gernandt, H., Dethloff, K., Gathen, P. von der,** Kurganski, M.V., Pisnichenko, I.A. and Kaneto, S. (1997). Dynamical forcing of the interannual variability of polar stratospheric ozone. Proc. First SPARC General Assembly, Stratospheric Processes and their Role in Climate (SPARC), WMO/TD-NO. 814, Vol. I: 193-196
- Gersonde, R.** (1997). Kosmische Bombe im Südpolarmeer. HGF-Jahresheft: 37 - 39
- Graf, W., **Minikin, A., Oerter, H.,** Mulvaney, R. and Wagenbach D. (1997). Preliminary results from isotopic and chemical investigations on the 182 m ice core B25 from the southern dome of Berkner Island. Filchner-Ronne Ice Shelf Report 11: 13-18
- Hanelt, D.** (1997). Mit dem neuen Diving-Pam in arktischen und südlichen Gewässern. Walz News 7: 1
- Henne, G. und **Loose, C.J.** (1997). Gutes Geld für Grünes Gold? In: Jahrbuch Ökologie 1998 (G. Altner, B. Mettler-von Meibom, U.E. Simonis, E.U. von Weizsäcker, Hrsg.). München: Beck: 94-105
- Herber, H., Debatin, S., Graeser, J.,** Schulz, K.H., Naebert, A., Alekseeva, G. and **Gernandt, H.** (1997). Measurements of the spectral optical depth of aerosol with moon and star light during polar night 1994/95 and 1995/96 in Ny-Ålesund, Spitsbergen. Proc. IRS'96: Current Problems in Atmospheric Radiation (W. Smith, K. Stamnes, eds.): 19-22
- Hinrichs, K.-U., Rinna, J., Rullkötter, J. and **Stein, R.** (1997). A 160 kyr record of alkenone-derived sea-surface temperatures from Santa Barbara Basin sediments. Naturwiss. 84: 126-128
- Kassens, H., **Thiede, J. and Hubberten, H.-W.** (1997). Russisch-deutsche Zusammenarbeit in der sibirischen Arktis: Ein bilaterales Projekt zur Klimaforschung. Wechselwirkung Naturwissenschaft, Technik, Gesellschaft, Philosophie, April 97: 49-53
- Kleefeld, C. and Schrems, O.** (1997). Distribution of dimethylsulfide in the boundary layer at Spitsbergen. In: Atmospheric Research in Ny-Ålesund, Proc. Third NySMaC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 169-172

- König-Langlo, G.** and **Herber, A.** (1997). Bipolar intercomparison of surface radiation fluxes. In: Atmospheric Research in Ny Ålesund, Proc. Third NySMAC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 53-59
- Kriews M., Ebbeler, A.** and **Schrems, O.** (1997). Measurements of heavy metals and ions in precipitation at Spitsbergen. In: Atmospheric Research in Ny-Ålesund, Proc. Third NySMAC Meeting (I. Floisand, **H. Gernandt**, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 173-176
- Kristoffersen, Y., Buravtsev, V., **Jokat, W.** and Poselov, V. (1997). Seismic reflection surveys during Arctic Ocean - 96. In: Cruise report, Polarforsknings-sekretariatets årsbok 1995/96, Stockholm: 75-77
- Mayer, C.** (1997): Ice dynamics across the grounding line: a two dimensional flow model. Filchner-Ronne Ice Shelf Report 11: 42-46
- Mutschke, E., Ríos, C., Hromic, T., **Gorny, M.**, Montiel, A., **Rauschert, M.** and **Gerdes, D.** (1997). Estudios bentónicos en fiordos y canales de los campos de hielo sur (45° - 53°S). Resúmenes ampliados (Comité Oceanográfico Nacional, ed): 91-98
- Neuber, R.** (with contributions from the participants) (1997). The European stratospheric monitoring stations in the Arctic II (ESMOS/Arctic II). Annual Report: 58 pp.
- Neuer, S. et al., **Ohm, K., Plugge, R.** (1997). Report and preliminary results of „Victor Hensen“ cruise 96/1. Ber. Fachbereich Geowiss., Uni Bremen, 96: 76 pp.
- Niehoff, B.** and **Hirche, H.J.** (1997). The reproduction of *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea in spring. ICES C.M. 1997/T52
- Nixdorf, U., Lambrecht, A.** and **Steinhage, D.** (1997): Geophysical-glaciological investigations in the grounding zone area of the Ekström Ice Shelf. Filchner-Ronne Ice Shelf Report 11: 51-54
- Notholt, J., Schütt, H.,** Keens, A. and **Schrems, O.** (1997). Solar absorption measurements of stratospheric OH in the UV with a Fourier Transform Spectrometer. In: Fourier Transform Spectroscopy, OSA Conference Edition. Technical Digest Series Vol. 3: 4 pp.
- Oerter, H.,** Graf, W. and Schlosser, E. (1997) : Stable isotope contents of near surface firn from Neumayer base towards Dronning Maud Land, Antarctica. Filchner-Ronne Ice Shelf Report 11: 56-64
- Orths, A., **Schöne, T., Schenke, H. W.** and Udintsev, G. (1997). Detailed bathymetric charting of fracture zones. In: The Geodetic Antarctic Project GAP95 – German contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign (R. Dietrich, ed.). München: DGK, B Nr. 304: 109-114
- Pilardeaux, B.** (1997). Globale Wasserpolitik für den Blauen Planeten - Neues Jahrgutachten des Rio-Rates. Wasser und Boden 49. Jg., Sept.: 5-6
- Pörtner, H.O.** (1997). Oxygen limitation of metabolism and performance in pelagic squid. In: The responses of marine organisms to their environments. Proc. 30th European Marine Biology Symposium (L.E. Hawkins, S. Hutchinson, with A.C. Jensen, M. Shearer, J.A. Williams, eds.). University of Southampton, Chichester: RPM Reprographics: 45-56

## 9. Veröffentlichungen

- Pohl, M. and **Schenke, H.W.** (1997). Precise baseline determination using GAMIT/GLOBK Software. In: The Geodetic Antarctic Project GAP95 – German contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign (R. Dietrich, ed.), München: DGK, B Nr. 304: 29-36
- Reinke M.** (1997). Datenhaltungskonzepte am Alfred-Wegener-Institut. DGM-Mitteilungen 1-2/1997: 66-69
- Reipschläger, A., Nilsson, G.E. and Pörtner, H.O.** (1997). Adenosine is a mediator of metabolic depression in the marine worm *Sipunculus nudus*. Am. J. Physiol. 272: R350-R356
- Rinke, A., Dethloff, K., Christensen, J.H., Botzet, M. and Machenhauer, B.** (1997). High resolution regional climate simulation over the Arctic. ACSYS Conference on Polar Processes and Global Climate, WMO/ICSU/IOC World Climate Research Programme (WCPR), Proc.: 189-191
- Rinke, A. and Dethloff, K.** (1997). Regional hochaufgelöste Simulationen der Arktis. Ann. Meteorol. 34: 165-166
- Ríos, C. and **Gerdes, D.** (1997). Ensamble bentónico epifaunístico de un campo intermareal de bloques y cantos en Bahía Laredo, Estrecho de Magallanes. Anales del Instituto de la Patagonia 26: 15 pp.
- Rudels B., Muench, R.D., Gunn, J. and **Schauer, U.** (1997). The Arctic Ocean north of the Siberian Shelves: Basin exchanges, slope convection and intermediate and deep water characteristics. Proc. of the Conference on Polar Processes and Global Climate, Rosario, 1997. ACSYS Office, Oslo: 217-219
- Rudels B., **Schauer U.** and Muench, R.D. (1997). Deep saline mixed layer and temporal variations in the Eurasian Basin Water Column. Proc. of the Conference on Polar Processes and Global Climate, Rosario, USA, 1997. ACSYS Office, Oslo: 220-222
- Schauer, U., Rudels, B., Loeng, H., Jones, P., Muench, R., Swift, J. and Björk, G.** (1997). Barents Sea water input to the Eurasian Basin through St. Anna Trough. Proc. of the Conference on Polar Processes and Global Climate, Rosario, USA, 1997. ACSYS Office, Oslo: 233-235
- Schauer, U. and Fahrbach, E.** (1997). Interannual variability of a dense bottom water plume in the western Barents Sea. Proc. of the Conference on Polar Processes and Global Climate, Rosario, USA, 1997. ACSYS Office, Oslo: 236-238
- Schöne, T., Orths, A. and Schenke, H.W.** (1997). The gravity field in the Southern Atlantic Ocean. In: The Geodetic Antarctic Project GAP95 – German Contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign (R. Dietrich, ed.), München: DGK, B Nr. 304: 115-119
- Schöne, T., Orths, A. and Schenke, H.W.** (1997). Tide gauge measurements, a contribution to the Vertical Datum Unification. In: The Geodetic Antarctic Project GAP95 – German Contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign (R. Dietrich, ed.), München: DGK, B Nr. 304: 121-123
- Schrems, O., Stebel, K. and Neuber, R.** (1997). The evolution of polar stratospheric clouds above Ny-Ålesund. In: Atmospheric research in Ny-Ålesund, Proc. Third NySMAC Meeting (I. Floisand, H. Gernandt, E. Stoltz-Larsen, F. Stordahl, M. Wada, eds.). NILU Report OR 19/97: 67-70
- Schrems, O.** (with contributions from principal investigators) (1997). The NDSC-Station Ny-Ålesund: Annual Report 1997: 20 pp.

- Schrems, O.**, (with contributions from contractors) (1997). Laboratory studies and modelling of heterogeneous chemistry in the stratosphere. Annual Report of the EU-funded LAMOCS project: 60 pp.
- Schriever, G., Ahnert, A., **Borowski, C.** and **Thiel H.** (1997). Results of the large scale deep-sea environmental impact study DISCOL during eight years of investigation. Metal Mining Agency of Japan, Tokyo: 197-208
- Spieß, V., Bleil, U., Hilgenfeldt, C., **Hübscher, C.**, Janke, A., Lom-Keil, H. von, Martens, H., Rosiak, U., Schneider, R., **Uenzelmann-Neben, G.** and Zühlsdorff, L. (1997). ODP Pre-Site Survey in the Cape Basin. In: Geo Bremen South Atlantic 1996 (G. Wefer, U. Bleil, H. Schulz, G. Fischer, eds.). Cruise No. 34, 3 Jan - 18 Febr. 1996, Vol. 1. METEOR Berichte, Universität Hamburg 97-1: 26-95
- Tan, T. L.** (1997). Biolog metabolic fingerprints for clustering marine oligotrophic bacteria from polar regions. In: Microbial Communities: Functional versus structural approaches (H. Insam, A. Rangger, eds.). Springer, Berlin:161-170
- Thiede, J.** (1997). METEOR Reise M2/2, Trondheim-Bremerhaven, 3.7.-17.7.1986. In: 10 Jahre Forschungsschiff METEOR (1986-1996): Dokumentation der Fahrten M0 - M34 (G. Wefer, Hrsg.). Leitstelle Meteor, Inst. f. Meereskde., Universität Hamburg, vol. 1: 8-15
- Thiede, J.** (1997). METEOR Reise M7/5, Akureyi-Hamburg, 7.9.-27.9.1988: Wissenschaftliche Perspektiven für die METEOR Reise M7 in das Europäische Nordmeer. In: 10 Jahre Forschungsschiff METEOR (1986-1996): Dokumentation der Fahrten M0 - M34 (G. Wefer, Hrsg.). Leitstelle Meteor, Inst. f. Meereskde., Universität Hamburg, vol. 1: 129-135
- Weigelt, E.** and **Jokat, W.** (1997). Seismic profiles across the Lomonosov and Gakkel ridges. In: Arctic ridges: Results and planning, Workshop report, Interridge: 52-55
- Weisheimer, A., Dethloff, K., Rinke, A.,** Kurgansky, M. und Hupfer, P. (1997). Zur niederfrequenten Variabilität der Atmosphäre in einem Low-Order-Modell. Ann. Meteorol. 34: 13-14
- Wiencke, C.** (1997). Ein Institutsporträt. Meeresbotanische Forschung am Alfred-Wegener-Institut (AWI), Bremerhaven. Bot. Acta N19-N20

## I. Personal

(Stand 31. Dezember 1997)

### Direktorium

Thiede, Prof. Dr. Jörn  
Paulenz, Dr. Rainer  
Kunsch, Brunhilde  
Mahnkopf, Sigrid

### Wissenschaftlicher Bereich

#### Biologie I

Alheit, Ruth  
Arntz, Prof. Dr. Wolf  
Barwich, Elke  
Beyer, Kerstin  
Bischof, Kai  
Bluhm, Bodil  
Bock, Dr. Christian  
Bornemann, Dr. Horst  
Brey, Dr. Thomas  
Buchner, Tanja  
Buschmann, Alexander  
Deubel, Hendrik  
Dijk, Dr. Peter van  
Drebing, Wolfgang  
Frederich, Markus  
Gatti, Susanne  
Goerke, Dr. Helmut  
Gutt, Dr. Julian  
Hanelt, Dr. Dieter  
Hardewig, Dr. Iris  
Hirche, Dr. Hans-Jürgen  
Hirse, Timo  
Hoppmann, Ingeborg  
Iken, Dr. Katrin  
Jänicke, Annette  
Kierspel, Mandy  
Klages, Dr. Michael  
Klein, Boris  
Knust, Dr. Rainer  
Mudersbach, Helga  
Mühlebach, Anneke  
Müller, Annegret  
Muyakschin, Dr. Sergej  
Niehoff, Dr. Barbara  
Pichler-Dieckmann, Claudia  
Pinz, Ilka  
Plötz, Dr. Joachim  
Poltermann, Dr. Michael  
Pörtner, Prof. Dr. H.-O.

Rachor, Dr. Eike  
Ramdohr, Sven  
Sawall, Thomas  
Scherzinger, Till  
Schiel, Dr. Sigrid  
Schönfeld, Jutta  
Sommer, Angela  
Starmans, Dr. Andreas  
Steinmetz, Richard  
Strohscher, Birgit  
Thomzik, Renate  
Ulleweit, Jens  
Weber, Dr. Kurt  
Wiencke, Dr. Christian  
Wittig, Rolf-Marcus  
Zielinski, Susanne  
Zondervan, Ingrid  
*Davon werden 9 Beschäfti-  
gungsverhältnisse  
aus Drittmitteln finanziert*

#### Biologie II

Albers, Carola  
Allhusen, Erika  
Amon, Dr. Rainer  
Ashen, Jon B.  
Bathmann, Dr. Ulrich  
Bracher, Astrid  
Brinkmeyer, Robin Lynne  
Bussmann, Dr. Ingeborg  
Crawford, Dr. Richard  
Dauelsberg, Anke  
Detmer, Dr. Andrea  
Dieckmann, Dr. Gerhard  
Dijkman, Nicole  
Dubischar, Corinna  
Dutz, Jörg  
Ehrich, Christa  
Engbrodt, Ralph  
Fitznar, Hans Peter  
Flügge, Dr. Armin  
Graeve, Dr. Martin  
Grahl, Claudia  
Günther, Sven  
Hartmann, Carmen  
Helmke, Dr. Elisabeth  
Hense, Inga  
Hinz, Friedel  
Jürgens, Jutta  
Kattner, Dr. Gerhard  
Köhler, Gertrud

Koschinski, Peter  
Kroon, Dr. Bernd  
Lange, Martin  
Langreder, Christina  
Lobbes, Jörg  
Lorenzen, Christiane  
Lücker, Marianne  
Lukait, Ingrid  
Mädler, Annegret  
Medlin, Dr. Linda  
Nöthig, Dr. Eva-Maria  
Pahlow, Markus  
Richter, Klaus-Uwe  
Riebesell, Dr. Ulf  
Riemann, Dr. Franz  
Röttgers, Rüdiger  
Rüger, Dr. Hans-Jürgen  
Schaumann, Dr. Karsten  
Schwarz, Helga  
Smetacek, Prof. Dr. Victor  
Stürcken-Rodewald, Martha  
Sündermann, Marika  
Tan, Dr. Tjhing-Lok  
Wellbrock, Ursula  
*Davon werden 5 Beschäfti-  
gungsverhältnisse  
aus Drittmitteln finanziert.*

#### Geologie

Abelmann-Gersonde,  
Dr. Andrea  
Becquey, Dr. Sabine  
Bock, Ute  
Boucsein, Bettina  
Brathauer, Uta  
Cordelair, Ruth  
Damm, Dr. Ellen  
Diekmann, Dr. Bernhard  
Dijkstra, Semme Josua  
Fahl, Dr. Kirsten  
Fröhlking, Rita  
Fütterer, Prof. Dr. Dieter  
Geibert, Walter  
Gersonde, Dr. Rainer  
Grobe, Dr. Hannes  
Hanfland, Claudia  
Hefter, Dr. Jens  
Hicken-Edor, Renate  
Hillenbrand, Claus-Dieter  
Höltzen, Heike  
Ilsemann, Sabine

Janisch, Silvia  
Klappstein, Inge  
Kleiber, Hans Peter  
Knies, Jochen  
Kuhn, Dr. Gerhard  
Kühn, Michael  
Lensch, Norbert  
Mackensen, Dr. Andreas  
Maibaum, Axel  
Matthießen, Dr. Jens  
Meyer, Günter  
Müller, Claudia  
Niederjasper, Fred  
Pohl, Mario  
Porthun, Carsten  
Rhodes, Helga  
Rutgers v. d. Loeff, Dr. Michael  
Schenke, Dr. Hans-Werner  
Schlitzer, Dr. Reiner  
Schöne, Tilo  
Schoster, Frank  
Schumacher, Stefanie  
Seebeck, Michael  
Siebold, Martina  
Sieger, Dr. Rainer  
Stein, Dr. Rüdiger  
Steinhage, Daniel  
Traue, Gaby  
Usbeck, Regina  
Warnkroß, Marianne  
Zielinski, Dr. Ulrich  
*Davon werden 20 Beschäfti-  
gungsverhältnisse  
aus Drittmitteln finanziert.*

#### Geophysik

Beichert, Dr. Peter  
Bluszcz, Thaddäus  
Boebel, Tobias  
Eckstaller, Dr. Alfons  
Frenzel, Andreas  
Gaw, Viola  
Haas, Dr. Christian  
Hoffmann, Christel  
Hofmann, Jörg  
Jacobi, Dr. Hans-Werner  
Jaeschke, Andrea  
Jokat, Dr. Wilfried  
Jung-Rothenhäusler, Friedrich  
Kipfstuhl, Dr. Josef  
Kölm, Jennifer

Kriews, Dr. Michael  
 Lambrecht, Astrid  
 Le Meur, Dr. Emmanuel  
 Martens, Hartmut  
 Mayer, Christoph  
 Meyer, Dr. Uwe  
 Miller, Prof. Dr. Heinrich  
 Minikin, Dr. Andreas  
 Müller, Christian  
 Niessen, Dr. Frank  
 Nixdorf, Dr. Uwe  
 Oerter, Dr. Hans  
 Rogenhagen, Johannes  
 Schlindwein, Vera  
 Schrems, Prof. Dr. Otto  
 Schwager, Matthias  
 Stölting, Ilsetraut  
 Studinger, Michael  
 Thorsteinsson, Thorsteinn  
 Uenzelmann-Neben,  
 Dr. Gabriele  
 Unverricht, Sieglinde  
 Viehoff, Eva  
 Walter, Hans-Jürgen  
 Weigel, Ursula  
 Weller, Dr. Rolf  
 Wilhelms, Frank  
*Davon werden 11 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **Meeresphysik**

Baranski, Stanislaw  
 Bochert, Axel  
 Budéus, Dr. Gereon  
 Cisewski, Boris  
 Damm, Michael  
 Dieck, Wolfgang  
 Gerdes, Dr. Dieter  
 Groß, Dr. Christian  
 Krause, Prof. Dr. Gunther  
 Ohm, Klaus  
 Plugge, Rainer  
 Schneider, Dr. Wolfgang  
 Tibcken, Michael  
 Tüg, Dr. Helmut  
*Davon werden 3 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **Physik I**

Augstein, Prof. Dr. Ernst  
 Cohrs, Wolfgang  
 Eicken, Dr. Hajo  
 Fahrbach, Dr. Eberhard  
 Fischer, Dr. Holger  
 Fischer, Haika  
 Freese, Dietmar  
 Freitag, Johannes  
 Frische, Dr. Andrea  
 Garbrecht, Thomas  
 Harms, Dr. Sabine  
 Hartmann, Dr. Jörg  
 Klüver, Hella  
 König-Langlo, Dr. Gert  
 Kreyscher, Martin  
 Liu, Dr. Quanhua  
 Loose, Bernd  
 Lopez, Simon  
 Lüpkes, Dr. Christof  
 Martin, Dr. Thomas  
 Meyer, Ralf  
 Mironov, Dr. Dimitrii  
 Rätzer, Harald  
 Rohardt, Gerd  
 Roth, Peter  
 Schauer, Dr. Ursula  
 Schröder, Dr. Michael  
 Schütt, Ekkehard  
 Schwake, Cornelia  
 Siemer, Dr. Andreas  
 Strass, Dr. Volker-H.  
 Timmermann, Ralph  
 Valero-Delgado, Fernando  
 Wamser, Dr. Christian  
 Wisotzki, Andreas  
 Witte, Hannelore  
 Woodgate, Dr. Rebecca  
*Davon werden 11 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **Physik II**

Beckmann, Dr. Aike  
 Birnbaum, Gerit  
 Böning, Prof. Dr. Claus  
 Borth, Hartmut  
 Brix, Holger  
 Dengg, Dr. Joachim  
 Dieterich, Christian  
 Dobrindt, Uwe

Fieg, Dr. Kerstin  
 Gerdes, Dr. Rüdiger  
 Grosfeld, Dr. Klaus  
 Gryanik, Dr. Vladimir  
 Hellmer, Dr. Hartmut  
 Köberle, Cornelia  
 Losch, Martin  
 Meissner, Katrin-Juliane  
 Nechaev, Dr. Dmitri  
 Olbers, Prof. Dr. Dirk  
 Prange, Matthias  
 Schodlok, Michael  
 Schröter, Dr. Jens  
 Sloyan, Dr. Bernadette  
 Völker, Christoph  
 Warncke, Torsten  
 Wenzel, Dr. Manfred  
 Wolf-Gladrow, Dr. Dieter  
 Zeebe, Richard  
*Davon werden 2 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **Tiefseeforschung**

Baumgarn, Sylvia  
 Bluhm, Dr. Hartmut  
 Roth, Peter  
 Borowski, Christian  
 Bremer, Renate  
 Jeskulke, Karen  
 Pappert, Anja  
 Roth, Peter  
 Sablotny, Burkhard  
 Siebert, Evelin  
 Soltwedel, Dr. Thomas  
 Thiel, Prof. Dr. Hjalmar  
 Vopel, Kay  
*Davon werden 7 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **HGF**

Fleischmann, Dr. Klaus

#### **Geschäftsstelle des Wissen- schaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltver- änderungen (WBGU)**

Schulz-Baldes,  
 Prof. Dr. Meinhard  
 Biermann, Frank  
 Fuentes Hutfilter, Ursula

Liebert, Ursula  
 Loose, Dr. Carsten  
 Pilardeaux, Dr. Benno  
 Schneider-Kremer, Martina

#### **Persönliche Assistenten der Beiratsmitglieder**

Block, Dr. Arthur  
 Busch, Gerald  
 Hecht, Dr. Dieter  
 Lee, Leo-Felix  
 Mumm, Dr. Heike  
 Mund, Martina  
 Pahl, Thilo

#### **Logistik**

Ahammer, Heinz  
 Chiaventone, Birgit  
 Drücker, Cord  
 El Naggar, Dr. Saad El Dine  
 Janneck, Jürgen  
 Krause, Dr. Reinhard A.  
 Kuhlmann-Treu, Beate  
 Malitz, Gerhard  
 Meyer, Mathias  
 Müller, Norbert  
 Nolting, Michael  
 Weippert, Ewald  
 Weynand, Markus  
 Witt, Ralf  
 Wohltmann, Holger  
 Worriescheck, Klaus  
 Ziffer, Albert  
*Davon werden 0,5 Beschäfti-  
 gungsverhältnisse  
 aus Drittmitteln finanziert.*

#### **Verwaltung**

Audebert, Catherine  
 Bohling, Michaela  
 Davidis, Edith  
 Feuster, Astrid  
 Fröhlich, Kirsten  
 Geffken, Kerstin  
 Gerken, Birgit  
 Gruberbauer-Kaschek, Monika  
 Hornke, Rudolf  
 Huckemeyer, Swenja  
 Janßen, Jürgen  
 Kalina, Marion  
 Kappmeier, Angela  
 Karic-Fazlic, Vesna

Kohnke, Christina  
Krämer, Alexandra  
Kück, Liane  
Künker, Jutta  
Meinardus, Beate  
Mühlstädt, Dorothee  
Müller, Heino  
Müller, Renate  
Niess, Barbara  
Onken, Heike  
Plenge, Helmut  
Pleyn, Dieter  
Ritsch, Elke  
Siegmond, Ralf  
Stern, Martina  
Witt, Silke  
Wittke, Erich  
*Davon werden 2,5 Beschäftigungsverhältnisse aus Drittmitteln finanziert.*

**Allgemeine Dienste**

Böge, Richard  
Bütecke, Uwe  
Dunker, Erich  
Ferber, Thorsten  
Göcke, Elke  
Goebel, Ursula  
Janßen, Else  
Laboda, Reinhold  
Mante, Dieter  
Pollnick, Lothar  
Praš, Antje  
Rastedt, Günter  
Senkbeil, Elna  
Sibberns, Reinhard  
Siebelts, Hannelore  
Weidmann, Eva  
Zasowski, Bärbel

**Zentrale Dienste**

Behrens, Dr. Jörn  
Burhop, Dörte  
Dahm-Brey, Dr. Corinna  
Dalsager-Bochert, Sanne  
Fritzsche, Dr. Bernadette  
Gerchow, Peter  
Göbel, Dr. Udo  
Gomez, Michael-John  
Heudecker, Dr. Olaf R.

Hiller, Dr. Wolfgang  
Kosinski, Jörg  
Krause-Babst, Hans  
Laetsch, Brigitte  
Liegmahl-Pieper, Dr. Herbert  
Makedanz, Siegfried  
Marx, Beate  
Pauls, Margarete  
Peters, Nicole  
Pfeiffenberger, Dr. Hans  
Rakowsky, Natalja  
Reinke, Dr. Manfred  
Sbresny, Regine  
Schlüter, Jens-Michael  
Siems, Uwe  
Sommerfeld, Jaqueline  
Stein, Marit  
Störtkuhl, Dr. Thomas  
Thomaschewski, Dr. Jörg  
Voß-Diestelkamp, Jutta  
Wübber, Dr. Chresten  
*Davon werden 2 Beschäftigungsverhältnisse aus Drittmitteln finanziert.*

**Auszubildende**

Buwert, Ilona  
Dzewas, Jessica  
Jüchtern, Ines  
Laetsch, Claudia  
Lemke, Dennis  
Macke, Andreas  
Ratje, Andreas  
Wanger, Michael

**Überwinterer**

**Antarktis-Station Neumayer  
1996 - 1998**

Gierlichs, Anette  
Müller, Beate  
Przybilla, Thomas  
Riedel, Katja  
Schuster, Dr. Friedrich

**1997 - 1999**

Ams, Dr. Jochen  
Lieser, Jan Leonhard  
Büßelberg, Thorsten  
Sacker, Carsten  
Köhnlein, Andreas

**Arktisstation Spitzbergen**

Römermann, Dirk  
Seiler, Thomas  
Warming, Jens  
Weinzierl, Christine  
Wichura, Bodo

**Beurlaubte**

**Mitarbeiter/innen**

Babst, Ulrike  
Döscher, Dr. Ralf  
Gerland, Dr. Sebastian  
Gohl, Dr. Karsten  
Heras, Dr. Miriam de las  
Huybrechts, Dr. Philippe  
Klages, Claudia  
Nixdorf, Heike  
Röben, Heike  
Scheele, Petra  
Wiebe-Kawaletz, Susanne  
Wrieden-Buerfeind, Dr. S.

**Forschungsstelle Potsdam**

Abegg, Christoph  
Bastian, Ute  
Becker, Edo  
Beeskow, Bettina  
Beninga, Ingo  
Beyerle, Dr. Georg  
Biele, Jens  
Boike, Julia  
Debatin, Siegrid  
Demske, Dr. Dieter  
Dethloff, Prof. Dr. Klaus  
Ebel, Tobias  
Eckert, Carsten  
Eggert, Uwe  
Eulenburg, Antje  
Fritzsche, Dr. Diedrich  
Gericke, Heiko  
Gernandt, Dr. Hartwig  
Graeser, Jürgen  
Gräning, Sigrun  
Hagedorn, Dr. Birgit  
Hahne, Dr. Jürgen  
Handorf, Dr. Dörthe  
Harwart, Stefanie  
Hebestadt, Ines  
Henschel, Helga  
Herber, Dr. Andreas

Hermichen, Dr. Wolf-Dieter  
Hoops, Erich  
Hubberten,  
Prof. Dr. Hans-Wolfgang  
Kienel, Dr. Ulrike  
Kiewitt, Doreen  
Kolatschek, Josef  
Kulbe, Dr. Thomas  
Lehmann, Dr. Ralph  
Leutert, Beate  
Litz, Christine  
Melles, Dr. Martin  
Müller, Johannes  
Müller, Gerald  
Nagel, Dagmar  
Neuber, Dr. Roland  
Notholt, Dr. Justus  
Raab, Alexandra  
Rachold, Dr. Volker  
Rairoux, Dr. Patrick  
Rauschert, Dr. Martin  
Rex, Dr. Markus  
Rinke, Dr. Annette  
Sass, Ingeborg  
Schönicke, Lutz  
Schulz, Astrid  
Schumacher, Rolf  
Schwab, Markus  
Schwarz, Dr. Günter  
Siegert, Dr. Christine  
Stapke, Maren  
Stoof, Günter  
Struschka, Birgit  
Vannahme, Gerald  
von der Gathen, Dr. Peter  
Wagner, Bernd  
Wahl, Petra  
Wand, Dr. Ulrich  
Weisheimer, Antje  
Zielke, Artur  
*Davon werden 15 Beschäftigungsverhältnisse aus Drittmitteln finanziert.*

## Anhang II

### Wissenschaftliche Veranstaltungen

23. - 26.04.96 IASC Annual and Council Meeting, Bremerhaven (Prof. Tilzer, Prof. Fütterer, Dr. Giermann)  
10.05.96 Dr. L. Moskalev, P.P. Shirshov Institut, Moskau, Rußland:  
„Investigations of benthic fauna of the outer shelf of the Chukchi Sea from the drifting station SP-22“  
10.05.96 Dr. A. Gebruk, P.P. Shirshov Institut, Moskau, Rußland:  
„The role for Antarctic in the origin of the deep-sea fauna of Elaspodid holoturians „  
11./12.06.96 AWI Wissenschaftlicher Beirat (XVII). (Prof. Tilzer, Prof. Fütterer, Dr. Paulenz. u.a.)  
17./18.6.96 WOCE-Modellierungs-Workshop (Prof. Olbers)  
21.06.96 Dr. Anatoly Sagalevitch, P.P. Shirshov Institut, Moskau, Rußland:  
„Russian research with R.V. Mistlav Keldysh and the submersibles  
MIR I and II.“
26. - 28.06.96 ANT XIII/2 Data-Workshop in Bremerhaven, AWI, Sektion Biologische Meereskunde (Dr. Bathmann)  
12. - 13.09.96 DML Science Subgroup Meeting. (Prof. Miller)  
9. - 13.09.96 1. Sitzung IOC Southern Ocean Forum (incl. IOCSOC VI). (Prof. Tilzer, Dr. Giermann)  
01.10.96 K. Sheperd, Institute of Ocean Sciences, Sidney, Canada:  
„The ROV „ROPOS“ as a tool for AWI deep-sea research“  
22.10.96 FEME-Treffen (Prof. Miller)  
22.10.96 FEME-Planungstreffen (Dr. Martin)  
06. - 07.11.96 DFG-Kolloquium (Dr. Oerter)  
11./12.11.96 DFG-Senatskommission für Ozeanographie (Prof. Tilzer u.a.)  
21.11.96 „Erfahrungen mit dem Einsatz des kanadischen Tiefsee-ROVs „ROPOS“ auf dem FS „Sonne“ (Dr. Linke,  
GEOMAR, Kiel)  
05.12.96 „Strömungsbedingter Sediment-Wasser-Austausch und sein Einfluß auf geochemische Prozesse im  
Meeresboden“ (Dr. Hüttel, MPI für Marine Mikrobiologie, Bremen)  
30.01.97 „The use of Sediment Profile Imagery (SPI) in deep water environments“. (B. O'Connor, AQUA-FACT,  
Galway, Irland)  
13.02.97 „Pelagobenthische Kopplung und mikrobielle Aktivität in der Laptevsee“. (Dr. Boetius, Institut für  
Ostseeforschung, Rostock-Warnemünde)
10. - 12.03.97 SO-JGOFS Workshop in Bremerhaven (Dr. Bathmann)  
11. - 13.04.97 Koordinations-Treffen innerhalb des TEPS-Projektes. (Dr. Medlin)  
03.04.97 „Akustische Kommunikation bei Fischen“  
(Dr. Kinzer, Institut für Meereskunde, Kiel)
- 31.05. - 03.06.97 Diatomeen Workshop: „Rekonstruktion der Evolution von Diatomeen anhand von Molekülen,  
Morphologie und Fossilien“ (Dr. Medlin)
24. - 28.08.97 8th Annual NDSC Meeting in Ny-Ålesund (Prof. Schrems)  
10./11. 07 .97 ARTIST Planungstreffen, (Prof. Augstein, Dr.Lüpkes,  
Dr. Hartmann)
01. - 05.09.97 „Ice tank studies of physical and biological processes“ Workshop im Rahmen des EU-Projektes „Interice“.  
(Dr. Eicken)
26. - 28.05.97 XVIII. Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats des AWI (Prof. Tilzer, Prof. Fütterer, Dr. Paulenz)  
07. - 12.07.97 SCAR Group of Specialists on GOSEAC. (Prof. Miller)  
02. - 03.09.97 DML Science Subgroup Meeting. (Prof. Miller)  
23. - 24.09.97 Umweltschutz-Seminar für alle Teilnehmer der Antarktisexpeditionen der Saison 1997/98 im Deutschen  
Schiffahrtsmuseum, Bremerhaven. (Organisator: Dr. Plötz & Bereich Logistik)  
13.11.97 3. nationale ATM-User Konferenz des ATM-Forum im AWI (Dr. Pfeiffenberger-Pertl)  
22.11.97 WOCE-Statusseminar (Prof. Augstein).  
23. - 30.11.97 Arbeitsbesprechung BMBF-Projekt O3F 08 GUS 9. (Dr. Jokat)  
30.11.-07.12.97 Introduction of Russian geophys. Data across Lomonosov Ridge  
and Gakkel Ridge. (Dr. Jokat)

