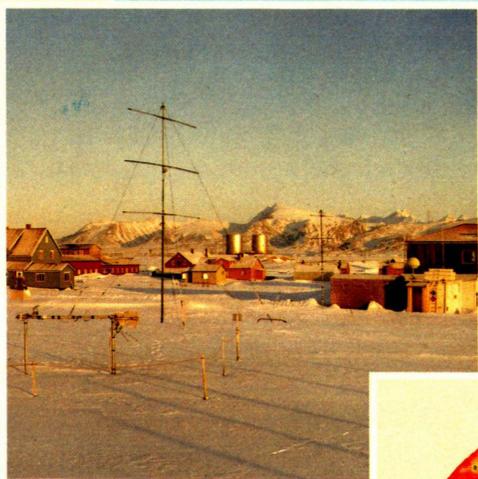
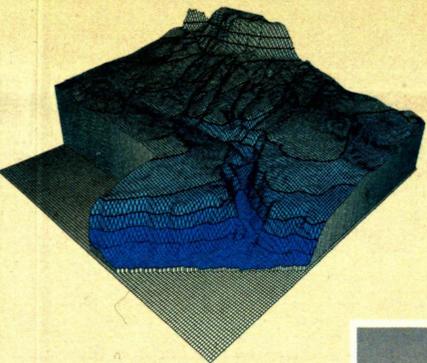
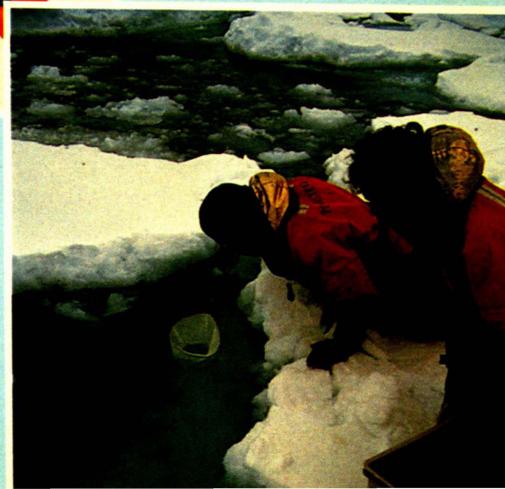


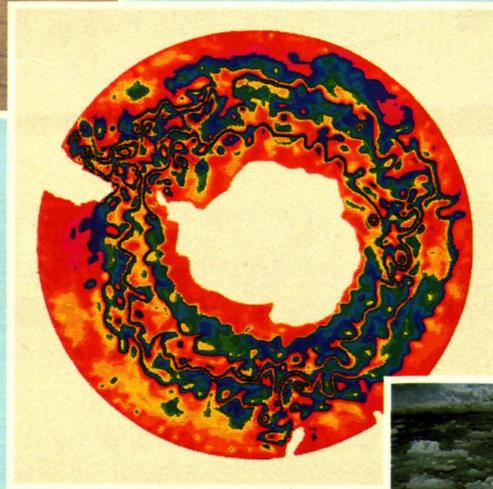
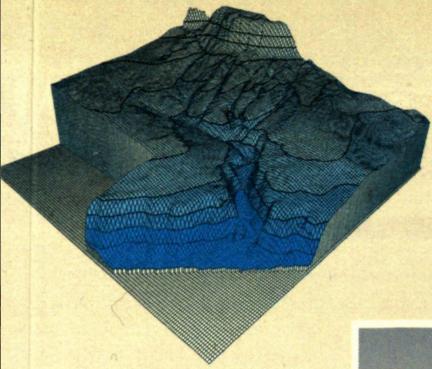
**Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven**



**Zweijahresbericht
1988/89**

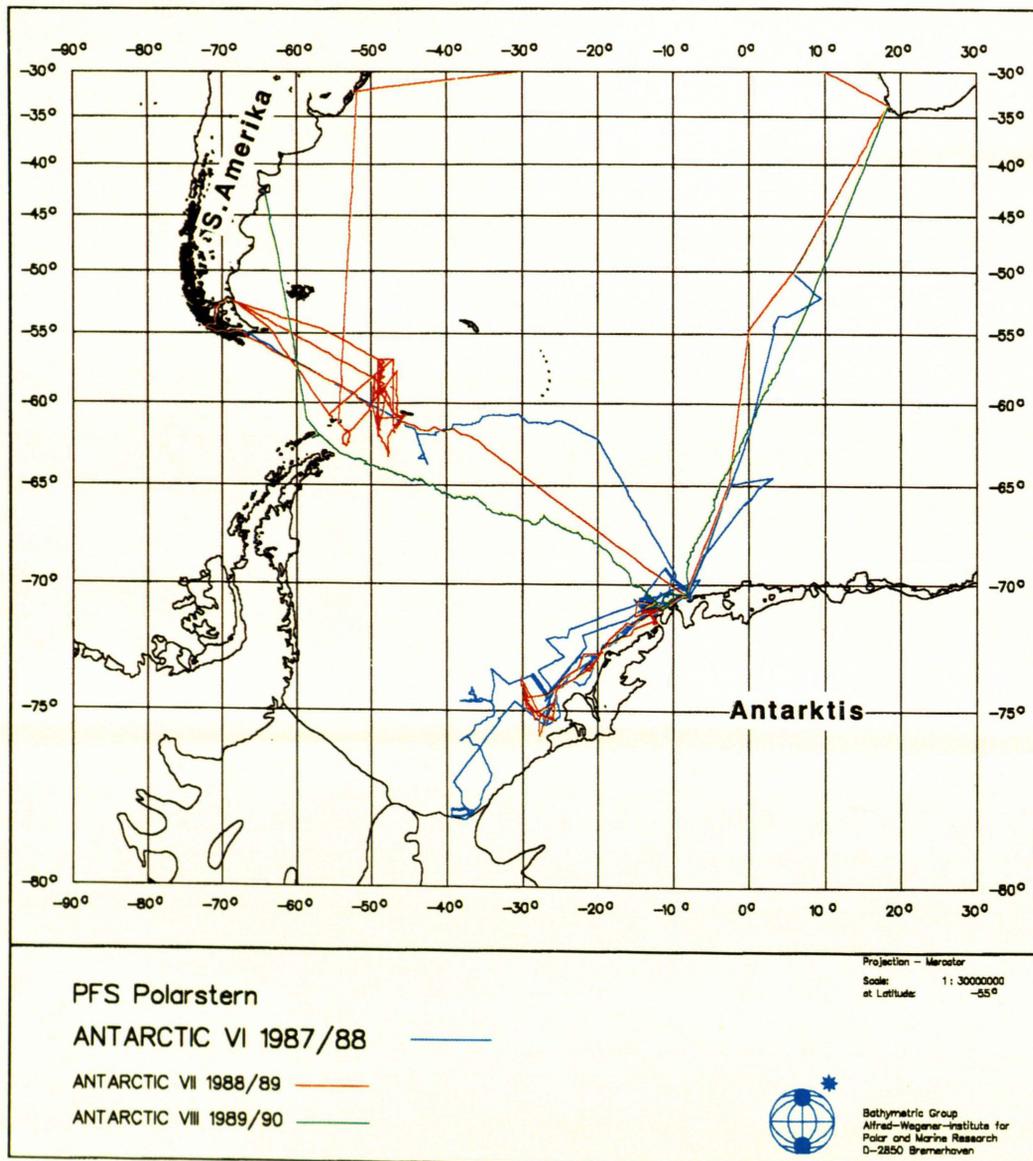


**Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven**



**Zweijahresbericht
1988/89**





Titelbilder:

1. Topographie des Meeresbodens, aufgenommen mit dem neuen Fächerlot von "Polarstern" – 2. Ozonmeßstation des AWI in Ny Ålesund, Spitzbergen – 3. Graphische Darstellung der Modellrechnung des Südpolarmeeres – 4. Arbeiten am Eisrand während der ersten europäischen Antarktisexpedition (EPOS)

**ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN**

**Zweijahresbericht
1988/89**



Herausgeber:
Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Postfach 12 01 61
Columbusstraße
D-2850 Bremerhaven
Telefon (04 71) 4 83 10
Telefax (04 71) 4 83 1 -149
Telex 2 38 695 polar d
Telegramm: Polar Bremerhaven
Telemail: Alfred.Wegener/Omnet

Gesamtherstellung:
Ditzen Druck- und Verlags-GmbH
2850 Bremerhaven

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

(Stand 31. 12. 1989)

Kuratorium

Mitglieder

MinDir. Dr. J.-B. Mennicken (Vors.)
SenDir. Prof. Dr. R. Hoffmann (Stellv. Vors.)
Prof. Dr. H. Altner
Herr E. Brenne
Prof. Dr. H. G. Danielmeyer
SenDir. Dr. A. Fuchs bis 12. 2. 89
SenDir. H. Heidorn ab 13. 2. 89
Prof. Dr. P. Hartl
Prof. Dr. H. Hinzpeter
MinDir. G. Möcklinghoff bis 31. 12. 88
MinR. D. Stiepel ab 1. 1. 89
MinDir. Dr. J. Osterhelt
Prof. Dr. J. Untiedt

Beratende Teilnehmer

Prof. Dr. E. Augstein
Prof. Dr. G. Hempel
Dr. R. Paulenz
Frau M. Sündermann
(Vors. der Personalrats)
Prof. Dr. J. Timm
(Rektor der Universität Bremen)

Ständige Gäste

Dr. H. Bienhold
MinR. Prof. Dr. H. Bungenstock
SenR. N. Harders
SenR. R. Köttgen
MinR. C. Lammich
VLRI Dr. K. Messer

Wissenschaftlicher Beirat

Mitglieder

Prof. Dr. H. Hinzpeter (Vors.)
Prof. Dr. D. H. Ehhalt (Stellv. Vors.)
Der Präsident der BGR
Prof. Dr. M. Kürsten
Vertreter: Prof. Dr. Dürbaum
Prof. Dr. T. Gjelsvik
Der Präsident der MPG
Prof. Dr. H. Staab
Ständ. Vertreter:
Prof. Dr. K. Hasselmann
Der Präsident der DFG
Prof. Dr. H. Markl
Ständ. Vertreter:
Prof. Dr. O. Mahrenholtz
Prof. Dr. D. Möller
Prof. Dr. H. Oeschger
Der Direktor der BFA
Prof. Dr. D. Sahrhage
Prof. Dr. J. O. Strömberg
Der Rektor der Universität Bremen
Prof. Dr. J. Timm
Vertreter: Prof. Dr. H. Cordes
Prof. Dr. J. J. Zijlstra, verst. August 1989

Beratende Teilnehmer:

MinDir. Dr. J.-B. Mennicken
Vertreter: Prof. Dr. H. Bungenstock
SenDir. Prof. Dr. R. Hoffmann
Vertreter: Dr. H. Bienhold
Prof. Dr. G. Hempel
(Direktor AWI)
Prof. Dr. H. Miller
(Vors. Wiss. Rat AWI)

Direktor

Prof. Dr. G. Hempel
Prof. Dr. E. Augstein (Stellv. Direktor)
Dr. R. Paulenz (Verwaltungsleiter)

Wissenschaftlicher Rat

Mitglieder

Prof. Dr. H. Miller (Vors.)
Dr. M. Spindler (Stellv. Vors.)
Prof. Dr. W. Arntz
Prof. Dr. E. Augstein
Prof. Dr. W. Ernst
Prof. Dr. D. Fütterer
Dr. R. Gersonde
Dr. W. Hiller
Prof. Dr. G. Krause
Prof. Dr. D. Olbers
Dr. E. Rachor

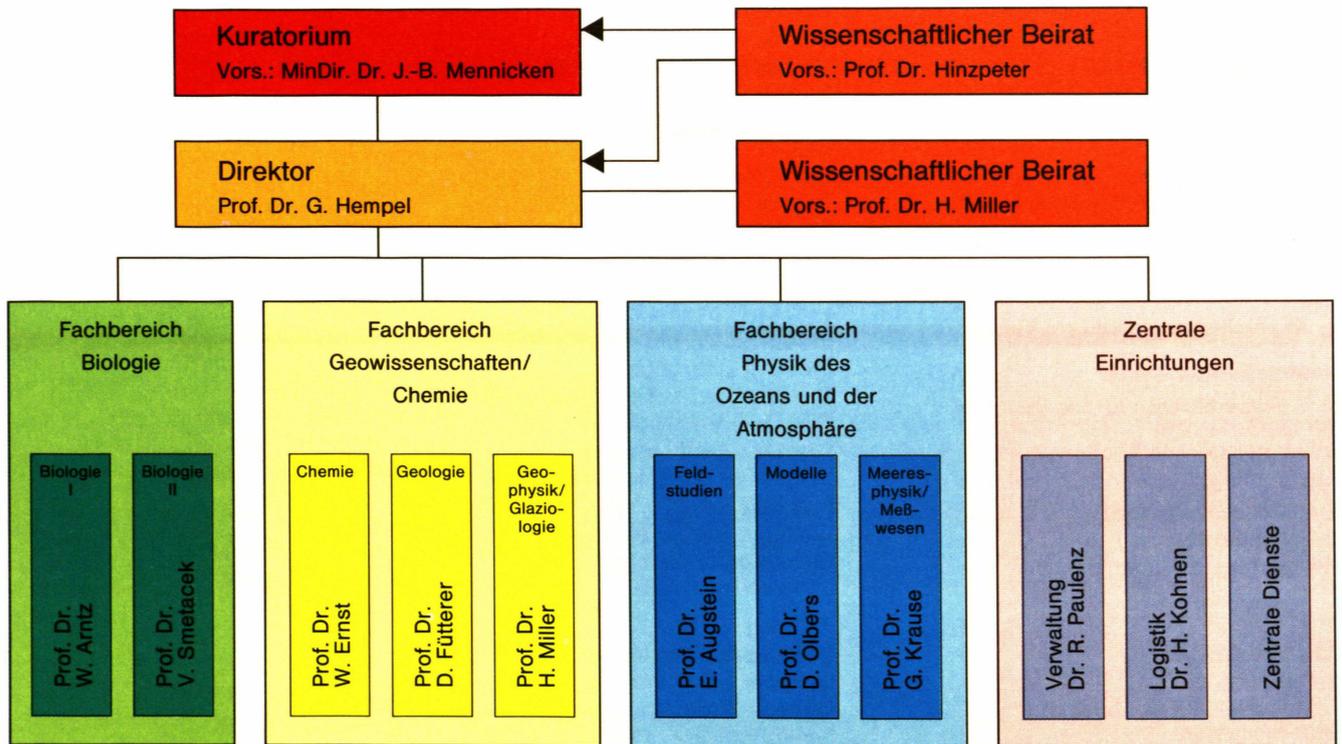
Beratendes Mitglied

Prof. Dr. G. Hempel

Ständige Gäste

Dr. H. Kohnen
Dr. R. Paulenz

Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung



| Inhaltsverzeichnis | Seite | | Seite |
|--|-------|--|-------|
| 1. Einleitende Übersicht | 7 | 4. Logistik | |
| 2. Nationale und internationale Zusammenarbeit | 11 | 4.1 Antarktisstationen | 115 |
| 3. Forschungsarbeiten | | 4.2 Neubauprojekte | 116 |
| 3.1 Expeditionen | 15 | 4.3 FS "Polarstern" und FS "Victor Hensen" ... | 117 |
| 3.1.1 Arktisreise ARK V (April - August 1988) | 15 | 4.4 Polarflugzeuge und Hubschrauber | 119 |
| 3.1.2 Antarktisreise ANT VII | 15 | 4.5 Allgemeine Logistik | 120 |
| (September 1988 - April 1989, EPOS: Die erste europäische Antarktisexpedition) . | | 4.6 Ingenieurprojekte | 121 |
| 3.1.3 Arktisreise ARK VI (April - Juli 1989) | 20 | 4.7 Internationale Einbindung | 121 |
| 3.1.4 Antarktisreise ANT VII, 1-4 (August - Dezember 1989) | 21 | 5. Zentrale Einrichtungen | |
| 3.2 Arbeitsberichte der Sektionen | | 5.1 Öffentlichkeitsarbeit | 123 |
| 3.2.1 Biologie I (Zoologie) | 23 | 5.2 Bibliothek | 124 |
| 3.2.2 Biologie II (Botanik und Mikrobiologie) | 30 | 5.3 Rechenzentrum | 124 |
| 3.2.3 Chemie | 34 | 6. Personeller Aufbau und Entwicklung | |
| 3.2.4 Geologie | 37 | 6.1 Personal | 129 |
| 3.2.5 Geophysik | 40 | 6.2 Haushalt | 129 |
| 3.2.6 Physik des Ozeans und der Atmosphäre I (Feldstudien) | 42 | Anhang | |
| 3.2.7 Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle) | 43 | I Personal | 133 |
| 3.2.8 Meeresphysik und Meßwesen | 45 | II Wissenschaftliche Veranstaltungen | 136 |
| 3.3 Ausgewählte Forschungsthemen | 49 | III Publikationen | 138 |
| | | IV Veröffentlichungen | 140 |
| | | V Abgeschlossene Examensarbeiten | 150 |
| | | VI "Polarstern"-Expeditionen | 152 |

1. Einleitende Übersicht

Vorbemerkung

Die frühe Entwicklung des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung wurde in einem zusammenfassenden Bericht über die Jahre 1980-1985 dargestellt. Die folgende, durch Eingliederung des Instituts für Meeresforschung und den Einzug in den Institutsneubau geprägte Aufbauphase wurde im ersten Zweijahresbericht 1986/87 beschrieben. Der hier vorliegende zweite Zweijahresbericht informiert über die Jahre 1988/89. Beispiele für die Vielfalt der Forschungsarbeiten des Instituts sind die ausgewählten Kurzbeiträge, in denen Ergebnisse aus Originalveröffentlichungen, die Institutsmitarbeiter in Fachzeitschriften publiziert haben, allgemein verständlich wiedergegeben werden. Expeditionsberichte, längere technische Abhandlungen und Dissertationen erscheinen in den "Berichten zur Polarforschung". Die Veröffentlichungsliste zeigt, daß die wissenschaftlichen Früchte unserer Forschungsarbeit zunehmend reichhaltiger werden, als in der vornehmlich dem administrativen und technischen Aufbau gewidmeten Anlaufphase. In dieser haben vor allem auswärtige und ausländische Wissenschaftler von den neuen Forschungsmöglichkeiten auf FS "Polarstern" und bei den Schelfeis-Expeditionen profitiert. Die damals gewährte Gastfreundschaft hat sich inzwischen zu fruchtbarer Kooperation mit den eigenen Forschungsgruppen des Instituts weiterentwickelt.

Die Zweijahresberichte des Instituts sind vor allem auf die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts ausgerichtet. Organisatorische und administrative Anliegen werden hier nur gestreift.

Insgesamt läßt sich der Berichtszeitraum 1988/1989 als Phase der Konsolidierung des Instituts mit einer ausgeprägteren Schwerpunktbildung des Forschungsprogrammes beschreiben.

Bei einem festen personellen und technischen Rahmen konnten in Details, insbesondere beim Einsatz des wissenschaftlichen Personals, bei der technischen Ausstattung des Rechenzentrums, der "Polarstern" und der Flugzeuge Verbesserungen erreicht werden. Dadurch war eine Intensivierung der Forschungstätigkeit möglich, vor allem bei Expeditionen ins Weddellmeer und in die Grönlandsee sowie bei Untersuchungen mit hochauflösenden Zirkulationsmodellen. Dies gilt auch für die Pflege der nationalen und internationalen Kooperation, insbesondere innerhalb Europas.

Der personelle, organisatorische und technische Rahmen

Detaillierte Übersichten über die *Personalentwicklung* des Alfred-Wegener-Instituts enthalten die F&E-Programme, die das Institut seit 1987/88 erstellt und fortschreibt. Eine Zusammenfassung des Iststandes gibt Anhang I. Die Entwicklung ist durch einen gewissen Auf- und Ausbau im wissenschaftlichen Bereich und eine weitgehende Stagnation im technischen und administrativen Bereich gekennzeichnet. Vakanzen bei Professoren und wissenschaftlichen Angestellten wurden mittlerweile besetzt oder es laufen Berufungs- bzw. Einstellungsverfahren. Durch mehrere KW-Stellen konnten unzuträgliche Lücken im Programm geschlossen werden (z.B. Luftchemie, Fernerkundung, Isotopengeologie, Meereisphysik). Eine wachsende Anzahl von Gastforschern bereicherte die Forschungsarbeit des Instituts. Vorteilhaft für die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des Instituts ist die erfreuliche Vermehrung der Nachwuchswissenschaftler- und Doktoranden-Stellen. Gastforscher, Nachwuchswissenschaftler und Doktoranden sind tragende Elemente der freien, nicht an Daueraufgaben und Kooperationsverpflichtungen gebundenen Grundlagenforschung.

Bei der *räumlichen Unterbringung* zusätzlicher Gastforscher und Jungwissenschaftler sowie mehrerer neuer nationaler und internationaler Koordinationssekretariate traten Engpässe auf, die durch bauliche Veränderungen in den Gebäuden des Instituts notdürftig behoben wurden. Angesichts der wachsenden Bedeutung der Polarforschung für die Lösung globaler Klimaprobleme und der damit erforderlichen personellen Erweiterung sollte mit der geplanten Erweiterung des Neubaus bald begonnen werden.

Die technische Leistungsfähigkeit des Instituts wurde im Berichtsraum durch die Beschaffung einiger Großgeräte weiter ausgebaut: FS "Polarstern" erhielt als Ersatz für die durch Eis immer wieder stark beeinträchtigte und technisch veraltete Seabeam-Anlage ein weitaus leistungsfähigeres Fächerlot moderner Bauart (Hydrosweep) und einen neuen Sediment-Echographen (Parasound). Beide Anlagen haben sich bei einer intensiven Erprobung im Juli/August 1989 und bei anschließenden Routine-Einsätzen in der Antarktis hervorragend bewährt.

Die *Polarflugzeuge* wurden weiter zu Meßplattformen für meteorologische und geophysikalische Beobachtungen hochgerüstet. "Polar 2" und "Polar 4" sind jetzt mit weitgehend automatisierten Datenerfassungsanlagen ausgestattet, die neben den Meßwerten auch die für ihre Auswertung notwendigen Flugzeugdaten aufzeichnen. Beide Flugzeuge besitzen Meßsysteme zur Aufnahme der mittleren meteorologischen Größen am Flug-

zeug wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit, und sie können mit Meßfühlern für die kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse bestückt werden.

An der "Polar 4" wird seit 1989 ferner eine Turbulenzmeßanlage (METEOPD) erprobt, die turbulente Wärme-, Wasserdampf und Impulsflüsse bestimmen kann. Seit kurzem können durch die neu eingefügte große Bodenluke der "Polar 4" unter anderem Radiosonden herabgelassen werden. Die Meßwerte während des Absinkens an Fallschirmen registriert im Flugzeug eine neu entwickelte Apparatur.

An der Vervollständigung der geophysikalischen Meßeinrichtungen beider Flugzeuge wird zur Zeit mit Nachdruck gearbeitet.

Der notwendige Ausbau des *Rechenzentrums* wurde 1987 unter Beteiligung auswärtiger Gutachter sehr detailliert geplant. Das dabei entwickelte Konzept einer Erweiterung der eigenen Kapazität um mittlere Vektorrechner und der Mitnutzung großer Fremdrechner über schnelle Datenleitungen konnte inzwischen im wesentlichen umgesetzt werden. Eine Beteiligung am Deutschen Klimarechenzentrum in Hamburg wird angestrebt.

Die *Georg-von-Neumayer-Station* wurde den Anforderungen entsprechend technisch verbessert; insbesondere wurde das geophysikalische Meßnetz in der Umgebung der Station ausgebaut. Die für etwa 1992/93 anstehende Schließung der jetzigen Anlage veranlaßte umfangreiche Planungsarbeiten für eine neue Station. Dabei wird einer noch höheren Umweltverträglichkeit und der wartungsfreien Automation der Routinemessungen durch neue technologische Entwicklungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Hinsichtlich des seit 1987 bearbeiteten Aufbaus einer antarktischen *SAR-Empfangsstation* für den europäischen Erderkundungssatelliten ERS I waren die Verhandlungen langwieriger und schwieriger als erwartet. Erst im Dezember 1989 konnten die Vermessungs- und Bauarbeiten an der chilenischen Station O'Higgins auf der Antarktischen Halbinsel beginnen. Es handelt sich um ein vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) gefördertes Gemeinschaftsvorhaben des Alfred-Wegener-Instituts, der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Instituts für Angewandte Geodäsie (IFAG). Letzteres nutzt die Satelliten-Empfangsstation durch technische Erweiterungen für die sogenannte "Very Long Baseline Interferometrie (VLBI)" zur Bestimmung der Kontinentaldrift. Die am gleichen Ort für biologische Land- und Flachwasseruntersuchungen vorgesehene kleine Sommerstation läßt sich nicht in das Konzept einbringen. Letztere soll – möglichst in europäischer Zusammenarbeit - in Anlehnung an die argentinische Station Jubany auf King George Island errichtet werden.

Das Forschungsprogramm

Die Forschungsarbeiten der einzelnen Sektionen werden im Überblick und anhand der Einzelbeiträge in Kapitel 3 dargestellt. Gemeinsames Kennzeichen ist die Betonung der Erforschung des Meereisbereiches im Weddellmeer. Hier treibt das Institut in enger Kooperation mit europäischen und amerikanischen Partnern Grundlagenforschung mit starkem Bezug zur Untersuchung globaler Klimaveränderungen und zum maritimen Umweltschutz. Die Polarmeere und die polaren Eiskappen werden zunehmend als Schlüsselregionen für die Steuerung des Erdklimas angesehen. Sie kontrollieren insbesondere die tiefe Ozeanzirkulation und können zu markanten Änderungen des Meeresspiegels beitragen. FS "Polarstern", die Forschungsflugzeuge und das leistungsfähige Rechenzentrum mit Anschlüssen an andere Höchstleistungsrechner bieten am AWI ausgezeichnete technische und logistische Voraussetzungen für eine moderne Meeres- und Klimaforschung in den Polargebieten. Die in diesen Bereichen laufenden Untersuchungen umfassen Prozeßstudien mit Hilfe von Schiffsexpeditionen, die Gewinnung langfristiger Meßreihen anhand verankerter Geräte im Ozean und Routinemessungen an der Georg-von-Neumayer-Station, die Analyse paläontologischer Daten aus Eis- und Sedimentkernen und komplexe Rechnungen mit hochauflösenden Zirkulationsmodellen.

Vermeint genützt wird die Fernerkundung von Hubschraubern, Meßflugzeugen und Satelliten aus, um die Entwicklung des Meer- und Schelfeises sowie Veränderungen an der Meeresoberfläche zu erfassen. Zur richtigen Interpretation dieser Daten trugen die direkten Schiffsbeobachtungen der "Polarstern" wesentlich bei. Die neuerliche Winterexpedition ins Weddellmeer 1989 mit "Polarstern" und dem sowjetischen Forschungsschiff "Akademik Fedorov" unter Beteiligung US-amerikanischer, britischer und kanadischer Wissenschaftler schloß an das Winter-Weddellmeer-Projekt 1986 an. Der Datensatz beider Forschungsreisen bietet einen umfassenden Einblick in die Wechselwirkungen zwischen dem Ozean, dem Meereis und der Atmosphäre und er erlaubt eine Abschätzung der Wärme- und Salztransporte durch den Weddell-Wirbel. Analoge Prozeßstudien wurden in der Grönlandsee im Mai/Juni 1988 durchgeführt. An den Expeditionen in beiden Polarregionen waren auch Biologen beteiligt, die sich mit den Produktionsbedingungen und Lebensgemeinschaften im Meereis befaßten. Bei der European Polarstern Study (EPOS) vom Oktober 1988 bis März 1989 stand die biologische Erforschung des Meereises, der Eisrandzone und des davor liegenden offenen Wassers im Vordergrund. In den drei aufeinanderfolgenden Fahrabschnitten von EPOS ver-

schoben sich die Forschungsschwerpunkte vom Meereis über die Wassersäule zum Meeresboden.

Die geowissenschaftliche Forschung des Alfred-Wegener-Instituts konzentriert sich seit 1983 ebenfalls auf das Weddellmeer und die angrenzenden Schelfeisgebiete sowie neuerdings auch auf den ostgrönländischen Schelf. Die Klimageschichte dieser Gebiete und die älteren Strukturen der marinen Erdkruste untersuchen Geologen und Geophysikern gemeinsam. Auch hier spielen Modellrechnungen über frühere ozeanische Zirkulationssysteme und über die Dynamik der Schelfeise und Eiskappen mit ihren Konsequenzen für Schwankungen des Meeresspiegels eine wachsende Rolle bei der Interpretation der Sedimentkerne, der Topographie und Struktur des Meeresbodens und seines Untergrundes. Unter den terrestrischen Unternehmen der Geowissenschaften sind vor allem die von der Schiffs- und Fluglogistik des Alfred-Wegener-Instituts getragenen Expeditionen in die Shackleton-Berge und in die Kottas-Berge am Ostrand des südlichen Weddellmeeres zu nennen. Die erstgenannte Expedition war im wesentlichen ein Gemeinschaftsvorhaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und deutscher Hochschulinstitute, die zweite ein deutsch-schwedisches Unternehmen, das neben wissenschaftlichen Zielen auch der Standorterkundung für die schwedische Antarktisstation "Svea" diente. In Grönland wurden in Kooperation mit dänischen Glaziologen die bisher ältesten Proben des grönländischen Inlandeises gewonnen, die nun unter palaeoklimatologischen Gesichtspunkten analysiert werden.

Die nach Disziplinen geordneten Sektionen haben sich gut entwickelt, auch zwischen den verschiedenen Fächern entfaltet sich besonders bei den Expeditionen auf See und auf dem Eis eine lebhaft wissenschaftliche Kommunikation. Die Fortsetzung dieses fruchtbaren Zusammenwirkens in den Institutsalltag wird angestrebt. Bei der Begutachtung der biologischen Sektionen im August 1989 hat der Wissenschaftliche Beirat hier eine Reihe von Anregungen zur Förderung dieses Anliegens gegeben, die der Wissenschaftlichen Rat und die Sektionsleiter aufgegriffen haben. Die fachübergreifende Kommunikation durch wissenschaftliche Kolloquien und Doktorandenveranstaltungen wurde verstärkt. Das Konzept, die acht Sektionen des Instituts zu drei Fachbereichen zusammenzufassen, wurde in einem ersten Schritt in die Tat umgesetzt. Diese Maßnahme soll dazu beitragen, interdisziplinäre Arbeitsgruppen besser als bisher zu unterstützen.

Die bis Ende 1985 getrennten Institute für Polar- und Meeresforschung sind im Berichtszeitraum trotz der Unterschiede in Tradition, Aufgabenstellung und Personalstruktur in ihrer wissenschaftlichen Arbeit weiter zusammengewachsen. Dabei ha-

ben sich die Sektionsleiter und der Personalrat große Verdienste erworben. In dem einheitlichen Forschungsprogramm werden die meisten Projekte von Mitarbeitern der beiden alten Institute und von neu hinzugekommenen Kräften getragen. Die Vielzahl der Projekte des ehemaligen Instituts für Meeresforschung wurde zugunsten einer Schwerpunktbildung in der Polarforschung reduziert. Weitergeführt werden langfristig angelegte Vorhaben in der Nordseeforschung, insbesondere hinsichtlich der Veränderung von Bodentiergemeinschaften und der Schadstoffkonzentrationen in der Deutschen Bucht und im Wattenmeer. Auch bestimmte taxonomische Forschungen wurden weiter gepflegt, die sich u.a. in der 1988 erschienenen Monographie von R. Simonsen über die Taxonomie der Diatomeen als fruchtbares Ergebnis jahrzehntelanger systematischer Arbeiten in der Hustedt-Sammlung des Instituts niedergeschlagen haben.

Im Interesse einer Konzentration auf die Polargebiete und - in geringem Maße - auf die Nordsee wurden Forschungsarbeiten in anderen Meeresgebieten kaum durchgeführt. Sie beschränken sich auf die Fahrten der "Polarstern" zwischen Deutschland und der Antarktis, um Meßsysteme (Hydrosweep, Parasound, ozeanographische Sonden) zu erproben und interhemisphärische Vergleichsmessungen geochemischer und biochemischer Größen im Meerwasser und an Meeresorganismen vorzunehmen sowie luftchemische Daten zu gewinnen.

Im Zweijahresbericht 1986/87 wurden mehrere Aufgaben für die unmittelbare Zukunft genannt, die inzwischen zwar weiterverfolgt, aber noch nicht gelöst werden konnten. So fanden zur Verstärkung der Arktisforschung im Rahmen internationaler Kooperation intensive Planungsgespräche über gemeinsame Unternehmen im Arktischen Ozean 1991 und über eine europäische Tiefbohrung durch das grönländische Inlandeis statt. Früchte dieser Bemühungen werden für 1991 und die folgenden Jahre erhofft.

Kommunikation, Koordination, Kooperation

Die nationale und internationale Koordination gehört zu den satzungsmäßigen Aufgaben des Alfred-Wegener-Instituts. Dieser Zweig der Institutsarbeiten hat sich im Berichtszeitraum gut entwickelt, wie in Kapitel 2 im einzelnen dargestellt wird. Anstöße aus dem politischen Raum wurden dabei aufgegriffen und mit den Bedürfnissen und Möglichkeiten wissenschaftlicher Planungen in Einklang gebracht. Dazu wurden am AWI internationale Sekretariate angesiedelt, die durch Kommunikation und Koordination von Instituten und Programmen die Voraussetzung für integrierte Vorhaben schaffen (s. Anhang II).

Im Vordergrund stand die europäische Kooperation. Hierzu leistete das EUROMAR-Sekretariat auf technologischem Gebiet wesentliche Hilfe. Das Netzwerk Polarforschung der European Science Foundation (ESF) hat mit der European Polarstern Study (EPOS), deren Sekretariat im AWI angesiedelt ist, gute Resultate eingebracht. Gemeinsam mit der Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EG) hat die ESF das "European Committee for Ocean and Polar Sciences" eingerichtet, dessen Sekretariat ebenfalls nach Bremerhaven kommen soll. Die Einbeziehung der DDR und der Staaten Osteuropas in diese europäische Zusammenarbeit ist nun das wichtigste Ziel der Kooperationsbemühungen. Einen großen Raum nehmen bi- und multilaterale Gespräche über die Arktisforschung ein, durch welche die Interessen der unmittelbaren Anrainer und die auf globale Probleme und grundlegende wissenschaftliche Fragen ausgerichtete Forschung anderer Nationen in Einklang zu bringen sind.

Die Nutzung des ERS-1-Satelliten in den Polargebieten wird in dem "Programme of International Polar Oceans Research (PIPOR)" wissenschaftlich und administrativ betreut. Das BMFT hat das AWI mit der Einrichtung des internationalen Koordinationsbüros für das PIPOR beauftragt, das im April 1989 seine Arbeit aufgenommen hat. Damit hält das Institut engen Kontakt zu der laufenden Entwicklung der Erdfernerkundung in der Polarforschung und kann die entsprechenden deutschen Forschungsvorhaben gut in das internationale Programm einfügen.

Die unter dem Begriff "Global Change" zusammengefaßten Forschungsaufgaben und -programme spielen in der Forschungspolitik der Industriestaaten eine wachsende Rolle. Das Internationale Geosphären/Biosphärenprogramm (IGBP) und das Weltklimaforschungsprogramm (WCRP) sind wichtige Elemente von "Global Change". Insgesamt besteht ein erheblicher Mangel an Information und Kommunikation zwischen den vielen Forschergruppen im In- und Ausland, die an Global Change Aktivitäten beteiligt sind. Auch bei den politischen Entscheidungsträgern und in der Öffentlichkeit der Bundesrepublik Deutschland besteht in dieser Hinsicht ein Informationsdefizit. Das AWI hat daher dem BMFT den Vorschlag für eine nationale Informations- und Kommunikationsstelle für Global Change unterbreitet.

Auf Bitte des BMFT förderte das AWI auch die nationale Diskussion über die Nordseeforschung unter dem besonderen Gesichtspunkt des Meeres-Umweltschutzes. Ein Symposium im Juni 1990 in Bremerhaven soll dem gleichen Zweck dienen.

Um die Zusammenarbeit mit Südamerika in Meeres- und Antarktisforschung weiter zu fördern, hat das Alfred-Wegener-Institut ein Internationales Büro vor allem für die Projekte des BMFT

eingerichtet. Die für Oktober 1990 - März 1991 geplante Entsendung von FK "Victor Hensen" nach Brasilien soll über dieses Büro abgewickelt werden.

Neben der Einbindung in internationale Programme spielt in der Polarforschung die nationale Kooperation in der Bundesrepublik Deutschland eine wachsende Rolle, sie ist für das Alfred-Wegener-Institut wissenschaftlich von größter Bedeutung. Die wichtigsten auswärtigen Träger dieser Kooperation sind das Schwerpunktprogramm Antarktisforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der SFB 318 in Hamburg und der 1989 neugegründete SFB 216 "Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen" in Bremen.

Es besteht die Hoffnung, daß ein meeresbiologisches Max-Planck-Institut, das im Land Bremen gegründet werden soll, zu einem weiteren wichtigen Partner des Alfred-Wegener-Instituts und zum Träger gemeinsamer Programme in der ozeanischen Forschung wird.

2. Nationale und internationale Zusammenarbeit

Nationale Zusammenarbeit

Das Institut hat - seinem Satzungsauftrag entsprechend - weiterhin die deutsche Polarforschung koordiniert und Kooperationen auf nationaler und internationaler Ebene ermöglicht. In diesem Zusammenhang fanden zahlreiche Planungssitzungen auch im logistischen Bereich statt.

Im Februar 1989 hat das AWI einen Kooperationsvertrag mit der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung in Braunschweig geschlossen. Die Zusammenarbeit mit den Universitäten, mit denen bereits Kooperationsverträge bestanden, wurde vertieft (gemeinsame Expeditionen, Modellentwicklungen mit der Universität Harburg). Zu den bereits am AWI bestehenden nationalen Sekretariaten bzw. Koordinationsstellen internationaler Organisationen und Programme sind weitere hinzugekommen; sie werden im Kapitel "Internationale Zusammenarbeit" beschrieben.

Das Schwerpunktprogramm "Antarktisforschung" der DFG wurde auch im Berichtszeitraum vom Direktor des Instituts als Hauptkoordinator geleitet. Von Januar 1987-89 hatte der Direktor des Instituts gleichzeitig den Vorsitz über die Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF).

AWI-Mitarbeiter nahmen an den Sitzungen der DFG-Senatskommissionen für Ozeanographie, Atmosphärische Wissenschaften und Geowissenschaften teil.

Elf AWI-Professoren bzw. Dozenten hielten Lehrveranstaltungen an der Universität Bremen; dadurch gab es eine wachsende Anzahl von Bremer Diplomanden und Doktoranden am AWI. Zu den Praktika wurde die "Victor Hensen" eingesetzt. Einzelne Lehrveranstaltungen fanden auch an anderen Universitäten statt (Kiel, Oldenburg).

Die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit GEOMAR (Arktis), DLR und IfAG (SAR-Empfangsstation), MPI Meteorologie (Zirkulationsmodelle, Klimarechner) und IPÖ (Lebensgemeinschaft Weddellmeer) wurde vertieft.

Gemeinschaftsprojekte, die mehrere Institute einschlossen, waren die antarktischen Landexpeditionen, die Erforschung der Fronten in der Framstraße im Sommer 1989, die Winterexpedition 1989 der "Polarstern" und in besonderem Maße die European Polarstern Study (EPOS, 1988). EUROMAR, dessen nationales und internationales Sekretariat am AWI angesiedelt ist (s.u.), hatte eine stark integrierende Funktion für die Teile der deutschen Meeresforschung, die mit Umwelttechnik befaßt sind.

Internationale Zusammenarbeit in der Antarktis

Die internationale Zusammenarbeit fand im Rahmen des Antarktisvertrages und ergänzender Konventionen statt. Neben den bereits bestehenden Kooperationsabsprachen des AWI mit den Polarinstituten in Oslo und Buenos Aires wurde im Juni 1988 ein entsprechendes Protokoll mit dem Arktis- und Antarktisforschungsinstitut in Leningrad unterzeichnet. Im Südsommer 1989/90 führten daraufhin FS "Polarstern" und FS "Akademik Fedorov" gemeinsam die Winter Weddell Gyre Study (WWGS 89; ANT-VIII) im zentralen Weddellmeer durch. An dem Projekt nahmen auch britische, kanadische und US Wissenschaftler teil. WWGS war das zweite Unternehmen des AWI zur Erforschung des Meereises und seiner Wechselwirkung mit Ozean und Atmosphäre sowie seines Einflusses auf marine Lebensgemeinschaften im antarktischen Spätwinter bei maximaler Eisbedeckung.

Vorangegangen war im Südsommer 1988/89 die European Polarstern Study (EPOS; ANT-VII), die vom AWI koordiniert (Prof. Smetacek) und unter der Schirmherrschaft der Europäischen Forschungsgemeinschaft (ESF, Straßburg) durchgeführt wurde. An ihr nahmen 130 Wissenschaftler aus 11 europäischen Ländern sowie aus Südamerika teil. Die Zahl ausländischer Teilnehmer an den Fahrten der "Polarstern" ist weiterhin hoch.

Internationales Büro: Sekretariat des Landesausschusses SCAR (LA-SCAR)

Das Sekretariat hat die 18. Sitzung des Landesausschusses im April 1988 in Bremerhaven und die 19. Sitzung in Frankfurt (IfAG) im März 1989 betreut und die Protokolle erstellt.

Im Juli 1988 wurde der National Antarctic Research Report to SCAR no. 10 vom Sekretariat herausgegeben. Da der entsprechende Report Nr. 11 ein neues Format und einen geänderten Berichtszeitraum hatte, erschien dieser Bericht erst Ende 1989.

Im September 1988 nahmen der Direktor und Mitarbeiter des AWI an SCAR-XX und begleitenden Sitzungen in Hobart, Australien, teil. Das Sekretariat half bei der Durchführung der SCAR-Beschlüsse auf nationaler Ebene.

Mehrere Wissenschaftler des Alfred-Wegener-Instituts sind Mitglieder in SCAR Permanent Working Groups, Groups of Specialists oder Panels: Prof. Hempel (Biology, BIOMASS, Human Biology & Medicine p.i.), Dr. Kohnen (Waste Disposal), Dr. Plötz

(Seals), Prof. Augstein (Sea Ice), Prof. Fütterer (Cenozoic Palaeoenvironments), Prof. Miller (Glaciology). In dem SCAR assoziierten Council of Managers of National Antarctic Programmes (MNAP) ist Prof. Hempel Mitglied, von dessen Standing Committee on Antarctic Logistics and Operations (SCALOP) ist Dr. Kohnen Vorsitzender.

Dr. Plötz ist ferner Mitglied des Wissenschaftlichen Komitees der Internationalen Walfang-Kommission (IWC). Prof. Miller ist nationaler Koordinator des Filchner-Ronne-Schelfeis-Programmes.

Internationales Büro: Nationale Kontaktstelle für Anfragen zu Aktivitäten, wissenschaftlichen Beobachtungen und Ergebnissen in der Antarktis.

Die Kontaktstelle bereitet für BMFT und Auswärtiges Amt die jährlichen nationalen Berichte "Informationsaustausch nach Artikel III(1) und VII(5) des Antarktisvertrages" für 1988 und 1989 vor. Sie beantwortete Anfragen zum Antarktisvertrag und begleitender Konventionen und fertigte hierfür kleine Informationsfaltblätter zu speziellen Fragen an (z.B. "Der Antarktisvertrag").

Internationales Büro: Koordinationsstelle der deutsch-neuseeländischen Vereinbarung über die wissenschaftliche Zusammenarbeit in der Antarktis

Die BGR Hannover, die intensiv mit Neuseeland zusammenarbeitet, hat gemäß Abmachung regelmäßig über ihre Aktivitäten informiert. Im Zeitraum Dez. 1988 bis März 1989 führte sie GANOVEX-V durch. Die Expedition ging von Neuseeland aus und verwendete die norwegische "Polar Queen" als Begleitschiff.

Internationales Büro für Meeres- und Polarforschung, Südamerika

Dieses Büro wurde kurz vor Ende des Berichtszeitraumes im AWI eingerichtet und wird von Dr. Ekau (Bio I) betreut. Das Büro wird ab 1990 im Auftrag des BMFT bilaterale Projekte der Antarktis- und Meeresforschung verwalten und finanziell unterstützen.

Nationaler Koordinator für das Filchner-Ronne-Schelfeis-Programm

Professor Miller (Geophysik) koordinierte die deutschen Beiträge zum genannten SCAR-Programm, das seit 1983 durchgeführt wird.

PIPOR Coordinating Office

PIPOR, das Programme for International Polar Oceans Research, steht in Beziehung zur Nutzung des europäischen Forschungssatelliten ERS-1 der ESA, für den die Bundesrepublik auf der Antarktischen Halbinsel eine Empfangsstation baut. Prof. E. Augstein leitet das internationale Koordinierungszentrum am AWI.

Internationale Zusammenarbeit in der Arktis

Die Zusammenarbeit in der Arktis ist nicht, wie in der Antarktis, durch einen internationalen Vertrag geregelt. Um diesem zu begegnen, diskutieren die Anrainerstaaten und die benachbarten interessierten Staaten die Einrichtung eines Internationalen Arktiswissenschaftskomitees (IASC). Auch am Ende des Berichtszeitraumes war man zu keiner Einigung, vor allem über die Vollmitgliedschaften, gelangt. Z. Zt. werden internationale Programme vom Arctic Ocean Sciences Board (AOSB) erarbeitet, dem eine Reihe wissenschaftlicher Institutionen arktischer Nachbarländer als Mitglieder angehören. Den Vorsitz hat Prof. Hempel. Das AWI ist an der Durchführung der AOSB-Projekte, wie z.B. des "Greenland Sea Project", beteiligt.

FS "Polarstern" hat auf seinen Arktisfahrten ARK-V (1988) und ARK-VI (1989) erneut zahlreiche ausländische Wissenschaftler an Bord gehabt.

Globale Zusammenarbeit

Internationales Büro: Sekretariat der Deutschen IOC-Sektion

Prof. Hempel als Exekutivratsmitglied und Dr. Giermann als Vertreter des Sekretariats nahmen an der 21. Sitzung des IOC-Exekutivrates in Paris im März 1988 teil. Anfang Juli 1988 nahm Dr. Giermann als Delegierter der Bundesrepublik an der 1. Sitzung des Regionalkomitees für IOCINDIO (zentraler Indischer Ozean) in Islamabad teil. Anschließend vertrat er die Bundesrepublik und die IOC bei einer Sitzung über marine Mineralressourcen von IOMAC, einer regionalen zwischenstaatlichen Organisation, in Karachi.

In gleicher Funktion nahmen Prof. Hempel und Dr. Giermann an der 15. Sitzung der IOC-Vollversammlung in Paris im Juli 1989 teil. Dieser war eine vorbereitende Sitzung der Dt. IOC-Sektion im Mai 89 vorangegangen.

Im Februar 1988 hatte das IOC-Sekretariat drei vom BMFT (2) und Alfred-Wegener-Institut (1) finanzierte IOC Research Fellowships (Stipendien) international ausgeschrieben. Ausgewählt wurden Dr. Borole (Indien) für die Geologie (Betreuer Prof. Fütterer), Dr. Cruz-Padilla (Equador) für die Biologie I (Betreuer

Prof. Arntz) und Dr. Gonzales (Chile) für die Biologie II (Betreuer Prof. Smetacek). Die drei Wissenschaftler haben mit Ende des Jahres 1989 ihre Tätigkeit am Alfred-Wegener-Institut abgeschlossen.

Ein mehrmaliger Einsatz von Herrn Scharringhausen (WSD Nord) im Rahmen von GLOSS zur Einrichtung von Pegeln in Westafrika wird vom Sekretariat weiter geplant (Finanzierung durch den BMFT). Eine zweiwöchige Vorbereitungsreise hatte Ende November 1988 stattgefunden. Z. Zt. werden die Pegel am DHI geeicht und die Einbauarbeiten vorbereitet.

Seit September 1988 arbeitet Dr. Alheit im IOC-Sekretariat in Paris als Senior Assistant Secretary für den Bereich OSLR (Lebendressourcen) (Finanzierung durch den BMFT). Sein Vertrag wurde bis März 1990 verlängert.

Ein internationaler Trainingskurs zum Thema "Strukturen, Sedimente und Ressourcen des Kontinentalschelfs" wurde mit BMFT-Mitteln und deutschen InstruktorInnen von der IOC im Oktober 1989 in Manila abgehalten. Dr. Giermann nahm als Vertreter der IOC, Organisator und Instruktor teil.

Die von "Polarstern" während ihrer Antarktisexpeditionen durchgeführten bathymetrischen Messungen stellen einen bedeutenden Beitrag zu GEBCO (General Bathymetric Chart of the Ocean) dar (Dr. Schenke). Im Dezember 1988 fand eine Sitzung der IOC Consultative Group on Ocean Mapping in Bremerhaven statt, an der Prof. Fütterer und Dr. Schenke teilnahmen.

Im September 1989 führte das Sekretariat in Bremerhaven ein Seminar im Rahmen von TEMA durch, das u.a. Fragen der Finanzierung der Zusammenarbeit in der Meeresforschung mit der Dritten Welt behandelte. Neben Experten waren Mitglieder von nationalen und internationalen Geldgeberorganisationen eingeladen.

Mehrere Mitarbeiter des Alfred-Wegener-Instituts sind Mitglieder in IOC-Arbeitsgruppen: Dr. Schenke (GEBCO), Prof. Ernst (GESAMP), Prof. Hempel (OSLR, TEMA), Prof. Arntz (El Niño, IO-CARIBE, TEMA), Dr. Giermann (IOCINDIO, SEATAR), Prof. Krause (GLOSS). Im Dezember 1988 nahm Dr. Giermann, Honorary Advisor to CCOP, als Vertreter der IOC an einer Tagung von CCOP und SEATAR in Baguio (Philippinen) teil; CCOP ist eine regionale zwischenstaatliche Organisation, die sich mit marinen Mineralressourcen befaßt, SEATAR eine gemeinsame CCOP-IOC-Arbeitsgruppe.

Sekretariat des nationalen "Global Change"-Programmes

Auf Wunsch des BMFT wurde das Sekretariat Ende 1989 im Alfred-Wegener-Institut eingerichtet; es wird von Dr. M. Lange (Sektion Geophysik) betreut. Aufgabe des Sekretariates wird es

sein, in der Bundesrepublik angelaufene oder geplante Projekte zu koordinieren und international einzubinden, sowie die Öffentlichkeit und politische Gremien zu informieren. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Sekretariat der DFG-Arbeitsgruppe IGBP (Prof. Bolle, Berlin) ist geplant.

Europäische Aktivitäten

Große Aufmerksamkeit erlangte die europäische Zusammenarbeit.

Die erwähnte European Polarstern Study (EPOS) gilt als großer Erfolg, so daß evtl. an eine Wiederholung im Nov./Dez. 1991 gedacht ist. Nach Abschluß von EPOS-I war die Koordinierungsstelle für EPOS im AWI vor allem mit der Vorbereitung von Workshops befaßt, die zur gemeinsamen Auswertung der Proben und Daten veranstaltet werden. Für Mai 1991 ist ein Symposium geplant.

Internationales Euromar Generalsekretariat

Euromar ist ein Projekt im Rahmen der europäischen Eureka Initiative mit dem Ziel, in Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft moderne Technologien zum Schutz des Meeres zu entwickeln. An diesem Projekt nehmen zwölf Staaten und die EG-Kommission teil. Zwanzig Tochterprojekte sind mit wechselnder nationaler Zusammensetzung operativ. Euromar besitzt als Organisationsstrukturen das Board, sechs internationale Working Groups und das Generalsekretariat, welches am AWI mit Dr. Schulz-Baldes als Generalsekretär eingerichtet wurde.

Das Generalsekretariat koordinierte die Sitzungen von Board und Working Groups, beriet Projektteilnehmer in Eureka-Fragen, schaffte Kontakte zwischen Unternehmen und Instituten und betrieb Öffentlichkeitsarbeit.

Nationales Euromar Sekretariat

Das nationale Euromar Sekretariat unter Leitung von Dr. Schulz-Baldes koordinierte im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie die deutschen Euromar Projektvorhaben. Alle Projektanträge wurden vom Sekretariat an ein Fachgutachtergremium weitergeleitet und mit den Gutachten dann dem BMFT zugestellt. Dabei wurde die internationale Einbindung der Projektanträge kontrolliert. Das Sekretariat verschaffte Interessenten Kontakte zu potentiellen Partnern im In- und Ausland und betrieb Öffentlichkeitsarbeit.

ECOPS

Ende 1989 wurde von ESF und EG ein European Committee for Ocean and Polar Sciences (ECOPS) eingerichtet, um die europäische Zusammenarbeit zu stärken und größere Gemein-

schaftsprojekte, auch im globalen Rahmen, zu fördern. Prof. Hempel wurde 1. Vorsitzender. 1990 wird ihm ein entsprechendes Sekretariat zugeordnet.

3. Forschungsarbeiten

3.1 Expeditionen

3.1.1 Arktisreise ARK V (April - August 1988)

Die fünfte Arktisexpedition mit dem FS "Polarstern" führte in die Grönland- und Norwegensee, wo in drei Fahrabschnitten meeresbiologische, meteorologische, ozeanographische, eisphysikalische, geophysikalische und geologische Forschungsarbeiten durchgeführt wurden. Die Reise begann am 26. April 1988 in Bremerhaven, sie wurde in Akureyri, Reykjavik (zweimal) und Tromsø zum Personal- und Geräteaustausch unterbrochen und endete am 29. August 1988 wieder in Bremerhaven. Die Arbeitsgruppen an Bord setzten sich aus Mitgliedern verschiedener deutscher und ausländischer Institute zusammen. Das Forschungsprogramm und die Fahrtplanung waren unter der Federführung des AWI entwickelt worden. Bis auf den zweiten Fahrabschnitt, der von Professor Meincke (Universität Hamburg) geleitet wurde, stellte das AWI mit Dr. Spindler und Professor Miller die wissenschaftlichen Leiter der Unternehmung.

Die Arbeiten des ersten Fahrabschnitts an einer großen Eisscholle im Innern des Meereises nordwestlich von Spitzbergen wurden durch ozeanographische Messungen von dem FS "Valdivia" im offenen Wasser und durch meteorologische Beobachtungen von je einem Flugzeug des AWI und der DLR ergänzt. Den Kern der Untersuchungen bildeten jedoch vielfältige Messungen im Wasser, in der Atmosphäre und im Eis von einer Eisscholle aus. Dieses von der Universität Hamburg koordinierte Programm hatte die Erforschung der Luft-Eis-Wasserwechselwirkungen und der Eislebensgemeinschaften im polaren Frühling zum Ziel. Die mittlerweile zügig fortschreitende Auswertung der Daten läßt verbesserte mathematische Konzepte zur Beschreibung der Grenzschichtprozesse und der Meereisentwicklung erwarten.

Im zweiten Abschnitt überwogen ozeanographische Messungen im Rahmen des Grönlandseeprojektes, die in erster Linie auf die Quantifizierung der verschiedenen Wassermassen in der Grönlandsee zielten. An dieser Aufgabe arbeiteten neben der "Polarstern" die "Valdivia" der Universität Hamburg und das norwegische Forschungsschiff "Haakon Mosby" im eisfreien Ozean. Auswertungen der schon über mehrere Jahre laufenden Wassermassenanalysen liefern erste Anhaltspunkte über die Tiefenwasserproduktion im Bereich der Grönland- und Norwe-

gensee. Als besonders wertvoll erwiesen sich die Strommesser- und Thermistorverankerungen, aus deren Zeitreihen auf die Vermischungsprozesse bei der Wassermassenentstehung geschlossen werden kann.

Die letzte Expeditionsphase war der Erforschung des ostgrönländischen Kontinentalhanges gewidmet. Trotz teilweise dichter Eisbedeckung konnten mehrere reflexionsseismische Profile guter Qualität aufgezeichnet und durch Sedimentproben ergänzt werden. Der Umfang der Messungen wurde besonders im Scoresby Sund erweitert, indem dort auch sechs Landstationen errichtet wurden, so daß die seismischen Profile die Küstenkonfiguration durchliefen. Mit diesen Messungen hat das AWI seinen ersten Beitrag zur geophysikalisch-geologischen Erforschung der arktischen Meeresgebiete geleistet. Weitere Untersuchungen sollen in den kommenden Jahren folgen.

3.1.2 Antarktisreise ANT VII (September 1988 - April 1989)

ANT VII/1, Bremerhaven - Rio Grande

Auf der Anreise in die Antarktis (Leitung G. Krause) stellte die "Polarstern" diesmal ein schwimmendes Großlabor für die Untersuchung von Spurengasen in der maritimen Atmosphäre dar. 13 der insgesamt 18 Forschungsprojekte widmeten sich den komplizierten chemischen Reaktionen, die sich über der Oberfläche des Ozeans abspielen. Die Verteilung von Kohlenwasserstoffen, Stickstoff- und Schwefelverbindungen wurde ebenso gemessen wie photochemisch erzeugtes Ozon, Wasserstoffperoxid und Jodoxidradikale. Hinzu kamen Messungen der UV-Strahlung und aller anderen Komponenten des Strahlungshaushalts über dem Meer. Die umfangreiche Datensammlung über die genannten Spurengase soll die Kenntnisse über die Verteilung natürlicher und anthropogener Anteile erweitern. Die Daten werden außerdem für Test und Weiterentwicklung photochemischer Reaktionsmodelle der ungestörten Atmosphäre benötigt. Schließlich wurden im hydrographischen Schacht des Schiffes optische Eigenschaften des Wassers gemessen und Phytoplankton in Wasserproben bestimmt.

Am 15. September 1988 verließ "Polarstern" Bremerhaven. Nachdem das Schiff die stürmische Nordsee verlassen hatte, wurde die Fahrt durch gutes Wetter begünstigt. Vor dem Erreichen der Passatregionen war die Windrichtung relativ zum Schiff jedoch für die zahlreichen Spurenstoffmessungen in der atmosphärischen Grenzschicht nicht immer günstig.

Am 22. September ankerte "Polarstern" in der Nähe des Hafens von Ponta Delgada auf den Azoren, um vier Techniker, die an den Winden, dem Doppler Sonar Log und dem integrierten Navigationssystem gearbeitet hatten, an Land zu lassen. Ein vorheriger harter Test von drei neuen Winden war sehr erfolgreich verlaufen.

Anschließend wurde ein Nord/Süd-Schnitt entlang des 30° W Meridians von 30° N bis 30° S aufgenommen. Am 9. Oktober lief "Polarstern" Rio Grande (Brasilien) an.

Die ersten groben Ergebnisse deuten an, daß in den Passatregionen die Konzentration anthropogener Spurenstoffe äußerst klein war und in einigen Fällen unter der Nachweisgrenze der benutzten Methoden lag. Die Wissenschaftler erwarten deshalb, daß die Datensätze gute Einblicke in die natürlichen Spurenstoffprozesse über dem Meer liefern.

EPOS: Die erste europäische Antarktisexpedition ANT VII/2 - ANT VII/4

Die drei Fahrtabschnitte der Europäischen Polarstern Studie (EPOS) fanden vom 11. Oktober 1988 - 10. März 1989 statt und waren der antarktischen Ökologie gewidmet. EPOS wurde von der Bundesrepublik Deutschland initiiert und stand unter der Schirmherrschaft der European Science Foundation (ESF). Die wissenschaftliche Fragestellung erarbeitete eine internationale besetzte Gruppe. Über 200 Wissenschaftler bewarben sich um die Teilnahme, von denen 130 aus 44 Instituten und 11 Ländern ausgewählt wurden. Hinzu kamen sechs Wissenschaftler aus drei südamerikanischen Ländern. An der endgültigen, detaillierten Forschungsplanung wirkten die Teilnehmer mit. Die technische Koordinierung wurde vom EPOS Sekretariat (Prof. V. Smetacek) am AWI bewerkstelligt. Zum ersten Mal war dem jeweiligen Fahrtleiter ein ausländischer "Scientific Advisor" zur Seite gestellt, dem hauptsächlich die Koordinierung der internationalen Arbeitsgruppen oblag. Dieses Konzept hat sich sehr bewährt.

Reise- und Transportkosten sowie Forschungsmittel trugen die teilnehmenden Länder; einen Teil der Hubschrauber-Charterkosten warb die ESF von der EG ein. Etwa die Hälfte der Wissenschaftler verfügte über Antarkiserfahrung; bei den übrigen handelte es sich meistens um anerkannte Experten, die neue Methoden oder Spezialkenntnisse zum ersten Male in antarktischen Gewässern einsetzten. Hierdurch wurde es ermöglicht, aus dem breiten Spektrum europäischer Forschung zu schöpfen und bedeutende Experten für die Erforschung der komplexen Zusammenhänge des antarktischen Ökosystems einzusetzen.

Die EPOS-Expedition gliederte sich in drei Fahrtabschnitte von jeweils 6 - 8 Wochen, die dem Meereis, dem offenen Wasser bzw. dem Meeresboden schwerpunktmäßig gewidmet waren.

Das Meereis und Plankton im zeitigen Frühjahr (EPOS Leg 1, ANT VII/2)

Die wissenschaftlichen Untersuchungen während EPOS 1 konzentrierten sich auf die Erforschung des Meereises im nordwestlichen Weddellmeer sowie auf die Eisrandzone und das daran angrenzende offene Wasser der Weddell/Scotia Konfluenz. Das nordwestliche Weddellmeer ist eines von wenigen Gebieten, in welchem mehrjähriges Packeis mit "Polarstern" relativ leicht zu erreichen ist.

Basis für die biologischen Meereisuntersuchungen waren umfassende glaziologische Studien zur physikalischen Struktur des Meereises, dessen Zonierung und Dynamik. Des Weiteren sollten Ursprung, Entwicklung und Zerfall des Meereises unter dem Einfluß von thermodynamischen und dynamischen Prozessen der Atmosphäre und des Ozeans besser verstanden werden. Die Unterseite des Eises und die vielen Laugenkanäle und -höhlen stellen für das Wachstum von Eisalgen ein geeignetes Substrat dar und sie bilden den Weidegrund für zahlreiche Heterotrophe wie Bakterien, Flagellaten, Ciliaten, Copepoden und Krill. Für das quantitative Sammeln all dieser Organismen wurden viele neue Sammelmethoden und -geräte entwickelt und angewandt, wie der Einsatz von Tauchern und das Beobachten von Krill mit einem manövrierbaren Unterwasserfahrzeug (ROV). Spezifische Wachstumsexperimente bei kontrollierten Umweltbedingungen im Labor ergänzten und vervollständigten die Freilanduntersuchungen.

Messungen zur Primär- und Sekundärproduktion sowie Messungen der Atmung von pflanzlichen und tierischen Mikroorganismen wurden in allen Untersuchungsgebieten durchgeführt. Regionale und vertikale Verteilung von Nährsalzen, pH und Alkalinität und die Lichtbedingungen unter Wasser, eingeschlossen die UV Einstrahlung, mußten in bezug auf Meereis und Vorkommen von anderen lebenden und toten Partikeln beschrieben werden. Ebenso sollte die geplante Fahrtroute dazu dienen, die bisherigen Studien zur geographischen Verteilung von Zooplankton, Seevögeln und Meeressäugern während des Winters zu vervollständigen. Die Überwinterung der großen Krillbestände, die im Sommer größtenteils im Bereich der Halbinsel fressen und sich vermehren, ist kaum aufgeklärt. Daher wurde das Meereis, welches Nahrung und Schutz für den Krill im Winter bieten kann, mit den unterschiedlichsten Methoden untersucht, um die Verteilung des Krills im Winter unter dem Eis zu erfassen sowie sein Freißver-

halten, sein Wachstum und seine Altersklassenzusammensetzung zu erforschen.

Am 11. Oktober verließ "Polarstern" mit 47 wissenschaftlichen Fahrteilnehmern aus elf Ländern den Hafen von Rio Grande (Leitung: G. Hempel, Scientific Advisor: J.O. Strömberg, Schweden). Am 18. Oktober begann westlich von Clarence Island das erste Stationsprofil, das bis ins dichte Packeis, zusammengesetzt aus großen, wahrscheinlich zweijährigen Eisschollen, führte. Die erste Dauerstation fand in einer Wake am Rande einer großen, kompakten Scholle statt. Erstmals für "Polarstern" wurden dabei Taucher eingesetzt, die an der Unterseite des Meereises fotografierten, Algen, Amphipoden und Krill sammelten und in-situ Inkubationen durchführten. Das ROV lieferte gute Videoaufnahmen und Photos von der Eisunterseite. Das Eisbohrteam gewann Proben und Daten über Dicke, Struktur und mikrobielle Besiedlung des Meereises, während andere Gruppen die Wasserschicht unmittelbar unter dem Eis sowie die Wassersäule physikalisch, chemisch und biologisch untersuchten. Die großräumige Verteilung des Meereises im weiteren Umkreis des Schiffes konnte mit Hilfe systematischer Photoflüge der Hubschrauber dokumentiert werden. Sie leisteten - sofern das Wetter es zuließ - auch wertvolle Hilfe bei der Routenerkundung im Packeis und wurden im weiteren Verlauf der Expedition gelegentlich zur Zählung von Robben und Pinguinen verwendet.

Nach der Dauerstation begann Profil 2 mit dem gleichen Nebeneinander von Arbeiten der Eisbohrer, Taucher, Untereisbeobachter, Fotoflieger und der "normalen" Meeresbiologen und Ozeanographen, die mit CTD-Rosetten, Lichtsonden und Planktonnetzen verschiedener Größe vom Schiff aus arbeiteten. Ein Höhepunkt des Profils 2 war die Entdeckung der Wanderstraße der Adelle- Pinguine, die zu Tausenden über das Meereis den Brutplätzen an der Spitze der Antarktischen Halbinsel zustreben. Das Profil 2 wurde als Meridionalschnitt bis ins freie Wasser bei 58.2° S durchgeführt, in dessen Verlauf eine noch schwache Frühjahrsblüte des Phytoplanktons angetroffen wurde.

Das dritte Profil führte vom offenen Wasser bis tief ins Packeis des zentralen Weddellmeeres. Während der Fahrt mußten bis 10 m mächtige Preßeisrücken umfahren werden. Bei 63.21° S war der Bereich fast geschlossenen mehrjährigen Packeises erreicht, in dem der Aufwand für ein weiteres Vordringen wissenschaftlich nicht mehr gerechtfertigt erschien. Mit Hilfe des Hubschraubers wurde das glaziologische Profil 30 sm nach Süden um zwei weitere Bohrstationen verlängert, während "Polarstern" eine weitere Dauerstation durchführte. Sie bildete den südlichen Abschluß des nun insgesamt 320 sm langen Nordsüd-Profiles.

In den ersten zwei Tagen nach der Südstation konnte sich "Polarstern" nur langsam ihren Weg nach NO brechen. Der Frühling machte sich am Eisrandgebiet durch Abschmelzmuster an der Unterseite der Schollen und durch Aufweichung des Schnees, nicht aber in der pflanzlichen Produktion bemerkbar. In einer Zone des algenreichen Brauneises wurde eine 30-stündige Dauerstation durchgeführt. Knapp zwei Tage Dampfen und Stationsarbeit lagen zwischen der Dauerstation und dem Besuch in Signy Island und der dortigen britischen Station am 10. November.

Die folgenden zwei Tage waren einem Süd-Nord-Profil aus dem Meereis ins offene Wasser gewidmet. Bei 59.00° S traf "Polarstern" am Eisrand auf eine relativ reiche Diatomeenblüte, die noch einmal genauer untersucht wurde. Da dieser Schnitt auf allen drei EPOS- Teilen gefahren werden sollte, standen zusätzliche Zooplanktonfänge auf dem Programm. Bei der nördlichsten Station auf 57.50° S waren die Chlorophyllwerte wieder abgesunken.

Anschließend wurden die Messungen auf Profil 2 in der Eisrandzone zwischen 60° und 61° S wiederholt. Im Vergleich zu den Verhältnissen drei Wochen zuvor war das Eisfeld stark aufgelockert. Eisalgen hatten sich in der Grenzschicht zwischen Eis und Schnee und in den durch Abschmelzen stark skulpturierten Schollen kräftig vermehrt, während im Phyto- und Zooplankton noch keine Anzeichen des Frühlings sichtbar waren. Auf einer 22-stündigen Dauerstation wurde das ROV fünfmal für systematische Krillbeobachtungen eingesetzt. Als Abschluß der Forschungsarbeiten lieferten zwei RMT-Einsätze am Eisrand gute Fänge an Krill und pelagischen Tiefseetieren. Am 19. November endete EPOS I in Punta Arenas.

Die Planktonentwicklung im Eisrandgebiet (EPOS Leg 2, ANT VII/3)

Der zweite EPOS-Fahrtabschnitt befaßte sich vorwiegend mit dem Plankton des Eisrandgebietes und des offenen Wassers. Im Gegensatz zu arktischen Gewässern, wo Pflanzennährstoffe (vor allem Nitrat) vom Phytoplankton im Zuge der Frühjahrsentwicklung vollständig aufgezehrt werden, bleibt das Oberflächenwasser der Antarktis stets stickstoffreich. Es müssen deshalb andere Faktoren die Produktivität des Phytoplanktons und somit den Aufbau von Biomasse begrenzen:

- a) Die tiefe Durchmischung der Oberflächenschicht verhindert eine effiziente Lichtversorgung des Phytoplanktons.
- b) Mangel an Spurenstoffen wie Eisen und Mangan begrenzen den Biomasseaufbau.

c) Ein starker Freßdruck durch Zooplankter und Krill verhindert den Aufbau von Phytoplanktonblüten, die Voraussetzung für eine vollständige Aufzehrung der Nährstoffe sind.

Ein weiteres Paradoxon des antarktischen pelagischen Ökosystems ist der saisonale Übergang von einer Diatomeengemeinschaft im Frühjahr zu einer sommerlichen Flagellatengemeinschaft. Diese Artensukzession ist charakteristisch für das Pelagial, fällt aber in der Regel mit einer Nährstoffaufzehrung durch die Diatomeenpopulationen zusammen. Daher wird zur Zeit der Nährstoffverbrauch als Ursache für den Wandel in der Systemstruktur angesehen. Das antarktische Beispiel zeigt aber, daß auch andere Faktoren denselben Effekt herbeiführen können.

Die Zusammensetzung der wissenschaftlichen Besatzung dieses Abschnitts ermöglichte eine umfassende Aufnahme der wesentlichen Bestandteile des pelagischen Ökosystems. Internationale Gruppen untersuchten Physik und Chemie der Wassersäule; sie bestimmten erstmals Eisen- und Mangengehalte des antarktischen Wassers unter ultrasauberen Bedingungen. Die Phytoplanktonproduktion und -zusammensetzung wurde erfaßt und die Rolle von Bakterien, Protozoen, Zooplankton und Krill sowohl im Freiland als auch in Laborexperimenten untersucht. Zusätzlich an Bord durchgeführte Experimente halfen die Wechselbeziehungen im Nahrungsgefüge zu ermitteln. Die Entwicklung des Ökosystems wurde in drei Wassermassen mit unterschiedlichen physikochemischen Bedingungen verfolgt.

Am 22. November verließ "Polarstern" Punta Arenas (Leitung: V. Smetacek, Scientific Advisor: C. Veth, Niederlande) mit 44 Wissenschaftlern aus 11 Ländern und nahm Kurs auf die erste Station bei 57° S, 49° W. Das erste Profil entlang des 49° Meridians durchquerte das tiefe Wasser zwischen antarktischer Halbinsel und den Südorkney Inseln. Die Entwicklung des Systems in den drei Wassermassen zeigte deutliche Unterschiede. In der tief durchmischten Oberflächenschicht der Scotiasee war eine bereits entwickelte Planktongemeinschaft vorhanden. In der Konfluenz boten sich ideale Lichtbedingungen für das Phytoplankton aufgrund des durch Schmelzwasserzufuhr stark geschichteten Wassers. Die Biomasse war allerdings recht fleckenhaft verteilt; eine Diatomeenblüte, die bei relativer Abwesenheit von Zooplankton herangewachsen war, fand sich in der Mitte der Konfluenz. Weiter südlich im eisbedeckten Weddellmeer herrschten noch Winterbedingungen mit sehr niedrigen Chlorophyllwerten und geringem Zooplankton.

Die Forschungsarbeiten wurden kurz unterbrochen, um Personal vom britischen Forschungsschiff "John Biscoe" das wegen Maschinenschaden in der Nähe lag, auf die Station in Signy Island überzusetzen. Die erste Dauerstation lag im planktonar-

men Wasser des packeisbedeckten Weddellmeers bei 61° S. Es wurden Sinkstofffallen eingesetzt und eine Reihe von physiologischen Untersuchungen wurden an der Eisalgengesellschaft durchgeführt. Die nächste Dauerstation wurde nördlich der Eisrandzone im Zentrum der Konfluenz positioniert. Die relativ hohe Diatomeenbiomasse nahm innerhalb von sechs Stunden stark ab. Der drastische Rückgang fiel mit dem Auftauchen eines auf dem Echolot deutlich sichtbaren Krillschwarms unter dem Schiff zusammen. Ein kurzes RMT-Hol erbrachte einen Fang von 40 kg Krill. Der Schluß lag nahe, daß die Algen vom Krill weggefressen waren. Eine Bestätigung lieferten die Sinkstofffallen, deren Fanggläser viel Krillkot enthielten. Die dritte Dauerstation fand an einer Mischpopulation von Eisdiatomeen und kleinen Flagellaten am Rande des Packeises statt, die vierte Dauerstation in der planktonarmen Scotiasee.

Das zweite Profil verlief entlang des 47° W Meridians und kreuzte den breiten Schelf der Südorkney Inselgruppe. Abgesehen davon, daß hohe Diatomeenbiomassen nicht mehr angetroffen wurden, ähnelten die Ergebnisse denen des ersten Schnitts. Die Algenbiomasse im Bereich der stabil geschichteten Konfluenz lag stets weit unterhalb der Tragfähigkeit des physikochemischen Systems, denn in Inkubationsversuchen mit natürlichen Populationen unter ultrasauberen Bedingungen wurde Nährstoffaufzehrung mit entsprechendem Aufbau von Biomasse innerhalb von 14 Tagen beobachtet. Offensichtlich waren Spurenstoffe nicht limitierend. Nach einem Besuch der britischen Signy Station am 18. Dezember, wurde ein Schnitt direkt am Eisrand im Bereich der Schmelzwasserfahne aufgenommen. Der Übergang vom diatomeendominierten Plankton zu Flagellatengesellschaften war in dieser Zone in vollem Gange. Derselbe Übergang wurde in Laborexperimenten mit natürlichem Plankton in den Gefäßen, die mindestens zeitweilig dem Krillfraß ausgesetzt waren, beobachtet. In den Gefäßen ohne Krill blieben die Diatomeen dominant.

Nach Weihnachten wurde das Profil entlang des 49° W Meridians wiederholt. Die Biomasse war durchweg niedrig und die klassische, regenerierende Flagellatengemeinschaft hatte sich bereits überall etabliert. Im Anschluß an diesen Schnitt wurde die Hydrographie im Bereich der nördlichen Front der Konfluenz aufgenommen, um die Mechanismen des Wasseraustausches zwischen Scotiasee und Konfluenz genauer zu erkunden. Die letzten Stationen der Fahrt waren der fleckenhaften Verteilung von Phyto- und Zooplankton im Bereich der Front gewidmet. Am 9. Januar 1989 endete der zweite EPOS Abschnitt in Punta Arenas.

Die ersten Ergebnisse dieser Fahrt ließen schon erkennen, daß die Dicke der Deckschicht zwar Voraussetzung für den Auf-

bau von Phytoplanktonblüten ist, der wichtigste Faktor, der den Biomasseaufbau des antarktischen Phytoplanktons begrenzt, ist jedoch der Freßdruck des Zooplanktons. Die Spurenstoffe Eisen und Mangan sind relativ zu Stickstoff und Phosphor in ausreichenden Mengen vorhanden. Den Übergang von der Diatomeen- zur Flagellatengesellschaft steuert im wesentlichen die saisonale Zunahme des Freßdrucks. Die Konfluenzzone scheint ein wichtiger Weidegrund des Krills zu sein, der im späten Frühjahr das Meereis verläßt und zur Schwarmbildung im offenen Wasser übergeht.

Fischpopulationen und Benthosgemeinschaften im südöstlichen Weddellmeer (EPOS Leg 3, ANT VII/4)

Ziel dieses Fahrtabschnitts war eine umfassende Untersuchung der Benthosgemeinschaften und der Fischpopulationen der Hochantarktis in Beziehung zu biotischen und abiotischen Faktoren. Folgende Vorhaben bildeten den Schwerpunkt der Untersuchungen:

- a) Detaillierte Aufnahmen des Makro- und Meiobenthos sowie der pelagischen und benthischen Fischpopulationen in Beziehung zur Wassertiefe, zu ozeanographischen Bedingungen und zur Sedimentbeschaffenheit in verschiedenen Gebieten.
- b) Untersuchungen zur Ökologie ausgewählter Tiergruppen, z.T. an gehälterten Tieren.
- c) Untersuchungen von Chromosomenmorphologie und Isozymen von Fischen für populationsdynamische und phylogenetische Zwecke.
- d) Fortsetzung der EPOS Untersuchungen zur saisonalen Entwicklung der Planktongemeinschaften im nordwestlichen sowie im südöstlichen Weddellmeer.

Die Untersuchungsgebiete lagen vor Kapp Norvegia (72° S) und in der Halley Bay (76° S). Die Entsorgung der Georg-von-Neumayer-Station sowie die Ein- und Ausbringung verschiedener Verankerungen auf dem Hin- und Rückweg ins Weddellmeer standen als zusätzliche Aufgaben auf dem Programm.

“Polarstern” verließ Punta Arenas am 13. Januar 1989 (Leitung W. Arntz, Scientific Advisor J.-C. Hureau, Frankreich) mit 44 Wissenschaftlern aus acht Ländern an Bord sowie 22 Gästen. Letztere setzten sich zusammen aus dem Personal der Stationen Georg von Neumayer und Halley Bay, dem Hubschrauberteam, einem Bautrupp und zwei Journalisten.

Ozeanographische und planktologische Arbeiten wurden auf dem 47°W-Profil am 19. Januar bei 61° 30'S abgeschlossen.

Am Abend des 23. Januar machte “Polarstern” an der Eiskante der Atkabucht fest, die zu diesem Zeitpunkt noch von Eis bedeckt war. Drift und Whiteout verhinderten an diesem und einem großen Teil des folgenden Tages jedweden Hubschraubertausch mit der Neumayer-Station, so daß das Überwinterungsteam, der Bautrupp und alle Lasten mit Schneefahrzeugen transportiert werden mußten.

In der Nacht des 24. Januar verließ “Polarstern” den Schutz des Eises in der Atka-Bucht und steuerte in stürmischem Wasser Halley Bay an. Auf dem Weg wurde eine volle Station mit ROV, CTD, RMT, zwei benthischen Multicorern für Meio- und Makrofauna und einem Grundschieppnetzhol gefahren, der über 15 t Schwämme in einer Viertelstunde erbrachte. Da sich das Wetter besserte, machte “Polarstern” einen kurzen Abstecher ins Drescher-Inlet. Es zeigte sich, daß die nordöstliche Ecke der Schelfeiskante mit der Rampe abgebrochen war und die Container der Drescher-Station bis zu den Dächern von Schnee bedeckt waren. Am 28. Januar traf das Schiff vor Halley Bay ein, und die britischen Gäste wurden per Hubschrauber zur Station gebracht.

Das Seegebiet vor Halley war überraschenderweise praktisch eisfrei, und die Oberflächentemperaturen lagen um fast 2° C höher als normalerweise um diese Jahreszeit. Insgesamt wurde ein umfangreiches Programm von 17 Stationen zwischen 150 und 2000 m Tiefe mit CTD-Rosetten, Bongo-, und Fischlarvennetzen in der Wassersäule sowie Grundschieppnetz, Agassiztrawl, Meiofaunacorer und Makrofauna-Mehrfachgreifer am Boden durchgeführt. Unterwasserphotographie an den gleichen Stellen ergänzte die Probennahme, die pro Station gewöhnlich einen Tag in Anspruch nahm. Zwei zusätzliche CTD-Profile parallel bzw. senkrecht zu den biologischen Stationen wurden während der Dunkelheit durchgeführt, um die ozeanographischen Bedingungen besser zu erfassen.

Die Rückreise begann am 10. Februar nach einem kurzen Treffen mit dem britischen Versorgungsschiff “Bransfield” und dem Besuch der alten und der neuen (im Bau befindlichen) Halley Bay-Station durch eine Abordnung der “Polarstern”. Entlang der Eiskante auf dem Weg nach Kapp Norvegia gab es nur loses Treibeis, weshalb die Argos-Bojen in offenes Wasser ausgebracht werden mußten. Am 12. und 13. Februar wurden einige Trawlfänge in einer Küstenpolynya vor Vestkapp gemacht.

Als “Polarstern” die Polynya vor Vestkapp verließ, mußte sie sich mit einem schweren Sturm auseinandersetzen, der am 16. und 17. Februar Orkanstärke erreichte. Die Arbeiten vor Kapp Norvegia konnten deshalb fünf Tage lang nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden. Trotz dieser Behinderung und ei-

ner großen Zahl zerrissener Grundschleppnetze und Agassiz-trawls wurde das Vergleichs-Profil zwischen 200 und 2000 m vor Kapp Norvegia am 21. Februar einigermaßen zufriedenstellend abgeschlossen. Nach einem multinationalen Austausch mit der neuen sowjetischen Drushnaya-Station nahm "Polarstern" die nächtlichen CTD-Hols wieder auf, setzte vier AWI-Verankerungen und weitere drei Argosbojen in offenes Wasser aus, und machte eine 24 Std-Station mit CTD und RMT, um tagesperiodische Veränderungen von Plankton und Fischen in der Wassersäule zu verfolgen.

Der zweite Aufenthalt vor der Neumayer-Station am 25. und 26. Februar spielte sich bei gutem Wetter ab. Das Schiff verließ die Atka-Bucht am Abend des 25. Februar. Das Wetter auf dem ersten Teil der Heimstrecke hielt sich relativ stabil, und am 28. Februar wurde eine Tiefseeverankerung aus 5000 m aufgenommen und wieder ausgesetzt. Nach der Aufnahme einer zweiten Verankerung am 5. März geriet "Polarstern" noch einmal in schweres Wetter und hohen Seegang, bevor sie ruhiges Wasser und schließlich, am 10. März, Kapstadt erreichte.

Während dieses Fahrabschnitts konnte zum ersten Mal umfassendes Daten- und Probenmaterial zur Erforschung der Ökologie des Benthos und der Fische der Hochantarktis gesammelt werden. Etwa 2000 Amphipoden 25 verschiedener Arten, 350 Muscheln 40 verschiedener Arten und 50 Fische 10 verschiedener Arten wurden für autökologische Untersuchungen lebend in Kühllaboratorien nach Europa zurückgebracht. Das konservierte Material wird in den verschiedenen Laboratorien einer eingehenden taxonomischen Bearbeitung unterzogen. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Sammlung von Schwämmen gewidmet. Durch den Einsatz von kommerziellen Schleppnetzen fiel die Fischausbeute besonders groß aus. Insgesamt wurden 64 Arten registriert, davon 14 zum ersten Mal im Untersuchungsgebiet. Pelagische Tintenfische konnten erstmals mit Netzen gesammelt werden. Zoo- und Ichthyoplankton wurde mit der neuen Version des Rectangular Midwater Trawl (RMT 8+1) sehr effektiv gesammelt.

Vorläufige Ergebnisse der Fahrt zeigen überraschende Abweichungen von den Verhältnissen in anderen Meeren. Das Meiobenthos war zwar artenreich, doch fehlten einige Gruppen ganz und andere waren nur spärlich vertreten. Die Verteilung der üppigeren Bestände des Makrobenthos war sehr fleckenhaft. Die Abundanz nahm mit der Tiefe ab, allerdings wurden auch unter 800 m beachtliche Anzahlen von Tieren gefunden. Interessanterweise wiesen viele Tiergruppen keine deutliche Tiefenzonierung, wie in anderen Meeresgebieten üblich, auf.

ANT VII/5, Kapstadt - Bremerhaven

Auf der Reise von Kapstadt nach Bremerhaven (Leitung W. Ernst) vom 12. März bis zum 6. April 1989 wurden im Rahmen der luftchemischen Messungen Schwefelverbindungen, Ozon, Salpetersäure sowie Schwermetalle im Aerosol bestimmt. Bei der Analyse von Wasserproben standen Schwermetalle und organische Spurenstoffe natürlichen und anthropogenen Ursprungs im Vordergrund. Die Konzentrationen einiger Metalle, wie Cadmium, Kupfer und Blei wurden bereits an Bord bestimmt. Die Metallgehalte von Neustonproben werden ebenso im Heimatlabor analysiert wie die extrem niedrigen Gehalte an Organohalogenverbindungen in den Neustonfängen. Für die Isolierung organischer Wasserinhaltsstoffe waren Extraktionen großer Wassermengen bis zu 6000 l mit einem kontinuierlich arbeitenden Zentrifugalextraktor notwendig, um kleine Substanzkonzentrationen sicher nachweisen zu können. Während der gesamten Reise wurden kontinuierlich Nährsalze mit einem Autoanalyser-System gemessen. Zur Untersuchung der Bildung gasförmiger Schwefelverbindungen aus dem Phytoplankton in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Planktons wurden Messungen des Dimethylsulfoniumpropionats als Vorstufe des Dimethylsulfids (DMS), sowie ATP- und DMS-Analysen im Phytoplankton bzw. im Wasser durchgeführt.

Eine mikrobiologische Arbeitsgruppe arbeitete in den Tiefseebecken an einem Projekt über die Tiefenanpassung bakterieller Populationen. Der erstmalige Einsatz eines Druckwasserschöpfer ermöglichte es, Proben im druckkonstanten Zustand zu gewinnen.

Zur Untersuchung des Partikelflusses zum Meeresboden wurden im Gebiet Walfischrücken eine Sinkstoffalle aufgenommen und aus dem gewonnenen Material an Bord mikroskopische und REM-Präparate hergestellt. Eine neue Verankerung mit zwei Sinkstoffallen in unterschiedlichen Tiefen wurde ausgebracht.

Die physikalisch-ozeanographische Arbeitsgruppe setzte verschiedene Sonden im hydrographischen Schacht ein, mit denen Salzgehalt und Temperatur sowie die Chlorophyllfluoreszenz gewonnen wurde. Messungen der Temperaturverteilung in Containern dienten der Untersuchung des Temperaturbelastungspotentials von Transportmitteln in subtropischen und tropischen Klimazonen.

3.1.3 Arktisreise ARK VI (April - Juli 1989)

Die sechste Arktisreise der "Polarstern" diente mit Ausnahme des ersten Fahrabschnitts der Durchführung zahlreicher For-

schungsvorhaben im Rahmen des internationalen Grönlandsee-Projektes des Arctic Ocean Science Board. Sie betrafen zum Teil mehrjährige Vorhaben in der physikalischen, chemischen und biologischen Ozeanographie. Die Reise wurde in drei Abschnitten durchgeführt. Der erste Teil (Bremerhaven - Tromsø, 20.4. - 16.5.89, Fahrtleiter J. Schwarz, HSWA Hamburg) war hauptsächlich der Erforschung der Eisverhältnisse und der mechanischen und physikalischen Eigenschaften von mehrjährigem Eis und von Eisbergeis in der nördlichen Barents-See gewidmet. Außer diesen eistechnischen Forschungsaufgaben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Sedimenteinschlüsse in verschiedenen Eisarten
- Mikrowelleneigenschaften von Eis, Schnee, Wasser und Luft
- Bestimmung von Strömungsvektoren und Beschreibung der Unterwassertopographie von Eisbergen
- Vorkommen und Verhalten von Seevögeln in dichtem Packeis
- Lebenszyklen und vertikale Wanderung von herbivoren Copepoden

Bedingt durch schwere Eispressungen und schlechte Sichtverhältnisse hat sich "Polarstern" dabei erstmals verspätet. Nach Umrundung Spitzbergens traf sie sieben Tage nach Plan in Tromsø ein.

Im Mittelpunkt des zweiten Abschnitts (Tromsø-Tromsø, 16.5. - 7.6.89, Fahrtleiter J. Meincke, IfM Hamburg) stand die Weiterführung der saisonalen Erfassung des physikalischen, chemischen und biologischen Zustands der Grönlandsee. Aus Aufnahmen während des vorangegangenen Sommers, des Herbstes und des Winters soll eine quantitative Abschätzung der für das Klimageschehen wichtigen Tiefenwasserbildungsraten und ihrer chemischen und biologischen Konsequenzen ermöglicht werden. Im einzelnen umfaßte das Programm:

- engabständige Schichtungsmessungen zusammen mit Sauerstoff und Nährsalzen
- Aufnahme und Auslegung von Verankerungen
- Fortführung der Untersuchungen der Mikrowelleneigenschaften des Eises
- Bestimmung des Sedimentgehaltes des aus dem arktischen Becken nach Süden driftenden Eises
- Gewinnung von Sedimentkernen zur Bestimmung der paläo-ozeanographischen Geschichte des Ostgrönlandstroms
- Dichte und ökologische Struktur von Benthosgemeinschaften in verschiedenen Regionen der Grönlandsee
- Fortführung der experimentellen Untersuchungen an Copepoden

Der dritte Fahrtabschnitt (Tromsø-Longyearbyen, 8.6. - 28.6.89, Fahrtleiter G. Krause) widmete sich dem gleichen klimarelevanten Problembereich. Er führte mit Ausnahme der geologischen und benthologischen Arbeiten die vorgenannten Projekte weiter, konzentrierte sich jedoch auf physikalische, chemische und biologische Prozesse in den Frontalzonen der Polarfront und der Arktikfront.

Die Reise war zum einen Teil eines langfristig angelegten Programms zur Erforschung jahreszeitlicher Änderungen. Besonderes Interesse galt zum anderen der Frage, welcher Teil der Primärproduktion aus der euphotischen Zone exportiert wird und somit als biologische Senke für CO₂ aus der Atmosphäre infrage kommt.

Ergänzt wurde das Meßprogramm durch umfangreiche meeresoptische Messungen zur Charakterisierung von Wassermassen und zur Gewinnung von Basisdaten für die optische Fernerkundung. Neben der Messung der Mikrowelleneigenschaften des Eises wurde eine weiterentwickelte Line-scan-Kamera mit Graustufenauflösung zur Messung der Eisbedeckung und der Erkennung der Oberflächenbeschaffenheit des Eises - beides wichtig für die Fernerkundung mit Mikrowellen - eingesetzt.

Durch Beschränkung der in-situ-Messungen auf wenige Instrumente konnten auf 74°45'N und 78°N zwei komplette Schnitte mit insgesamt 90 Stationen bearbeitet und eine umfangreiche XBT-Aufnahme durchgeführt werden. Damit wurden die Frontalzonen sehr gut aufgelöst.

Der letzte Fahrtabschnitt (Longyearbyen - Hamburg, 29.6. - 8.7.89, Fahrtleiter G. Hempel) galt einer vergleichenden Benthosuntersuchung Grönlandschelf - Spitzbergenschelf. Die meeresoptischen Projekte wurden auf der Heimreise bis in die nördliche Nordsee fortgeführt. Als Gäste nahmen Altbundeskanzler Helmut Schmidt und Frau Hannelore Schmidt an diesem Fahrtabschnitt teil.

Im Rahmen des 800. Hafengeburtstages wurde "Polarstern" in Hamburg für einen Tag zur Besichtigung freigegeben. Am 9.6.89 kehrte sie nach Bremerhaven zurück. Insgesamt haben an der Reise 92 Wissenschaftler aus sechs Ländern teilgenommen.

3.1.4 Antarktisreise ANT VIII, 1 - 4 (August - Dezember 1989)

Der "Polarstern"-Einsatz in der Saison 1989/90 unterschied sich in mehrfacher Hinsicht von der Norm der vergangenen Jahre. Zum einen verließ das Schiff Bremerhaven schon am 5. August, um nach der ausführlichen Erprobung eines neuen Fächerlotes (Hydrosweep) und des Schelfrandlotes "Parasound"

auf der Route nach Puerto Madryn (Argentinien) gemeinsam mit dem sowjetischen Schiff "Akademik Fedorov" im winterlichen Meereis zu arbeiten. Mit diesem Unternehmen wurde eine mehrjährige intensive Erforschung des ozeanischen Weddell-Wirbels begonnen, die ein beachtenswertes Element des "World Ocean Circulation Experiment" (WOCE) darstellt. Zum anderen diente das Schiff vom 1. bis 14. Dezember 89 erstmals der Überprüfung von 12 Antarktisstationen verschiedener Nationen im Bereich der Antarktischen Halbinsel durch deutsche und französische Inspektoren. Diese beiden Fahrtabschnitte wurden verbunden durch eine sedimentologische Beprobung der Übergangszone von der südlichen Kaltwasser- zur nördlichen Warmwassersphäre des Südatlantiks zwischen Afrika und Südamerika. Nach Abschluß der Inspektion folgte der bis zum 12. März 1990 laufende zentrale vornehmlich geophysikalisch-glaziologisch ausgerichtete Sommerabschnitt mit der Versorgung der Georg-Neumayer-Station.

Während der Anreise von Bremerhaven nach Puerto Madryn (5.8. - 5.9.89, Fahrtleiter H.W. Schenke) wurden im Golf von Biskaya und an mehreren Positionen des Mittelatlantischen Rückens die neuen Lotsysteme "Hydrosweep" und "Parasound" unter Beteiligung der Lieferfirma erprobt und abgenommen. Beide Anlagen arbeiteten zufriedenstellend und stehen zukünftig für die Vermessung des Meeresbodens und für die Analyse mariner Sedimente zur Verfügung. Außerdem wurde die meridionale Traverse durch den Atlantik - wie inzwischen üblich - zur Spurenstoffanalyse des Oberflächenwassers und der bodennahen Luft genutzt. Schließlich wurden Radiosonden- und Photometerdaten zur Verbesserung der Atmosphärenkorrekturen bei Strahlungsmessungen von Satelliten aus gewonnen.

"Polarstern" verließ Puerto Madryn am 6. September 1989, um gemeinsam mit dem sowjetischen Schiff "Akademik Fedorov" die "Winter Weddell Gyre Study 89" (WWGS 89, Fahrtleiter E. Augstein) zur Erforschung des ozeanischen Weddellwirbels durchzuführen. Unter Beteiligung deutscher, amerikanischer, britischer, kanadischer und sowjetischer Wissenschaftler wurde das von Meereis bedeckte Stromsystem auf vier Schnittlinien durchquert. "Polarstern" erfaßte dabei den gesamten Wirbel zum einen auf einer Verbindungslinie zwischen der Antarktischen Halbinsel und Kapp Norwegia und zum anderen auf einer Meridionaltraverse von der Georg-von-Neumayer-Station bis zum Antarktischen Zirkumpolarstrom. Die "Akademik Fedorov" legte zwei Schnitte durch den nördlichen Zweig des Wirbels und beobachtete kurzzeitige Variationen in Ozean und Atmosphäre während einer zweiwöchigen Driftstation westlich des Maud-Rückens. Das AWI führte auf beiden Schiffen Messungen durch, um die Austauschvorgänge an der Meeresoberfläche zu studie-

ren. Das Schwergewicht bildeten jedoch die ozeanischen Arbeiten auf der "Polarstern" in Form eines dichten hydrographischen Netzes längs der Routen durch das Weddellmeer und einer Serie von Strommesserverankerungen auf der zonalen Schnittlinie.

Die vorläufigen Auswertungen belegen, daß sowohl die Küstenströme als auch das mit dem Zirkumpolarstrom vereinte nördliche Stromband ebenso erfaßt wurden wie das Zentrum des Weddellwirbels. Ferner sind zuverlässige Abschätzungen der Oberflächenenergiebilanz, des Impulsaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre und der Meereisdynamik zu erwarten. Die Zusammenarbeit zwischen den beiden Schiffen verlief für alle Beteiligten ohne Einschränkung zufriedenstellend, so daß auch die Auswertung der Daten in enger Koordinierung zwischen den verschiedenen Instituten erfolgen soll. Die Navigation der Schiffe im Innern des Meereisgürtels wurde von den Besatzungen der Schiffe mit gutem Erfolg gemeistert. Die dabei gewonnenen Erfahrungen können vorteilhaft für weitere Winterunternehmungen genutzt werden.

Die geologische Beprobung der Meeressedimente im Zentrum des südhemisphärischen Westwindgürtels während der folgenden dritten Expeditionsphase (2.11. - 30.11.89, Fahrtleiter R. Gersonde) wurde trotz teilweise schwerer See planmäßig vorgenommen. Die Daten sollen Aufschlüsse über die Zirkulation und das ozeanische Klima der letzten 300.000 Jahre liefern. Zur Unterstützung dieses Forschungszieles wurden die Bodentopographie mit dem Hydrosweep-Fächerlot und die Struktur des Sediments bis etwa 100 m Tiefe mit dem Parasound-Echographen aufgezeichnet.

Zur zeitlichen Zuordnung der Ergebnisse wurden die Proben anhand von epibenthischen und planktischen Foraminiferen für Sauerstoffisotopenanalysen und zur Bestimmung von vulkanischen Ablagerungen aufbereitet. Schließlich wurden Wasserproben zur Identifikation der heutigen Wassermassenverteilung und der in diesen Wasserkörpern enthaltenen chemischen und biologischen Spurenstoffe gewonnen. Der Beobachtung der aktuellen Sedimentationsprozesse, vor allem ihres jahreszeitlichen Zyklus, dienen Sedimentfallen in zwei Tiefen, die während dieses Fahrtabschnitts an einer Verankerung ausgebracht wurden.

Während der kurzen Inspektionsreise (1. - 14.12.89, Fahrtleiter G. Hempel), die von Punta Arenas zur Antarktischen Halbinsel mit der dort dichten Belegung von Forschungsstationen und dann wieder nach Ushuaya führte, beschränkten sich die wissenschaftlichen Arbeiten auf biochemische Untersuchungen an Sekundärmetaboliten des antarktischen Benthos und auf bathymetrische Vermessungen mit "Hydrosweep". Außerdem transportierte "Polarstern" mehrere Forschergruppen verschiedener

Nationen und eine Fernsehmannschaft zwischen den südamerikanischen Häfen und den Antarktisstationen. Die Bewertung der besuchten Stationen wird in einem Bericht der Inspektoren niedergelegt und den zuständigen Kontrollgremien übersandt.

Dieser letzte Fahrtabschnitt der "Polarstern" hat sicherlich einen nützlichen Beitrag der Bundesrepublik Deutschland zur Durchsetzung der im Antarktisvertrag festgelegten Vereinbarungen der Mitgliedsstaaten geleistet.

3.2 Arbeitsberichte der Sektionen

3.2.1 Arbeitsbericht der Sektion Biologie I (Zoologie)

Arbeiten in der Antarktis

Meereisforscher, Planktologen und Benthologen nahmen im Berichtszeitraum an den "Polarstern"-Reisen ANT VI und ANT VII (EPOS 1 - 3) teil, die ein überaus reiches Proben- und Lebendmaterial erbrachten. Der erstmalige Einsatz des neuen Mehrfachgreifers für das Benthos war ein großer Erfolg. Die Auswertung der EPOS-Proben erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Forschergruppen anderer europäischer Länder. Untersuchungen der Weddellrobben- und Kaiserpinguinkolonien im Drescherinlet wurden erst wieder auf ANT VIII im Dezember 1989 in Angriff genommen und dauern noch an.

Mehrere Mitarbeiter der Sektion lieferten Beiträge für den Feldführer "Antarktisches Benthos", der 1990 erscheinen wird, und arbeiten an Beiträgen für die geplante Monographienserien zu diesem Thema.

Biologie des Meereises

In Zusammenarbeit mit den Glaziologen am AWI wurden Genese und Struktur des Meereises untersucht. Diese bestimmen weitgehend Menge und Art der pflanzlichen und tierischen Besiedlung des Eislückensystems. Höchste Bestände an Organismen waren im spaltenreichen Körncheneis (frazil ice), geringste im dichteren Säuleneis. Das Meereis-Lückensystem mit einer Kunstharzmasse auszugießen, ermöglichte es, diesen Lebensraum räumlich genauer zu erfassen.

Auf einem Schnitt von der Spitze der Antarktischen Halbinsel zum Kapp Norvegia während des Winters 1989 wurde eine reiche Eisorganismengemeinschaft in der Schneeauflage der wasserüberspülten Packeis-Schollenränder entdeckt. Auf EPOS 1 zeigte sich eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Eisorganismen; Jungeis und Schollenkanten enthielten reiche, alte Schollen deutlich ärmere Lebensgemeinschaften. Allerdings werden Organismengemeinschaften früherer Sommer oft im Alteis eingeschlossen, und die Salzlakenkanäle sind im Frühjahr, wenn das Eis zu schmelzen beginnt, ein wichtiger Initialzündler für die Entwicklung zunächst der Produzenten, später auch von größeren Konsumenten wie Krill, Amphipoden und Fischlarven. Die höchsten Krillkonzentrationen zeigten Aufzeichnungen des UW-Videos zu Beginn des Frühjahrs am Eisrand. Die Krilldärme sind zu dieser Zeit mit Eisalgen gefüllt, die mit Hilfe der Schreitbeine von der Eisunterseite abgekratzt werden. Im Versuch benötigt ein Individuum etwa 15 Minuten, um eine Fläche von der Größe einer DIN A4-Seite abzuweiden. Offenbar beruht der große Erfolg des Krills bei der Besiedlung des Südpolarmeeres auf seiner Fähigkeit, zwischen einer rein pelagischen Lebensweise im Sommer und einer eisgebundenen Lebensweise im Winter zu wechseln und die angebotenen Nahrungsressourcen jeweils optimal nutzen zu können.

Ein weiterer Hinweis auf die Bedeutung der Packeis-Randzone für die Ernährung der antarktischen Fauna sind die großen Bestände von Adelie-Pinguinen und Krabbenfresserrobben (mit Nachwuchs) am Eisrand, die während EPOS 1 oft mehr als 100 Meilen vom nächsten Land entfernt beobachtet wurden.

Stoffwechselphysiologische Anpassungen

Vergleichende Lipiduntersuchungen an tiefgefrorenen Garnelen aus dem südöstlichen Weddellmeer und aus gemäßigten Breiten wurden in Zusammenarbeit mit der Sektion Meereschemie durchgeführt. Bei der Nordseegarnele *Crangon allmanni* schwanken Lipidgehalt und -klassen in Abhängigkeit von saisonalen Umweltveränderungen (Temperatur, Nahrungsangebot) und physiologischen Zuständen der Tiere (Reife, Häutung). Die antarktischen Arten unterscheiden sich in der Lipidzusammensetzung. Zur Ausarbeitung des saisonalen Aspektes bedarf es noch einer Aufstockung durch Tiere, die im Herbst und Winter gefangen werden.

Die Verdauungsphysiologie von antarktischen Crustaceen, insbesondere die Bestimmung der Temperaturoptima von Proteasen und Peptidasen, wurde am Beispiel von Amphipoden aus dem Weddellmeer (EPOS 3-Material) untersucht. Erste Experimente zur Untersuchung der Verdauungsenzyme bei

gefütterten und hungernden Asseln (*Aega*) sind angelaufen. Die Methodik dieser Versuche wurde an Krebstieren aus der Nordsee getestet.

Die Atmungsaktivität verschiedener Entwicklungsstadien von Zooplankton, insbesondere von Copepoden und Krill, wurde durch ETS-Messungen bestimmt. Im Vergleich zu anderen Zooplanktongruppen waren die gefundenen ETS-Aktivitäten bei beiden Gruppen relativ hoch, sie unterschieden sich jedoch deutlich bei den einzelnen Entwicklungsstadien: Die geringsten ETS-Aktivitäten gab es bei Juvenilen, die höchsten bei Postlarven und reifen Adulten. Das Überwintern von Stadien mit geringem Metabolismus weist auf eine Anpassung an die ungünstigen Verhältnisse im antarktischen Winter hin.

Messungen der ETS-Aktivität der gesamten Zooplanktongemeinschaft auf 49°W ergaben im Dezember 1989 (EPOS 2) deutliche räumliche Unterschiede mit hohen Werten in der Nähe des Packeisrands. Die starke Respirationsaktivität des Zooplanktons in dieser Zone stützt die o.g. Beobachtungen über die Bedeutung dieses Lebensraums für die Fauna. Eine optimale Anpassung an die stark schwankenden Nahrungsvoraussetzungen im antarktischen Pelagial wird also sowohl auf dem Populationsniveau (verschiedene Stadien sind je nach Nahrungsangebot unterschiedlich aktiv) als auch auf dem Gemeinschaftsniveau erreicht; im letzteren Fall durch räumliche Verschiebung der Gemeinschaft in Gebiete mit höheren Nahrungskonzentrationen und simultan gesteigerte Reproduktionsaktivität zu dieser Zeit/in diesen Gebieten.

Die Freßbewegungsabläufe bei antarktischen Krill wurden an im AWI gehälterten Tieren gefilmt. Elektronenmikroskopische Untersuchungen gaben Aufschluß über Morphologie und Funktion des Kaumagens. Zeitliche Auflösung und Frequenz des Respons der Chemorezeptoren auf der 1. Antenne der Languste *Panulirus argus* wurden bei simulierter Stimulation der Rezeptoren gemessen.

Um die Verwandtschaftsbeziehungen antarktischer Muscheln zu klären, wurde die Eisenanreicherung in der Mitteldarmdrüse als Merkmal untersucht. Bei dieser Eiseneinlagerung handelt es sich um ein phylogenetisch altes Merkmal, das vor allem bei ursprünglichen Muscheln und Schnecken auftritt. Das Ausmaß der Anreicherung bei höher entwickelten Formen wird zurzeit noch untersucht.

Zooplankton- und Zoobenthosgemeinschaften im Weddellmeer

Der Schwerpunkt der Zooplanktonuntersuchungen im Weddellmeer liegt weiterhin auf den Copepoden. Ein ausgeprägtes

Verteilungsmuster verschiedener Arten wurde auf EPOS 2 und 3 auf Schnitten zwischen der Scotiasee, der Weddell/Scotia-Konfluenz und dem nördlichen Weddellmeer festgestellt. So fand sich im Dezember 1988 der häufige Copepode *Calanoides acutus* in der Scotiasee in den oberen Wasserschichten (150 - 0 m), und die Population bestand hauptsächlich aus jungen Copepoditstadien (I-II) der neuen Generation. Im nördlichen Weddellmeer dagegen kamen diese Tiere in Wassertiefen unter 300 m vor, und die Population bestand überwiegend aus älteren Stadien der vorangegangenen Generation. Zu Beginn des Sommers war die Entwicklung von *C. acutus* in der Scotiasee also schon weit fortgeschritten, wie die vielen Juvenilen an der Oberfläche zeigten, während die älteren Stadien und Adulten im Weddellmeer sich noch in der Überwinterungsphase im Tiefen befanden. Im Januar 1989 hatte sich das Bild für *C. acutus* nicht sehr gewandelt. Die Konzentrationen einer zweiten häufigen Art, *Metridia gerlachei*, hatten sich jedoch von 1000 - 500 m auf 500 - 150 m verlagert, und das jüngste Copepoditstadium (CI) trat bereits in recht hohen Zahlen auf.

Experimente zum Freßverhalten von Copepoden in Abhängigkeit von Größe und Konzentration der Nahrungspartikeln ergaben verhältnismäßig hohe Freßraten nur bei Fütterung mit einzelligen Algen, während Aggregate (im Gegensatz zum Krill) von den Copepoden verschmäht wurden. *Phaeocystis*-Kolonien z. B. wurden nicht gefressen, die Einzelzellen jedoch durchaus (beide BIO-Sektionen).

Eine interessante Entdeckung waren Acantharien-Zysten von ca. 200 µm Größe im Weddellmeer in Tiefen von 100 - 300 m und abnehmenden Konzentrationen von der Küste zur offenen See. Fortpflanzungscysten dieser Gruppe der Radiolarien waren bisher nur aus dem Mittelmeer bekannt. Im Winter wurden sie im Weddellmeer nicht gefunden, was für eine saisonale Fortpflanzung spricht.

Die seinerzeit von Voß eingeführte Unterteilung des östlichen Weddellmeers in Zoobenthosgemeinschaften wurde während der Reisen ANT VI/3 und EPOS 3 in groben Zügen bestätigt und stellenweise verfeinert. Der Mehrfachgreifer erbrachte erstmals quantitative Meeresbodenproben, die sich für eine Untersuchung der Organismenverteilung im Meterbereich verwenden lassen. Die Werte variieren stark auf engem Raum. Aus einigen Gruppen (vor allem Mollusken und Amphipoden) wurden Arten gefangen, die in den geschleppten Geräten nicht vorkamen. Eine große Zahl von Schleppnetzfangen zeigte auch im großräumigeren Bereich eine hohe Variabilität der benthischen Lebensgemeinschaft und bestätigte frühere Befunde, daß nur wenige Gruppen (z.B. die Garnelen) eine klare Tiefenzonierung aufweisen. Die meisten Arten sind extrem eurybath, sie kommen

zwischen 200 und 1000 m Tiefe vor. Die Epifauna ist bis in Tiefen von 800 m, z.T. über 1000 m auffallend reich, daneben treten jedoch immer wieder schwach besiedelte Flecken auf. Vor Halley wurden erstmals auch Weichböden mit reicher Infauna entdeckt, wo Sipunculiden, Echiuriden und Priapuliden dominierten. Im Gegensatz zu Hartböden anderer Meeresgebiete waren große Steine meist nicht von Mollusken, gelegentlich aber von Brachiopoden besiedelt.

Umfangreiches Video- bzw. Fotomaterial ergänzte die Netz- und Greiferfänge auf ANT VI/3 und EPOS 3. Zurzeit werden 21 Stunden Videobeobachtung von 16 Stationen und 2300 UW-Fotos von 38 Stationen mit einer Gesamtfläche von ca. 14.000 m² ausgewertet, um die Besiedlungsmuster größerer Benthosarten im Meter- bis Kilometerbereich und Assoziationen zwischen diesen Arten zu erfassen. Für Schwämme (in Zusammenarbeit mit Kiel und Kopenhagen), Garnelen, Amphipoden, Fische und Seeigel ist diese Auswertung bereits abgeschlossen; sie bestätigt u.a. die Diskontinuität des Auftretens der Fauna in der Hochantarktis.

Ein vorbereitendes Experiment zur Besiedlung von Hartsubstraten ergab nach einem Jahr Exposition der Platten auf dem Schelf vor Kapp Norvegia erwartungsgemäß keinerlei Ansiedlung von Makrofauna. Dies bestätigt die Annahme, daß derartige Experimente über lange Zeiträume laufen müssen.

Künftige Untersuchungen der hochantarktischen Benthosgemeinschaften sollen vor allem den Gründen der vorgefundenen Verteilung nachgehen - vor dem Hintergrund sowohl kurzfristiger Ereignisse als auch der Jahrmillionen während der Geschichte dieses Lebensraums -. Eine bessere Verknüpfung zwischen bodennahem Zooplankton (z.B. demersal lebenden Larvenstadien) und Zoobenthos könnte der "Planktonsuksor" bringen, der sich noch in der Entwicklung befindet. Dieses Gerät soll über längere Zeiträume Wasserproben in Bodennähe entnehmen.

Bestandsaufnahme, Entwicklung und Populationsdynamik von Bodentierarten

Mitte 1989 wurde eine Dissertation zur Biologie beschalteter Mollusken aus dem östlichen Weddellmeer abgeschlossen. Die Bestandsaufnahme erbrachte 86 Schnecken- und 39 Muschelarten mit fast durchweg eurybather Verteilung und zoogeographischen Affinitäten vorwiegend zu anderen hochantarktischen Gebieten. Die Beziehungen zur Molluskenfauna der Antarktischen Halbinsel oder subantarktischer Gewässer erwiesen sich als gering.

Bei 9 Weichtierarten aus dem Weddellmeer wurden Fortpflanzungsart und Entwicklungsdauer im Aquarium untersucht. Alle Arten zeigten im Vergleich zu Molluskenarten aus gemäßigten Breiten eine stark verlängerte, bis zu 25 Monaten dauernde Entwicklungszeit von der Eiablage bis zum Schlüpfen der bodenlebenden Juvenilen. Wie bei anderen benthischen Evertebratengruppen fehlt ein freies, pelagisches Larvenstadium. Eine Ausnahme machen nur die meroplanktischen Larven der Schneckengattung *Marseniopsis* (Limacosphaera-Typ) und der Art *Capulus subcompressus* (Echinospira-Typ). Beide Larventypen sind bislang die einzigen bekannten pelagischen, planktotrophen Stadien benthischer Mollusken in der Antarktis. Ihr Aufenthalt im Plankton kann bis zu einem Jahr dauern. Von den Limacosphaera-Larven wurden 42 Exemplare auf EPOS 3 im Plankton gefangen und anschließend bis zur Metamorphose in bodenlebende Juvenile gehältert.

Bei Wachstumsuntersuchungen an Weichtieren im Aquarium konnte das juvenile Schalenwachstum nach dem Schlupf, das im wesentlichen unter Aufzehrung von Energiereserven aus dem Ei erfolgt, gut dokumentiert werden. Der sehr langsame Zuwachs verlief bei allen 5 gehälterten Arten linear. Dagegen ergaben Wachstumsuntersuchungen an adulten Tieren mittels Schalenmarkierung hälterungsbedingte Artefakte; die Zuwachsstreifen unterschieden sich stark von denen im Freiland lebender Individuen.

Auch die Amphipodenfauna des südlichen Weddellmeeres weist deutliche Affinitäten zu anderen hochantarktischen Gebieten auf. Bei lebend im Kühlcontainer gehälterten Amphipoden schlüpfen die Jungen das ganze Jahr über. Die besonders große Art *Eusirus perdentatus* hat eine Embryonalentwicklungszeit von ca. 2 Jahren; sie wird vermutlich 10 - 12 Jahre alt, erreicht dabei 90 mm Länge und pflanzt sich anscheinend mindestens zweimal im Leben fort. *E. perdentatus* und andere große Flohkrebse aus dem Weddellmeer haben z.T. mehr, vor allem aber größere Eier als verwandte (allerdings kleinere) Arten aus gemäßigten Zonen. Gegenwärtig wird die Eientwicklung bei mehreren Amphipodenarten untersucht. Darüberhinaus soll geprüft werden, inwieweit Häutungsintervalle und Wachstum sich auf die Morphologie der Oostegite auswirken. Solche morphologischen Merkmale ermöglichen Aussagen über das Alter von weiblichen Flohkrebse bestimmter Größe. Die Zwischenhäutungszyklen einiger Arten sind mit einem Jahr ungewöhnlich lang. Leider sterben viele Flohkrebse im Aquarium gleich nach der Häutung aus bisher unbekanntem Gründen.

Die Ernährungsweise von 15 hochantarktischen Amphipodenarten wurde im Aquarium beobachtet und gefilmt. Alle Arten sind teilweise carnivor, einige bisher als "Nahrungsspezialisten"

eingestufte Arten zeigen hinsichtlich der Art ihrer Nahrung eine große Flexibilität. Bei Nahrungszugabe werden die Flohkrebse zwar sehr schnell aus ihrer Lethargie gerissen, erfolglose Nahrungssuche wird jedoch nach kurzer Zeit eingestellt. Diese Verhaltensweise dürfte unter den Nahrungsbedingungen der Antarktis besonders ökonomisch sein.

Die Auswertung von insgesamt 111 Netzfängen aus dem antarktischen Sommer und Frühjahr seit 1985 (ANT III/3 bis EPOS 3) hat neben Aussagen zur Tiefenzonierung und Verbreitung der bisher gefundenen 8 Garnelenarten auch Befunde zur Reproduktion, Entwicklung und Wachstum der drei häufigen Arten *Chorismus antarcticus*, *Notocrangon antarcticus* und *Nematocarcinus longirostris* erbracht. Diese Garnelen zeichnen sich durch einen späten Eintritt der Geschlechtsreife, ausgedehnte Brutperioden, langsames Wachstum, Langlebigkeit und große Endlängen aus. Hochantarktische *C. antarcticus* und *N. antarcticus* aus dem Weddellmeer haben eine langsamere Entwicklung im Vergleich zu Artgenossen aus dem Halbinselbereich; außerdem werden weniger, aber größere Eier gebildet. Der Gradient gemäßigte Bereiche - Subantarktis setzt sich demnach bis in die Hochantarktis fort. Die Existenz regionaler Unterschiede, wie sie bereits bei Holothurien im südlichen Weddellmeer gefunden wurde und sich bei den Garnelen andeutet, wird zurzeit noch überprüft. Aufgrund sekundärer Geschlechtsmerkmale, insbesondere Veränderungen am Appendix masculina und an den Endopoden des 1. Hinterbeinpaares, konnte bei *C. antarcticus* und *N. longirostris* erstmals in der Antarktis eine Altersbestimmung durchgeführt werden. Die Männchen des protandrischen Zwitters *C. antarcticus* sind nach 3, die (umgewandelten) Weibchen frühestens nach 4 Jahren geschlechtsreif. Bei der getrenntgeschlechtlichen Art *N. longirostris* werden die Männchen sogar erst nach 5, die Weibchen nach 6 Jahren reif. Sie tragen mehrmals im Leben Eier, pausieren vermutlich aber ein Jahr zwischen den Brutperioden.

Im Oktober 1988 wurden frischgeschlüpfte Larven von *C. antarcticus* und *N. antarcticus* im Aquarium gehalten. Sie hielten sich nur 24 Stunden im freien Wasser auf und gingen dann an den Boden. Eine weitgehende Unterdrückung des pelagischen Larvenstadiums würde das relativ seltene Auftreten von Garnelenlarven in Planktonfängen selbst in Gebieten erklären, in denen die Adulten häufig gefangen werden. *N. antarcticus* häutete sich nach 2 Monaten im Aquarium zu einem weiteren Larvenstadium.

Wachstumsuntersuchungen an antarktischen Seeigeln der Art *Sterechinus antarcticus* anhand von Wachstumslinien in verschiedenen Skelettplatten zeigen, daß Individuen dieser Art auf

dem Schelf des südlichen Weddellmeeres in 300 - 500 m Wassertiefe extrem langsam wachsen. Sie benötigen 50 Jahre, um einen Durchmesser von 40 mm zu erreichen. Das Wachstum von *S. antarcticus* scheint noch langsamer abzulaufen als das nahe verwandter Arten, die im Atlantik auf 2000 m Tiefe leben.

Biologie antarktischer Bodenfische und Fischlarven

Als Grundlage für weitere Ichthyoplanktonuntersuchungen im Südpolarmeer wurde in Zusammenarbeit mit dem British Antarctic Survey/Cambridge ein Atlas der Fischlarven mit zugehörigem Bestimmungsschlüssel fertiggestellt. Ein Atlas über die Otolithen der wichtigsten Weddellmeerfische, der zur Identifikation von Fischresten in Robben- und Pinguinmägen dienen soll, ist noch in Arbeit.

Bei Untersuchungen zur Verbreitung der adulten demersalen Fische auf dem Kontinentalschelf des Weddellmeeres wurden etwa 60 verschiedene Fischarten gefunden. Die Besiedlungsdichte ist mit ca. 1 t/km² relativ gering. Die Gruppe der Notothenioidei stellt ca. 95 % der Individuen. Diese Fischgruppe hat sich morphologisch sehr stark diversifiziert und nimmt eine Vielzahl unterschiedlicher ökologischer Nischen ein. Eine Entwicklung von der demersalen zur pelagischen Lebensweise konnte anhand der Körperform nachgewiesen werden.

Das Wachstumspotential der Weddellmeerarten ist wesentlich geringer als bei subantarktischen Arten. Die gefundenen Wachstumsraten liegen bis zu 50 % niedriger als bei vergleichbaren Fischen der Antarktischen Halbinsel.

Die Postlarven zweier mesopelagisch lebender, schwer zu trennender sympatrischer Paralepididen (*Notolepis coatsi* und *N. annulata*) wurden hinsichtlich ihrer Pigmentierung, Morphologie und meristischen Merkmale verglichen. Diese Kriterien erlauben eine Artentrennung. Die postlarvalen Entwicklungsstadien beider Arten bevorzugen sehr ähnliche Beutetiere, treten jedoch zeitlich verschoben auf, was auf unterschiedliche Laichpeaks der beiden Arten schließen läßt.

An der Bodenfischart *Pogonophryne scotti* aus dem Weddellmeer wurde experimentell nachgewiesen, daß hochantarktische Fische - wie vermutet - sehr lange Erholungsphasen nach Streßeinflüssen benötigen. Die Entwicklung antarktischer Bodenfische von der Eiablage bis zum Schlüpfen der Larven dauert oft mehr als 6 Monate. Die Larven besitzen relativ große Dottervorräte und können über längere Zeit bis zum Auftreten geeigneter Futterorganismen ausharren. Zeitpunkt der Eiablage, Inkubationszeit und Schlupftermin waren bei den untersuchten Arten unterschiedlich.

Nahrungsökologie von Weddellrobben und Kaiserpinguinen

Die Warmblüterforschung am AWI zielt besonders auf eine bessere Quantifizierung der Rolle von Robben und Pinguinen im Nahrungsgefüge des östlichen Weddellmeeres ab. Unter Einbeziehung fischereibiologischer Abschätzungen war mit den auf früheren Reisen gewonnenen Daten über Nahrung und Bestandsgröße von Weddellrobben und Kaiserpinguinen eine erste Bilanz für den östlichen Küstenschelf möglich. Danach würden in diesem Gebiet 12.000 Weddellrobben bei einer täglichen Nahrungsmenge von 10 kg pro Tier rund 40.000 t Fisch pro Jahr konsumieren, was etwa einem Drittel der Fischbiomasse des östlichen Schelfs entspräche. Da die jährliche Produktion der Fischbestände im (deutlich wärmeren) Bereich der Antarktischen Halbinsel mit nur 20 % der Biomasse angegeben wird, dürfte die Produktion an Bodenfisch auf dem östlichen Weddellmeerschelf nicht einmal ausreichen, um den Nahrungsbedarf der 12.000 Weddellrobben zu decken. Vermutlich sind die ganzjährig in den hochantarktischen Küstengewässern lebenden Weddellrobben und Kaiserpinguine auf Nahrungszufuhr aus anderen Produktionsgebieten des Südpolarmeeres angewiesen. Für den Nachschub an Fisch scheint der fettreiche, heringsähnliche und vermutlich wanderfreudige Schwarmfisch *Pleuragramma antarcticum* von besonderer Bedeutung zu sein. Das Beutespektrum der Weddellrobben deutet darauf hin, daß diese Fischart eine zwar nur zeitweilig verfügbare, dann jedoch in Massen vorkommende Nahrung im Pelagial der Küstengewässer ist. An Bodenfischen fressen die Weddellrobben vor allem den Eisfisch *Chionodraco myersi* und den "Barsch" *Trematomus eulepidotus*.

Zur Untersuchung des Tauchverhaltens von Robben entwickelte das Elektroniklabor des AWI neue Tauchtiefenrekorder. Das Institut für Veterinärphysiologie in Berlin hat das Meßsystem durch eine spezielle Technik mit Dehnungsmeßstreifen erweitert, um während der Tauchgänge der Robben auch deren Freßaktivität registrieren zu können. Die Daten sollen Aussagen über Ablauf und Erfolg der Nahrungssuche in Abhängigkeit von Tauchtiefe und Tauchdauer ermöglichen. Es kann dann unterschieden werden, zu welchen Tageszeiten die Robben auf dem Eis oder im Wasser ruhen, und wieviel Zeit sie während der Verweildauer im Wasser tatsächlich für den Nahrungserwerb investieren. Die Geräte werden erstmals im Südsommer 1990 im Drescher-Inlet eingesetzt.

Biologische Arbeiten in der Arktis

Im Berichtszeitraum waren zwei Mitarbeiter der Sektion in der Arktis tätig. Sie führten Arbeiten am Zooplankton und im Meereis

durch. Darüber hinausgehende Untersuchungen, die auch das Benthos einschließen sollen, befinden sich gegenwärtig in Vorbereitung.

Biologische Probennahme in Beziehung zu mesoskaligen ozeanographischen Prozessen in der Grönlandsee

Die Arbeiten im Bereich der Frontensysteme in der Grönlandsee, der Ostgrönland-Polarfront und der Arktikfront werden im Rahmen des Grönlandseeprojekts fortgeführt. Zahlreiche in- und ausländische Institute beteiligen sich. Ein Transekt auf 79° 30'N vom Spitzbergenschelf bis auf den Ostgrönlandschelf und ein Schnitt über die zentrale Grönlandsee auf 74° 30'N wurden in beiden Jahren wiederholt, um Aussagen über jährliche Schwankungen machen zu können. Erste Ergebnisse zeigen, daß die Fronten als scharfe Faunengrenzen wirken, die das Plankton der drei hydrographischen Domänen (atlantisches, arktisches und polares Wasser) voneinander trennen. Nur unter speziellen hydrographischen Bedingungen kommt es zu einer Advektion von atlantischen und arktischen Wassermassen, die sich dann auch in der Verbreitung der Planktonorganismen, wie der Copepodenart *Calanus finmarchicus*, widerspiegelt.

Auf zwei Stationen im zentralen Grönlandseewirbel und im Westspitzbergenstrom wurden zwischen Oktober 1988 und August 1989 auf mehreren Expeditionen wiederholt Multinetzfänge in neun Tiefenstufen genommen, die z.T. bis zum Boden gingen. Erste Ergebnisse in bezug auf Lebenszyklen und ontogenetische Vertikalwanderungen von herbivoren calaniden Copepoden zeigen einen sehr frühen, schon im November stattfindenden Laichbeginn von *Calanus hyperboreus* und eine für Atlantik und Grönlandsee-Wirbel unterschiedliche winterliche Vertikalverteilung von *Calanus finmarchicus*.

Stoffwechselanpassungen und Reproduktionsbiologie arktischer Copepoden

Auf den beiden Stationen in der Grönlandsee wurden Proben für biochemische Untersuchungen (Lipide, Verdauungsenzyme, Nukleinsäuren) konserviert, die ein eingehenderes Studium des physiologischen Zustands von Copepoden im Jahresgang ermöglichen. Die Fortpflanzungsphysiologie und Eiproduktionsrate von *Calanus glacialis* weist zwei unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit vom Ausmaß der Fettreserven im Frühjahr und der verfügbaren Nahrung im Sommer auf. Bei *C. finmarchicus* war die Eiproduktion wesentlich höher als erwartet: Im Durchschnitt wurden pro Weibchen 5,5 % (SD: 25 %) des körpereigenen Kohlenstoffs täglich in Eier umgesetzt. Die bisherigen Ergebnisse untermauern die Brauchbarkeit der Eiproduktionsmethode als Routinewerkzeug für Untersuchungen von Sekundärproduktion und Nahrungslimitierung.

Meereisuntersuchungen in der Arktis

Im mehrjährigen arktischen Meereis wurden auf ARK V/1 Experimente zur Entwicklung der Meereisgemeinschaft im Winter/Sommerübergang durchgeführt: Eine Fläche wurde im Naturzustand (d.h. mit Schneebedeckung von ca. 25 cm) belassen, eine zweite vom Schnee freigehalten und eine dritte Fläche völlig abgedunkelt, um Bedingungen im tiefen Winter zu simulieren. In der schneebedeckten "natürlichen" Gemeinschaft zeigte sich aufgrund der allmählichen Temperaturerhöhung im Mai bereits eine gewisse Aktivität (Zunahme des Chlorophyllgehalts, verstärkte Entwicklung der Diatomeen), die die Umwandlung von der Winter- zur Sommergemeinschaft einleitet. Unter der schneefreien Fläche kam es zu explosionsartigen Kieselalgenblüte binnen weniger Tage, die jedoch infolge des zu hohen Lichteinfalls schnell zusammenbrach. Anschließend wurde eine Sukzession über eine starke Bakterienentwicklung bis zum Auftreten bakterienfressender Ciliaten beobachtet. Unter der ganz abgedunkelten Fläche stagnierte die Entwicklung der Gemeinschaft im Winterzustand.

Forschungsarbeiten in der Nordsee

Das biologische Nordseeprogramm des AWI richtete sich in den vergangenen Jahren weiterhin besonders auf das Makrozoobenthos der küstennahen Wattengebiete und der freien Nordsee. Vergleichende Untersuchungen im Hinblick auf die Auswirkungen von Schadstoffbelastung und Eutrophierung auf das Benthos laufen insbesondere zwischen der Deutschen Bucht und der zentralen Nordsee.

Räuber-Beute-Beziehungen

Die Aufarbeitung der Proben aus den Experimenten im Borkumer Inselwatt (s. Zweijahresbericht 1986/87) ist weitgehend abgeschlossen. Die starke räumliche und zeitliche Variabilität im Auftreten junger Bodentiere läßt sich am Beispiel der Muschel *Macoma baltica* verdeutlichen, die sich zunächst im tieferen Wasser ansiedelt und dann in flachere Wattgebiete einwandert. Zurzeit wird versucht, diese Wanderbewegungen mit abiotischen (Mondphasen, Tiden u.ä.) und biotischen Faktoren (Nahrungskonkurrenz) zu korrelieren. Die komplexe Einwirkung von Räubern wie decapode Krebse oder Bodenfische auf die endobenthische Makrofauna bedarf weiterer Detailuntersuchungen, z.B. Längenmessungen der einzelnen Beutetiere auf geschützten und ungeschützten Flächen.

Ernährung, Erkrankungen und Fortpflanzungsbiologie von Nordseefischen

Eine Dissertation zur Frage eines möglichen Einflusses von Ernährung und Ernährungszustand auf das Auftreten von Erkrankungen bei der Nordseekliesche wurde abgeschlossen. In der zentralen und südlichen Nordsee sind Gebiete mit erhöhtem Krankheitsbefall dieser Fische deutlich abgrenzbar. Ein regionaler Zusammenhang zwischen Benthosbesiedlung (als Nahrungsangebot für die Kliesche), Nahrungszusammensetzung und Kondition einerseits und Erkrankungshäufigkeit andererseits ließ sich statistisch nicht belegen. Dies gilt auch für die beiden Krankheiten Lymphocystis und epidermale Papillome, für die immerhin ein jahreszeitlicher Zusammenhang mit Ernährungszustand und Gonadenentwicklung der Fische nachgewiesen wurde. Für Ulcerationen, Flossenfäule und x-Zellbefall der Kiemen müssen eindeutig andere, mit dem Komplex "Nahrung" nicht zusammenhängende Faktoren verantwortlich sein.

Eine Reihe weiterer Untersuchungen an Nordseefischen, auch meist Examensarbeiten, wurde abgeschlossen: eine Arbeit über den ovariellen Reifezyklus der Sprotte, eine Dissertation über Bestimmung von Alter und Wachstumsraten von Larven und Juvenilen der gleichen Art sowie eine Untersuchung über die Fortpflanzungsbiologie von Scholle und Seezunge.

Erstbesiedlung und frühe Sukzession auf künstlichen Böden

Das Experiment zur Besiedlung von Weichböden an der Nordsee-Plattform wurde im Rahmen einer Dissertation beendet. Umweltbedingungen, Lebensgeschichte der Arten und biotische Interaktionen beeinflussen maßgeblich die Ansiedlung und Sukzession, Effekte von Frontendurchgängen mit starken Salzgehaltsschwankungen und kurzzeitigem Sauerstoffmangel im Bodenwasser wurden nicht beobachtet. Die frühen Sukzessionsstadien wiesen eine unterschiedliche Artenzusammensetzung auf und wurden im wesentlichen vom saisonal variierenden Larvenangebot opportunistischer Arten bestimmt. Obwohl sie in großen Individuenzahlen auftraten, konnten sich die beiden ersten Besiedlungsgemeinschaften nicht etablieren. Erst in der dritten Phase kam es zu einer dauerhafteren Ansiedlung, deren Dichte jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen war. Acht Monate nach Beginn des Experiments waren noch keine Anzeichen einer beginnenden Stabilisierung der Benthosgemeinschaft auf den experimentellen Substraten zu erkennen.

Das zweite auf der Nordseeplattform durchgeführte Experiment im Rahmen einer Dissertation zur Besiedlung von Hartböden ist weitgehend abgeschlossen. Im Vergleich zur Sukzession

auf tropischen Hartsubstraten in der Karibik verlief die Ansiedlung in der Nordsee langsamer. In der Karibik erfolgt die Primärbesiedlung aller Hartbodenbewohner fast ausschließlich durch planktische Larven, während in der Nordsee ungeschlechtliche Vermehrung (Knospung, Stolonenbildung, Teilung) bereits angesiedelter Formen für die Besetzung des Substrats von größerer Bedeutung ist. In der Karibik waren praktisch alle später angesiedelten Gruppen von Anbeginn vorhanden, dagegen kam es in der Nordsee zu einer jahreszeitlichen Sukzession von Arten. Am Ende dominierten in der Karibik Seepocken und röhrenbewohnende Borstenwürmer (Serpuliden), in der Nordsee Hydrozoen, Bryozoen und der röhrenbewohnende Flohkrebs *Jassa falcata*. In beiden Lebensräumen nimmt die Artenzahl mit zunehmender struktureller Komplexität des Lebensraums zu.

Die Erfahrungen aus den Experimenten in der Nordsee sollen im antarktischen Flachwasser bei ähnlichen Ansätzen eingebracht werden, sobald eine biologische Station im Halbinselbereich zur Verfügung steht. Ausgangshypothese für die Antarktis ist, daß Sukzessionsvorgänge dort noch wesentlich langsamer und unter Beteiligung anderer taxonomischer Gruppen ablaufen.

Produktivität und Veränderungen des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund zunehmender Eutrophierung und intensiver Befischung

Die Langzeituntersuchungen an drei Dauerstationen wurden fortgeführt. Die Langzeiterie (1969 bis 1989) aus dem Gebiet der alten Dauerstation "Feinsandgrund" wird zurzeit aufbereitet, da hier ab Anfang 1990 keine Abwässer aus der Titandioxidproduktion mehr eingebracht werden. Auffällige Zunahmen der Siedlungsdichte und Biomasse in dem Gebiet sind durch Eutrophierung zu erklären. Mögliche geringfügige Veränderungen durch die Störeinflüsse der Titan-Abwassereinbringung sind wahrscheinlich durch die allgemeine Nährstoffanreicherung überdeckt worden.

In der Deutschen Bucht hat die Biomasse des Makrozoobenthos seit den zwanziger Jahren im Durchschnitt um 50 % zugenommen, auf reinen Sandböden in 25 - 35 m Tiefe sogar um den Faktor 4. Als Ursache wird allgemein verbessertes Nahrungsangebot infolge von Eutrophierung der Küstengewässer angenommen, die gleichzeitig zu einem Rückgang der bodennahen Sauerstoffkonzentrationen in den Sommermonaten geführt hat. In dem warmen Sommer 1989 hat das AWI im Außenbereich der deutschen Bucht die Situation durch mehrere Ausfahrten von FS "Victor Hensen" verfolgt. Während der extremen Verhältnisse im September wurden bei ca. 20 % Sauerstoffsättigung im bodennahen Wasser kaum noch Fische in Grundschleppnetz-

fängen nachgewiesen. Nachhaltige Veränderungen oder auffällige Bestandseinbrüche bei der Bodenfauna sind zunächst nicht bekannt geworden, da Dauer und Ausmaß des Sauerstoffmangels hierzu offensichtlich nicht ausreichten. Die Meßergebnisse werden in einer gemeinsamen Publikation dänischer und deutscher Wissenschaftler veröffentlicht.

Im Bereich der Helgoländer Tiefen Rinne wurde die Makrofauna kartiert und mit den Verhältnissen in den dreißiger Jahren verglichen. Insgesamt wurden ähnliche Tiergesellschaften vorgefunden; allerdings ist das südliche Randgebiet (Übergangsbereich zur Schlickregion der Deutschen Bucht) verarmt. Einige Arten haben veränderte Arealgrenzen (Rückzug aus den Innenbereichen der Deutschen Bucht, z.B. *Amphiura filiformis*) oder sind selten geworden (besonders langlebige Arten wie einige große Muscheln und Stachelhäuter). Auffällig ist das Verschwinden der noch in den dreißiger Jahren für die Tiefe Rinne charakteristischen Muschel *Corbula gibba*.

Deutliche Unterschiede ergaben sich in der Saisonalität der küstennahen und küstenfernen Nordsee-Bodenfauna. Während die Bodentiere der küstennahen Gebiete um Helgoland wegen höherer Bodenwassertemperaturen und günstiger Nahrungsverhältnisse (gemessen als Chlorophyll a und C/N-Verhältnis im Sediment) im Sommer wesentlich besser wachsen, erfolgt der Zuwachs küstenfern lebender Benthosarten gleichmäßig über das Jahr und viel langsamer, weil das Bodenwasser sich im Sommer kaum erwärmt und das Nahrungsmaximum in die kälteste Jahreszeit (Spätwinter) fällt.

Die 1986 im Rahmen des ICES durchgeführte Benthoskartierung ergab, daß die Bodenfauna der zentralen Nordsee (nördlich der Doggerbank) sich deutlich vom Benthos der südlichen Nordsee unterscheidet und zudem einen Ost-West-Gradienten aufweist. Die Artenvielfalt nimmt von der zentralen zur südlichen Nordsee hin ab. Dort sind die gröberen Sedimente wiederum artenärmer als die feinkörnigen.

Internationale Kooperation und Arbeiten in anderen Meeresgebieten

Die Sektion Biologie I ist besonders in der internationalen Zusammenarbeit vorwiegend mit Drittweltländern engagiert, was sich auch in der hohen Zahl von ausländischen Gastforschern und Stipendiaten ausdrückt (im Berichtszeitraum neun Gastforscher und sechs Stipendiaten, die am AWI promovieren oder bereits promoviert haben).

Neben den bereits erwähnten EPOS-Aktivitäten ist das zurzeit wichtigste Vorhaben das "El Niño"-Projekt mit Wissenschaftlern aus Kolumbien, Ecuador, Peru und Chile. Es befaßt sich mit den durch El Niño hervorgerufenen biologischen Veränderungen im

Ökosystem des Humboldtstroms. Zwei Teilprojekte in Lima (Peru) und Iquique (Chile) unterstützt das AWI durch die Entsendung von Doktoranden und Übernahme von Sachkosten.

Zusammen mit einem am AWI befindlichen Stipendiaten der Alexander von Humboldt-Stiftung wurde ein umfangreiches Material zur Einwirkung von El Niño auf Benthos und Fischbestände des Auftriebssystems analysiert und veröffentlicht. Besonders interessant ist die positive Entwicklung des Benthos in normal sauerstoffarmen Bereichen, wenn sich infolge des El Niño die Sauerstoffwerte am Meeresboden erhöhen, sowie im Weich- und Hartbodenbenthos ablaufende Sukzessionsvorgänge. Beide Untersuchungen weisen Parallelen zu Vorgängen im Nordseebenthos auf, das Benthos in der O₂-Minimumzone allerdings häufig mit umgekehrtem Verlauf (nicht Verschlechterung, sondern Besserung der O₂-Verhältnisse).

In Zusammenarbeit mit Prof. Gallardo (Universität Concepción, Chile) wurde die O₂-Mangelzone am Boden des peruanischen und chilenischen Teils des Humboldtstroms verglichen. Aus dem sauerstoffarmen Lebensraum des zentralchilenischen Sublitorals wurde eine neue Aktinienart (*Saccactis coliumensis* n.sp.) beschrieben, die über besondere Anpassungen an dieses Milieu verfügt. Eine weitere Art (*Bunodactis hermaphroditica*) bildet in südchilenischen Sandwatten moosartige Populationen, die im Gegensatz zu ähnlich dichten Beständen an Felsküsten nicht asexuell durch Teilung oder Knospung entstehen, sondern durch Entwicklung einzelner Eizellen in zwittrigen Tieren. Die Jungtiere werden in fortgeschrittenem Entwicklungszustand ausgestoßen und können sich im Schutz der Aggregation sofort ansiedeln (Kooperation mit der Universität Valdivia/K. Reise).

Zwei Mitarbeiter der Sektion nahmen an einer "Meteor"-Reise im November/Dezember 1989 auf den Patagonischen Schelf teil. Sie untersuchten in Zusammenarbeit mit Argentinien, Brasilien und Uruguay und der Universität Hamburg Fortpflanzungsbiologie und Rekrutierung der Anchoita. In der Deutschen Bucht werden die Arbeiten zur Rekrutierung der Sprotte im Rahmen des "International Recruitment Project" der IOC und der FAO weitergeführt. Zwei internationale Kurse zu diesem Thema fanden im Dezember 1988 und September 1989 mit starker lateinamerikanischer und südeuropäischer Beteiligung in der Sektion statt.

Die Nordsee-Benthosarbeiten sind in die europäische COST-Aktion 647 eingebettet (Dynamik küstennah lebender Benthosgemeinschaften).

Ein Mitarbeiter untersuchte im Sommer 1987 Brachyurenlarven auf einer "Meteor"-Expedition ins Rote Meer. Eine Art der Gattung *Macrophthalmus* wurde neu beschrieben.

3.2.2 Arbeitsbericht der Sektion Biologie II (Botanik und Mikrobiologie)

Forschungsarbeiten in der Antarktis

Planktonökologie

Die Studien zur Planktonökologie des Weddellmeeres wurden im Rahmen von zwei Expeditionen fortgesetzt: 1988/89 im Gebiet der Weddell/Scotia Konfluenz Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Meereis und Plankton im zeitigen Frühjahr sowie zur weiteren Entwicklung der Planktongemeinschaften in den Sommer hinein (EPOS Abschnitt 1 und 2) und 1989 im Rahmen der WWGS Expedition die spätwinterliche Situation im nördlichen Weddellmeer.

Mitglieder der Sektion waren an der Planung, Durchführung und Auswertung der internationalen EPOS Expedition (Abschnitte 1 und 2) beteiligt. Diese Abschnitte deckten die Monate Oktober - Januar (zeitiges Frühjahr bis Sommer) ab. Die Unterschiede in der saisonalen Entwicklung des Planktons und der Eisbiota in den drei untersuchten Wasserkörpern (Zirkumpolare Drift, Weddell/Scotia Konfluenz, Weddellmeer) konnten auf physikalische und biologische Faktoren zurückgeführt werden. Die Tiefe der durchmischten Schicht in der zirkumpolaren Drift verhinderte während der ganzen Zeit Planktonblüten. Schmelzwasser im Gebiet der Konfluenz dagegen stabilisierte frühzeitig eine flache Deckschicht, in der sich Phytoplanktonblüten entwickelten. Hohe Biomassen ($> 3 \text{ mg Chl. a m}^{-3}$) wurden nur im zeitigen Frühjahr angetroffen. Danach nahm der Freßdruck, vor allem vom Krill, der zu dieser Zeit sein Winterquartier unter dem Eis verlassen hatte, stark zu und dezimierte das Phytoplankton im ganzen Gebiet. Im Weddellmeer blieb die Biomasse niedrig ($< 1,0 \text{ mg Chl. a m}^{-3}$): am Anfang wegen der starken Eisbedeckung und später aufgrund des hohen Freßdrucks. Die Artenzusammensetzung war zunächst in den drei Gebieten sehr unterschiedlich. Während des Sommers nahmen kleinere Flagellaten sowohl im Weddellmeer- als auch im Konfluenzwasser zu. Diese Artensukzession wurde vermutlich durch den erhöhten Freßdruck hervorgerufen.

Während des ersten EPOS-Abschnitts wurde das Meereis und die darunterliegende Wasserschicht detailliert untersucht. Die Algenbiomasse im Meereis war teilweise erheblich höher als im umgebenden Wasser (Maximalwert von $424 \mu\text{g Chl. a l}^{-1}$). An einigen Meereisproben wurden Eis und Salzlake getrennt untersucht. Die Chlorophyll a Gehalte der Salzlakeproben lagen zwischen 3 und $60 \mu\text{g Chl. a l}^{-1}$, die Salinität schwankte zwischen 32 und 66 ‰ je nach der Temperatur des Meereises.

Auch die Nährsalzkonzentrationen der Salzlake unterschieden sich absolut und relativ zueinander von denen des Meerwassers: Ammoniakkonzentrationen in der Salzlake waren höher, Konzentrationen von Nitrat, Phosphat und Silikat geringer. Diese Ergebnisse sind ein Hinweis sowohl auf eine erhöhte Aktivität heterotropher Organismen im Meereis, als auch auf eine Verarmung an anorganischen Nährsalzen, hervorgerufen durch das Wachstum von im Eis eingeschlossenen Algen. Kleinräumige Messungen ein bis zwei Meter direkt unterhalb des Meereises (Untereiswasserschicht) zeigten keine Unterschiede zu den anderen im oberen Bereich der Wassersäule (0-10 m) durchgeführten Messungen.

Die Bildung und das Schicksal von Partikelaggregaten wurde speziell während des EPOS Abschnittes 2 an Meereis- sowie Planktongemeinschaften untersucht. Da in situ Messungen nicht möglich waren, wurde die Aggregatbildung mit dem Rolltischverfahren (s. Forschungsbericht Riebesell/Biddanda) im Kühllabor simuliert. Meereisalgen, die nach der Schmelze ins freie Wasser gelangen, verklumpten binnen kurzer Zeit zu großen Aggregaten. Solche vorwiegend aus pennaten Diatomeen bestehenden Aggregate wiesen verminderte photosynthetische Aktivität und hohe Sinkgeschwindigkeiten von 100 - 600 m/Tag auf. Die Artenzusammensetzung in den Aggregaten unterschied sich deutlich von der ursprünglichen Eisgemeinschaft. Es ist daher anzunehmen, daß überwiegend die weniger vitalen Zellen aggregieren und daß sie durch erhöhte Sinkraten der Aggregate die Oberflächenschicht verlassen. Typische Eisalgenarten wurden in Sinkstoffallen nachgewiesen, die im zentralen Weddellmeer verankert waren. Angesichts dieses Verlusts von Zellen sind die Mechanismen der Wiederbesiedelung des Eises im Herbst weiterhin unklar.

Freßverhalten und -ratenmessungen wurden in Zusammenarbeit mit Dr. Schiel (Bio I) an Krill und Copepoden durchgeführt, denen ein breites Spektrum von Nahrungspartikeln einschließlich Aggregaten angeboten wurde. Während Krill die gesamte Bandbreite der angebotenen Nahrung (von 3-4 µm großen Flagellaten bis hin zu cm-großen Aggregaten) nutzen konnte, war die Freßaktivität von Copepoden stark eingeschränkt, wenn die Nahrung in Form von Aggregaten vorlag.

Die planktologischen Untersuchungen im Weddellmeer wurden auf der Winterfahrt ANT VIII/2 (WWGS'89) auf einem Schnitt von West nach Ost durch den Weddellwirbel fortgeführt. Während auf den Schelfen an der Antarktischen Halbinsel und vor Kapp Norvegia relativ hohe Bestände von Phyto- und Protozooplankton unter der dicken fast noch geschlossenen Meereisdecke vorkamen, wurden im zentralen Weddellmeer niedrigere Biomassen angetroffen. Der Weddellwirbel wurde in einen Ost-

und Westteil durch eine Zone wärmeren Wassers getrennt, dessen Phyto- und Protozooplanktonbesiedlung auf zirkumpolaren Ursprung hinweist. Sehr viel höhere Phytoplanktonbiomassen wurden nördlich der Eisrandzone beim Verlassen des Weddellmeeres angetroffen. In diesem Gebiet der Antarktischen Divergenz fiel die Zone höchster Eisschmelze mit stabiler Wasserschichtung zusammen. Auffallend war im Westteil des Weddellwirbels die relativ hohe Anzahl einer Copepodenart (*Calanus propinquus*), die im extrem kalten Wasser (-1.85°C) ihre Verbreitungsmaxima hatte. In Bordexperimenten zeigten sich diese Copepoden sehr freßaktiv. Im Gegensatz dazu fraßen Copepoden der Art *Calanoides acutus*, die in Wassertiefen zwischen 700 und 1000 m gesammelt wurden, nicht, da sie sich offensichtlich noch in Winterruhe befanden. Wachstums- und Freßraten weisen auf eine auch im Winter aktive Biozönose des oberen Pelagials hin.

Die Untersuchungen zum vertikalen Stofftransport im Pelagial des Weddellmeeres wurde durch das Ausbringen von drei Sinkstoffallen in Verankerungen der physikalischen Ozeanographie (auf dem Westschelf und im zentralen Weddellmeer) begonnen. Die Fallen sollen im Zwei- bis Vierwochenrhythmus Größe und Zusammensetzung des vertikalen Partikelflusses in Abhängigkeit vom Wassermassentransport liefern.

Die weitere Auswertung der Expedition WWSP'86 zeigte, daß die Phytoplanktonarten und -biomasseverteilung an der Antarktischen Halbinsel im Herbst durch Lichtmangel und zunehmende Eisbedeckung bedingt war. Desweiteren beeinflusste vor allem auch die Hydrographie (Strömungsmuster und Frontsysteme) die Verbreitungsmuster einzelner Phytoplanktonarten. Die Sporenbildung einzelner Phytoplanktonarten ist regional unterschiedlich; einzelne Phytoplanktonarten scheinen jeweils spezifisch auf die spätherbstlichen Vorgänge zu reagieren.

Während des dritten Fahrtabschnittes des WWSP 1986 waren auf zwei Schnitten durch den östlichen Weddellwirbel und in der Küstenpolynya physikalische, chemische und phytoplanktonökologische Untersuchungen von mehreren Arbeitsgruppen durchgeführt worden. Die weitere Auswertung der Ergebnisse deutet daraufhin, daß die außergewöhnliche Klarheit des Winterwassers vor allem auf weitgehenden Abbau von gelöster und partikulärer organischer Substanz zurückzuführen ist. Dies wird primär von heterotrophen Protisten bewerkstelligt. Einige Aspekte sind im Kapitel Forschungsarbeiten dargestellt. Weitere Untersuchungen im Weddellmeer haben gezeigt, daß eine biomassenreiche Untereiswasserschicht (angetroffen auf WWSP) auf das südliche Weddellmeer beschränkt ist.

Antarktische Makroalgen

Makroalgen des Südpolarmeers wurden isoliert und die Lebenszyklen und morphologische Entwicklung von sieben Arten beschrieben. Außerdem wurde die Phänologie von elf Arten unter fluktuierenden antarktischen Tageslängen erstmalig in Kulturversuchen dargestellt. Danach wächst eine Gruppe von Arten vorwiegend unter Winterbedingungen und wird auch zu dieser Jahreszeit fertil, eine zweite Gruppe wächst und reproduziert sich unter Frühjahrs- und Sommerbedingungen. Die Entwicklung beider Gruppen wird nicht durch die Nährstoff- und Temperaturbedingungen, sondern durch die Lichtintensität und die Photoperiode gesteuert. Sublitorale antarktische Arten sind Schwachlichtalgen, die eine Dunkeltoleranz von 12 Monaten und einen sehr niedrigen Lichtbedarf für das Wachstum aufweisen. Ihr Wachstum ist bereits bei $3\text{-}20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ lichtgesättigt und teilweise bei $30\text{-}50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ photoinhibiert. Der Jahreslichtbedarf für das Durchlaufen des Lebenszyklus liegt mit $33\text{-}47 \text{mol m}^{-2} \text{Jahr}^{-1}$ ebenfalls sehr niedrig. Danach erscheint ein Vorkommen der antarktischen Arten in Tiefen bis zu 90 m möglich.

Untersuchungen zum Einbau stabiler Kohlenstoffisotope in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen ergaben, daß es unter optimalen Lichtbedingungen parallel zur Stimulierung des Wachstums zu einer Anreicherung von ^{13}C kommt, ein wichtiges Ergebnis für Arbeiten, in denen stabile Kohlenstoffisotope als Markersubstanzen benutzt werden. Außerdem lassen die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte Rückschlüsse auf das Tiefenvorkommen einzelner Arten zu, wie Untersuchungen an in der Antarktis gesammelten Pflanzen bestätigten.

Endemisch antarktische Arten wachsen nur bei Temperaturen bis $5 (10)^\circ\text{C}$ und tolerieren maximal 11 bis 13°C . Antarktisch-kaltgemäßigte Arten wachsen bis $5, 10$ oder 15°C und tolerieren $14\text{-}19^\circ\text{C}$. Ausschließlich kaltgemäßigte Arten aus Südchile können die Fähigkeit verlieren, bei 0°C zu wachsen. Die Ausbildung von Tieftemperaturökotypen und -arten in der Antarktis wird auf die lange Kaltwassergeschichte und die starke Isolierung der antarktischen Region zurückgeführt.

Braunalgen höherer Breiten enthalten hohe Mengen an phenolischen Sekundärmetaboliten, die nach Untersuchungen mit der Elektronenenergieverlustspektroskopie (EELS) (Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie) in bestimmten Zellorganellen, den Physoden, lokalisiert sind. Diese Kompartimentierung schützt Cytoplasma und Chloroplasten vor der Protein-denaturierenden Wirkung dieser Substanzen. Phenolische Verbindungen werden in hohen Mengen an das Außenmedium abgege-

ben und haben als chemische Kommunikationsstoffe eine wichtige Funktion in der Organisation von Ökosystemen. Eine andere Bedeutung liegt in ihrer Fähigkeit, mit polychlorierten Biphenylen zu assoziieren und deren Bioverfügbarkeit zu senken.

β -Dimethylsulphoniopropionat (DMSP) ist ebenfalls ein Sekundärmetabolit, der eine wichtige Rolle als Osmolyt zur Kompensation von Salinitätsschwankungen spielt. Antarktische Grünalgen enthalten deutlich höhere Konzentrationen (Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie und der Universität Bremen) als vergleichbare Arten gemäßigter Breiten. Da die antarktischen Arten als Gezeitenalgen neben osmotischem Streß häufig auch Einfrierstreß ausgesetzt sind, hat DMSP wahrscheinlich auch eine Bedeutung als Gefrierschutzmittel.

Marine Pilze

Taxonomische und entwicklungsphysiologische Untersuchungen an dem ersten, aus dem Südpolarmeer isolierten Phycomycetenstamm ergaben, daß dieser grundsätzlich ähnliche Entwicklungscharakteristika aufweist wie vergleichbare Pilze aus gemäßigten Breiten; seine Temperatursensibilität ist jedoch stark erhöht, so daß es sich um einen obligat psychrophilen Organismus handelt. Mit dem seit Ende 1989 zur Verfügung stehenden Bioreaktor-System wurden erste Extrakte für detaillierte Proteinanalysen mit Hilfe der Polyacrylamidgel-Elektrophorese gewonnen, um daraus Anhaltspunkte über die molekularen Adaptationsmechanismen mariner Protisten an die extremen Lebensbedingungen der Polarmeere, insbesondere des Meereseis zu gewinnen.

Bakterien

Mit der Teilnahme an 3 Expeditionen (HYMAS II, mittlerer bis östlicher Pazifik; ANT VII/5, östlicher Atlantik; ANT VIII/3, Südatlantik) sollten die im Antarktischen Ozean 1986 erhaltenen Ergebnisse über die Anpassung der Bakterienflora der Wassersäule an die spezifischen Verhältnisse der Tiefsee, d.h. an hohen hydrostatischen Druck und niedrige Temperatur, auf allgemeine Gültigkeit geprüft werden. Zusätzlich wurde das Vorkommen druckangepaßter Bakterien im Tiefseesediment untersucht. Diese Arbeiten bestätigten die Bedeutung barophiler Bakterien im Tiefseebereich. Laboruntersuchungen zur Reinzüchtung extrem barophiler Organismen zur Beschreibung ihrer physiologischen Leistungen und ihrer taxonomischen Zuordnung sowie Phylogenie (Zusammenarbeit mit dem Institut für Allgemeine Mikrobiologie der Universität Kiel) ergänzten die Felduntersuchungen. Die Expeditionen in die verschiedenen Meeresgebiete wurden gleichzeitig genutzt, um das Datenmate-

rial zum bakteriellen Abbau organischer Substrate durch Auslegungen an Verankerungen zu ergänzen. Vergleichsuntersuchungen dieser Art wurden auf der Forschungsplattform Nordsee durchgeführt.

Die Arbeiten zur winterlichen Eisbakterienpopulation (WWSP86) konzentrierten sich auf die Strukturanalyse der Bakterienpopulation mittels numerischer Taxonomie. Dafür wurden die zahlreichen morphologischen, physiologischen und biochemischen Daten in eine binäre Form umgesetzt und im clusteranalytischen Verfahren bearbeitet. In diesem Rahmen wurden auch die bereits früher abgeschlossenen Teste zum Vergleich der Sedimentflora des Arktischen und Antarktischen Ozeans clusteranalytisch ausgewertet. Die Eispopulation wies eine hohe Spezialisierung, aber nur eine geringe Vielfalt auf und war charakterisiert durch Schleimbildung und niedrige minimale Wachstumstemperaturen. Der Einfluß eisspezifischer Ökofaktoren auf die bakterielle Schleimbildung wird im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht. Mit ausgesuchtem Stammmaterial wurden die Untersuchungen zur Kälteanpassung extrazellulärer Enzyme in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) und der Biotechnologischen Produktionsgesellschaft Braunschweig (BB) fortgeführt.

Forschungsarbeiten in der Arktis

Marine Pilze

Während der Polarstern-Expedition ARK V/1 (1988) in die Grönlandsee wurden auch in der Arktis sowohl niedere als auch höhere Pilze als Bestandteil der sogenannten "Sea Ice Microbial Community Organisms" (SIMCO) nachgewiesen. Die Anzahl wachstumsfähiger Pilzkeime korrelierte weder mit den Chlorophyll- noch den ATP- oder Bakterienkeimzahlwerten. Die erstmalig durchgeführte, wiederholte Erbohrung von Eiskernen an ein und demselben Ort (im Abstand von 7 Tagen) ergab Hinweise darauf, daß horizontale Einflüsse, d. h. die bestehende Verteilung der physikalisch-chemischen Parameter und der Mikroorganismen im umgebenden Meereis, die Verteilung der Mikroorganismen in frisch gefrorenen Bohrkernen ganz wesentlich mitbestimmen. Zahlreiche weitere Stämme arktischer Pilzkeime konnten isoliert werden.

Bakterien

Obwohl im marinen Milieu oligotrophe Verhältnisse vorherrschen, werden bei der Kultivierung mariner Bakterien fast ausschließlich nährstoffreichere (copiotrophe) Medien im g/l - Bereich verwendet. Anreicherungskulturen zur Isolierung von obli-

gat oligotrophen Bakterien aus der Framstraße und der Grönlandsee wurden weitergeführt. Mit einem speziellen für diesen Zweck entwickelten Verdünnungsverfahren konnten Ende 1989 ca. 50 oligotrophe Bakterienstämme isoliert werden, die auf gereinigtem Seewasseragar (1%-iger gewaschener Oxoid-Agar ohne Substratzugaben) innerhalb von 5 Tagen sichtbare Kolonien bildeten.

Forschungsarbeiten in der Nordsee und anderen Meeresgebieten

Diatomeen Taxonomie

Die in der Rabenhorstschen Exsikkatensammlung "Algen Europas" (1848-1882) vorhandenen Diatomeenproben wurden zu mikroskopischen Präparaten verarbeitet. Die Exsikkate kommen größtenteils aus Privatbesitz (Dr. Simonsen), ein anderer Teil wurde vom Übersee-Museum in Bremen und dem Forschungsinstitut Senckenberg in Frankfurt zur Verfügung gestellt. Leider ist diese Sammlung nicht weiter zu vervollständigen, da für die fehlenden Proben keine Quellen bekannt sind.

In der Diatomeensammlung befinden sich viele Präparate des Rostocker Lehrers Heinrich Heiden (1857-1925). Erst kürzlich wurde festgestellt, daß sich darunter eine fast vollständige Serie mit Material von der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903 befindet. Heiden hat seinerzeit hiervon die Diatomeen bearbeitet, die nach seinem Tode R.W. Kolbe herausgab (Heiden & Kolbe 1928). In diesem Werk hat Heiden 163 neue Diatomeen-Taxa beschrieben.

Gegenwärtig wird daran gearbeitet, diese Taxa in den vorhandenen Präparaten aufzufinden, damit sie typisiert werden können. Es sind dies die letzten heute noch existierenden Präparate von Heiden, so daß eine gewisse Verpflichtung besteht, dieses Material zu erschließen und der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. In erster Linie wird hierbei an die Publikation der Typen mit Mikrophotographien gedacht, wofür die Vorarbeiten jetzt laufen.

Als Nebenprodukt dieser letzten Arbeit entstand die taxonomische Bearbeitung einer Reihe verwandter Arten der Gattung Mastogloia, die viele alteingebürgerte Irrtümer klären konnte. Dieser Beitrag wurde zum Druck eingereicht.

Detritusnahrungskette

In Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie wurde nachgewiesen, daß eine Nematodenart, die in sauerstoffarmen Sedimenten lebt, Acetat aus geringen Konzentrationen, wie sie im Lückensystem dieser Sedimente vorkommen, aufnehmen und als Nahrung verwerten kann. Durch dieses Ergebnis wird erst-

mals gezeigt, daß Gärungsprodukte, die beim mikrobiellen Abbau organischer Substanz in Sedimenten eine große Rolle spielen, auch für die Ernährung von Nematoden, den häufigsten Kleintieren des Meeresbodens, von Bedeutung sein können.

Im Rahmen weiterer Studien zu Aspekten der Detritusnahrungskette wurden Ursachen und Verlauf der Stickstoffanreicherung in sich zersetzender Zellulose untersucht. An diesem Modell-Detritus-Substrat ließ sich zeigen, wie im Verlauf weniger Monate durch mikrobielle Aktivität ursprünglich für die Tierernährung wertlose Gerüstsubstanz von Pflanzen zu wertvollen Nährstoffen verwandelt werden.

Planktonaggregate

Grundlagenstudien zur Entstehung, Zusammensetzung und mechanischen Festigkeit von Partikelaggregaten wurden in der Nordsee und in Laboruntersuchungen durchgeführt. Ergebnisse der Nordseestudien sind im Kapitel "Forschungsarbeiten" dargestellt. Aggregate aus Kulturen, aus Netzfängen und aus gealterten Seewasserproben zeigten in den Laboruntersuchungen, daß ihre Festigkeit von der Zusammensetzung abhängig war. Aggregate, gewonnen aus gealtertem Seewasser und aus Algenkulturen, zeigten elastisches Verhalten gegenüber einer Erhöhung der Scherkraft (gemessen im Viskosimeter). Natürliche Planktonaggregate dagegen brachen diskret an "Nahtstellen", wobei sich eine direkte Beziehung zwischen Brüchigkeit und Größe feststellen ließ. Das Sinkverhalten in Abhängigkeit von Aggregattyp und -größe wurde in mehreren Durchgängen und unter verschiedenen Bedingungen gemessen. Ein speziell entwickeltes Verfahren ermöglichte es, dasselbe Aggregat mehrmals zu untersuchen. Die gemessene große Variabilität in der Sinkgeschwindigkeit ist abhängig von der Zusammensetzung und Herkunft der Aggregate.

Marine Pilze

In Kooperation mit der Arbeitsgruppe Biochemie der Universität Hamburg (Dr. U. Brockmann) konnten während der 81. Forschungsreise mit FS "Valdivia" in die Nordsee (01.-07.05.1989) zum ersten Mal eindeutige in situ-Befunde zum gehäuftem Vorkommen mariner Pilze in Oberflächenfilmen des Meeres gewonnen werden. (Experimentelle Laboruntersuchungen und die Ergebnisse des interdisziplinären Fronten-Projekts hatten dies bereits vermuten lassen.)

Im Rahmen einer Gastdozentur des DAAD in San José, Costa Rica, wurde in zwei Jahreszeiten das Vorkommen niederer Pilze in Mangrovensümpfen untersucht und eine unterschiedliche Besiedlung in der Trocken- und Regenzeit festgestellt. Un-

tersuchungen zum Chitinabbau von niederen Pilzen im Weser-ästuar zeigten, daß die Chitinabbaurate mit höherer Pilzkonzentration steigt. Die Arbeiten zum Atlas "Marine Chytridiomycetes and Thraustochytriales" wurden weitergeführt.

Actinomyceten

Um unsere Kenntnisse über die Rolle von Actinomyceten im Meer zu erweitern, wurden neue in situ-Experimente auf der Forschungsplattform Nordsee ausgebracht. Arbeiten über die Bildung und Wirkung sekundärer Metabolite von marinen Actinomyceten laufen in Kooperation mit dem Institut für Organische Chemie der Universität Göttingen und taxonomisch, phylogenetische Untersuchungen mit dem Institut für Allgemeine Mikrobiologie der Universität Kiel. Zusammen mit der Sektion Chemie begannen Untersuchungen über die Wirkung sekundärer Metabolite mariner niederer Tiere auf typische Vertreter der Bakterienflora mariner Sedimente.

Bakterien

Die Arbeiten an heterotrophen, psychrophilen Bakterien aus der tropischen und subtropischen Tiefsee wurden abgeschlossen. Erstmals wurde nachgewiesen, daß psychrophile Bakterien den größten Teil der Bakterien in der Tiefsee stellen. Die taxonomische Einordnung und die Phylogenie kälteadaptierter Bakterien wurde mit Hilfe der Untersuchung niedermolekularer rRNA und tRNA, in Zusammenarbeit mit der MPI für Limnologie (Plön) verbessert. Dabei geht es um die Beantwortung der Frage, ob phylogenetische Zusammenhänge zwischen den psychrophilen Bakterien aus der tropischen Tiefsee und der Antarktis existieren.

Zur taxonomischen Einordnung von 300 oligotrophen Tiefseebakterien aus dem tropischen und subtropischen Atlantik vor Nordwest-Afrika wurden weitere Versuche durchgeführt (Verwertbarkeit von 35 organischen Substraten, Antibiotika-Resistenz, Nitratreduktion, Nitratassimilation).

3.2.3 Arbeitsbericht der Sektion Chemie

Forschungsarbeiten in der Arktis

Nährstoffe und Spurenmetalle

Neue Erkenntnisse über die Dynamik von Nährstoffen in der Grönlandsee brachte der Einsatz automatisch messender Analysensysteme während zweier Expeditionen. Umfangreiche Bilanzierungen anorganischer und organischer Stickstoffverbin-

dungen in der 200 m-Deckschicht waren möglich. Eine erstmalig durchgeführte kontinuierliche Messung der Nitratkonzentration in der oberflächennahen Schicht zeigt eindrucksvoll die Anreicherung des Nitrates im Bereich der Polarfront der Grönlandsee. Mit dem weiteren Ausbau des Analysensystems zur Identifizierung und bilanzmäßigen Erfassung organischer Stickstoffverbindungen wird ein neuer Weg zur Kenntnis und Bedeutung dieser Substanzgruppe beschritten.

Analysen von Spurenmetallen wurden im Bereich der Grönlandsee in Wasser- und Zooplanktonproben durchgeführt. Die Cadmiumgehalte im Wasser lagen auf dem Grönlandsockel bei 200 pmol/kg und fielen auf 30 pmol/kg zur Polarfront hin ab; die Grönlandsee wies gleichförmige Konzentrationen von etwa 100 pmol/kg auf.

Lipide in polaren Organismen

Die Analyse von Wachsestern in Copepoden der Grönlandsee mit einer neu entwickelten gaschromatographischen Methode zeigte, daß sich Milieuunterschiede in der Zusammensetzung der Wachsester deutlich ausprägen. Copepoden aus Eisrandgebieten zeichnen sich durch hohe Gehalte an stark ungesättigten Wachsesterkomponenten aus. Art und Menge des Nahrungsangebotes prägen entscheidend die Lipidzusammensetzung, da bestimmte Fettsäuren des Phytoplanktons unverändert in die Lipide von Copepoden eingebaut werden. Sie dienen damit in Verbindung mit der entwickelten Analystechnik zu einer Aufklärung von Nahrungsbeziehungen.

Deutsche Arktisstation (Ny Ålesund/Spitzbergen)-Spurenstoffmessungen

In Erweiterung der bisher laufenden Ozonmessungen in Ny Ålesund wurden die Planungsunterlagen für den Bereich Meeres- und Umweltchemie an der Arktisstation erstellt. Sie umfassen Spurenstoffanalytische Arbeiten für Luft, Wasser, Schnee und Eis für kontinuierliche und episodisch durchzuführende Messungen.

Forschungsarbeiten in der Antarktis

Atmosphärische Spurenstoffe - Georg von Neumayer-Station

Im Rahmen des routinemäßigen Meßprogramms an der GvN-Station werden zur Zeit bodennahe Ozon-Konzentrationen, Kondensationskerne, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe und das Langzeitverhalten ausgewählter chemischer Komponenten des Aerosols wie Sulfat, Nitrat, Seesalz und Spurenmetalle erfaßt. Weiterhin werden Krypton, Radon und die Kohlenstoffiso-

tope des atmosphärischen Kohlendioxids gemessen. Die Messungen führen Wissenschaftler verschiedener Institutionen durch. Sie werden vom AWI wissenschaftlich betreut.

Sekundärmetabolite in Makroalgen

Das Vorkommen und die Abgabe von halogenhaltigen Sekundärmetaboliten wurde an verschiedenen antarktischen Makroalgen untersucht mit dem Ziel, Quellstärken für flüchtige natürliche Halogenverbindungen zu ermitteln und die Bildungswege dieser Substanzen zu erforschen. In der Trockenmasse von Braunalgen und Rotalgen wurden Gehalte bis zu 18-20 mg/kg an organisch gebundenem Halogen nachgewiesen. Die bisher identifizierten Komponenten sind vorwiegend Bromphenole mit unterschiedlichen Substitutionsmustern. Laborexperimente an verschiedenen Algenkulturen zeigen, wie diese Stoffe in das umgebende Wasser abgegeben werden. Durch Variation der Kulturbedingungen unter Simulation der natürlichen Verhältnisse ergeben sich Exsudationsraten, die mit der Temperatur und Lichtintensität positiv korreliert sind. Neben den phenolischen Komponenten werden verschiedene flüchtige Halogenverbindungen abgegeben, deren Exsudationsraten ebenfalls mit kultivierten Makroalgen untersucht werden. Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen lassen auf eine erhebliche Quellstärke für flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe schließen, die in der Chemie der Stratosphäre und bei Reaktionsschritten des Ozonabbaus eine Rolle spielen.

Sekundärmetabolite im Benthos

In die Untersuchungen zur Struktur und Funktion mariner Sekundärmetabolite wurden benthische Organismen der Antarktis einbezogen. Für die Isolierung biogener Komponenten und deren Testung auf biologische Aktivität wurden über 70 wirbellose Tierarten, vorwiegend Schwämme, aus dem Gebiet der antarktischen Halbinsel gewonnen. Aktive Einzelkomponenten werden zunächst gezielt isoliert durch die Untersuchung der antimikrobiellen Wirkung auf marine Bakterien. Mit den Extrakten aus zwei Schwammarten konnten Hemmungen zweier grampositiver Bakterienstämme beobachtet werden.

Anthropogene Stoffe in antarktischen Nahrungskettengliedern

Die Identifizierung und Quantifizierung anthropogener Halogenverbindungen in Meeresorganismen der Antarktis ist Bestandteil einer Gesamtaufnahme dieser Komponenten in der Süd- und Nordhemisphäre, die den Einfluß der Zivilisation und der Industrie auf die polaren Regionen und den gesamten Atlan-

tik dokumentieren soll. Ergebnisse von Arbeiten mit einem ausgewählten Untersuchungsmaterial an Fischen, Krustaceen, Wirbellosen und Vögeln zeigen, daß die Konzentrationsbereiche etwa 100-fach unterhalb derjenigen in industrienahen Gebieten liegen. Trotz der niedrigen Gehalte können die Einzelkomponenten mit Hilfe hochauflösender Gaschromatographie und Säulenschalttechnik weitgehend identifiziert werden.

Forschungsarbeiten im Atlantik und in der Nordsee

Die Atlantiktraversen der "Polarstern" ermöglichen u.a. eine große Zahl von Spurenstoffmessungen, die für das Verständnis der Reaktionsabläufe bei der Bildung und Umsetzung biogener Stoffe notwendig sind.

Atmosphärische Spurenstoffe

Spurenstoffe in der marinen Troposphäre zu identifizieren und quantitativ zu bestimmen, steht im Vordergrund der luftchemischen Arbeiten. Der Stoffaustausch an der Grenzschicht Ozean/Atmosphäre hat eine besondere Bedeutung und bildet einen Schwerpunkt der Untersuchungen. Mit der Messung von Carbonylsulfid als flüchtige biogene Schwefelverbindung wurde begonnen. Carbonylsulfid, COS, wird durch Photolyse gelöster Schwefelverbindungen im Meerwasser gebildet. Aufgrund seiner vergleichsweise langen Lebensdauer gelangen beträchtliche Anteile in die Stratosphäre, wo es zu Schwefeldioxid und Schwefelsäure oxidiert. Das dadurch entstehende Sulfataerosol kann die Strahlungsbilanz und damit das Erdklima beeinflussen. Die photochemischen Reaktionen atmosphärischer Spurenstoffe werden für ausgewählte Systeme im Labor simuliert, wie z.B. der durch Sonnenlicht induzierte Abbau von COS in der Stratosphäre. Bestimmte homogene und heterogene Reaktionen, die möglicherweise eine Rolle im stratosphärischen Ozonabbau spielen, werden ebenfalls im Labor unter simulierten Bedingungen untersucht; einen Schwerpunkt bilden hierbei Umsetzungen mit Bromverbindungen.

Organische Inhaltsstoffe des Meerwassers

Die Extraktion lipophiler organischer Inhaltsstoffe aus großen Wassermengen schuf die Voraussetzungen für Multikomponentenanalysen. Neben einer Bestandsaufnahme natürlicher und auch anthropogener Stoffe sollen schwerpunktmäßig solche Substanzen erforscht werden, die für chemische und biologische Prozesse eine Schlüsselfunktion besitzen. Die bisher etwa 150 identifizierten Einzelsubstanzen verteilen sich auf unterschiedliche Stoffgruppen: biogene ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Chlorophyllderivate, deren Konzentrationen mit der

auf den atlantischen Traversen ermittelten Phytoplanktonverteilung korrelieren, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Organochlorverbindungen und Schwefelverbindungen. Der Eintrag von organischem Material höherer Pflanzen in den Atlantik wurde durch die Analyse von Regenwasser der ITC (Intertropical Convergence) nachgewiesen; das Regenwasser enthielt eine homologe Serie von Kohlenwasserstoffen von C₁₅ bis C₃₄.

Anthropogene Spurenstoffe und Schwermetalle im Neuston

Ausgeprägte regionale Unterschiede der Konzentrationen an gelösten Schwermetallen wurden auf dem Schnitt Kapstadt-Bremerhaven gemessen. Vom Südatlantik bis zum Einflußgebiet Europas nimmt der Bleigehalt des Oberflächenwassers um das Fünffache, der Cadmiumgehalt auf mehr als das Vierfache zu.

Im Südäquatorialstrom liegen die Cadmiumkonzentrationen doppelt so hoch wie im Südatlantik; die Cadmiumgehalte des Zooplanktons verschiedener Taxa, insbesondere des Wasserläufers *Halobates micans* bestätigen diesen Befund. Damit ergeben sich Ansätze für die weiträumige Schwermetallerfassung mit Hilfe von Bioindikatoren. Während desselben Fahrtabschnittes wurden zahlreiche Neustonproben gesammelt, deren Analyse zur Bestimmung der Verteilung von Schwermetallen und Xenobiotica vor dem Abschluß steht. Die Ergebnisse sollen in Ergänzung zu entsprechenden Untersuchungen in den polaren Gebieten einen Einblick in den Transport dieser Substanzen ermöglichen und den Einfluß der Industriestaaten dokumentieren.

Sekundärmetabolite

Halogenierte Sekundärmetabolite in Polychaeten der Nordsee standen im Mittelpunkt der Untersuchungen zur Struktur und Funktion dieser Stoffe. Neben der Isolierung, Strukturaufklärung und Quantifizierung begannen auch Untersuchungen zur biologischer Aktivität. Es wurden mehrere neue Naturstoffe isoliert und identifiziert, u.a. erstmalig ein Tribrompyrrol aus *Polyphyia crassa*, das eine ausgeprägte Wirkung gegen marine Bakterien zeigte. In *Thelepus setosus* aus den Küstengebieten Frankreichs, Schwedens und den Kerguelen sowie in *Thelepus cincinnatus* fanden sich weitgehend übereinstimmende Muster und Konzentrationen der bromhaltigen Sekundärmetabolite; dieses Muster ist offenbar typisch für diese Gattung. Detaillierte Analysen einzelner Körpersegmente zeigten, daß die Bromverbindungen nahezu vollständig in den Körperenden lokalisiert sind; hier treten Gehalte von bis zu ein Prozent der Trockenmasse auf.

An 37 Stationen des Ärmelkanals und der südlichen Nordsee wurden die Konzentrationsmuster von vier in *Lanice conchilega* vorkommenden Bromphenolen ermittelt. Die Konzentrationen waren unabhängig von Größe und Geschlecht der Tiere und der Jahreszeit; jedoch zeigten sich biotopabhängige Unterschiede. Die Konzentrationen in Tieren der bretonischen Küste waren bis zu neunzehnmal höher als die von Tieren der deutschen und holländischen Küste. Von der Aufklärung der Ursachen dieser erheblichen Konzentrationsunterschiede sind Hinweise auf die Bildung und Funktion dieser Stoffe zu erwarten.

Biotransformation und Sorption anthropogener Stoffe

Um die Auswirkung von Umweltchemikalien beurteilen zu können, muß man den Umsatz anthropogener Stoffe in Meerestieren und ihre Interaktion mit natürlichen Komponenten des Meerwassers, wie Huminstoffen, kennen. Die Arbeiten zur Sorption ausgewählter Polychlorierter Biphenyle unterschiedlichen Chlorierungsgrades sind zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Die gemessenen Assoziationskoeffizienten für marine Huminstoffe sind positiv und dem Chlorgehalt und strukturellen Merkmalen der Kongeneren korreliert. Bei marinen Sedimenten wurde der Einfluß des Gehaltes an organischem Kohlenstoff auf den Sediment/Wasser-Verteilungskoeffizienten untersucht; dies ergab gute Korrelationen mit physikalischen-chemischen Parametern und molekularen Deskriptoren. Nach der Entfernung der organischen Substanz nimmt die Sorption der PCB mit steigender Hydrophobizität und dem Tonanteil der Sedimente zu.

Polychlorierte Biphenyle wurden exemplarisch in Polychaeten untersucht, um das Schicksal anthropogener persistenter Belastungstoffe in Meerestieren zu verstehen. Die Eliminierungskinetiken von sechs Tetra-, Penta- und Hexachlorbiphenylen beim Seeringelwurm *Nereis diversicolor* wurden mit den PCB-Mustern der Spezies von zwei unterschiedlich belasteten Biotopen der Nordseeküste in Beziehung gesetzt. Dabei zeigte sich, daß die im Laborexperiment ermittelte selektive PCB-Eliminierung auch im Freiland die Konzentrationen der einzelnen Komponenten signifikant beeinflusst. Mit einem radioaktiv markierten Tetrachlorbiphenyl wurde bewiesen, daß die schnellere PCB-Eliminierung, die bei *Nereis diversicolor* für die stärker belastete Station gemessen wurde, auf einer erhöhten Biotransformation beruht. Aus einer ungewöhnlichen Eliminierung von Pentachlorbiphenylisomeren und einem vorgefundenen charakteristischen PCB-Muster ist auf eine spezifische Biotransformation dieser Spezies zu schließen.

Weiterhin wurden Umsetzungen ausgewählter polychlorierter Biphenyle mit dem mischfunktionellen Oxygenasesystem von

Lebermikrosomen verschiedener Plattfischarten untersucht. Untersuchungen mit Hexachlorbenzol und Octachlorstyrol an Miesmuscheln *Mytilus edulis* haben gezeigt, daß diese als persistent und bioakkumulativ bekannten Verbindungen von Miesmuscheln signifikant metabolisiert werden. Als Umwandlungsprodukte konnten polare Verbindungen und Methylthioverbindungen identifiziert werden.

3.2.4 Arbeitsbericht der Sektion Geologie

Forschungsarbeiten in der Antarktis

Nach wie vor standen die Forschungsprojekte in der Antarktis im Vordergrund der geowissenschaftlichen Aktivitäten. Entsprechend umfangreich war die geowissenschaftliche Beteiligung an den verschiedenen antarktischen Fahrtabschnitten mit "Polarstern" in das südliche und südöstliche Weddellmeer.

Der Arbeitsschwerpunkt der Bathymetrie, als einer der wichtigen Grundlagen für zahlreiche geowissenschaftliche Projekte, lag bei der Auswertung der Seabeam-Fächersonarmessungen vom Kontinentalrand des östlichen und südöstlichen Weddellmeeres. Aus dem Bereich des Wegener Canyon wurden verschiedene präzise, kleinmaßstäbliche Karten und dreidimensionale Darstellungen von Bohrlokationen des "Ocean Drilling Program" (ODP) für die Publikation fertiggestellt. Ein weiterer umfangreicher bathymetrischer und geodätischer Datensatz wurde für die Karte des Ekström-Schelfeises (Ekströmisen SR 29-30/SW) bereitgestellt. Großen Arbeitsaufwand erforderte weiterhin die Bearbeitung der Navigationsdaten und die Korrektur der Echolotmessungen früherer "Polarstern"-Expeditionen (vor ANT V/3) als Grundlage neuer, genauerer bathymetrischer Übersichtskarten des Weddellmeeres. In diesem Zusammenhang beteiligt sich die Arbeitsgruppe an der digitalen Bearbeitung der GEBCO-Karte 5.16 mit den Schwerpunkten Queen Maud Rise und Astrid Ridge. Zur Erstellung kleinmaßstäblicher Karten von Gebieten mit geringer Informationsdichte wurde ein gemeinschaftliches Arbeitsprogramm mit der École de Mines in Paris und dem Institute Géostatistique in Fontainebleau begonnen.

Während der Wertzeit im Sommer 1989 erhielt "Polarstern" anstelle des technisch veralteten und reparaturaufwendigen Fächerecholotsystems Seabeam (General Instruments, GIC) das Hydrosweep-System der Firma Krupp-Atlas-Elektronik (KAE). Des Hydrosweep-System wurde während ANT VIII/1 in einem Testgebiet der Biscaya und in der Romanche-Bruchzone er-

probt und kalibriert, von diesen Gebieten liegen Vergleichsmessungen von NO "Jean Charcot" (IFREMER) und FS "Meteor" vor. Die Anpassung und Entwicklung von EDV-Programmen und Modellen für die Echtzeitauswertung der Hydrosweep-Messungen erforderte umfangreiche Vorbereitungen.

Geschichte der antarktischen Vereisung

In den sedimentologischen und biostratigraphischen Arbeitsgruppen stand die Auswertung des Bohrkernmaterials von den antarktischen und subantarktischen Bohrabschnitten des "Ocean Drilling Program" (ODP; Leg 113 Weddellmeer; Leg 114 Polarfront Atlantik; Leg 119 Prydz Bay; Leg 120 Kerguelen-Plateau) im Vordergrund.

Die übergeordneten Fragestellungen in diesem Projekt sind die nach der känozoischen Geschichte der Antarktis und nach dem Beginn und der Entwicklung der antarktischen Vereisung sowie der sie auslösenden und begleitenden paläoozeanographischen und paläoklimatischen Ereignisse. Nach Sedimentuntersuchungen vom südlichen Kerguelen-Plateau lassen sich erste Spuren der Entwicklung von Talgletschern in der Antarktis im mittleren Eozän in einem Zeitabschnitt vor 43,5 bis 42,5 Millionen Jahre feststellen. Eine starke Zunahme der Vereisung, die vermutlich mit dem Beginn einer großflächigen, kontinentalen Vereisung der Antarktis gleichzusetzen ist, erfolgte während des frühen Oligozäns vor 36 Millionen Jahren.

Am Kernmaterial von Leg 113 aus dem Weddellmeer wurde eine biostratigraphische Diatomeenzonierung für das Neogen (die letzten 22,5 Millionen Jahre) der Antarktis entwickelt. Erstmals konnten hierbei auch miozäne Diatomeenzonen direkt mit der paläomagnetischen Zeitskala korreliert und damit absolut datiert werden. Die paläoklimatische Auswertung dieser Daten zeigt, daß sich die Vereisung des antarktischen Kontinents im Neogen nicht kontinuierlich verstärkte, sondern zyklisch in großen Abkühlungs- (z.B. im Zeitraum 15-12 Millionen Jahre) und Erwärmungsphasen (z.B. vor 11-10 Millionen Jahren) verlief. Die thermische Isolierung der Antarktis, die zur heutigen Vereisung des Kontinents führte, ist erheblich jünger und begann erst im Pliozän vor ca. 4 Millionen Jahren.

Die Auswertung des umfangreichen Sedimentkernmaterials verschiedener "Polarstern"-Expeditionen in das Weddellmeer wurde fortgeführt mit dem Ziel, die Zyklizität der quartären Vereisung der Antarktis und die damit verbundenen Prozesse zu rekonstruieren. Zeitlich hochaufgelöste Sedimentkerne aus dem Bereich der heutigen Polarfrontzone lassen hier sehr detaillierte Aussagen über die Verlagerung der nördlichen Meereisgrenze während der jüngsten Klimaumschwünge erwarten. Die Analyse

eines Sedimentkernprofils über den antarktischen Kontinentalrand (Atka Bucht, 8°W) ergab detaillierte Informationen über die Meereisbedeckung und die Fluktuation der Schelfeiskante über 300.000 Jahre während der beiden jüngsten Klimazyklen. Die Untersuchung der benthischen Foraminiferenfauna in den Oberflächensedimenten des antarktischen Kontinentalrandes hat gezeigt, daß charakteristische Faunenvergesellschaftungen die Tiefenlage einzelner Wasserkörper und Stromsysteme am Kontinentalrand widerspiegeln. Zur Zeit wird versucht, aus den Veränderungen der Faunenzusammensetzung der benthischen Foraminiferen in den Kernprofilen zu rekonstruieren, wie sich im Wechsel von Glazial- und Interglazialzeiten die Tiefenlage der ozeanischen Wasserkörper und Intensität der Stromsysteme geändert hat.

Glaziale Sedimentationsprozesse

Die Kartierung der regionalen Sedimentverteilung sowie die Zuordnung der verschiedenen Sedimentfazies zu spezifischen glazialmarinen Sedimentationsprozessen stellt einen weiteren Schwerpunkt der geowissenschaftlichen Forschung dar. Die sehr spezifischen Verhältnisse im Bereich der Filchner Rinne im südlichen Weddellmeer wurden im Rahmen einer Dissertation untersucht. Im Bereich des flachen Filchner-Schelfs bildet sich im glazial/interglazialen Wechselspiel von aufliegendem Eis, Schelfeis, Meereis und thermohaliner Zirkulation eine Faziesverteilung, die mit einem einfachen Sedimentationsmodell hinreichend zu erklären ist. Entlang des Kontinentalrandes des südlichen und südöstlichen Weddellmeeres wurde begonnen, die Sedimentfazies mit hochauflösender Sedimentechographie flächenhaft zu kartieren. Dabei zeigten sich im südlichen Weddellmeer lang aushaltende Erosionsstrukturen mit Sprunghöhen von mehr als 400 m, deren Entstehung bislang mit Bodenwasser-Konturströmungen erklärt wird.

Die Verteilung der Sedimentfazies am Kontinentalhang des South Orkney Plateau bestimmen im glazial/interglazialen Wechsel im wesentlichen die Bodenströmungen, der Eintrag von terrigenem Detritus durch Eisbergtransport in Abhängigkeit von der Oberflächenzirkulation, die saisonale Meereisverbreitung, die Wassertiefe und gravitative Umlagerungen.

Datierung der Sedimentkerne

Eine Grundlage aller paläoklimatischen und paläoozeanographischen Ableitungen ist die Korrelation und genaue Datierung der Sedimentkerne. Hier wurde in verschiedenen methodischen Ansätzen, teilweise sehr erfolgreich, versucht, die stratigraphischen Möglichkeiten zu erweitern.

Den größten Fortschritt stellte die erstmalige Erarbeitung einer Sauerstoffisotopenkurve vom antarktischen Kontinentalhang dar. Sie erlaubt es, die paläozeanographischen Verhältnisse und die Klimageschichte der letzten 250.000 Jahre aus den Sedimentfazies zu rekonstruieren.

Die Auswertung von Artenzusammensetzung und Häufigkeitsverteilung kieseliger Mikrofossilvergesellschaftungen (Diatomeen, Radiolarien, Silicoflagellaten) im Weddellmeer hat die bestehenden biostratigraphischen Zonierungen und Biofluktuationsstratigraphien revidiert und erweitert. Ähnliche Versuche werden zur Zeit für die benthischen Foraminiferen durchgeführt.

Die Nutzung kernphysikalischer Meßmethoden (^{230}Th - und ^{10}Be -Profile) zur Datierung von Sedimentabfolgen wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg weiterentwickelt. Das Ziel ist eine bessere Datierung der in der Tiefsee des Weddellmeeres weitverbreiteten fossilfreien Sedimente in Korrelation mit O-Isotopenkurven, paläomagnetischen Ereignissen sowie der Variation geochemischer und sedimentologischer Parameter.

Ein erster erfolgreicher Schritt zur Etablierung einer Tephrostratigraphie war die optische und geochemische Charakterisierung vulkanischer Aschenlagen in post-oligozänen Sedimenten des südlichen Indik. Ausgehend von den rezenten Vulkangebieten der Shetland Islands, Sandwich Islands und Bouvet Island werden zur Zeit tephrostratigraphische Leithorizonte für das Quartär des Weddellmeeres erarbeitet.

Frühdiagenese von Opal

Im Rahmen der Untersuchungen zur Frühdiagenese von Opal dienten Sediment- und Porenwasser-Untersuchungen an Oberflächensedimenten des südöstlichen Weddellmeeres zur Quantifizierung der Fluß- und Abbauraten von C_{org} und Opal. Dabei zeigte sich, daß der Bereich des schelfeisenahen Kontinentalschelfes die höchsten Fluß- und Abbauraten aufweist. Die Opalkonzentration in den Sedimenten des Weddellmeeres ist mit weniger als 7 Gew.-% jedoch deutlich geringer als im Rossmeer, so daß die in der Literatur bislang betonte Bedeutung der antarktischen Schelfbereiche für den globalen Silikat-Stoffkreislauf relativiert werden muß.

Erste langfristige Lösungsexperimente zur Quantifizierung der Opallösung in der natürlichen Umgebung des SiO_2 -untersättigten Meerwassers haben begonnen. Dazu wurde eine in eine Jahres-Tiefseeverankerung integrierte Versuchsanordnung mit verschiedenen biogenen Opalgemengen in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen in der antarktischen Polarfrontzone ausgesetzt.

Neuere Funde von Porzellaniten (Übergangsphase Opal/Quarz) in geologisch jungen (jünger als 600.000 Jahre) Diatomeenschlämmen vom Südwestindischen Rücken haben die Diskussion über die Genese von Feuerstein (Quarz-Gestein) neu belebt. Porzellanite gelten als die Vorstufe der makroskopisch sehr ähnlichen Feuersteine und sind durch die Neubildung von Opal-CT entstanden. Das zur Zementation benutzte Silikat wird dabei durch Auflösung von Skelettopal (Opal-A) von Kieselorganismen wie Diatomeen und Radiolarien bereitgestellt. Während man bislang die Umbildung von Opal-A in Opal-CT in größerer Versenkungstiefe ($> 100\text{ m}$) unter höheren Temperaturen in den Bereich der Spätdiagenese gestellt hat, belegen die jungen antarktischen Porzellanite aus geringer Versenkungstiefe ($< 20\text{ m}$) frühdiagenetische Prozesse, deren Mechanismen bisher noch völlig unverstanden sind.

Radionuklide

Die Untersuchung der Radionuklide von Thorium (Th), Protactinium (Pa), Blei (Pb) und Polonium (Po) im Meerwasser wurden weitergeführt mit dem Ziel, Akkumulationsraten und Paläoproduktivität zu rekonstruieren. Die Prozesse, die den Eintrag der Radionuklide in die Sedimente steuern (scavenging), stehen dabei zur Zeit im Vordergrund. Während der "Polarstern"-Expedition ANT VI/2 wurde nachgewiesen, daß das rasche Absinken einer Frühjahrsblüte in der Bransfield-Straße das "scavenging" von Radionukliden in der Wassersäule steuert. Die Analyse von Sedimentprofilen aus dem zentralen Weddellmeer ergab, daß das excess- ^{230}Th mit dem Mn korreliert ist. Es wird jetzt untersucht, ob sich die Mn-Konzentration für die Datierung von Sedimentabfolgen ausnutzen läßt.

Im Juni 1989 bewilligte die Deutsche Forschungsgemeinschaft den Sonderforschungsbereich "Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen" an der Universität Bremen. Die Geowissenschaften am AWI sind in diesem SFB in zwei Teilprojekten mit paläoklimatischer und paläozeanographischer Thematik im Bereich der Polarfrontzone und Weddellmeer beteiligt.

Forschungsarbeiten in der Arktis

Erste Forschungsarbeiten in der Arktis wurden in begrenztem Umfang weitergeführt oder neu begonnen. Die ersten Ergebnisse der bathymetrischen Fächersonarmessungen in der Framstraße, von den "Polarstern"-Expeditionen (ARK II/4, III/3, IV/1 und IV/3) in Zusammenarbeit mit der Universität Kiel führten zu einer großmaßstäblichen Karte des Molloy Deep.

Die Untersuchung des Diatomeen-Artenspektrums im arktischen Meereis findet in Zusammenarbeit mit dem Geomar-Insti-

tut, Kiel, statt. Diatomeen gehören neben dem mineralisch-terrestrischen Detritus zu den häufigsten Komponenten im arktischen Meereis. Aus dem Artenspektrum können Rückschlüsse auf die unterschiedlichen Herkunftsgebiete auf dem sibirischen Schelf und Transportwege der untersuchten Eisproben gezogen werden.

Im Scoresby Sund (Ostgrönland) wurde mit der Untersuchung der holozänen Sedimentationsgeschichte eines der größten Fjordssysteme begonnen. Dieses Projekt ist Teil des internationalen "Polar North Atlantic Margin Project" (PONAM) der European Science Foundation (ESF).

3.2.5 Arbeitsbericht der Sektion Geophysik

Aufbau des antarktischen Kontinentalrandes im Bereich des Weddellmeeres und des Südatlantik

Die Kenntnis der Strukturen der Erdkruste im Bereich der aktiven und passiven Kontinentalränder erlaubt die Rekonstruktion der geodynamischen Prozesse, die zum heutigen Bild der Verteilung der kontinentalen Massen geführt haben. Die sedimentäre Bedeckung des Ozeanbodens und des kontinentalen Sokkels birgt Information über die Klimageschichte und die ozeanographischen Verhältnisse früherer erdgeschichtlicher Epochen.

In der Sektion wurde weiter an der Verarbeitung und Interpretation der etwa 3000 Profilkilometer Mehrkanal-Reflexionsseismik, die während ANT V/4 im südöstlichen Weddellmeer gewonnen wurden, gearbeitet. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf das Gebiet des Wegener-Canyons gelegt, da dort zwei ODP-Bohrungen die stratigraphische Einordnung der oberen Stockwerke der sedimentären Bedeckung ermöglichen und nachfolgend die Seismostratigraphie des Gebietes durch Typusfestlegung verbessert werden kann. Als besonders hilfreich erweist sich hierfür die hohe Auflösung, die durch die eingesetzten seismischen Quellen und Aufnahmesysteme erzielt werden konnte, da die Kenntnis der Details des seismischen Abbildes von seismostratigraphischen Grenzen deren Korrelation über große Entfernungen ermöglicht. Insbesondere zeigt sich, daß im südlichen und südöstlichen Weddellmeer mächtige Schichtfolgen von Oberjura bis Unterkreide abgelagert wurden, die von einer bedeutenden Schichtlücke begrenzt werden. Das seismische Abbild dieser Schichtlücke läßt diese als markante Erosionsstruktur erscheinen und führte zur Hypothese der Bildung einer frühen zirkumantarktischen ozeanographischen Zirkulation

durch eine transantarktische Meeresverbindung zwischen Pazifik und Atlantik. Ebenso konnte ein geodynamisches Modell für die Existenz des bis zu 1200 m hohen Explora Escarpments im Bereich des Wegener-Canyons entwickelt werden. Danach wurde das Escarpment durch leicht konvergente Plattenbewegung mit entsprechender sedimentärer Akkretion entlang des äußeren Kontinentalrandes gebildet.

Der aktive Kontinentalrand der antarktischen Halbinsel wurde während ANT VI/2 mit reflexions- und refraktionsseismischen Messungen untersucht. Hier konnten sowohl Subduktionsstrukturen nördlich King George Island als auch Strukturen von fracture zones im Detail erfaßt und verfolgt werden. Die gemeinsame Interpretation der seismischen mit magnetischen und gravimetrischen Daten ergibt für diesen Raum neue Ergebnisse über Spreading Raten und die dynamische Natur der Bruchzonen.

Die Vermessung der Anomalien des Erdmagnetfeldes und des Schwerefeldes im marinen Bereich wurde kontinuierlich fortgesetzt. Zur Zeit ist die verfügbare Datendichte der im wesentlichen entlang der Fahrtrouten von FS "Polarstern" gewonnenen Information für eine flächenhafte Auswertung noch nicht ausreichend. Dennoch bieten diese Daten in Einzelfällen eine Möglichkeit, die Vielzahl von geodynamischen Modellen einzuengen. So ergeben sich beispielsweise im Bereich nördlich von Kapp Norvegia deutliche Hinweise für eine tektonisch bedingte Anlage des Wegener-Canyons.

Aufbau des Grönländischen Kontinentalrandes

1988 wurde mit der geophysikalischen Untersuchung des ostgrönländischen Kontinentalrandes begonnen. Während zweier Fahrtabschnitte mit FS "Polarstern" (ARK V/3a,b) wurden von der Sektion gemeinsam mit BGR und den Universitäten Hamburg und Kiel und in Kooperation mit dem grönländischen Geologischen Dienst reflexions- und refraktionsseismische Untersuchungen zu diesem Thema zwischen Scoresby Sund und Nordostlandet begonnen. Erste Ergebnisse weisen die Existenz seewärts einfallender Reflektoren nach, die die symmetrische Ergänzung zu den am norwegischen Kontinentalrand gefundenen und auch erbohrten "dipping reflectors" sind. Dabei handelt es sich um vermutlich subaerisch gebildete Basalte, die den Beginn der Öffnung des Nordatlantik markieren.

Als kombiniertes Land-See Experiment war die Studie im Scoresby Sund ausgelegt. Hier grenzt sehr junge ozeanische an sehr alte kontinentale Kruste. In einer relativ schmalen Übergangszone von etwa 40 km Breite nimmt die Krustenmächtigkeit von 10 km auf über 40 km zu und auch das seismische Geschwindigkeitsfeld verändert sich vom ozeanischen zum kontinentalen Typus. Ozeanbodenseismographen und Stationen an

Land registrierten die seismische Energie, die mit einem großvolumigen Luftpulsler angeregt wurde, bis zu Entfernungen von über 200 km.

Insbesondere während dieser Fahrtabschnitte konnten entscheidende meßtechnische Fortschritte erzielt werden. Durch geeignete Schleppetechniken für Streamer und seismische Quellen und auch die Fahrt von FS "Polarstern" selbst konnte bis zu einer Eisbedeckung von 8/10 erfolgreich gemessen werden. Dies eröffnet die Möglichkeit auch dort zu messen, wo bislang wegen der schwierigen Eisverhältnisse derartige Untersuchungen nicht für möglich gehalten worden waren.

Neben Expeditionen und Auswertearbeiten wurden auch methodische Entwicklungen für das seismische Prozessing in Angriff genommen. Das im Institut auf einer CONVEX implementierte seismische Verarbeitungspaket DISCO wurde um einige Module erweitert, insbesondere konnte die Bearbeitung der Daten der Refraktionsseismik integriert und damit erheblich beschleunigt werden. Diese bislang einzig am AWI verfügbare Software wird inzwischen auch von Gruppen anderer Institutionen in Kooperation genutzt.

Massenhaushalt und Dynamik von Schelfeisen

Die Auswertung der Ergebnisse der letzten Meßkampagne auf dem Ekström Eisschelf und dem Ritscher Hochland, die in enger Kooperation mit verschiedenen Institutionen, insbesondere den Universitäten Münster und Braunschweig und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt wurde, hat ein detailliertes Bild der Fließgeschwindigkeiten, Deformationen und der Akkumulationsverteilung ergeben. Die Ergebnisse sind in Form einer Karte, die vom Institut für Angewandte Geodäsie herausgegeben wurde, publiziert. Daneben wurde in einer weiteren relativ kleinen Meßkampagne ein etwa 10 km breiter Streifen des Ekström Schelfeises mit Hilfe eines trigonometrischen Nivellements präzise in der Höhe vermessen. Diese Höhen bilden die Basis für systematische Untersuchungen zur Radaraltimetrie über Eis unter Nutzung von Datensätzen des GEOSAT Satelliten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse über das Radarsignal und die daraus ableitbaren Höhen, insbesondere bei stärkeren Änderungen der Oberflächenneigung, werden für künftige Untersuchungen mit Hilfe des ERS-1 wichtig sein.

In Vorbereitung der 1990 durchgeführten Filchner Illa Kampagne wurden technische Verbesserungen am Kernbohrgerät durchgeführt und insbesondere die Arbeiten zur numerischen Schelfeismodellierung fortgesetzt. Diese haben in diesem Zusammenhang das Ziel, die Feldarbeiten möglichst optimal anzusetzen und dabei auch die relevanten Parameter an den für die

Dynamik des Ronne Eisschelfs wichtigen Punkten zu bestimmen.

Physikalische Eigenschaften und Textur verschiedener Eisarten

Die physikalischen Eigenschaften des Meereises sind Bestimmungsgrößen sowohl für das biologische Geschehen im Eis als auch für den Energieaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre. Sie sind eng verknüpft mit der Textur, dem kristallinen Gefüge. Die systematischen Untersuchungen zu diesem Thema wurden während mehrerer Expeditionen fortgesetzt. Sie führten unter anderem zu einer modellhaften Beschreibung der Meereisbildung im Weddellmeer während des antarktischen Herbstes und Winters. Für die systematischen Untersuchungen im Eislabor des AWI wurde eine "automatische" Eisbank entwickelt, die rechnergesteuert die Bestimmung verschiedener physikalischer Parameter ermöglicht. Für die Gefügeanalyse wurden neue Verfahren unter Anwendung von Methoden der Bildverarbeitung erarbeitet, da nur so die notwendige große Probenzahl bearbeitet werden kann. Für Landeismassen sind das Gefüge und die physikalischen, insbesondere rheologischen, Eigenschaften bestimmend für das Fließverhalten des Eises. Die methodische Entwicklung teilautomatisierter Verfahren zur Bestimmung der entsprechenden Größen wird auch den künftigen Tiefbohrprojekten im Eis Grönlands und der Antarktis zugute kommen.

Massenaufbau und Dynamik von Landeismassen

Die Eisschilde der Antarktis und Grönlands sind wesentliche Faktoren in allen Überlegungen zur Entwicklung des globalen Klimas. Ihre Wechselwirkung mit Atmosphäre und Ozean ist vielfältig. Für ein besseres Verständnis der klimarelevanten Prozesse ist die möglichst präzise Modellierung großer kontinentaler Eismassen erforderlich. Deshalb wurde in Kooperation mit Ph. Huybrechts dessen dreidimensionales thermodynamisches Modell implementiert und mit Modellstudien begonnen. Das Modell hat eine Auflösung von 40 x 40 km und ist in der Vertikalen geschichtet. Die Rechenzeit auf einer CRAY2 beträgt ca. 40 Stunden für ein Experiment mit einer Integrationszeit über einen Glazial-Interglazialzyklus. Das Modell ist in der Lage, die Veränderungen der eisbedeckten Fläche und des Eisvolumens im wesentlichen richtig darzustellen und bildet auch die beobachtete Asymmetrie im zeitlichen Verlauf der Zu- und Abnahme des Eisvolumens richtig nach.

Diese Modellstudien wurden auf das grönländische Inlandeis erweitert. In der Ablationszone des grönländischen Inlandeises ist sehr altes Eis an der Oberfläche leicht zugänglich. In mehre-

ren Meßkampagnen konnte dieses Eis beprobt werden und die anschließende Bestimmung des Sauerstoff-Isotopenverhältnisses erlaubte die Bestimmung von Paläotemperaturen. So konnte aus Westgrönland eine kontinuierliche, etwa 150.000 Jahre lange Zeitreihe der Temperaturvariation bestimmt werden. Dies ist die längste Klimareihe, die man für Grönland kennt. Sie reicht etwa 20.000 Jahre weiter zurück als die bislang aus Tiefbohrungen bekannten Reihen. Modellrechnungen für das Verhalten des Inlandeises in Abhängigkeit von dieser Klimareihe ergeben, daß auch während der Warmzeiten das Inlandeis nicht zur Gänze verschwindet, sondern durchaus noch eine beachtliche Ausdehnung hat. Die daraus ableitbaren maximal möglichen Meeresspiegelschwankungen liegen bei etwa 2 m.

3.2.6 Arbeitsbericht der Sektion Physik des Ozean und der Atmosphäre I (Feldstudien)

Im Zentrum der Arbeiten standen weiterhin Meßprogramme zur Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Wasser, Luft und Meereis und der daraus folgenden Auswirkungen auf die ozeanische und atmosphärische Zirkulation sowie auf das globale Klima. Dazu nahmen Wissenschaftler der Sektion im Rahmen des multinationalen Grönlandseeprojekts 1988 an Grenzschichtstudien der Universität Hamburg in der Packeiszone der Grönlandsee und an der Erforschung der Wassermassenmodifikation im Bereich des Ostgrönlandstroms teil. Im südlichen Spätwinter (September/Oktober) 1989 beteiligten sich Arbeitsgruppen des Instituts auf "Polarstern" und dem sowjetischen Forschungsschiff "Akademik Fedorov" an der ersten nahezu synoptischen Vermessung der Zirkulation des ozeanischen Weddellwirbels und seines atmosphärischen Antriebs.

Die 1987 begonnene Erfassung der stratosphärischen Ozonkonzentration in der Arktis wird seit 1988 in Ny Ålesund auf Spitzbergen gemeinsam mit der Universität Bremen für einen längeren Zeitabschnitt (5 - 10 Jahre) weitergeführt. Die Meßwerte dienen - neben den eigenen Untersuchungen - auch den episodischen Kampagnen deutscher und ausländischer Institute bei der Erforschung der stratosphärischen Ozonchemie als Hintergrundinformation.

Die Auswertungen und wissenschaftlichen Analysen aller früheren Messungen (bis 1987) wurden abgeschlossen. Die meisten Ergebnisse konnten bereits publiziert oder zur Veröffentlichung eingereicht werden. Alle aufbereiteten Daten stehen zur weiteren Nutzung - z. B. für Modellrechnungen - auf der Datenbank des AWI jederzeit zur Verfügung.

Das Grönlandseeprogramm 1988

Die Universität Hamburg hatte in Zusammenarbeit mit anderen ein Meßprogramm entwickelt, nach dem alle für den Impuls- und Wärmeaustausch zwischen der Luft, dem Meereis und dem Wasser wichtigen Größen von einer Eisscholle aus vier Wochen lang im Mai 1988 in der Grönlandsee gemessen werden sollten. Der Beitrag des AWI bestand in der kontinuierlichen Aufzeichnung der vertikalen turbulenten Impuls- und Wärmeströme in der atmosphärischen Grenzschicht mit einer sogenannten Sonic-Anlage und der wiederholten Bestimmung der Eiskonzentration und des Schollengrößenspektrums mit einer Rasterkamera vom Hubschrauber aus. Die Eiskonzentration variierte im Meßgebiet zwischen 82 und 98 %, wobei Schollen mit mehr als 500 m Durchmesser über die Hälfte der gesamten Eisfläche ausmachten. Eine Bewertung der damit verbundenen dynamischen Rauigkeit der Eisoberfläche steht ebenso noch aus wie der des Eisunterrandes aus den mit der Universität Hannover gemeinsam gewonnenen Temperatur- und Strömungsprofilen in den oberen Metern der Wassersäule unmittelbar unter dem Eis.

Neue Einsichten in die Dynamik des Ostgrönlandstroms und in die Wassermassenveränderung in der Grönlandsee versprechen die zusammen mit der Universität Hamburg aufgezeichneten hydrographischen Schnitte zwischen Grönland und Spitzbergen und die Daten mehrerer Strommesserverankerungen. Die Analysen beider Beobachtungsverfahren weisen einerseits auf Verwirbelungen zwischen dem warmen, salzreichen Atlantikwasser und dem kalten salzärmeren südwärts setzenden polaren Wasser hin. Sie lassen andererseits aber auch auf lokal an der Meeresoberfläche angeregte vertikale Vermischung durch Konvektion schließen. An einer konsistenten Darstellung der angetroffenen Verhältnisse wird zur Zeit aufgrund der Messungen und anhand von Modellrechnungen gearbeitet.

Während eines der Fahrtabschnitte der "Polarstern" in der östlichen Grönlandsee konnten hochaufgelöste Satellitenbilder (AVHRR) mit einer neuen Empfangseinrichtung ohne Antennenstabilisierung erfolgreich aufgenommen werden. Damit steht eine Anlage zur Verfügung, die sowohl wertvolle wissenschaftliche Informationen zur Eisverteilung und Wolkenbedeckung sammeln als auch nützliche Hinweise für die aktuelle Routenplanung des Schiffes im Eis liefern kann.

Die Winter-Weddell-Wirbel-Studie 1989

Der ozeanische Weddell-Wirbel wird direkt durch den atmosphärischen Windschub und mittelbar über das - vor allem durch die Meereisentwicklung bedingte - Dichtefeld angetrie-

ben. Mit der daraus resultierenden Strömung sind beträchtliche Wärme- und Salztransporte, vertikale Vermischungsprozesse und Wassermassenmodifikationen verknüpft, die gemeinsam einen markanten Einfluß auf die globale ozeanische Tiefenzirkulation ausüben. Zur quantitativen Erfassung der wichtigsten Antriebs- und Transportmechanismen, der Gefrier- und Schmelzprozesse sowie der vertikalen Vermischungs- und Wassermassenbildungsvorgänge sind von 1989 bis 1993 fünf Meßphasen im Weddellmeer vorgesehen. Die erste davon wurde im September/Oktober 1989 mit den beiden Schiffen "Polarstern" und "Akademik Fedorov" planmäßig durchgeführt. Dabei konnten die Zirkulation und der thermohaline Aufbau des Weddellwirbels durch vier hydrographische Vertikalschnitte senkrecht zur Hauptstromrichtung vermessen werden. Ferner wurden das atmosphärische bodennahe Druck-, Temperatur- und Windfeld mit einem Netz automatischer Bojenstationen registriert, an den Schiffen die vertikalen turbulenten Impuls- und Wärme-flüsse in der Atmosphäre und im Ozean gemessen sowie die Strahlungsbilanz der Eisoberfläche bestimmt. Die großräumige Eisbedekung und -konzentration sowie ihre zeitlichen Veränderungen wurden mit der 1988 in der Arktis erprobten Satellitenempfangsanlage detailliert aufgezeichnet. Täglich lieferten die Aufnahmen mit Rasterkameras von Hubschraubern aus die kleinräumige Struktur der Eisdecke in der Umgebung der Schiffe. Vorläufige Auswertungen aller Meßsysteme lassen erwarten, daß sowohl quantitative Wirbeltransporte im Ozean berechnet als auch Modellkonzepte zur Wechselwirkung zwischen Wasser, Eis und Luft in vielen Einzelheiten überprüft werden können.

Stratosphärische Ozonvariationen

Der 1987 erprobte Laser zur Ozonsondierung in der Stratosphäre befindet sich seit Herbst 1988 in Ny Ålesund (Spitzbergen). Zusätzlich wurde dort eine Radiosondenanlage eingerichtet, um auch bei bewölktem Himmel die vertikale Ozonverteilung messen zu können. Beide Geräte sind seitdem während regelmäßiger Meßphasen ganzjährig im Einsatz. Dabei wird der Übergang vom dunklen Polarwinter zum Frühling besonders berücksichtigt, weil in dieser Zeit ein Abbau des stratosphärischen Ozons eintreten könnte. Die bisherigen Beobachtungen bieten einen guten Überblick über den Jahresgang der stratosphärischen Ozonkonzentration und über deren intensive Veränderung beim Zusammenbruch des Polarwirbels im Februar/März. Darüber hinaus konnten auch kurzfristige Schwächungen des Ozonmaximums und das Auftreten polarer stratosphärischer Wellen analysiert werden. Eine signifikante länger andauernde Abnahme der stratosphärischen Ozonkonzentration - wie

sie in der Antarktis seit Jahren beobachtet wird - wurde bisher nicht gefunden. Über die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten wurde mehrfach auf Tagungen berichtet. Zwei Veröffentlichungen befinden sich im Druck.

3.2.7 Arbeitsbericht der Sektion Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle)

Modellmäßige Erfassung der kleinskaligen Wirbelaktivität im Südpolarmeer und ihre Auswirkung auf die großskalige Zirkulation

Obwohl umfangreiche Beobachtungen der Hydrographie vorliegen, ist die Struktur der Zirkumpolarströmung und ihre dynamische Bilanz in wesentlichen Teilen ungeklärt. Satellitenaltimetrie ist gegenwärtig die einzige Beobachtungsmethode, einen momentanen synoptischen Zustand der Ozeanströmung zu erfassen, und auch dieses Meßsystem gibt nur Aufschlüsse über die Oberflächenströmungen. Diese Messungen belegen, daß der Zirkumpolarstrom ein hochgradig turbulentes Stromsystem ist, das sich in mehrere scharf begrenzte Stromfilamente teilt und in ein kleinskaliges Wirbelfeld eingebettet ist. Die Modellierung der Zirkumpolarströmung erfordert daher eine extrem hohe Auflösung und ist damit nur auf Supercomputern durchführbar.

In der Sektion wurde ein wirbelauflösendes Modell des Südlichen Ozeans entwickelt. Das Modell hat eine Auflösung von $1/3^\circ \times 1/6^\circ$ (750.000 Gitterpunkte) und berücksichtigt die reale Topographie und Küstenberandung für den Bereich 35° bis zum antarktischen Kontinent. Die Rechenzeit auf einer CRAY2 beträgt ca. 60 Stunden für ein Experiment mit einer Integrationszeit von zehn Jahren.

Das Projekt verfolgt nicht nur das Ziel, die Strömung möglichst genau darzustellen und wirbelaktive Gebiete aufzuzeigen, sondern will darüber hinaus auch die Frage nach der Entstehung der Wirbel und der mäandrierenden Strombänder und ihrer dynamischen Rolle beantworten. Fernes Ziel sind Methoden zur Parametrisierung der Effekte dieser kleinskaligen Turbulenz, d.h. sie in den notwendigerweise sehr viel gröber aufgelösten Ozeankomponenten von Klimamodellen zu berücksichtigen. Schon jetzt machen die Modellexperimente deutlich, daß die Wirbel eine dominante Rolle in der dynamischen Balance der Strömung und im polwärtigen Wärmetransport spielen. Der zirkumpolare Westwindgürtel treibt die Zirkumpolarströmung offensichtlich an, fraglich aber ist die Impulssenke. Reibung der Strömung am Ozeanboden kann mit Sicherheit ausgeschlossen

werden. Herkömmliche großskalige Zirkulationsmodelle diffundieren den Impuls mit unrealistisch hohen Viskositäten zu den lateralen Berandungen, wo er durch Reibung verlorengeht.

Wirbelauflösende Modelle weisen dagegen in eine neue Richtung: hier wird der Impuls durch Wirbelaktivität zum Boden getragen, wo er durch Druckaufnahme der Tiefseerücken dem System entzogen wird. Gegenwärtig wird an der Analyse mehrerer Modellläufe gearbeitet, unterstützt von Experimenten in prozessorientierten Modellen.

Inversmodelle des antarktischen Zirkumpolarstroms

Es werden zur Zeit verschiedene Inversmodelle entwickelt oder befinden sich in der Planungsphase, die die Feldbeobachtungen während des WOCE (World Ocean Circulation Experiment) unterstützen sollen. Zwei Inversmodelle dienen der Analyse historischer hydrographischer Daten. Das eine beruht auf einer Erweiterung der β -Spiralen-Methode und wird zur Zeit zur Berechnung der Wärmebilanz genutzt.

Das zweite Verfahren bestimmt die Zirkulation auf mehreren Isopyknenflächen bzw. neutralen Flächen. Dieses Modell beruht auf der Geostrophieannahme und der Erhaltung von Masse, Wärme und Salz. Es ermittelt die Geschwindigkeitsfelder und die Parameterisierungskonstanten der turbulenten Transporte. Die Tracerbilanzen werden auf den Isopyknen- bzw. neutralen Flächen bestimmt. Unbekannte in diesem Modell sind Druck und diapkyknische Geschwindigkeit auf einer der Flächen. Mit diesen Größen stehen die Geschwindigkeitsfelder über die Geostrophie- und Massenbilanzgleichungen in einer diagnostischen Beziehung. Geplant ist die Berücksichtigung von Diffusionsprozessen im Modell und die Vorgabe weiterer Zwangsbedingungen, wie der gesamten Eigenschaftsflüsse, der Massenflüsse und der Oberflächenflüsse.

Gegenwärtig wird eine adiabatische Version des Modells auf Beobachtungen der potentiellen Temperatur und des Salzgehalts in einem Sektor des antarktischen Zirkumpolarstroms im atlantischen Teil des südlichen Ozeans angewendet. Es werden drei neutrale Schichten betrachtet bei einer horizontalen Auflösung von $1^\circ \times 2^\circ$. Daraus ergibt sich ein Satz von 5000 Gleichungen mit 1800 Unbekannten.

Aufbau einer hydrographischen Datenbank für den Südlichen Ozean

Die in der Sektion entwickelten Inversionsverfahren wurden vorzugsweise auf hydrographische und andere Daten aus dem

Bereich des Südlichen Ozeans angewandt. Der hydrographische Teil ist dem Atlas von Gordon et al. (1982) entnommen, der auf circa 6000 ausgewählten hydrographischen Stationen basiert. Dieser Datensatz wird gegenwärtig mit neueren Daten (ab 1979) und einer Sammlung historischer Daten unserer Kooperationspartner vom Arctic-Antarctic-Research Institute (AARI, Leningrad) zusammengeführt. Die neue Datenbank enthält dann über 30.000 hydrographische Stationen.

Entwicklung von Assimilationsverfahren für zeitabhängige Tracer: Nutzung von Satellitendaten zur Bestimmung der ozeanischen Zirkulation

Datenassimilation – seit langem ein bedeutendes Element der numerischen Wettervorhersage – beginnt in der Ozeanographie in Erwartung der Satellitendaten erst zögernd. In der Sektion werden aufwendige Techniken entwickelt, die sich aus der Methode der adjungierten Modelle ergeben. Tests gab es bisher an Systemen mit sehr wenigen Freiheitsgraden, z.B. die Überlagerung von einigen äquatorialen Wellen. Diese Techniken ermöglichen es, unbekannte Parameter des Systems - etwa Anfangsbedingungen, Diffusionsparameter, Antriebe - ökonomisch zu bestimmen, die in optimaler Übereinstimmung mit den assimilierten Beobachtungen sind. Sie eignen sich daher sowohl zur Vorhersage als auch zur Analyse und Verbesserung der Parametrisierungen der Systemdynamik und begründen so ihre Bedeutung in der Erstellung ozeanischer Zirkulationsmodelle.

Gegenwärtig arbeitet die Sektion an der Assimilation von GEOSAT Daten in ein wirbelauflösendes Modell. Kooperationspartner sind Prof. Willebrand (IfM Kiel) und Dr. Holland (NCAR/USA) sowie CNES/Toulouse.

Einfluß der Meereisbedeckung auf die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Der Anteil der Meereisbedeckung beeinflusst in den polaren Gebieten den Energieaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean erheblich. So beträgt der Energiefluß aus dem wärmeren Ozean in die Atmosphäre bei einer vorhandenen Meereisdecke nur wenige Watt/m^2 , über den eisfreien Gebieten kommt es dagegen zu einem erheblichen Fluß von fühlbarer und latenter Wärme sowie zu langwelliger Ausstrahlung.

Im allgemeinen wird bei der Integration atmosphärischer Zirkulationsmodelle innerhalb der saisonalen Eisgrenzen 100 % Eisbedeckung angenommen. Tatsächlich gibt es jedoch stets einen Anteil von etwa 5 bis 10 % offener Wasserflächen.

In einer Serie von geplanten Experimenten soll die Wirkung dieser zusätzlichen thermodynamischen Energiequellen auf die Dynamik einer Modellatmosphäre untersucht werden. Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Meteorologie und dem Meteorologischen Institut in Hamburg. Verwendet wird die "Hamburger T21 Version" des Vorhersagemodells des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW). Es hat eine horizontale Auflösung von ca. $5 \times 5^\circ$ und 16 vertikale Schichten. Alle wesentlichen subskaligen Prozesse sind parameterisiert. Ziel der Auswertung ist es, sowohl die Bedeutung subskaliger offener Wasserflächen, die als Folge der windgetriebenen Eisdrift über der gesamten Eiszone verteilt auftreten, als auch die Wirkung einzelner großräumiger Polynyas zu untersuchen.

Gegenwärtig werden die Ergebnisse eines Polynya-Experimentes ausgewertet. Hier wurde eine offene Wasserfläche von $8,5 \times 105 \text{ km}^2$ mit einer Temperatur von -2°C in die Karasee vor der sibirischen Küste gelegt. Der von dieser Polynya ausgehende mittlere vertikale Energiefluß aus fühlbarer und latenter Wärme und Strahlung beträgt 150 Watt/m^2 oder $1,3 \times 10^{14} \text{ Watt}$, das sind 2% des gesamten nordwärts gerichteten Energietransports in 60°N . Dennoch zeigt das Modell nur lokal und in den unteren Schichten zwischen 850 und 1000 hPa eine signifikante Erwärmung. Weitere Analysen zeigen jedoch, daß sich neben diesen schwachen Mittelwertänderungen die Variabilität der Modellatmosphäre geändert hat.

Entwicklung von gekoppelten Ozean-Meereis-Modellen

Gekoppelte Ozean-Meereismodelle werden sowohl für regionale (Weddellmeer) als auch für kleine Skalen (marginal Ice Zone) entwickelt.

In den Eisrandgebieten des Weddellmeeres stoßen Messungen auf logistische und meßtechnische Schwierigkeiten. Direkte Strömungsmessungen sind mit hohen Kosten bei schlechter räumlicher Auflösung verbunden. Daher erscheint es wünschenswert, die Messungen durch Untersuchungen mit numerischen Modellen zu ergänzen.

Das kleinskalige Ozeanmodell ist in kartesischen Koordinaten auf einem C-Gitter formuliert und besitzt eine horizontale Auflösung von 1 km. Als Grundlage diente das Modell von Brya und Cox. Das Ozeanmodell ist mit einem thermodynamischen Eismodell (Semtner) gekoppelt. Zur Zeit wird die Entstehung und Entwicklung von ozeanischen Wirbeln am Eisrand untersucht.

Im großskaligen Modell besteht die ozeanische Komponente aus dem dreidimensionalen Princeton-Zirkulationsmodell. Die

derzeitige horizontale Auflösung beträgt $1,5^\circ \times 1,0^\circ$, die vertikale Auflösung umfaßt 18 Schichten mit 20 m Dicke in Oberflächennähe und 500 m in Bodennähe. Simulationsläufe dieser Modellkomponente mit vorgegebenen Meereisbedeckungen bzw. Anfrier- und Schmelzraten zeigten die Notwendigkeit der Ankopplung eines aktiven Meereismodells. Erst dann ist es möglich, die Zirkulation des Weddellwirbels und die Wassermassenbildung im Weddellmeer (Ventilation des Tiefen Ozeans) realistisch zu simulieren.

Die Meereiskomponente besteht zum einen aus einem zweidimensionalen dynamischen Modell, das die Eisgeschwindigkeiten, die mittlere Eis- und Schneedicke in einer Gitterzelle sowie den prozentualen Anteil der Meereisbedeckung bestimmt. Zum anderen besteht sie aus einem eindimensionalen thermodynamischen Modell, welches basierend auf den Wärmeflußbilanzen die lokalen Anfrier- und Schmelzraten ermittelt.

Zur Zeit wird an der Meereiskomponente gearbeitet, insbesondere um die aus jüngsten Meßkampagnen (WWSP '86) erhaltenen neuen Erkenntnisse über die Eisbildungsmechanismen im Weddellmeer zu berücksichtigen. Anschließend soll die Kopplung der beiden Modellkomponenten realisiert werden.

3.2.8 Arbeitsbericht der Sektion Meeresphysik und Meßwesen

Ende 1988 wurde die Sektion durch Übernahme der Mitarbeiter des ehemaligen Elektroniklabors erweitert. Zu ihren Aufgaben gehören das Studium physikalischer Prozesse im Meer sowie die Entwicklung neuer Sensoren und Geräte und die Wartung von Geräten der "Polarstern" und der Georg-von-Neumayer-Station.

Ozeanographische Forschungsarbeiten

Das Frontenprojekt in der Nordsee wurde mit der Dissertation von G. Budéus über die Tidal-mixing-Front abgeschlossen. Anhand eines umfangreichen Beobachtungsmaterials und mit Hilfe numerischer Schelfseemodelle wurde gezeigt, daß dieser Frontentyp in der flachen Deutschen Bucht nur aufgrund der durch die Flußwasserzufuhr hervorgerufenen differentiellen Advektion bei gleichzeitigem Wärmeeintrag entstehen und über die Sommermonate hinweg stabil bleiben kann.

In der Arktis konzentrierten sich die Arbeiten auf die Frontalzonen der Polar- und Arktikfront in der Grönlandsee, ein Teilvorhaben des internationalen Grönlandseeprojektes. Im Mittelpunkt des Interesses steht die Erforschung der jahreszeitlichen Verän-

derlichkeit von Schichtung und Strömung sowie ihre Auswirkung auf die Zumischung von Atlantikwasser in den Grönlandseewirbel und auf den für das Klimageschehen wichtigen Prozeß der Tiefenwasserbildung. Wegen des engen Zusammenhangs der hydrographischen Größen mit chemischen und biologischen Vorgängen in diesem Seegebiet ist das Projekt interdisziplinär angelegt.

Im Berichtszeitraum fanden Felduntersuchungen auf zwei Reisen mit FS "Valdivia" und während der "Polarstern"-Expedition ARK VI/3 und 4 statt. Die bevorstehende Reise ARK VII/2, an der sich auch FS "Planet" und FS "Valdivia" beteiligen werden, schließt die 1986 begonnene Beobachtungsphase des Projekts ab. Zusammen mit den Datensätzen des IfM Hamburg wird dann eine ausreichende Basis für Analysen des Jahresganges des physikalischen, chemischen und biologischen Zustands der Grönlandsee und insbesondere ihrer Frontalzone zur Verfügung stehen.

Aus dem Weddell-See der Antarktis liegen seit 1988 die ersten über ein Jahr gemessenen Zeitserien von Wasserstand, Strömung, Salzgehalt und Temperatur in sehr guter Qualität vor. Die Pegeldaten wurden bisher auf die Gezeitenkomponenten analysiert. Dabei zeigte sich eine erstaunlich gute Übereinstimmung mit den Werten aus dem Modell von Schwiderski.

Meeresoptische Untersuchungen

Ein profilierendes LIDAR-System zur Messung von Chlorophyll- und Partikelverteilungen in der euphotischen Zone, das von einem Schiff aus einzusetzen ist, soll in Zusammenarbeit mit der Universität Oldenburg erstellt werden. Dazu müssen die optischen Eigenschaften des Seewassers genau bekannt sein, insbesondere die Lichtstreuung in Vorwärtsrichtung in sehr kleinem Winkelbereich. Um diese experimentell zu bestimmen, wurden die notwendigen Einrichtungen im Optiklabor ergänzt: Aufbau eines Meßplatzes für die Streufunktion und den Attenuationskoeffizienten; Aufbau und Programmierung einer Motorsteuerung zur rationalen Durchführung der Labormessungen.

Während der "Polarstern"-Reisen ANT VII/1, ANT VII/5 und ARK VI/3 wurden Messungen der Mie-Rückstreuung sowie der Chlorophyll- und Gelbstoff-Fluoreszenz in-situ vom fahrenden Schiff durchgeführt. Die Daten dienen zur Abschätzung der Eindringtiefe des Laserlichts und liefern gleichzeitig Beiträge über Akkumulationseffekte in Fronten und Basisdaten für die Satellitenfernerkundung von Chlorophyllverteilungen und Wassermassen.

Ferner wurde ein Simulationsmodell für die Lichtübertragung in einem streuenden Medium erstellt. Mit Hilfe von Literaturdaten

wurde eine nützliche Beziehung zwischen dem Rückstreuungskoeffizienten und der Rückstreuung bei 120° gefunden.

Neu- und Weiterentwicklung von Meßsystemen und Sensoren

Line-Scan Kamera: Die inzwischen zahlreichen Nutzer wünschten eine Erweiterung von zwei Kamerasystemen zur Erkennung mehrerer Graustufen (256). Neben der Messung der prozentualen Eisbedeckung und der Eisschollenverteilung sind damit auch Aussagen über die Beschaffenheit der Eisoberfläche möglich. Die Tests der beiden Kamerasysteme während der Arktis-Reise ARK VI/3 verliefen erfolgreich. Dabei ergab sich eine fruchtbare Zusammenarbeit mit der Fernerkundungsgruppe der York University in Toronto. Diese von Dr. R.O. Ramseier geleitete Gruppe mißt Eisbedeckung und -beschaffenheit vom Satelliten und von Bord mit Hilfe von Mikrowellen. Interessante Vergleiche der unterschiedlichen Meßmethoden waren möglich.

Miniaturisierte Datenerfassung: Die Entwicklung eines vielseitig einsetzbaren miniaturisierten Dataloggers wurde soweit abgeschlossen, daß die ersten Geräte im Dezember 89 für Untersuchungen an tauchenden Weddelrobben zur Verfügung gestellt werden konnten. Die völlig in Kunststoff verpackte Elektronik ist, wie Versuche zeigten, bis -40°C sowie in Tauchtiefen bis 5000 m einsetzbar. Das Gerät mit den Abmessungen $15 \times 9 \times 3$ cm hat 6 Meßkanäle, ist am IBM-PC Rechner frei programmierbar und kann über einen beliebig vorgegebenen Zeitraum bis zu 128 kB an Meßdaten aufnehmen.

Radiosonden: In Zusammenarbeit mit der KfK und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg wurde das modifizierte Radiosondensystem des AWI (DigiCORA) zur Bahndatenbestimmung sog. Tetroons eingesetzt. Die in konstanter Höhe fliegenden Ballone wurden zum Vergleich sowohl mit Hilfe eines konventionellen Radars als auch mit der DigiCORA-Anlage verfolgt. Dabei war die DigiCORA im Vergleich zum Radar für größere Entfernungen (> 10 km) genauer. Außerdem kann man gleichzeitig mehrere Sonden verfolgen, was mit der Radarmethode nicht möglich ist. Die für die DigiCORA entwickelte eigene Software gestattet es, die Position der Ballone am Monitor in Echtzeit festzustellen. Da die Höhe nicht optisch gemessen wird, sondern über die Druckmessung der mitgeführten Sonde, ist die Höhenbestimmung relativ genau und von der Entfernung zur Sonde unabhängig. Für den meteorologischen Einsatz der Sonden wurde die Software so erweitert, daß eine Echtzeitbahnverfolgung in einem 3-D-Diagramm möglich ist.

Mehrfachbodengreifer: Nach erfolgreichen Einsätzen des im Euromar-Projekt entwickelten Gerätes wurde auch die mit dem Greifer verbundene Fernsehanlage auf der Expedition ARK VI/4 in Betrieb genommen.

Die *Unterwasserfernsehanlage Springt* wurde während EPOS 1 und 3 technisch betreut. Die Systeme Bio-Rosette und das Mehrfachschlieβnetz "RMT" wurden erheblich modifiziert, weiterentwickelt, erprobt und erfolgreich eingesetzt.

Elektronische Waage: Ein elektronisches Steuergerät für den Einsatz von Analysewaagen auf See wurde fertiggestellt, auf der "Victor Hensen" erprobt und während EPOS III eingesetzt. Das Gerät enthält Sensoren zur Bestimmung der Neigung in X- und Y-Richtung sowie einen Beschleunigungsmesser für die vertikale Z-Richtung. Nur wenn alle drei Meßgrößen kurzzeitig innerhalb einstellbarer Toleranzschwellen normale Erdbeschleunigung bei horizontaler Waage anzeigen, wird diese angesprochen und das momentan angezeigte Gewicht ausgedruckt. Die Genauigkeit hängt wesentlich vom Verhältnis Nutzgewicht/Tara ab. Bei einem Verhältnis von 1 beträgt die Standardabweichung etwa 1 ‰ des aufgelegten Gewichts. Ohne Zusatzgerät liegt die Standardabweichung je nach Seegang um den Faktor 10 - 100 höher.

Probennehmer L'se: In Zusammenarbeit mit der mechanischen Werkstatt des AWI entstand der Probennehmer L'se zur gezielten Entnahme von Wasser- und Planktonproben unter der Meereisdecke. Unter dem Eis, im Wasser befindet sich die

Spitze des L-förmigen Probennehmers, die mit einer Miniatur-Videokamera und einem Lichtsensor ausgestattet ist. Die Optik der Kamera kann über eine Fernbedienung eingestellt werden. Sowohl die direkte Beobachtung der Vorgänge unter Wasser als auch eine Bildaufzeichnung sind möglich. Die Entnahme der Proben geschieht mittels Schlauch und Pumpe.

Unterhalt und Weiterentwicklung der Observatorien

Neben den üblichen Arbeiten an der Georg-von-Neumayer-Station und einem Ozon-Laser entwickelte die Sektion eine automatische Meßstation.

In Zusammenarbeit mit der Hochschule in Bremen (Prof. Möbius, Laboratorium für Energetik) wurde eine Durchführbarkeitsstudie für den Betrieb eines unbemannten Meßcontainers für die Antarktis fertiggestellt. Die im Rahmen einer Diplomarbeit angefertigte Studie untersucht den wartungsfreien Dauerbetrieb des Containers über 9000 Stunden. Zentrale Fragen waren die Energieversorgung, Anordnung und Unterbringung der Komponenten, Treibstoffbevorratung, Langzeitbetriebsfähigkeit, Probleme des Wärmeschutzes sowie die Ausnutzung bzw. Abführung der Abwärme. Die Studie befaßte sich ferner mit der Einsatzmöglichkeit eines Stirlingmotors für den Generatorbetrieb.

In der Zwischenzeit wurden Aufträge zur Erstellung des Meßcontainers vergeben und wesentliche Komponenten wie Dieselegeneratoren, Schaltschränke und Datenerfassungsrechner (Mikro-VAX) beschafft und getestet.

3.3. Ausgewählte Forschungsthemen

Julian Gutt und Werner Ekau:

Beobachtungen über Antarktische

Hans Heinrich Janssen:

Eisenerhöhung in marinen Wirbellosen

Eike Rachor:

Veränderungen in den Bodentiergemeinschaften der Deutschen Bucht

Peter Schalk und Sigrid Schiel:

Verteilung und Stoffwechselaktivität von antarktischem Zooplankton, insbesondere beim Krill

Ulrich Bathmann, Eva-Maria Nöhlig,

Renate Scharek und Victor Smetacek:

Ökologie des einzelligen Planktons im Weddellmeer

Ulf Riebesell und Bopaiah Biddanda:

Untersuchungen zur Partikelaggregation

Reimer Simonsen:

25 Jahre Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz für Diatomeenkunde

Gerhard Kattner und Martin Graeve:

Die Zusammensetzung der Wachsester von calanoiden Copepoden der Grönlandsee

Kurt Weber und Wolfgang Drebing:

Lipoide organische Inhaltsstoffe des Meerwassers

Andreas Mackensen, Hannes Grobe

und Hans-Wolfgang Hubberten:

Zur Klimageschichte der letzten 250.000 Jahre: Sauerstoffisotopenstratigraphie südlich der Antarktischen Polarfrontzone

Martin Melles und Gerhard Kuhn:

Sedimente und Frazies in der Filchner Rinne, südöstlicher Weddellmeerschelf

Hans-Werner Schenke:

Hochauflösende Bathymetrie am antarktischen Kontinentalschelf

Norbert Kaul und Heinz Miller:

Feinstruktur des Schelfrandes im östlichen Weddellmeer vor Kapp Norvegia

Manfred A. Lange und Hajo Eicken:

Neue Verfahren zur Gefügeuntersuchung an Eiskernen

Nils Reeh, Hans Oerter und Heinz Miller:

Klimainformation aus altem Eis

Eberhard Fahrbach, Ursula Schauer und Lutz Sellmann:

Der Einfluß des Ostgrönlandstromes auf die Tiefenwasserbildung

Hartmut Hellmer:

Thermohaline Prozesse unter dem Schelfeis; eine Modellstudie

Gert König-Langlo, Michael Schröter

und Christian Wamser:

Thermische Wechselwirkung zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre im Antarktischen Spätwinter

Roland Neuber und Bernd C. Krüger:

Beobachtungen der stratosphärischen Ozonschicht über Spitzbergen

Fred Kruse, Andreas Hense, Jens Schröter

und Dirk Olbers:

Der Antarktische Zirkumpolarstrom in einem wirbelauffösenden Modell

Hagen Ross:

Ein Inversmodell zur Berechnung der ozeanischen Zirkulation aus Tracer-Daten

Dieter Gerdes:

Benthosuntersuchung auf dem Schelf des Weddellmeeres mit dem neuentwickelten Mehrfachgreifer

Beobachtungen über Antarktische Fische

Julian Gutt und Werner Ekau

Die antarktische Fischfauna setzt sich aus über 200 Arten zusammen. Ungefähr 100 Arten gehören zu vier barschartigen Fischfamilien – Artedidraconidae, Bathydraconidae, Channichthyidae (Weißblutfische) und Nototheniidae –, die als "Antarktische" (Notothenioidei) zusammengefaßt werden und nur in der Antarktis vorkommen. Im Verlauf der Evolution haben die Vertreter dieser vier Familien sich besser an die besonderen Umweltbedingungen des antarktischen Festlandssockels angepaßt als alle anderen. Sie stellen heute mehr als 90 % der gesamten Fischfauna im Antarktischen Ozean.

Die Antarktische Fische haben ihren Ursprung im Tertiär. Im Zuge der räumlichen Isolierung und Abkühlung des Antarktischen Kontinents gingen andere Fischgruppen stark zurück. Dagegen begannen die Notothenioidei vor ca. 20 Millionen Jahren, freigeordnete ökologische Nischen zu besetzen, und entwickelten sich zu ihrem heutigen Artenreichtum mit einer Vielgestaltigkeit von Lebensformen, wie es sie in so eng verwandten Fischgruppen sonst selten gibt.

Neben bodenbewohnenden (benthischen) gibt es im freien Wasser lebende (pelagische) Arten sowie einige, bei denen sich die einzelnen Entwicklungsstadien zunächst im Pelagial und später im Benthal aufhalten. So ist z. B. sofort zu sehen, daß der heringsähnliche antarktische Silberfisch (*Pleuragramma antarcticum*) in der Wassersäule lebt, während die an Seeskorpione erinnernden Artedidraconidae ganz offensichtlich am Meeresboden wohnen. Die Zahl der pelagischen Arten ist im Vergleich zu anderen Meeresgebieten klein, was sicherlich mit der Entwicklungsgeschichte des antarktischen Ökosystems zusammenhängt.

Die Lebensweise und der Lebensraum antarktischer Fische können mit Unterwasserfotografie und Unterwasservideo-Beobachtungen detailliert beschrieben werden. Die direkte Beobachtung von Tieren in ihrer natürlichen Umgebung liefert zusätzlich Informationen über die klein- und großräumige Zusammensetzung und zur Verteilung einzelner Arten, ohne nachhaltige Störungen des empfindlichen antarktischen Ökosystems. Mit einem ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug wurden insgesamt über 20 Stunden Videobeobachtungen von einer Fläche von ca. 12.000 m² aufgenommen. Außerdem stehen uns 2720 Unterwasserfotos zur Verfügung, auf denen 3000 m² des Meeresbo-

den mit seiner Tierwelt abgebildet wurden. Insgesamt wurden 1232 Fische registriert, die sich auf 23 Arten verteilten. Die häufigsten waren *Chionodraco myersi* mit 192, *Trematomus lepidorhinus* mit 159 und *T. scotti* mit 103 Individuen, gefolgt von *Dolloidraco longedorsalis* (56), *T. eulepidotus* (51) (Abb. 1) und *Prionodraco evansii* (41).

Eine benthische Gruppe hält direkten Kontakt zum Substrat. Zu ihr gehören Fische, die bewegungslos auf dem Meeresboden, teilweise zwischen dichtem Bewuchs mit Moostierchen versteckt (*Trematomus centronotus* und *T. loennbergi*) sitzen. Andere bewegen sich mit Hilfe schreitender Bewegungen der Bauchflossen auf dem Sediment fort, wo sie ein charakteristisches Muster hinterlassen (*Pogonophryne spec.*). *Trematomus scotti* oder *T. lepidorhinus* wiederum lassen sich auf exponierten Standorten, z. B. gestielten Seescheiden, einige Dezimeter über dem Substrat nieder (Abb. 2 c). Diejenigen, die sich auf dem Rand der im Weddellmeer häufigen Glasschwämme niederlassen, nutzen die Höhlung des Schwamms als Schutz bei extremer Annäherung fremdartiger Gegenstände (Abb. 2 a). Ein Individuum von *Cryodraco antarcticus* paßte sich seiner Umgebung derart an, daß es neben einer Seefeder, in fast vertikaler



Abb. 1: *Trematomus eulepidotus* in seinem natürlichen Lebensraum, fotografiert mit einem ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug.

Stellung auf seinen beiden langen Brustflossen stand, wobei die Schnauze fast das Sediment berührte (Abb. 2 b).

Die benthopelagischen Arten wurden stets einige Zentimeter über dem Meeresboden langsam und kontinuierlich schwimmend angetroffen. Zu ihnen gehören *Trematomus eulepidotus* (Abb. 1) und *Neopagetopsis ionah*. Von den in der freien Wassersäule beobachteten pelagischen Arten wurden ein kleiner Schwarm von *Pleuragramma antarcticum* und wenige Individuen von *Notolepis coatsi* ca. 30 m über dem Meeresboden gesichtet.

Vergleicht man die Artenspektren verschiedener Untersuchungsgebiete untereinander, so werden regionale Unterschiede deutlich. Der Schelf bei Halley Bay hat eine diversere Artenszusammensetzung mit größerer Häufigkeit der Channichthyidae als das nördlicher gelegene Gebiet um Kapp Norvegia, wo die Nototheniidae dominieren (Abb. 3). Ergebnisse aus dem extremen Süden des Weddellmeeres zeigen eine viel ärmere Fischfauna mit höheren Anteilen von Artedidraconidae und Bathydraconidae. Kleinräumige Besonderheiten, wie in einem Fall das Auftreten eines Schwarmes junger Individuen von *Trematomus lepidorhinus*, geben wichtige Hinweise zum Verhalten und zur Lebensgeschichte antarktischer Fische.

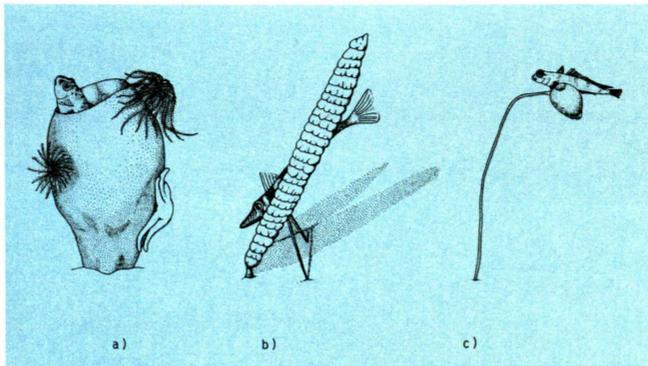
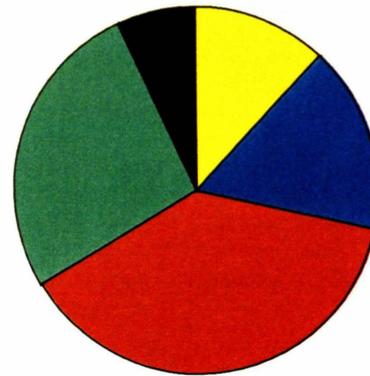


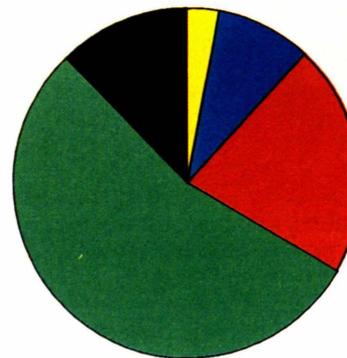
Abb. 2: Verhalten verschiedener antarktischer Fischarten, abgezeichnet vom Video-Bild. Links: *Trematomus eulepidotus* sich teilweise in einem Glasschwamm versteckend; Mitte: *Cryodraco antarcticus*, neben einer Seefeder auf den Brustflossen stehend; Rechts: *Trematomus scotti*, auf einer gestielten Seescheide sitzend. Zeichnungen: A. Siese.



Halley Bay - Video

- Artedidraconidae
- Bathydraconidae
- Channichthyidae
- Nototheniidae
- andere

Abb. 3: Verteilung der Fischarten des Weddellmeeres auf die vier häufigsten Familien in zwei ausgesuchten Gebieten, ermittelt durch Unterwasser-Videobeobachtungen. Halley Bay: 538, Kapp Norvegia: 190 Fische.



Kapp Norvegia - Video

- Artedidraconidae
- Bathydraconidae
- Channichthyidae
- Nototheniidae
- andere

Eisenanreicherung in marinen Wirbellosen

Hans Heinrich Janssen

Eisen ist für alle Organismen lebenswichtig, da es in Spuren zur Aktivierung mehrerer Enzyme benötigt wird. Viele Tiere bauen geringe Mengen Eisen auch in ihre Atmungspigmente ein; das häufigste Beispiel ist Hämoglobin. Von einigen Muschel- und Schneckenarten ist schon seit längerem bekannt, daß sie in verschiedenen Geweben sehr viel mehr Eisen festlegen, als für die beiden genannten Zwecke erforderlich ist. Eisen ist im Meerwasser so gering konzentriert, daß es zu den Mikronährstoffen gerechnet wird, darum wurde das hohe Anreicherungsvermögen der erwähnten Molluskenarten bisher als ein ökophysiologisches Kuriosum betrachtet.

Die vergleichende histologische Bearbeitung von Muscheln aus tropischen, gemäßigten und antarktischen Gewässern zeigt jedoch, daß die Eisenanreicherung generell weit verbreitet ist. Ein großer Teil des Eisens wird regelmäßig im Bereich des Verdauungstrakts festgelegt. Es wird vorzugsweise in Form mineralischer Verbindungen in den sogenannten Kryptenzellen der Mitteldarmdrüse in Lysosomen eingelagert (Abb. 1 und 2). Da Eisen in geringerem Umfang auch in den Vakuolen der Verdauungszellen nachgewiesen werden kann (Abb. 2), wird es sehr wahrscheinlich mit den als Nahrung dienenden Planktonalgen aufgenommen. Die Algen ihrerseits nehmen Eisen als Mikronährstoff aus dem Meerwasser auf.

Bei der Eisenanreicherung handelt es sich weder um ein Kuriosum noch um eine an bestimmte Meeresgebiete oder Lebensweisen gebundene Eigenschaft. Vielmehr ist sie ein Merkmal, das in dieser Form bei phylogenetisch alten, d. h. systematisch tiefstehenden Muschelarten verbreitet ist und sich in ähnlicher Weise auch bei Schnecken, besonders bei primitiven Formen findet. Offenbar ist die Eisenspeicherung in der Mitteldarmdrüse ein altertümliches Merkmal zumindest der schalentragenden Mollusken, das bei der Höherentwicklung unterdrückt wird. Die physiologische Bedeutung dieser Eisendepots ist kaum bekannt. Bei Arten, die sich mit einem Byssus festheften, wird Eisen bei der Herstellung der Fäden dem Sekret beigemischt. Es macht die Fäden haltbar und fest (Gerbung). Der körpereigene Eisenvorrat dient großenteils zum Ausgleich dieser Verluste bei der Byssussekretion. Histologische Untersuchungen insbesondere an Schnecken lassen zudem vermuten, daß mineralische Eisenverbindungen aufgrund ihrer günstigen chemischen Eigenschaften zur intrazellulären Immobilisierung unerwünschter

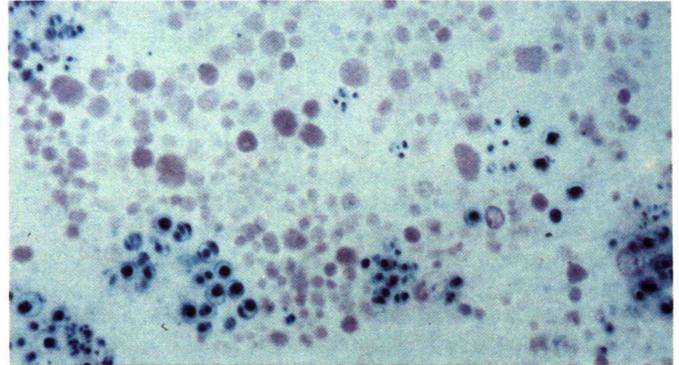


Abb. 1: *Propedeleda longicaudata*. Histochemischer Eisennachweis an Schnitten durch die Mitteldarmdrüse dieser primitiven antarktischen Muschel. Charakteristische Eisenvorkommen (blau) in kugeligen Einschlüssen der sogenannten Kryptenzellen.

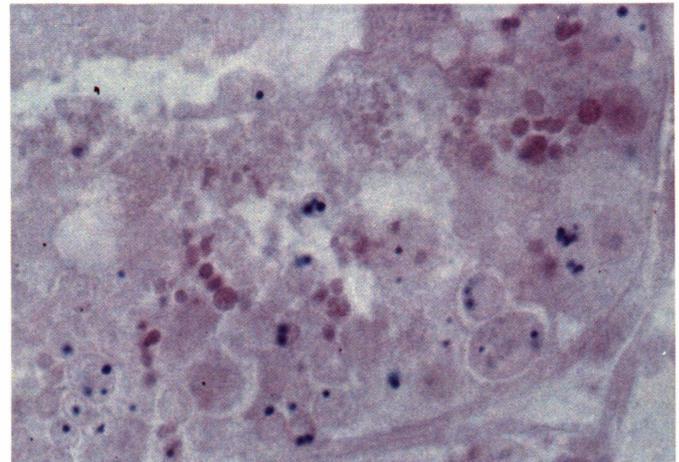


Abb. 2: *Lissarca notorcadensis*. Histochemischer Eisennachweis an Schnitten durch die Mitteldarmdrüse dieser höher entwickelten antarktischen Muschel. Eisen läßt sich hier in den Nahrungsvakuolen der Verdauungszellen nachweisen (blaue Punkte).



Abb. 3: *Halicryptus spinulosus*, Vorderende. Eisennachweis am ganzen Tier. Die Cuticula des normalerweise grau-weißen Rumpfes ist nach der Behandlung blau gefärbt.

oder toxischer Verbindungen aus Stoffwechsel oder Umwelt dienen.

Bei hochentwickelten Muscheln, die mit einzelligen Algen (Dinoflagellaten) in Symbiose leben (Tridacniden und Fraginen), läßt sich histologisch ebenfalls eine Eisenspeicherung nachweisen. Sie findet sich überwiegend in Geweben, die von Algen bewohnt werden. Nach der gegenwärtigen Vorstellung bessern



Abb. 4: *Halicryptus spinulosus*. Eisennachweis am histologischen Schnitt durch die Cuticula (blaß rosa, epicuticulare Schleimschicht dunkel rosa). Die blau gefärbten Eisenvorkommen liegen nicht in der Cuticula, sondern sind mit Bakterien der in Schleim eingebetteten Epiflora assoziiert. Die großen Eisenablagerungen direkt auf der Cuticula gehen auf andere Bakterien zurück als die fein verteilten in den etwas körperferner liegenden Bakterienballen.

die Wirtsmuscheln mit diesen Vorräten die Eisenversorgung ihrer Symbionten auf und erhöhen so deren Photosyntheseleistung, die bei verwandten planktischen Algen u. a. durch den geringen Eisengehalt im Meerwasser limitiert sein kann.

Aufgrund dieser Befunde ergeben sich mehrere Fragen. Wieviel Eisen nehmen Muscheln über ihre Planktonnahrung aus der Wassersäule auf? Wielange legen sie es fest, wie schnell wird es remobilisiert und der Wassersäule wieder zugeführt? Können auch andere Wirbellose Eisen in größeren Mengen binden? Bilanzen oder ein detaillierter Eisenkreislauf lassen sich mit dem derzeitigen Wissen nur für kleine Teilbereiche aufstellen. So wird dem Wattenmeer vor der deutschen Küste durch die Anlandung von 60.000 t Miesmuscheln etwa 1 t Eisen entzogen. Ob die so bedingte Eisenverarmung der Wassersäule auf die Entwicklung von Planktonblüten limitierend wirken kann, ist noch offen.

Wirbellose mit hohem Eisenbindungsvermögen wurden mittlerweile auch in anderen Tierstämmen ermittelt. So besitzt der Priapulide *Halicryptus spinulosus* neben intrazellulären Eisen-

vorkommen in Flüssigkeit und Zellen des Blutes umfangreiche extrazelluläre Eisenablagerungen (Abb. 3). Bakterien, ein regelmäßiger Bestandteil der Epiflora auf der Cuticula, scheiden das Eisen in die den Wurm umhüllende Schleimschicht ab (Abb. 4). Die ökophysiologische Bedeutung dieses Eisenvorkommen in der Körperperipherie wird in der hohen Schwefelwasserstoffresistenz von *Halicryptus spinulosus* gesehen, da die feinverteilten Eisenverbindungen als "Sulfidfalle" Schwefelwasserstoff binden. Der symbiontische Charakter dieser Bakterien-Tier-Assoziation wird durch die starke Strukturierung der Wurm-Cuticula unterstrichen, die den Bakterien genügend Oberfläche zur Anheftung und geschützte Nischen für die Vermehrung schafft. Es ist zu vermuten, daß die Bakterien nicht nur Eisenverbindungen abscheiden, sondern zusätzlich auf noch unbekanntere Weise zur Ernährung ihres Wirtes beitragen.

Veränderungen in den Bodentiergemeinschaften der Deutschen Bucht

Eike Rachor

Vor 20 Jahren, als die Abfallsäureverklappung aus der Titan-dioxidproduktion in Nordenham an der Wesermündung begann, richtete das damalige Institut für Meeresforschung Bremerhaven ein Langzeitprogramm zur Erforschung von Veränderungen der Bodenfauna der Deutschen Bucht ein. Die bis heute fortgeführten Arbeiten haben unter anderem gezeigt, daß neben den jahreszeitlichen Bestandsfluktuationen starke natürliche Störungen wie besonders kalte Winter oder Bodenveränderungen im Gefolge von heftigen Stürmen die Bodenfauna beeinträchtigen. In der Deutschen Bucht, einem Übergangsbereich zwischen kontinentalen und ozeanischen Einflüssen, müssen die Organismenbestände flexibel auf natürliche physikalische Störungen reagieren, um bestehen zu können. Die Lebensgemeinschaften derartiger Gebiete verhalten sich elastisch.

Da starke Störungen in der Deutschen Bucht häufig vorkommen, erreichen die Lebensgemeinschaften dort nur selten ein fortgeschrittenes Reifestadium. Sie werden vielmehr immer wieder in frühe Stadien einer Sukzession zurückgeworfen. So tauchen auf den flacheren Sandböden in ruhigen Sommern Jungtiere von Arten auf, die als Adulte nur auf Schlickböden gefunden werden, und auf Schlickböden finden immer wieder Ansiedlungsversuche von Sandbewohnern statt. Solche Ansätze sind grundsätzlich instabil.

Bei einem derartigen wechselvollen Geschehen ist es außerordentlich schwierig, trendartige Entwicklungen etwa aufgrund einer langsam zunehmenden Meeresverschmutzung auszumachen. Erst gravierende Störungen wie die schon seit den siebziger

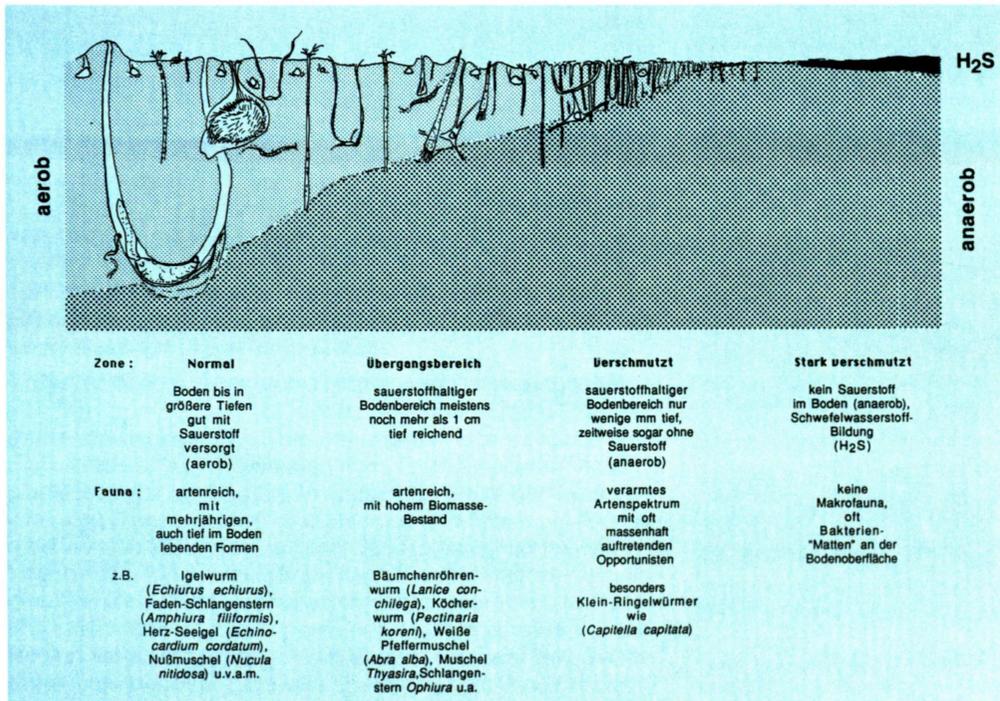


Abb. 1: Schema der Veränderungen einer typischen Bodentier-Lebensgemeinschaft der Deutschen Bucht entlang einem Gradienten zunehmender Eutrophierungseinflüsse von guter Sauerstoffversorgung bis zu anaeroben Verhältnissen.

ger Jahren festgestellte lokale Sauerstoffverknappung führen zu eindeutigen Veränderungen bei den im Boden lebenden Tieren. Inzwischen erreichen Sauerstoffmangelsituationen in ruhigen Sommern allerdings großflächige Dimensionen und belasten damit das Ökosystem übermäßig. Abbildung 1 zeigt eine Abfolge der Bodenbesiedlung bei verstärkter Eutrophierung unserer Küstenmeere. Im linken Teil des Schemas überwiegen noch die förderlichen Einflüsse einer verstärkten Nahrungszufuhr; mit deren weiterer Zunahme (nach rechts) kommt es zu einer reduzierten Artenvielfalt und zur Dominanz einiger weniger, anpassungsfähiger "Opportunisten". Die tief im Boden siedelnden Arten verschwinden zuerst, bis im Extremfall keine Tiere mehr lebensfähig sind und nur bestimmte Mikroorganismen überdauern können. Im Gebiet südlich von Helgoland sind solche Verhältnisse zeitweise in allen Ausprägungsformen nachweisbar, und bestimmte Faunenelemente (langlebige, tief im Boden lebende Arten) werden selten. In den übrigen Regionen der Deutschen Bucht überwiegen zumeist die – oberflächlich betrachtet – fördernden Einflüsse der Eutrophie (Zunahme der Biomasse um 50 bis 400 % seit den zwanziger Jahren, Massenaufreten einzelner Arten, zuletzt vor allem des Hufeisenwurms *Phoronis*) und überdecken womöglich andere Erscheinungen. In ruhigen Sommern – wie 1989 – leiden empfindliche Arten jedoch unter der Sauerstoffverknappung im bodennahen Wasser, so daß bei wiederholtem Auftreten mit einer Umstrukturierung der Bodentiergemeinschaften zu rechnen ist. Bei Störungen des Sauerstoffhaushalts in Bodennähe können durch Änderungen im Bodenchemismus auch schädliche Substanzen wie Schwermetalle reaktiviert werden.

Zwischen Elbmündung und Helgoland ist im Laufe der letzten 20 Jahre eine Verarmung der Bodenfauna festgestellt worden. Dieser Befund gilt auch trotz gelegentlicher Erholung einiger Arten, wie bei der Nußmuschel *Nucula nitidosa* auf Schlickböden in den Jahren nach 1983, als unruhiges Wetter einen deutlichen Rückgang der Sauerstoffwerte verhinderte (Abb. 2).

Veränderungen der Fauna sind bis in den Bereich der Doggerbank, also bis in die zentrale Nordsee feststellbar, wobei als wesentlicher anthropogener Störfaktor ebenfalls Eutrophierung angenommen wird. Hinzu können jedoch angesichts der natürlichen Variabilität und der Komplexität ökologischer Verhältnisse schwer beweisbare Einflüsse durch Schwermetallbelastung und intensive Bodenfischerei kommen.

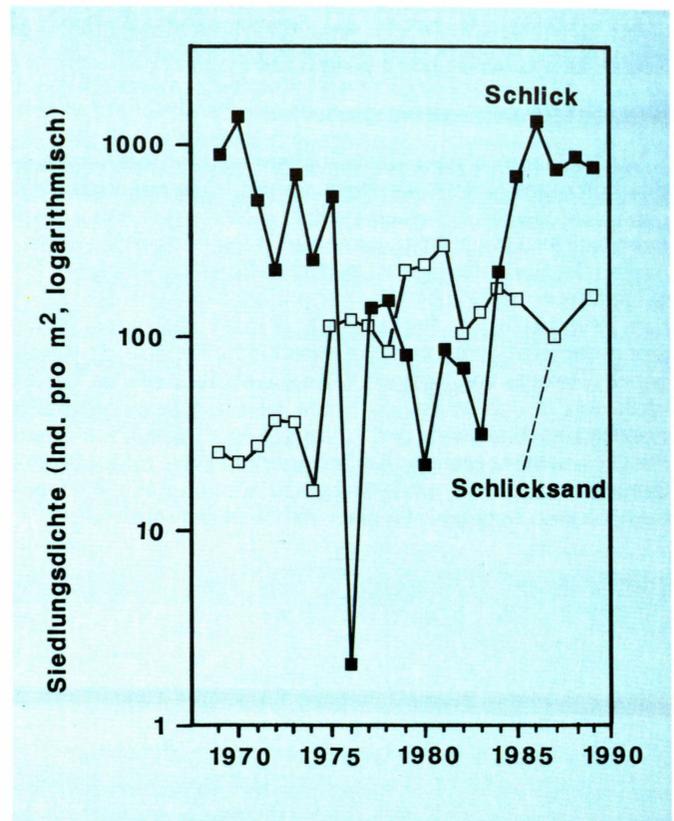


Abb. 2: Siedlungsdichte der Nußmuschel *Nucula nitidosa* auf Schlick- und Schlicksandböden der Deutschen Bucht im Zeitraum 1969-1989.

Verteilung und Stoffwechselaktivität von antarktischem Zooplankton, insbesondere beim Krill

Peter Schalk und Sigrid B. Schiel

Die Lebensweise antarktischer Organismen ist an die ausgeprägten saisonalen Schwankungen im Südpolarmeer angepaßt. Nur während einer kurzen Zeit im Jahr, im Südsommer, kommt Phytoplankton in größeren Mengen im freien Wasser vor. Das Phytoplankton ist die Nahrungsgrundlage der Sekundärproduzenten, des Zooplanktons. Im langen antarktischen Winter ist der größte Teil des Südpolarmees mit Eis bedeckt, und die Wassersäule unter dem Eis ist praktisch ohne Nahrung. Dagegen kann die Unterseite der Eisschollen dicht mit Algen und tierischen Einzellern besetzt sein. Im Frühjahr beginnt das Eis zu schmelzen, und zum Sommer hin baut sich wieder eine hohe Phytoplanktonbiomasse im freien Wasser auf.

Eine der Hauptfragen der Zooplanktonforscher ist, wie die Antarktistiere an die starken saisonalen Schwankungen angepaßt sind und welche Überlebensstrategien die einzelnen Arten verfolgen. Gelegenheit zur Untersuchung dieser Frage ergab sich während der "Polarstern"-Fahrt vom November 1988 bis Januar 1989 (EPOS II), die die Entwicklung des antarktischen Ökosystems vom frühen Frühjahr bis zum Sommer zum Ziel hatte. Da der Eisrand vermutlich einen großen Einfluß auf die Frühjahrsentwicklung des pelagischen Ökosystems hat, wurden mehrere Proben entlang einer Traverse vom offenen Wasser bis ins feste Eis genommen. Die Planktologen konzentrierten sich auf die zwei häufigsten Herbivoren im antarktischen Wasser, Copepoden und Krill, und untersuchten die Verteilung und Stoffwechselaktivität dieser Organismen.

Der Stoffwechsel wurde mit Hilfe von ETS-Messungen (Electron Transport System) festgestellt. Die Aktivität dieses Enzymsystems ist ein relatives Maß der Atmung der Tiere in situ und ihres Stoffwechsels, letztendlich also ihres Energiebedarfs. Die Zooplanktonbiomasse und die Respirationsaktivität der Tiere variierte signifikant zwischen den untersuchten Stationen. Am Eisrand wurden während des gesamten Untersuchungszeitraums sowohl hohe Biomassen als auch erhöhte Stoffwechselraten angetroffen (Abb. 1), möglicherweise infolge einer dort stimulierten Phytoplanktonblüte. Die höhere Zooplanktonbiomasse in dieser Region kann eine Folge lokalen Wachstums oder der Wanderung überwinternder Tiere sein. Die Vertikalverteilung der Copepoden (Abb. 2) zeigt bedeutende Unterschiede entlang der

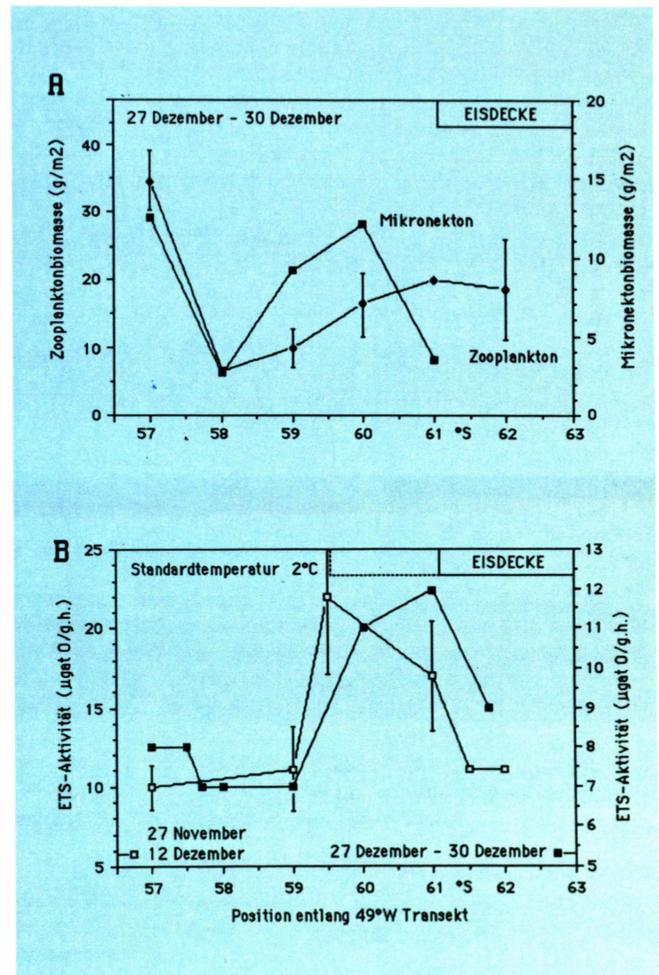


Abb. 1: Zooplanktonbiomasse (oben) und Stoffwechselaktivität (unten) auf einem Schnitt entlang 49°W vom offenen Scotia-Meer bis zum eisbedeckten Weddellmeer.

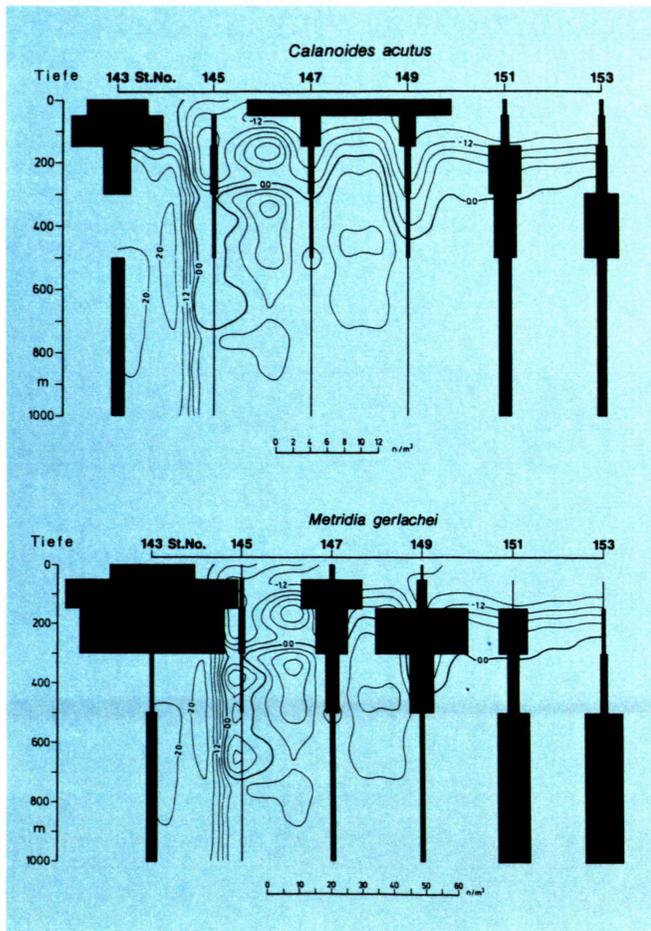


Abb. 2: Vertikalverteilung der Copepoden *Calanoides acutus* und *Metridia gerlachei* entlang dem 49° W-Meridian.

Tabelle 1. Stoffwechselaktivitäten (ETS in $\mu\text{gat O/gww.Std.}$) verschiedener antarktischer Zooplanktongruppen.

| Gruppe | min. | max. |
|----------------------------------|------|------|
| Euphausiaceen: | | |
| <i>Euphausia superba</i> (Krill) | 12,8 | 80,1 |
| <i>Thysanoessa macrura</i> | 32,0 | 71,6 |
| Mysidaceen | | |
| Copepoden | 10,0 | 50,0 |
| Pteropoden: | | |
| <i>Clio pyramidata</i> | 25,0 | 25,6 |
| <i>Limacina antarcticus</i> | 19,5 | 19,5 |
| Chaetognathen | 4,0 | 10,5 |
| Salpen | 0,8 | 4,8 |
| Siphonophoren | 1,6 | 6,0 |

Meßlinie und spiegelt die verschiedenen Stadien der saisonalen Wanderung wider.

Alle untersuchten Zooplanktongruppen hatten trotz der niedrigen Wassertemperaturen im Vergleich zu Tieren aus gemäßigten und tropischen Gebieten relativ hohe Respirationsaktivitäten. Die höchsten Werte und die größte Varianz zeigten die Euphausiaceen, speziell der Krill, und Copepoden (Tabelle 1). Die weite Varianz in diesen zwei Gruppen ist eine Folge der ausgeprägten Aktivitätsdifferenzen zwischen den verschiedenen Entwicklungsstadien der Tiere (Abb. 3), sie spielt vielleicht eine Rolle in der Anpassung an die Schwankungen des Nahrungsangebots. Der Maximalwert des ETS des Zooplanktons in der Nähe des Eisrands ist möglicherweise auf eine Verschiebung in Populationsentwicklung zurückzuführen und bedeutet eine sehr schnelle Antwort auf die Phytoplanktonblüte.

Geschlechtsreifer Krill wies die höchsten ETS-Werte auf, subadulter die niedrigsten (Abb. 3). Zu Beginn der Untersuchungen wurde nur juveniler und subadulter Krill angetroffen, und zwar am Eisrand oder unter dem Eis, wo er die Algenmatten auf den Unterseiten der Eisschollen abweidete. Nachdem die Phytoplankton-Frühjahrsblüte begonnen hatte, wurden große Schwärme von geschlechtsreifem Krill im freien Wasser angetroffen.

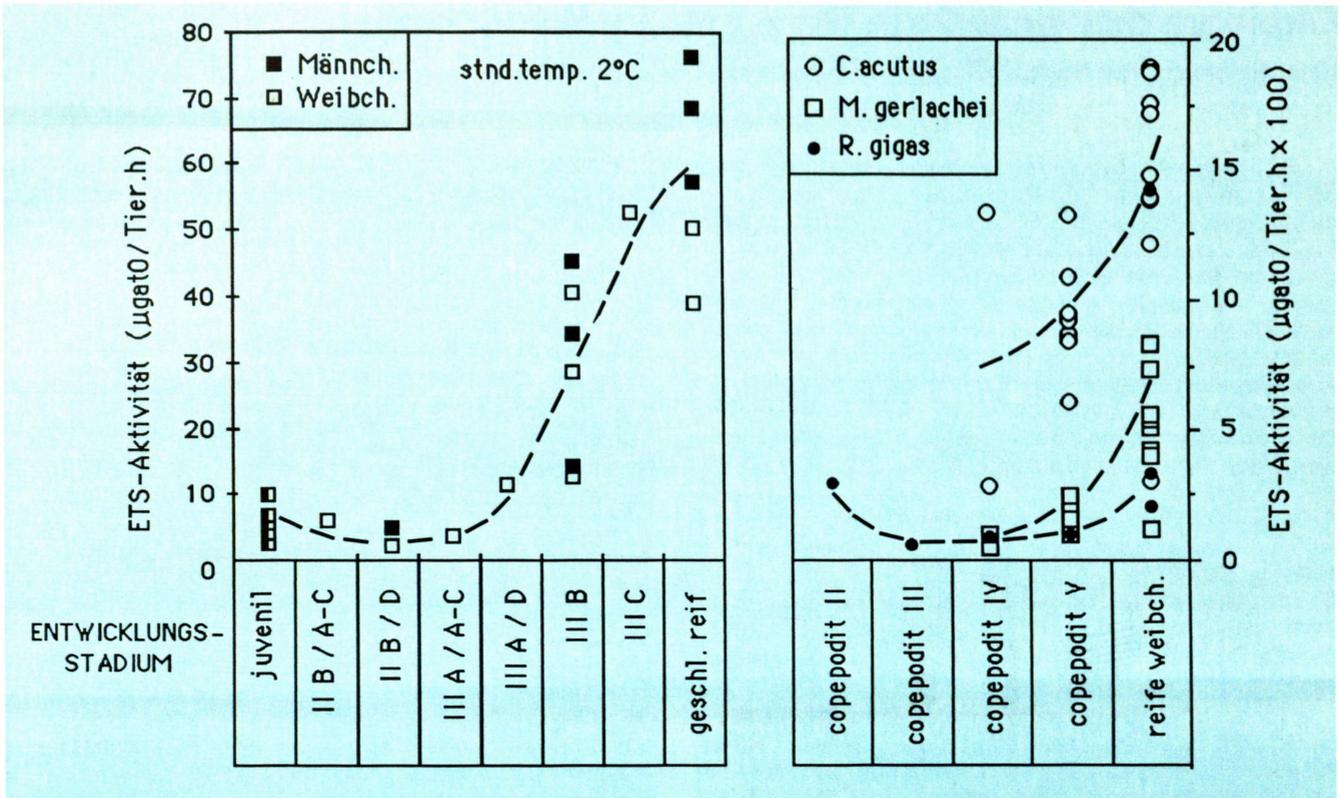


Abb. 3: Gewichtsspezifische ETS-Aktivitäten verschiedener Entwicklungsstadien des Krills (links) und von Copepoden (rechts) zeigen große Differenzen, die eine Rolle bei der Anpassung an extreme Schwankungen im Nahrungsangebot spielen. I + III und A - D geben die verschiedenen Reifestadien der Gonaden und die verschiedenen Häutungsstadien wieder.

Aus den Beobachtungen läßt sich die Hypothese ableiten, daß die weniger aktiven Stadien unter dem Meereis leben und fressen, während die aktiven und sich vermehrenden Tiere dagegen im offenen Wasser leben. Der Energiebedarf der geschlechtsreifen Tiere ist vermutlich zu hoch, um von Eisalgen allein gedeckt zu werden. Einige Beobachtungen anderer lassen vermuten, daß sich die adulten Tiere nach der Vermehrung in ein subadultes Stadium am Ende des Sommers regenerieren

können. Die damit zusammenhängende Reduktion des Stoffwechsels würde den Tieren erlauben, unter dem Meereis mit Eisalgen als Nahrungsvorrat zu überwintern.

Diese Hypothese muß allerdings ebenso noch überprüft werden, wie die Frage, ob auch in anderen Tiergruppen Differenzen in der Stoffwechselaktivität verschiedener Entwicklungsstadien vorkommen.

Ökologie des einzelligen Planktons im Weddellmeer

Ulrich Bathmann, Eva-Maria Nöthig, Renate Scharek und Victor Smetacek

Die Ökologie des einzelligen pflanzlichen Planktons im Weddellmeer wurde bisher auf mehreren Expeditionen zu verschiedenen Jahreszeiten untersucht. Die stark ausgeprägte Saisonalität in der Eisbedeckung und im Lichtklima erfordert von den Organismen, ihre Lebenszyklen an diese besonderen physikalischen Bedingungen anzupassen. Verschiedene Lebensgemeinschaften bilden sich aus, deren Erforschung Schwerpunkt unserer Untersuchungen ist. Darüber hinaus wurde mit einer Abschätzung des Beitrages und der Bedeutung der Planktonorganismen für die globalen Stoffkreisläufe zwischen Atmosphäre, Deckschicht und Tiefenwasser begonnen. In den letzten Jahren wurde das einzellige Plankton hauptsächlich während Expeditionen, die im Winter und frühen Frühjahr stattfanden, untersucht. Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Weddellmeer liefern die weitere Auswertung des Winter Weddell See Projektes (WWSP 1986 ins östliche Weddellmeer), der European Polarstern Study (EPOS 1988 ins nordwestliche Weddellmeer; siehe gesonderten Beitrag in diesem Heft) und der Winter Weddell Gyre Study (WWGS 1989 ein Schnitt von West nach Ost durch das Zentrum des Weddellmeeres).

Im Rahmen der Winterexpeditionen war es möglich, plankton-ökologische Untersuchungen während der vermeintlichen Ruhephase der Planktonorganismen durchzuführen und so einen neuen Aspekt der Lebenszyklen kennenzulernen. Während des WWSP 1986 ins östliche Weddellmeer wies das direkt unter dem Meereis gelegene Winterwasser, auf einem Schnitt auf 5° West durch den Weddell Wirbel, eine homogene Verteilung bis zum warmen Tiefenwasser auf. Der Bestand des pflanzlichen Planktons war sehr gering und nahm von ca. 0,1 μg Chlorophyll *a/l* im Norden auf 0,01 μg Chlorophyll *a/l* im Süden ab. Ein ähnliches Bild ergab sich auf dem West-Ost Schnitt durch den winterlichen Weddell Wirbel (WWGS 1989). Auf dem Westschelf (Antarktische Halbinsel) lagen die Biomassekonzentrationen bei 0,1 μg Chlorophyll *a/l* und verringerten sich noch um eine Größenordnung im Wirbelwasser (0,02 μg Chlorophyll *a/l*). An der östlichen Schelfkante vor Kapp Norvegia traten an der hydrographischen Front Biomassen von mehr als 0,14 μg Chlorophyll *a/l* auf (Abb. 1).

Trotz der geringen winterlichen Phytoplanktonbiomasse wurden interessante Merkmale bezüglich der Artengemeinschaften sowie der Biomasse der einzelligen Planktonorganismen im

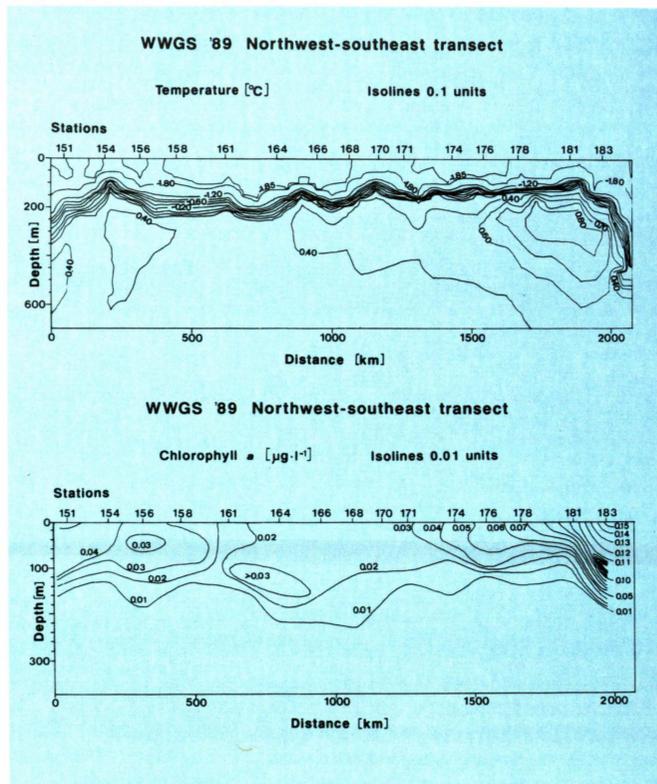


Abb. 1: oben: Temperaturverteilung unten: Chlorophyll *a*-Verteilung auf dem West-Ost Schnitt durch den Weddell Wirbel 1989 (WWGS 1989).

Winter festgestellt. Die Phytoplanktonzusammensetzung während des WWSP 1986 im östlichen Weddellmeer zeigte die Mischung von Zirkumpolarwasser weit unter das Eis von Norden her. Die Winterplanktongemeinschaft des Weddell Wirbels und des Küstenstromes unterschieden sich in der Artzusammensetzung. Auto- und heterotrophe Flagellaten und Dinoflagellaten dominierten. Auch Ciliaten und wenige Kieselalgen, die aus dem Eis ins Wasser gelangt waren, wurden gefunden. Diese Artenvielfalt, der gute physiologische Zustand der Organismen

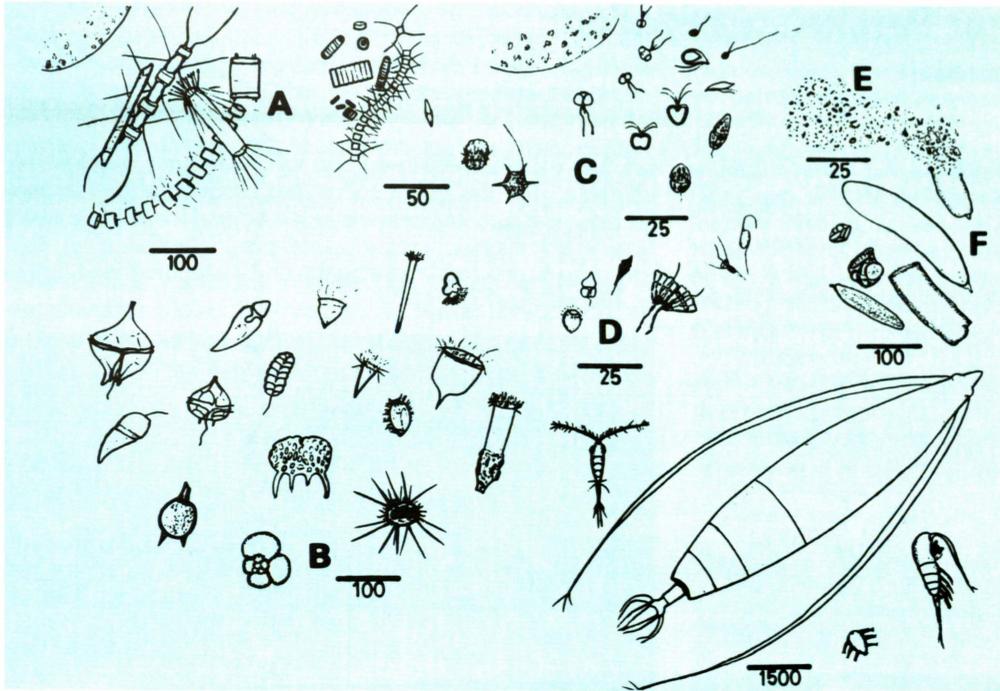


Abb. 2: Das Mikrobennetzwerk bildet zusammen mit den mehrzelligen Herbivoren das pelagische Nahrungsgefüge. Große Kieselalgen und *Phaeocystis* entwickeln Phytoplanktonblüten (A), die von herbivoren Einzellern (B) gefressen werden; kleine Kieselalgen und Flagellaten (C) werden von kleineren Einzellern gefressen (D), die auch Bakterien (E) fressen können. Copepoden ernähren sich von Organismen aller Gruppen. Bakterien (E) verwerten gelöste und feste organische Substanzen, die teilweise vom Kot der Copepoden (F) stammen. (Die Zahlen unter den Balken geben den Größenmaßstab in µm an).

und die Anzeichen von Fraßaktivitäten der Protozoa sind Indikatoren, daß eine vernetzte regenerierende Planktongemeinschaft unter dem winterlichen Eis kontinuierlich bis in das Frühjahr hinein das vorwiegend im Sommer aufgebaute organische Material abbaut. Die bisher ausgewerteten Proben des WWGS 1989 ergeben im wesentlichen das gleiche Bild, mit unterschiedlichen Artenzusammensetzungen im westlichen Schelfwasser, im Wasser des westlichen Wirbels und im Ostteil des Wirbels. Im Westteil des Wirbels wurden nur wenige Eisalgen, aber kaum Ciliaten, Tintinnen oder Dinoflagellaten in der Deckschicht unter dem Eis gefunden. In den Netzfängen waren Radiolarien die dominanten Bestandteile des Protozooplankton und fraßaktive Copepoden (*Calanus propinquus*) dominierten das Metazooplankton. Im Ostteil des Wirbels verschob sich das Artenspektrum zugunsten von zirkumpolaren einzelligen Organismen.

Erstaunlich bei allen Untersuchungen war der sehr geringe Anteil zentrischer Kieselalgen an der winterlichen Biomasse, sowie eine relativ hohe Biomasse und Aktivität der heterotrophen Organismen. Daraus ergibt sich folgendes Bild für die bisher im

antarktischen Winter untersuchten Gebiete: Die charakteristische Planktongemeinschaft des eisbeeinflussten, nährsalzreichen Weddellmeeres ähnelt auch im Winter der regenerierenden Gemeinschaft der warmen, geschichteten, nährsalzarmen Meeren. Diese sind dominiert von autotrophen und heterotrophen Flagellaten und kleinen pennaten Kieselalgen. Das pelagische Nahrungsgefüge im Weddellmeer ist in der Abb. 2 dargestellt. Die im Weddellmeer in großer Anzahl vertretenen heterotrophen Planktonorganismen üben auch im Winter einen Frostdruck auf die vorhandene autotrophe Gemeinschaft aus, so daß diese im Winter weiter dezimiert wird. Der Energieertrag beim Sammeln von in sehr geringen Dichten verteilten Algen scheint besonders für die algenfressenden Einzeller bis zu einer äußerst niedrigen Grenzkonzentration größer zu sein als der Energieaufwand zum Sammeln der Beute. Große Mengen von Algen gelangen zum Frühjahrsbeginn ins Wasser und können als Saatspopulationen für den Aufbau des pelagischen Nahrungsnetzes dienen. Den mehrzelligen Planktonorganismen stehen somit zu Beginn der eisfreien Saison wieder höhere Nahrungskonzentrationen zur Verfügung.

Untersuchungen zur Partikelaggregation

Ulf Riebesell und Bopaiah Biddanda

Marine Aggregate ("Meeresschnee") sind Zusammenballungen der unterschiedlichsten, im Plankton vorkommenden, organischen und anorganischen Partikel. Sie dienen einer Vielzahl von Mikroorganismen als Substrat und spielen daher eine wichtige Rolle im marinen Nahrungsnetz. Durch die Konzentration kleinster Nahrungspartikel in Aggregaten werden Bakterio- und Phytoplankton für größere Tiere verfügbar. Die Nahrungskette kann auf diese Weise verkürzt werden. In Partikelaggregaten können andere Redoxverhältnisse entstehen, die die Chemie des Meeres beeinflussen. Darüberhinaus sind Aggregate, aufgrund ihrer hohen Sinkgeschwindigkeit, schnelle Vehikel im vertikalen Stofftransport und beschleunigen den Sedimentationsprozess.



Abb. 1. a) Unterwasseraufnahme eines kometenförmigen Aggregats *in situ*, Deutsche Bucht, 19. Mai 1989 (Balken entspricht 10 mm)

Trotz der Bedeutung der Partikelaggregate im Stoffkreislauf der Meere sind die Prozesse der Aggregation und Disaggregation bisher kaum erforscht. Unsere Untersuchungen richten sich auf die Rolle der Bakterien, der Artensukzession im Phytoplankton, sowie der hydrographischen und chemischen Bedingungen in der Wassersäule als mögliche Regulationsfaktoren für die Aggregatbildung. Desweiteren wird der Verbleib von Aggrega-

ten, hier vor allem Absinken und Wegfraß durch Zooplankton, erforscht. Für die überwiegend prozessorientierten Untersuchungen der sich erst entwickelnden Aggregatforschung bietet sich die gut untersuchte Nordsee als Experimentierfeld an. Parallel dazu führen wir vergleichende und weiterführende Studien im Weddellmeer durch.

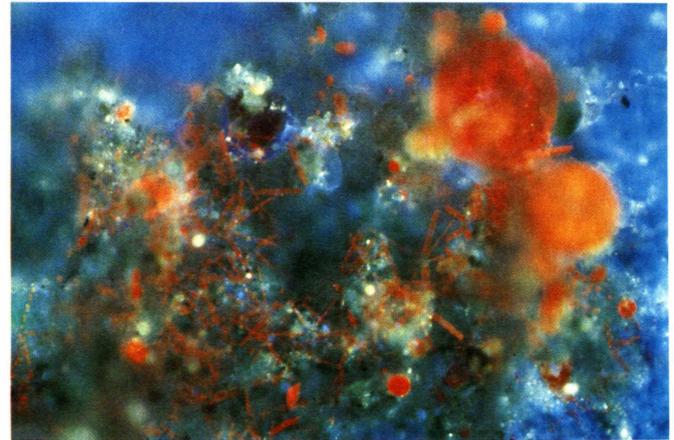


Abb. 1. b) Ausschnitt eines Aggregates unter dem Epifluoreszenzmikroskop, Deutsche Bucht, Frühjahr 1989; Grundstruktur bestehend aus ineinander verflochtenen Ketten von Diatomeen (Vergrößerung: 160x, Anregung im UV-Bereich) (rot-orange: chlorophyllhaltige Mikroalgen; gelb-grün: amorpher Schleim).

In partikelreichen Flachwasserregionen, wie der südlichen Nordsee, sind Aggregation und Disaggregation partikulärer Materials fortwährende Prozesse im Pelagial. Dadurch hält sich ein im jahreszeitlichen Verlauf sehr variables Partikelgrößenpektrum von μm -großen Einzelpartikeln bis hin zu cm -großen Aggregaten (Abb. 1 a). Bei Untersuchungen zur Aggregatbildung in der Deutschen Bucht im Frühjahr/Sommer 1989 vor Helgoland zeigte sich die zentrale Rolle des Phytoplankton. Während des gesamten Frühjahrs stellen Geflechte aus Diatomeenketten das Grundgerüst und den Hauptbiomasseanteil in den Aggregaten (Abb. 1 b). Parallel mit dem Aufbau und Abfall der Phytoplanktonbiomasse während der Frühjahrsblüte steigt

und fällt auch das Gesamttaggregatvolumen. Das Maximum der Chlorophyll-Konzentration fällt zeitlich zusammen mit dem Maximum des Gesamttaggregatvolumens (Abb. 2 a, b). Trotz dieser engen Korrelation ist die Größe der Einzelaggregate, hier dargestellt durch den mittleren Chlorophyllgehalt der beprobten Aggregate (Abb. 2 a), nicht in erster Linie von der Phytoplanktonbiomasse bestimmt. Die Aggregate erreichen ihre maximale Größe - bis zu einigen Zentimetern - erst etwa 10 Tage nach dem Höhepunkt der Phytoplanktonblüte. Die bis zu diesem Zeitpunkt ebenfalls stark ansteigende Bakterienabundanz sowie die in dieser Phase vorherrschende geringe turbulente Energie im umgebenden Medium werden als die hierfür verantwortlichen Einflußgrößen vermutet. Die Aggregatgröße ihrerseits beeinflusst

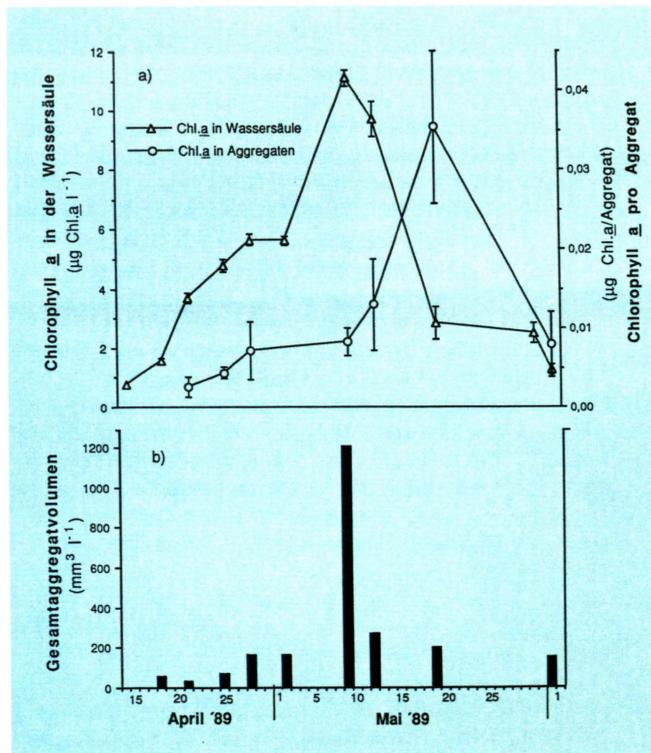


Abb. 2. a) Chlorophyll a-Konzentration in der Wassersäule und in Aggregaten, die im selben Wasserkörper von Tauchern gesammelt wurden (Chl.a-Konzentration pro Aggregat ist hier als Maß für die Aggregatgröße gewählt) Abb. 2.b) Gesamtvolumen des aggregierten Materials bestimmt aus unterwasserfotografischen Aufnahmen.

die Sinkgeschwindigkeit des aggregierten Materials. Die Sinkraten kleiner Aggregate ($< 1 \text{ mm}^3$) von unterschiedlicher Herkunft wurden in Labormessungen bestimmt. Trotz einer großen Variationsbreite ergibt sich eine positive Beziehung zwischen Aggregatgröße und Sinkgeschwindigkeit (Abb. 3). Die Sinkraten der Aggregate von 20 und 300 m/Tag liegen etwa um zwei bis drei Größenordnungen höher als die des nichtaggregierten Phytoplanktons.

Die Artensukzession des Phytoplanktons in den Aggregaten unterscheidet sich deutlich von der im umgebenden Wasser. Die Biomasse der Mehrheit der Diatomeenarten beginnt sich im freien Wasser aufzubauen. Erst nachdem das Abundanzmaximum dieser Arten überschritten ist, treten sie in nennenswerter Zahl in den Aggregaten auf. Eine andere Gruppe von Diatomeen tritt in allen Phasen ihres Lebenszyklus bevorzugt in Aggregaten auf, wieder andere Spezies wurden so gut wie gar nicht in Aggregaten gefunden. Die Bakterienbesiedlung der Aggregate verläuft deutlich langsamer als der Anstieg der Bakterienbiomasse im freien Wasser. Während der Zeit der Frühjahrsblüte (von Mitte April bis Mitte Mai) verzehnfacht sich die bakterielle Biomasse im freien Wasser. Im selben Zeitraum steigt ihre Bio-

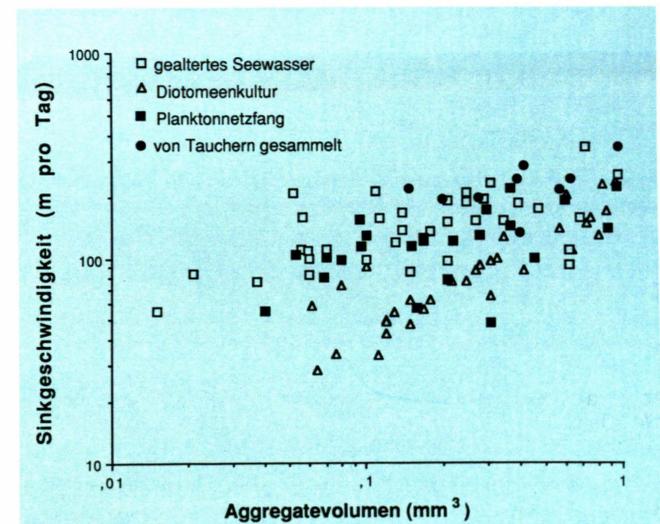


Abb. 3. Sinkgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Aggregatvolumen; getestet wurden vier Aggregat-Typen unterschiedlichen Ursprungs: 1) gealtertes Nordseewasser, 2) stagnierende Kultur der Diatomee *Skeletonema costatum*, 3) Planktonnetzfang aus der Nordsee, 4) von Tauchern *in situ* gesammelt.

masse in den Aggregaten aber nur auf den doppelten Wert. Nach der Frühjahrsblüte sinkt das Bakterienvorkommen im Wasser rapide ab, während es in den Aggregaten weiterhin kontinuierlich steigt. In dieser Phase haben Aggregate die Funktion von Partikelfängern, in denen sich sowohl die weiterhin ansteigende heterotrophe wie auch die noch verbliebene autotrophe Biomasse konzentrieren. Hieraus könnte geschlossen werden, daß marine Aggregate eine bedeutende Rolle im Lebenszyklus zahlreicher planktischer Organismen darstellen. Aggregate dienen sowohl als Substrat wie auch als Mittel für den vertikalen Transport, z.B. von Ruhestadien neritischer Organismen zum Meeresboden.

Weiterführende Untersuchungen haben zum Ziel, die in Feldstudien untersuchte Dynamik der Aggregatbildung in Laborexperimenten zu simulieren. Dazu werden natürliche Seewasserproben sowie Algen- und Bakterienkulturen in Rollzylindern inkubiert (Abb. 4). Die im Feld identifizierten Einflußgrößen sollen auf diese Weise unter kontrollierten Bedingungen getestet und ihre spezifische Rolle in der Aggregatbildung quantifiziert werden.

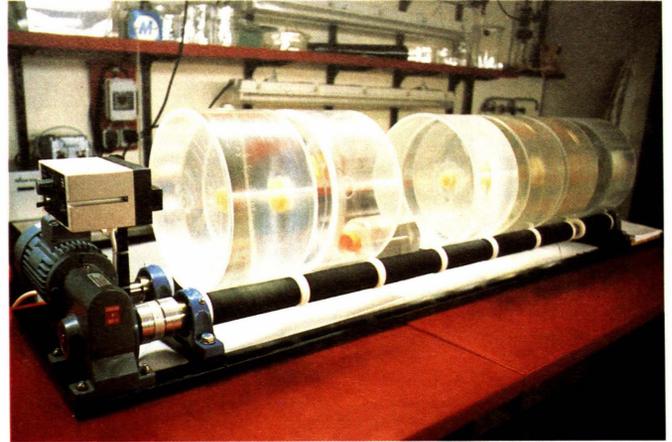


Abb. 4. Rotationsapparatur mit Rollzylindern zur Simulation von Partikelaggregation im Labor.

25 Jahre Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz für Diatomeenkunde

Reimer Simonsen

Der Bremer Hauptschulrektor Dr. h. c. Friedrich Hustedt, führender Diatomeenspezialist dieses Jahrhunderts, hatte 1963 mit der Freien Hansestadt Bremen einen Vertrag dahingehend geschlossen, daß Hustedts umfangreiche Sammlung und Bibliothek Bremen übereignet werden würden, wenn Hustedt nicht mehr arbeiten könnte. In dem Vertrag wurde auch festgelegt, daß die Gegenstände geschlossen beieinander verbleiben würden als "Dr. Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz". Mit der Einstellung seines ersten Kurators am 1. Juli 1965 wurde der "Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz für Diatomeenkunde" am damaligen Institut für Meeresforschung in Bremerhaven etabliert. Hustedt verstarb am 1. April 1968, und seine Sammlung und Bibliothek kamen nach Bremerhaven. Die ursprünglich nicht im Vertrag berücksichtigte Sammlung von Materialproben konnte ebenfalls erworben werden, so daß Hustedts wissenschaftlicher Nachlaß heute unter einem Dach beisammen und für die wissenschaftliche Öffentlichkeit zugänglich ist.

Mit fast 60.000 mikroskopischen Präparaten war Hustedt Eigentümer der größten Diatomeensammlung, die eine Privatperson je besessen hat. Seit ihrer Überführung 1968 hat sie sich auf etwa 75.000 vergrößert und gehört heute zu den drei größten Sammlungen dieser Art auf der Welt. Außer den mikroskopischen Präparaten gehören rund 20.000 Materialproben zu der Sammlung. Das Material zu diesen Präparaten und Proben stammt aus den meisten Gegenden des Erdballs, aus Süßwasser gleichermaßen wie aus dem Meer, rezent wie auch fossil. Viele Proben oder Präparate oder beides stammen von berühmten Expeditionen wie "Challenger", "Vega", "Fram", "Gazelle", "Gauss", "Meteor I", "Schwabenland". Bekannte Entdecker und Forscher wie Sven Hedin und August Thienemann überließen Hustedt Material von ihren Reisen. Schon allein diese Vielfalt verleiht der Sammlung einen bedeutenden und bleibenden wissenschaftlichen Wert. Die Sammlung wird heute erschlossen durch verschiedene Kataloge, der systematische Katalog nennt 280 Gattungen, 4800 Arten, 1100 Varietäten und 350 Formae. Gemäß dem Vertrag von 1963 hat der Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz - als einzige Einrichtung des AWI - seine eigene Fachbibliothek mit heute etwa 4500 Titeln.

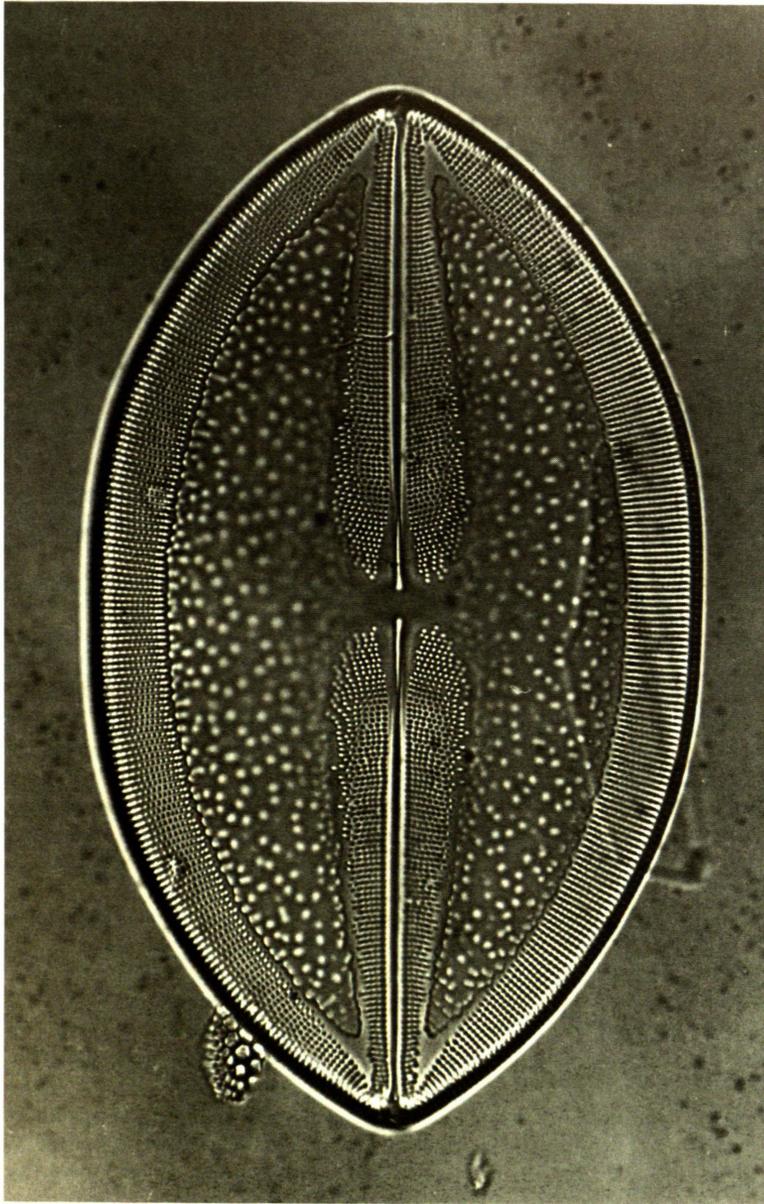
Während seines langen Lebens (1886 - 1968) hat Hustedt nahezu 2000 Taxa von Diatomeen neu beschrieben, darunter rund 1500 Arten. Dies sind gut 12 % der bei Hustedts Tod bekannten

Kieselalgenarten von etwa 12.000. Das ist eine gewaltige Leistung für einen Einzelmenschen, der "daneben" noch einem Beruf nachzugehen hatte, den er nach Zeugenberichten aber mit gleicher Leidenschaft ausfüllte. Es sind heute natürlich besonders die "Typen", die "Originale", der neuen Formen von Hustedt, die die Sammlung attraktiv machen für in- und ausländische Gastforscher. Anfangs bereitet es z. T. große Schwierigkeiten, die Typen von bestimmten Diatomeen zu finden, so daß für die häufig weitgereisten Besucher kostbare Zeit mit Suchen verloren ging. Seit 1987 gibt es einen dreibändigen Atlas und Katalog von Hustedts Typen, in dem jeder Typ aufgeführt und mit hochwertigen Mikrophotographien illustriert ist. Dieses Werk wird manchem Wissenschaftler die Reise nach Bremerhaven ersparen, weil er jetzt die Typen zu Hause mit seinen eigenen Diatomeen vergleichen kann.

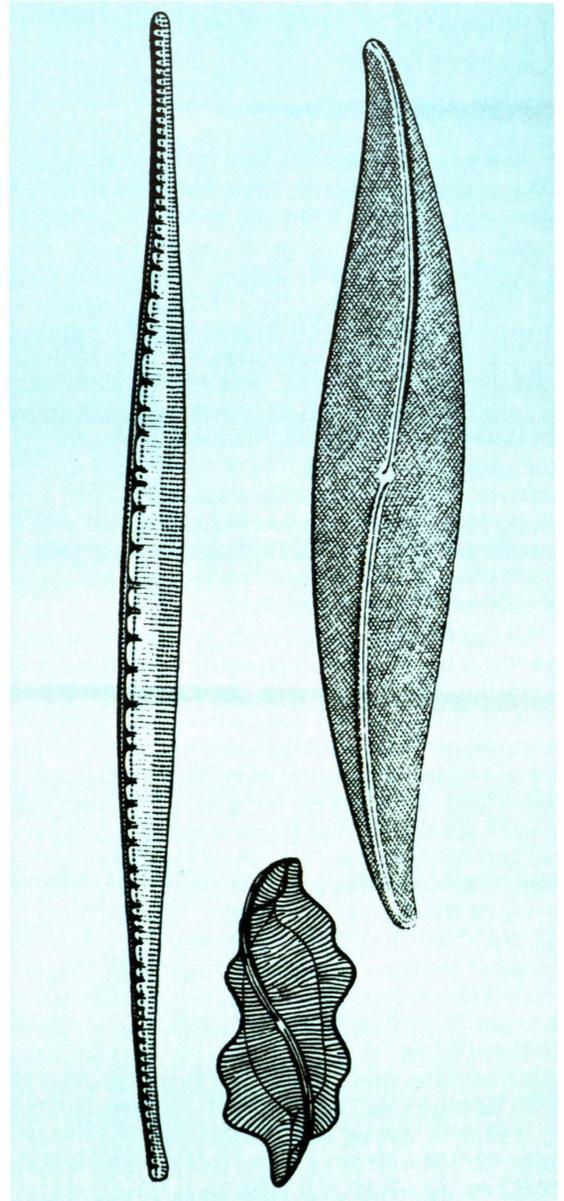
Die Hustedt-Sammlung konnte 1970 der wissenschaftlichen Öffentlichkeit vorgestellt werden im Rahmen des Ersten Internationalen Diatomeensymposiums. Diese Veranstaltung wurde der Anfang für zweijährlich wiederkehrende Symposien; das Elfte wird 1990 in San Francisco stattfinden. Die Verhandlungen der ersten fünf Symposien wurden in Bremerhaven herausgegeben, ebenso von 1978-1984 die "Bacillaria", eine internationale Zeitschrift für Diatomeenforschung.

Die Sammlung ermöglichte ihrem Betreuer einen tieferen Einblick in die Entwicklungsgeschichte der Kieselalgen. Nach verschiedenen Voruntersuchungen erschien 1979 eine umfangreichere Abhandlung über das System der Diatomeen. Die dort vorgeschlagene Klassifizierung ist bis heute das international allgemein akzeptierte System geblieben.

Der unter dem Kürzel BRM in den internationalen Index Herbariorum (The Herbaria of the World) aufgenommene Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz ist in den 25 Jahren seines Bestehens zu einem wichtigen Forschungsinstrument der internationalen Diatomeenforschung geworden. Dies dokumentiert sich u.a. durch die ansehnliche Zahl von Gastforschern: seit 1971 haben hier 56 Gäste aus 16 Ländern oft mehrfach und für längere Zeit gearbeitet. Wegen der Bedeutung der Kieselalgen als Anzeiger in der Süßwasser- und Meeresökologie bzw. -verschmutzung wie auch in der Mikropaläontologie wird der Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz für Diatomeenkunde auch weiterhin eine wichtige Rolle in der internationalen Diatomeentaxonomie spielen.



Links: Mikrophoto von *Navicula hennedyoides* Hustedt, Holotyp von der brasilianischen Küste, x1000.



Rechts: Drei unveröffentlichte Handzeichnungen von Hustedt, unbeschriebene Diatomeen aus Ostasien, x1000.

Die Zusammensetzung der Wachsester von calanoiden Copepoden der Grönlandsee

Gerhard Kattner und Martin Graeve

Das marine Zooplankton, besonders die calanoiden Copepoden der Polargebiete, bilden häufig als Speicherlipide Wachsester im Gegensatz zu den weitaus häufigeren Triglyceriden. Die dominanten herbivoren Arten der Grönlandsee, *Calanus hyperboreus*, *C. finmarchicus* und *C. glacialis*, können bis zu über 90 % ihrer Lipide in Form von Wachsestern biosynthetisieren. Diese Biosynthese wird als Folge der großen jahreszeitlichen Schwankung des Nahrungsangebots angesehen, an das sich die Tiere im Laufe ihrer Entwicklung anpassen mußten.

Wachsester sind Verbindungen, in denen eine langkettige Fettsäure mit einem langkettigen Fettalkohol verestert ist. In den Wachsestern treten in der Regel nur 5-6 unterschiedliche Fettalkohole auf, dagegen können bis zu 20 verschiedene Fettsäuren vorhanden sein. Aus diesem Spektrum ergibt sich eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten. Bisher wurden die Wachsester in ihre Bestandteile zerlegt und gaschromatographisch bestimmt. Neuerdings verwenden wir eine Methode, mit der die intakten Moleküle auf einer Kapillarsäule mit einer neuen Hochtemperaturphase getrennt und identifiziert werden können – sowohl nach Anzahl der C-Atome als auch nach Anzahl der Doppelbindungen im Molekül – (Abb. 1).

Die Copepoden unterscheiden sich deutlich in ihrer Wachsesterzusammensetzung (Abb. 1). Die Alkohole müssen von den Organismen biosynthetisiert werden, da das Phytoplankton, als Nahrungsgrundlage für die herbivoren Copepoden, keine Wachsester oder Alkohole aufbaut. Ebenso werden nur diejenigen Fettsäuren zu einem geringen Anteil gebildet, die als Vorstufe für die Alkoholsynthese notwendig sind. Dagegen werden die Fettsäuren des Phytoplanktons und hier besonders die hochungesättigten Fettsäuren weitgehend unverändert in die Speicher- und Membranlipide eingebaut. Daher können bestimmte Fettsäuren als Markersubstanzen dienen und ihr Weg kann in der Nahrungskette verfolgt werden.

Da die Fettsäuren des Phytoplanktons erheblich das Fettsäuremuster der Copepoden bestimmen, unterscheiden sich nicht nur die Wachsestermuster verschiedener Species, sondern auch innerhalb derselben Species in unterschiedlichen Stadien und Meeresgebieten. In den Eisrandgebieten z. B. enthalten alle Organismen einen großen Anteil der 18:4 Fettsäure (Anzahl der

C-Atome: Anzahl der Doppelbindungen) in ihren Wachsestern. Diese Fettsäure ist typisch für das Sommer-Phytoplankton. Copepoden dagegen, die in der nordöstlichen Polynya vor Grönland gefangen wurden, enthalten einen sehr hohen Anteil der 16:1 Fettsäure, die ein Hauptbestandteil in Diatomeen-Lipiden ist. Dieses Resultat stimmt mit der in der Polynya vorgefundenen Diatomeenblüte überein. Copepoden der Packeiszone enthalten in den Wachsestern nur wenige Fettsäuren, die aus der Nahrung, dem Phytoplankton, stammen können. Die Wachsester dieser Copepoden zeichnen sich durch einen großen Anteil von langkettigen, ein- bis zweifach ungesättigten Verbindungen aus.

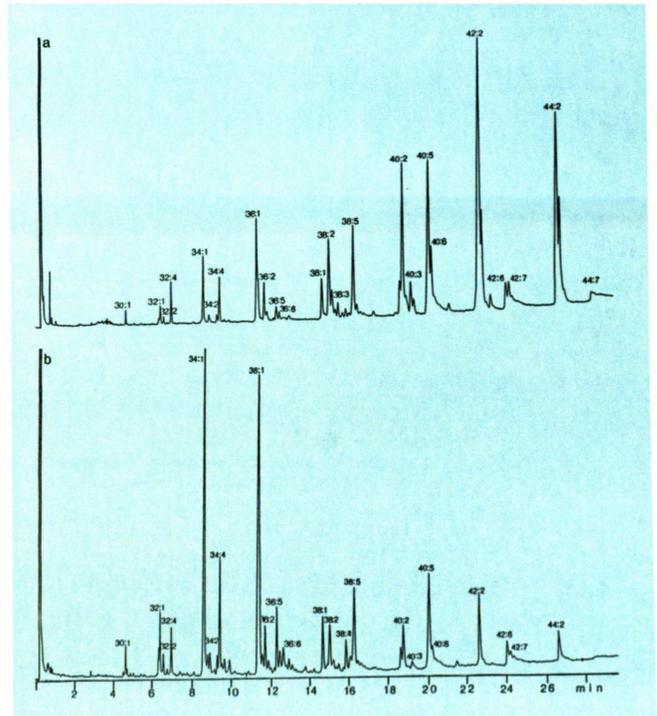


Abb. 1: Gaschromatogramme der Wachsester von *Calanus hyperboreus* (a) und *Calanus finmarchicus* (b) aus der Grönlandsee

Während in *Calanus hyperboreus* mehr langkettige Wachsester mit mehr als 40 C-Atomen gefunden werden (Abb. 1 a), überwiegen in *C. finmarchicus* die Wachsester mit 34 und 36 C-Atomen (Abb. 1 b). *C. glacialis* enthält einen besonders hohen Anteil von 16:1 Fettsäure und Alkohol, der sich in einem erhöhten Anteil von Wachsestern mit 32 C-Atomen widerspiegelt.

Von diesen drei dominanten Copepoden-Arten der Grönlandsee erscheint *C. hyperboreus* am besten an das Umfeld,

d. h. lange Perioden mit geringem Nahrungsangebot und Kälte, angepaßt zu sein. Die Gründe dafür sind ein großer Lipidanteil am Gesamtgewicht in Form von Wachsestern als Speichersubstanz, schnelle Biosynthese von Wachsestern, großer Anteil von langkettigen Fettsäuren und Alkoholen mit hohem Energiewert in den Wachsestern, und bevorzugter Abbau von Wachsestern mit Fettsäuren mit geringerem Energiewert aus der Nahrung während ungünstiger Lebensbedingungen.

Lipoide organische Inhaltsstoffe des Meerwassers

Kurt Weber und Wolfgang Drebing

Bei vielen chemischen Untersuchungen von gelöstem organischem Material in den Ozeanen werden Summenparameter bestimmt, dagegen analysiert man bei hochselektiven Verfahren nur einzelne Spurenstoffkomponenten. Neue analytische Methoden und schnellere Signal- und Datenbearbeitung erlauben seit wenigen Jahren einen Mittelweg: auch die Analyse komplexer Stoffgemische ist möglich. Damit können die Vielfalt gelöster Stoffe im Meerwasser weiter aufgeklärt und zahlreiche stoffliche Wechselwirkungen untersucht werden. Unsere Meßstrategien zielen zunächst auf globale Prozesse, um Basisdaten zu sammeln. Die Herkunft der analysierten Stoffe kann dabei vielfach aus ihren chemischen Strukturen abgeleitet werden.

Zum Verständnis globaler Konzentrationsverteilungen können thermodynamische und kinetische Daten hinzugezogen werden, die in ihrer Vielfalt bislang kaum Anwendung gefunden haben. Aus den Untersuchungen werden Hinweise auf Schlüsselsubstanzen erwartet, die einzelne physikalische, chemische und biologische Prozesse im Meer charakterisieren. Zudem werden Grundlagen für die Bewertung der vom Menschen verursachten Umweltprobleme geschaffen.

Wasserproben der ozeanischen Oberfläche und Luftproben der atmosphärischen Grenzschicht werden integrierend vom fahrenden Schiff aus gewonnen; Tiefenwasser wird mit Großraumschöpfern (Abb. 1) aus ozeanischen Becken geschöpft. Lipoider Inhaltsstoffe der Proben werden an Bord durch Extraktion angereichert. Die hierzu entwickelte Anlage kann an Bord Meerwasser im Bereich von Kubikmetern pro Stunde verarbeiten (Abb. 2). Die hiermit erhaltenen Extrakte werden im Labor weiter konzentriert und anschließend mit verschiedenen chromatographischen Methoden in Stoffgruppen getrennt. Die Einzelsubstanzen werden in den meisten Fällen mit Methoden der organischen Massenspektrometrie identifiziert. Der dynamische Bereich erfaßter Konzentrationen im Meerwasser überstreicht sechs Größenordnungen; die kleinsten nachweisbaren Konzentrationen liegen bei 10^{-11} g/l.

In Abbildung 3 sind einige Ergebnisse von einer Expedition im Atlantik mit "Polarstern" zusammengestellt. Für alle Stoffe zeigen die relativen Konzentrationen individuelle, jedoch kohärente Verteilungen. Unter den technischen Produkten findet man für



Abb. 1: Großraumwasserschöpfer zur Aufnahme von Tiefenwasser; geschöpftes Wasser wird in Edelstahlschläuchen zur Extraktionsanlage gepumpt.

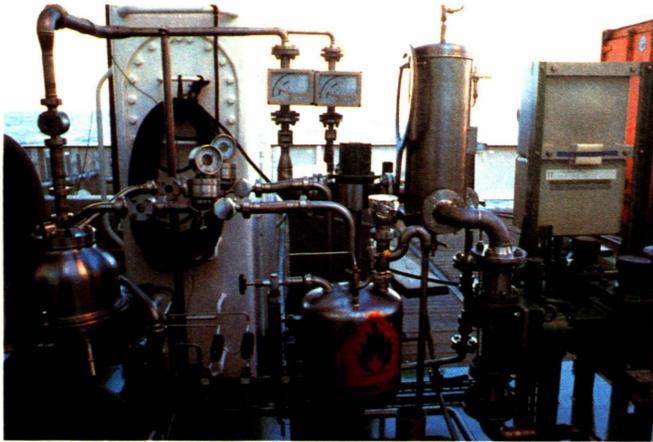


Abb. 2: Extraktionsanlage zur Gewinnung organischer Spurenstoffe aus Meerwasser im Feldeinsatz.

1,2,4-Trichlorbenzol, α -Hexachlorcyclohexan und Lindan höhere Konzentrationen in der nördlichen Hemisphäre, für p,p'-DDT und Dieldrin höhere Konzentrationen in der südlichen Hemisphäre. Diese Unterschiede spiegeln die globalen Emissionen der anthropogenen Produkte und ihre Verteilung in den vergangenen 20 Jahren wider. Eine zweite Gruppe umfaßt Stoffe, die bei der unvollständigen Oxidation organischen Materials entstehen, wie z.B. bei Vegetationsbränden und vulkanischen Aktivitäten. Diese Stoffe besitzen eine hohe Umweltstabilität. Ihre gleichmäßige Verteilung im Atlantik wurde in geologischen Zeiträumen durch atmosphärischen und ozeanischen Transport bewirkt; die natürlichen Prozesse werden jedoch durch die vermehrte Nutzung fossiler Brennstoffe im Industriezeitalter überlagert. Auffallend ist die Zunahme des Isomerenverhältnisses Fluoranthren/Pyren in hohen Breiten und die besonders ausgeprägte Konzentrationserhöhung der sauerstoffhaltigen Komponenten Anthrachinon und Dibenzofuran von Süden nach Norden; beides deutet auf anthropogenen Einfluß hin. In einer dritten Gruppe werden schließlich biogene Komponenten gezeigt; ihre Konzentrationen liegen um drei Größenordnungen höher als bei den vorhergenannten Stoffen. Die Verteilung dieser Komponenten stimmt gut mit der quantitativen Verteilung von Phytoplankton überein; charakteristisch sind die niedrigen Konzentrationen im tropischen Südatlantik. Die hohen Anteile von Phytol und Heneicosahexaen - Abbauprodukte von Chlorophyll und ungesättigten

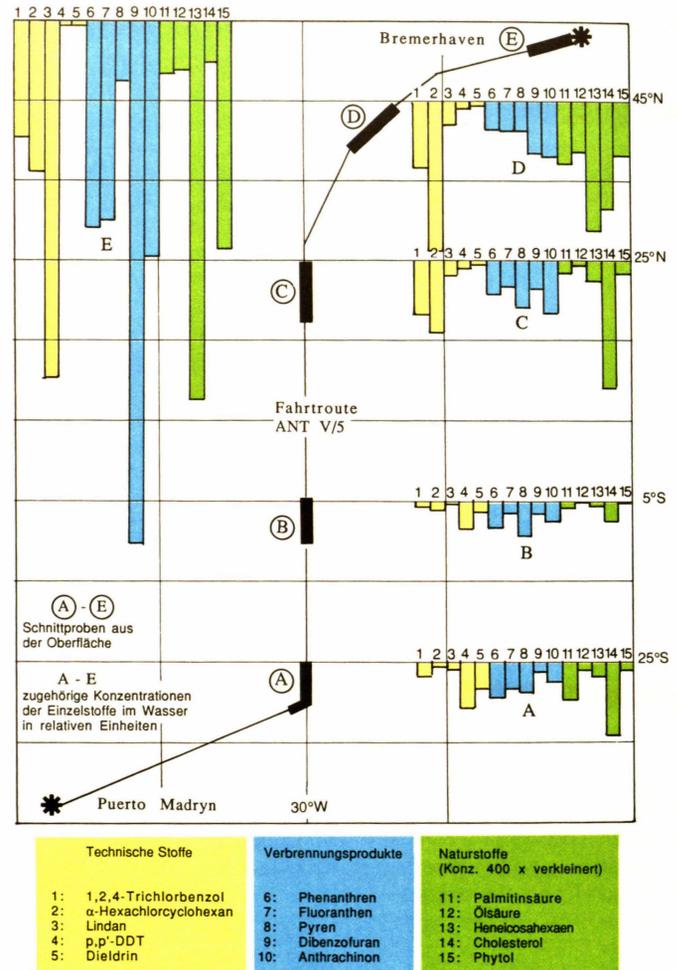


Abb. 3: Verteilung lipoider organischer Spurenstoffe im Atlantischen Ozean.

tigten Fettsäuren - überraschen ebenso wie ihr konstantes Konzentrationsverhältnis im gesamten Atlantik. Da von beiden biogenen Produkten nur eine sehr geringe chemische Lebensdauer im Oberflächenwasser erwartet werden kann, weisen die gefundenen Konzentrationen auf erhebliche Produktionsraten dieser Stoffe hin.

Zur Klimageschichte der letzten 250.000 Jahre: Sauerstoffisotopenstratigraphie südlich der Antarktischen Polarfrontzone

Andreas Mackensen, Hannes Grobe und Hans-Wolfgang Hubberten

Die Klimazyklen (Glazial-Interglazial) der jüngsten geologischen Vergangenheit zu untersuchen, ist von grundlegender Bedeutung für Forschungen über derzeitige und zukünftige Veränderungen des Erdklimas. Vor 18.000 Jahren, im letzten glazialen Maximum, lag die globale mittlere Jahrestemperatur an der Erdoberfläche ca. 5 °C unter der heutigen. Die Ursache dieser Klimaänderungen liegt nach der Milankovitch-Theorie darin, daß sich die Neigung der Erdachse periodisch ändert und die Geometrie der Erdumlaufbahn um die Sonne schwankt. Insbesondere die Präzession (Taumelbewegung der Erdachse) und die Erdschiefe (Neigung der Achse zur Ebene der Erdumlaufbahn) kontrollieren die Veränderung der Sonneneinstrahlung in hohen nördlichen Breiten. Sie sind Schrittmacher für den periodischen Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten während der letzten Million Jahre.

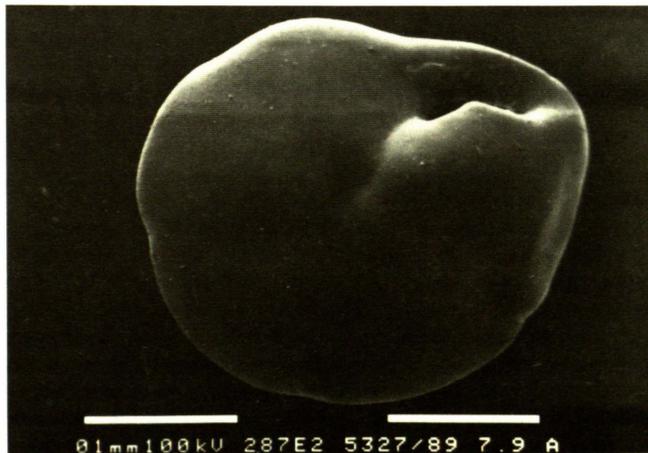


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma*.

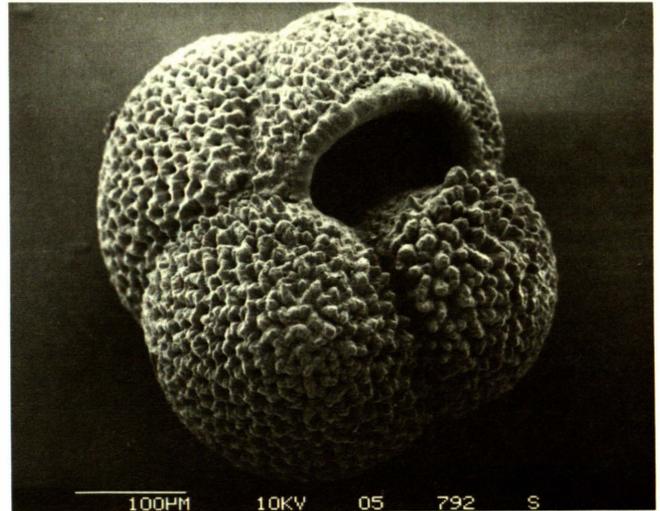


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme der benthischen Foraminifere *Epistominella exigua*.

Eine der neueren Methoden um globale Klimaänderungen zu untersuchen, ist die Bestimmung der Verhältnisse der stabilen Sauerstoffisotope $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ und der Kohlenstoffisotope $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ aus marinem Karbonat. Die Zusammensetzung der Sauerstoffisotopen des Meerwassers ist abhängig von der Menge des an den Polkappen als Festlandeis gebundenen Wassers und der Temperatur; damit ändert sich das Isotopenverhältnis im Wechsel von Kalt- und Warmzeiten. In den Gehäusen kalkschaliger mariner Einzeller (Abb. 1, 2) ist das stabile Isotopenverhältnis des Wassers, in dem die Tiere gelebt haben, gespeichert. Zeichnet man diese Isotopenverhältnisse über der Zeit auf, wird das Spektrum der periodischen Schwankungen in der Dauer der Sonneneinstrahlung in hohen nördlichen Breiten sichtbar. Diese Zusammenhänge können genutzt werden, um Sedimentkerne über die Isotopenzusammensetzung der in ihnen enthaltenen Foraminiferen weltweit zu korrelieren. Absolute Altersangaben erhält man durch Korrelation mit unabhängig datierten Korallen.

Durch Glättung und Stapelung von mehreren Meßreihen aus verschiedenen Ozeanen ergibt sich eine Standardisotopenkurve, die ein für geologische Verhältnisse sehr präzises Werkzeug zur stratigraphischen Einstufung von Sedimenten darstellt (Abb. 3). Alle im Sediment gespeicherten Informationen können danach zeitlich eingeordnet und in einen globalen Zusammenhang gestellt werden.

Sedimente südlich der antarktischen Polarfrontzone können erst seit kurzem mit einer Sauerstoffisotopenstratigraphie korreliert werden, da ihr Karbonatanteil äußerst gering ist. Aus einer Vielzahl von Kernen, die mit "Polarstern" aus dem östlichen Weddellmeer gewonnen wurden, haben wir auf der Grundlage sedimentologischer und mikropaläontologischer Untersuchungen einen Kern ausgewählt und an ihm die erste vollständige Isotopenkurve südlich der Polarfrontzone über einen Zeitabschnitt von 250.000 Jahren gemessen (Abb. 4). Ein Massenspektrometer, mit dem routinemäßig Kleinstmengen Karbonat analysiert werden können, war Voraussetzung, um auch das Isotopensignal von wenigen benthischen Foraminiferen erfassen zu können. Die Verhältnisse der Sauerstoff- und vor allem Kohlenstoffisotope der planktischen Organismen spiegeln häufig eher

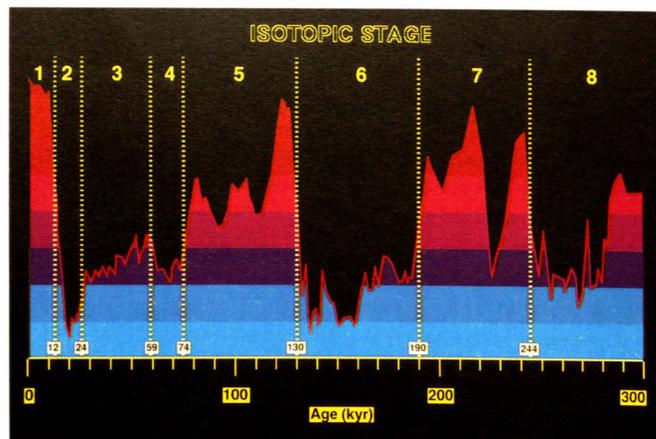


Abb. 3: Rechnerisch geglättete und gestapelte Standardisotopenkurve nach Martinson et al. (1987).

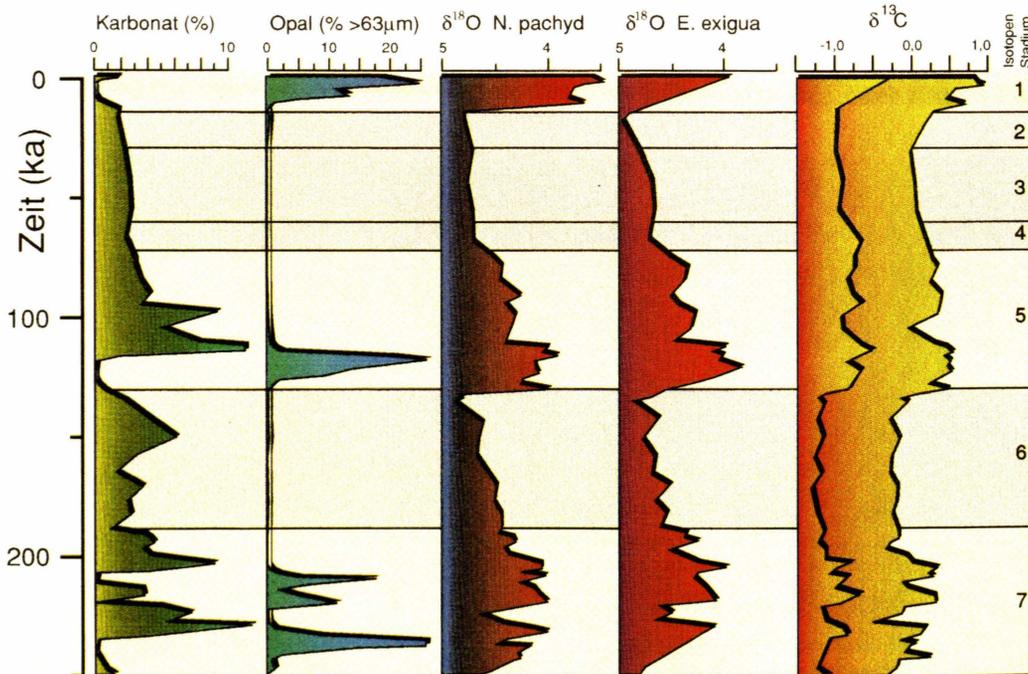


Abb. 4: Karbonat- und Opalgehalt der Sedimente im Schwerelotkern PS1388-3, sowie Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopenwerte der planktischen (*N. pachyderma*) und benthischen (*E. exigua*) Foraminiferen aufgetragen gegen die Zeit.

lokale Bedingungen an der Meeresoberfläche wider, während benthische Organismen das globale Sauerstoffisotopensignal und das charakteristische Kohlenstoffisotopensignal einer spezifischen Bodenwassermasse tragen.

Die Sauerstoffisotopenkurven der benthischen und planktischen Foraminiferen des Schwerelotkerns PS1388-3 vom antarktischen Kontinentalhang (69° 02'S/5° 55'W) aus 2536 m Wassertiefe ermöglichen erstmalig eine genaue Alterseinstufung einer südpolaren Sedimentabfolge aus den letzten 250.000 Jahren. Verschiedene Sedimentfazies, die aufgrund ihrer Tonmineralogie, ihres Gehaltes an eistransportiertem Material und ihrer Korngrößenspektren charakteristisch sind für bestimmte paläozeanographische Verhältnisse und Eisbedingungen, können datiert und interpretiert werden. Entsprechend lassen sich Wechsel in der Faunenzusammensetzung fossiler benthischer Foraminiferen einschneidenden Änderungen in den Umweltbedingungen zuordnen. Maxima in den biogenen Bestandteilen des Sediments, wie Opal und Karbonat, die auf hohe Produktivität deuten, fallen im Weddellmeer mit den Interglazialen zusammen, wobei zu Beginn eines Interglazials die Produk-

tion kieseligen Planktons, wie Diatomeen und Radiolarien, überwiegt. Erst mit zunehmender Erwärmung und zurückgehender Meereisbedeckung herrscht die Produktion kalkschaligen Planktons, dominiert von der Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma*, vor. Auch das Kohlenstoffsignal von benthischen und planktischen Foraminiferen deutet, vorbehaltlich möglicher Altersunterschiede zwischen den verschiedenen Wassermassen, auf eine erhöhte Produktivität während der Interglaziale.

Diese Ergebnisse tragen dazu bei, den globalen Kohlenstoffkreislauf der Vergangenheit besser zu verstehen. Sie klären z. B. auch, die aus Eiskernen abgeleiteten Variationen im CO₂-Gehalt der Atmosphäre. So widersprechen die Ergebnisse unserer Untersuchungen der Ansicht, daß die CO₂-Abnahme in der Atmosphäre während der Glaziale auf einer erhöhten Primärproduktion in den polaren Bereichen der südlichen Ozeane beruhte. Eher scheinen die CO₂-Schwankungen in der Atmosphäre an Veränderungen der tiefen ozeanischen Zirkulation im Zusammenwirken mit den Eisschilden auf der Nord- und Südhalbkugel, gekoppelt zu sein.

Sedimente und Fazies in der Filchner Rinne, südöstlicher Weddellmeerschelf

Martin Melles und Gerhard Kuhn

In der jüngeren geologischen Vergangenheit waren Schwankungen des Meeresspiegels, der Meeresströmungen und des Wärmehaushaltes der Erde eng mit Veränderungen des Volumens und der Ausdehnung der antarktischen Eismassen verknüpft. Zur Rekonstruktion dieser Veränderungen und zum Verständnis der damit verbundenen Prozesse liefern die Sedimente des antarktischen Kontinentalschelfes nützliche Informationen. Daher wurde während mehrerer "Polarstern"-Expeditionen der letzten fünf Jahre der südöstliche Weddellmeerschelf im Bereich der Filchner Rinne umfassend beprobt (Abb. 1). Die mit Großkastengreifern und Schwereloten gewonnenen Sedimentabfolgen dokumentieren den Zeitraum von der letzten Glazialzeit (Weichselglazial) bis heute.

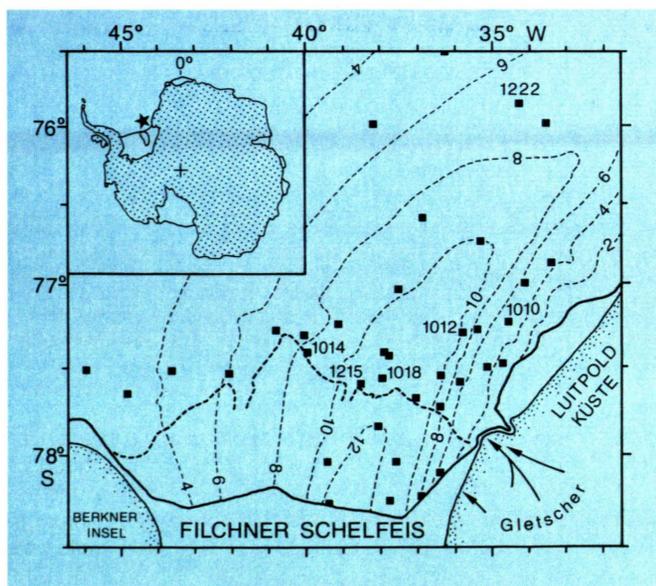
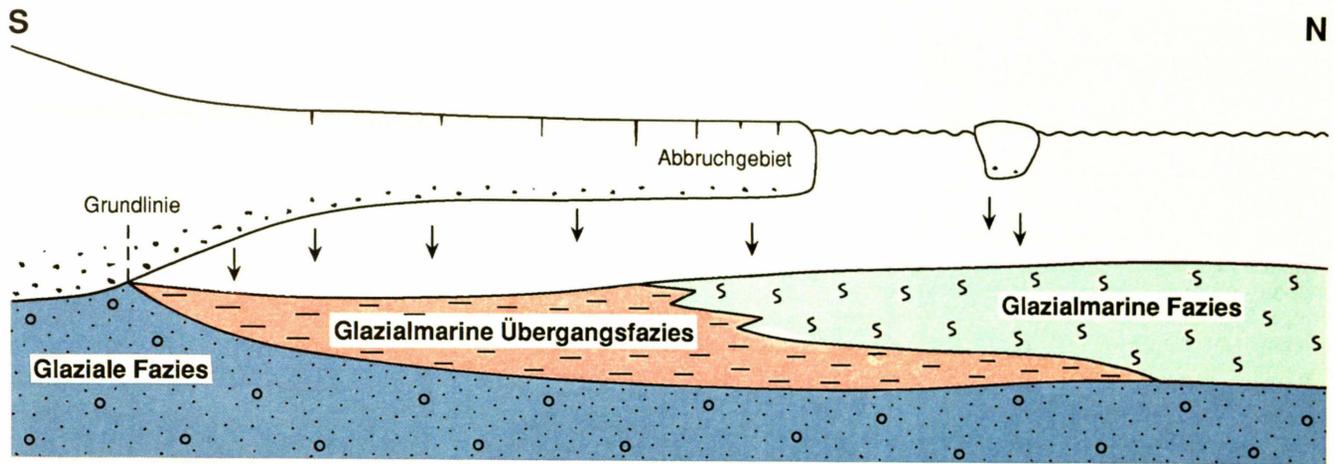


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (Stern im Kartenausschnitt), Bathymetrie (Tiefenlinien in Meter x 100) und Probennahmestationen (mit Stationsnummern der in Abb. 2 bis 4 verzeichneten Kerne). Die dick gestrichelte Linie zeigt den Verlauf der Schelfeiskante bis zu einem großen Kalbungsereignis im Südwinter 1986.

Die Sedimente weisen Unterschiede u. a. im Gehalt an biogenen und terrigenen Komponenten, in den Sedimentstrukturen und im Grad der Kompaktion auf. Die Summe der Merkmale eines Sedimentes an einem bestimmten Ort nennt man Fazies. Im Untersuchungsgebiet können drei Fazies unterschieden werden, die sich speziellen Ablagerungsräumen und Sedimentationsprozessen relativ zur Lage der Eismassen zuordnen lassen. Heute liegen die Fazies nebeneinander (Abb. 2). Unter dem aufliegenden Eis entsteht eine glaziale Fazies, unter dem schwimmenden Schelfeis eine glazialmarine Übergangsfazies und vor dem Abbruchgebiet des Schelfeises eine glazialmarine Fazies. Der holozäne Rückzug des Eises verursachte horizontale Verschiebungen der Fazies, die in Sedimentkernen in vertikaler Abfolge dokumentiert sind (Abb. 2).

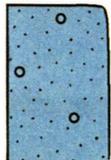
Die **glaziale Fazies** bildet sich südlich der Grundlinie des Schelfeises. Sie ist im Untersuchungsgebiet häufig in den unteren Bereichen der Sedimentkerne durch einen glazialen Diamiktit (Abb. 3 a unten) gekennzeichnet, der vermutlich während des Weichselglazials direkt aus den auf dem Untergrund aufliegenden Eismassen abgelagert wurde. Die Eisauflast führte zu einer sehr starken Kompaktion des Diamiktites. Die Abwesenheit von biogenen Sedimentkomponenten sowie von Bioturbations- und Schichtungsstrukturen ist auf das Fehlen eines marinen Einflusses zurückzuführen. Daher spiegelt die Zusammensetzung des Diamiktites die Korngrößen- und Komponentenverteilung des von den Eismassen erodierten und in den basalen Bereichen transportierten Gesteinsschuttes wider. Charakteristisch ist ein Korngrößenmaximum im Sandbereich, das unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann. Die Kiesgehalte unterliegen großen Schwankungen, Silt und Ton sind in fast gleichen Anteilen vertreten (Abb. 3c).

Regionale Unterschiede der Korngrößen- und Komponentenverteilung deuten darauf hin, daß der glaziale Diamiktit von verschiedenen Eisströmen mit spezifischen Liefergebieten und Transportweiten abgelagert wurde. Da der Diamiktit in den einzelnen Sedimentkernen sehr homogen ist, können sich die Eisströme im erfaßten Ablagerungszeitraum nicht wesentlich verlagert haben. Die Verbreitung der glazialen Fazies im gesamten Untersuchungsgebiet belegt, daß die Filchner Rinne zeitweise



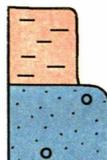
Faziesabfolgen:

unter dem
aufliegenden Eis

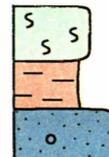


aus den Abfolgen im Untersuchungsgebiet
abgeleitet

unter dem
Schelfeis



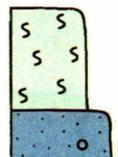
im Untersuchungsgebiet



bei einem
langsamen
Eisrückzug

z.B. 1014-1

bei einem
schnellen
Eisrückzug



z.B. 1222-1

Abb. 2: Schema der Faziesverzahnung und -abfolgen in der Filchner Rinne. Die glaziale Fazies bildet sich unter den aufliegenden Eismassen aus dem im Eis transportierten Gesteinsschutt; die glazialmarine Übergangsfazies entsteht unter dem schwimmenden Schelfeis, wo Strömung am Boden das durch Abschmelzung freigesetzte Sediment sortieren kann; nördlich des Abbruchgebietes des Schelfeises bildet sich die glazialmarine Fazies, die durch biogene Komponenten und Wühlstrukturen im Sediment gekennzeichnet ist. Mit dem holozänen Rückzug der Eismassen verlagerten sich die Fazies, wodurch sie im Sedimentprofil übereinander angeordnet sind.

von aufliegenden Eismassen ausgefüllt war. Die erodierende Wirkung des Eises könnte zur Entstehung der Filchner Rinne geführt haben.

Mit Beginn des holozänen Temperaturanstieges vor ca. 16000 Jahren änderte sich die Sedimentation. Die abschmelzenden Eismassen der Polargebiete führten zu einem Anstieg des Meeresspiegels und damit zum Aufschwimmen der Eismassen auf dem antarktischen Schelf. Damit erreichte eine **glazialmarine Übergangsfazies** das Untersuchungsgebiet (Abb. 2). Sie bildet sich unter dem schwimmenden Schelfeis, wo Strömungen am Boden zur Sortierung und Schichtung des

durch Abschmelzung freigesetzten Eisfrachtsedimentes führen (Abb. 3 a oben und 3 b). Die Schelfeisbedeckung verhindert jedoch eine biogene Produktion an der Meeresoberfläche und begrenzt vermutlich durch den damit verbundenen Nahrungsmangel auch das Leben am Meeresboden. Daher enthalten die Sedimente keine biogenen Komponenten und zeigen keine Bioturbationsstrukturen.

Für das vom Eis transportierte Sediment kann eine ähnliche Korngrößenverteilung angenommen werden, wie sie der glaziale Diamiktit aufweist. Korngrößenunterschiede in der glazial-

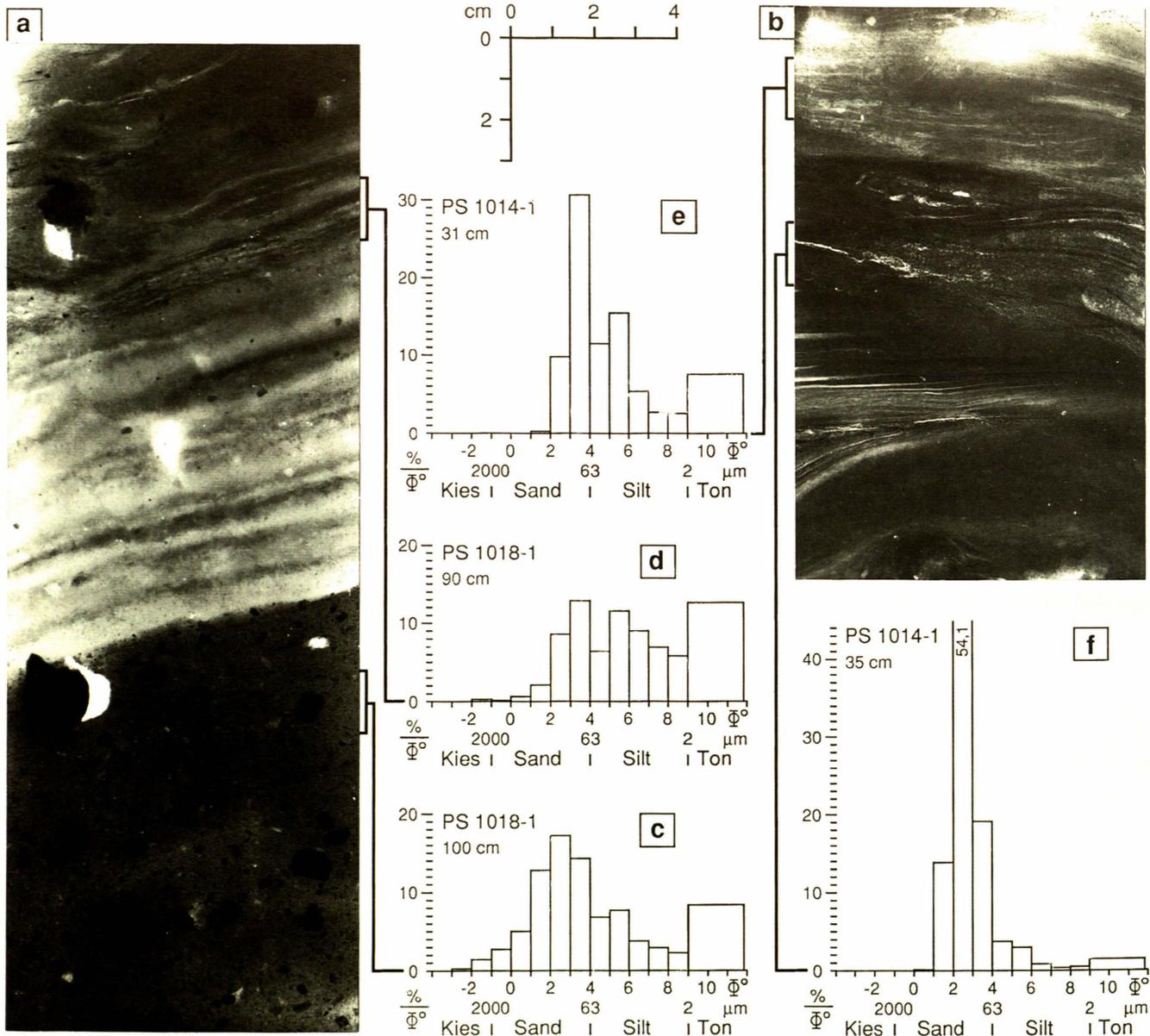


Abb. 3: Sedimentstrukturen in Röntgenaufnahmen (Radiographien) von 1 cm dicken, parallel zur Kernachse entnommenen Sedimentscheiben aus den Kernen 1018-1 (a) und 1014-1 (b; s. Abb. 1) mit Korngrößenhistogrammen aus entsprechenden Kerntiefen (c-f). Die Radiographien zeigen strukturlose Sedimente der glazialen Fazies (a unten) und geschichtete Sedimente der glazialmarinen Übergangsfazies (a oben und b).

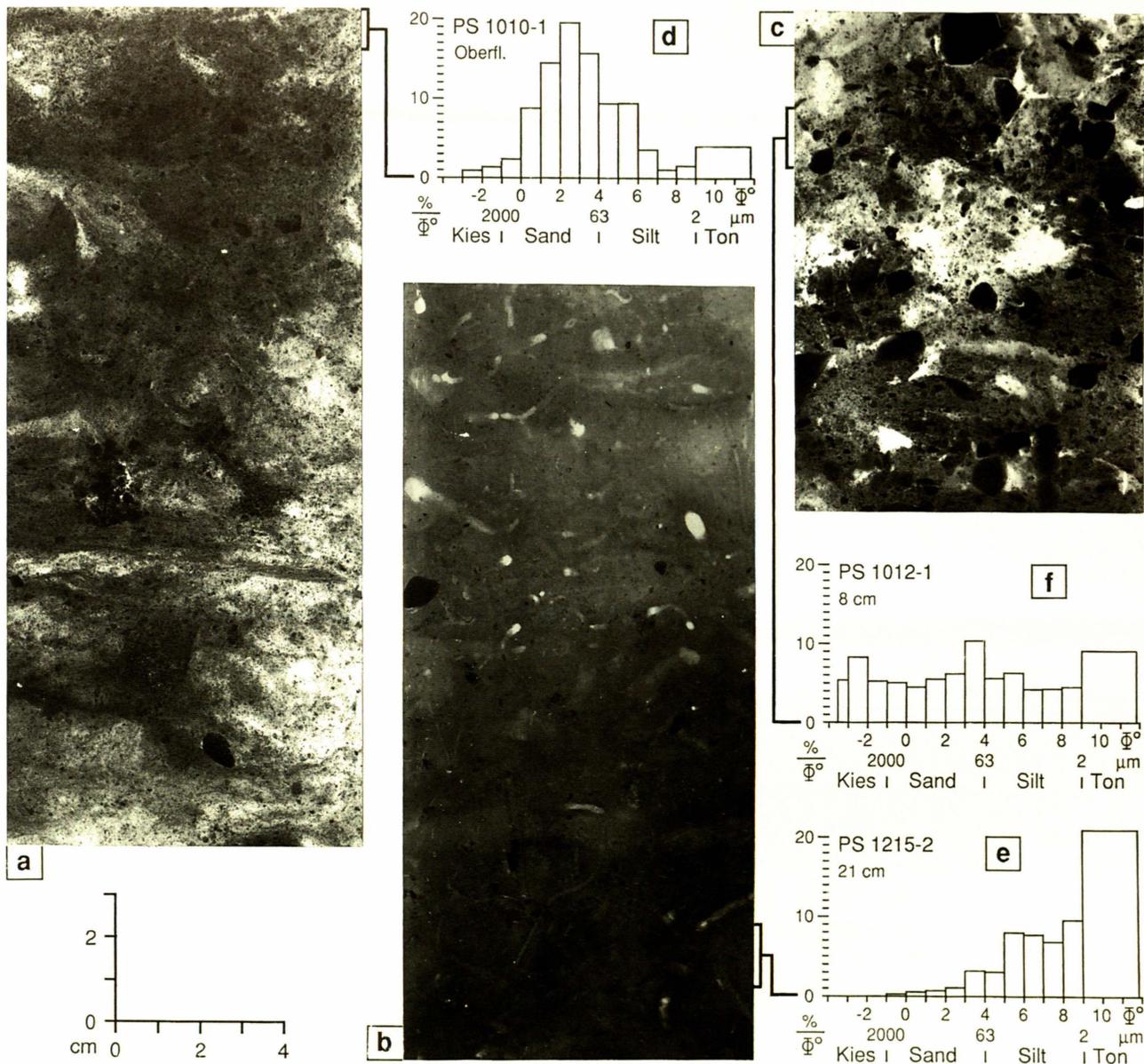


Abb. 4: Sedimentstrukturen in Röntgenaufnahmen (Radiographien) von 1 cm dicken, parallel zur Kernachse entnommenen Sedimentscheiben aus den Kernen 1010-1 (a), 1215-2 (b) und 1012-1 (c; s. Abb. 1) mit Korngrößenhistogrammen aus entsprechenden Kerntiefen (d-f). Die Radiographien zeigen die drei nach den Korngrößenverteilungen unterscheidbaren bioturbaten Sedimenttypen der glazialmarinen Fazies.

marinen Übergangsfazies lassen sich als Folge von Veränderungen des Eisfrachtsedimentes durch Strömung deuten. Hohe Stromstärken führen zu einer Abreicherung des Feinmaterials, welches in Bereichen mit geringen Stromstärken sedimentiert und dort zu einer Anreicherung der Eisfracht mit Feinmaterial führen kann.

An der östlichen Flanke der Filchner Rinne sind die Sedimente der glazialmarinen Übergangsfazies grobkörniger, in der zentralen Filchner Rinne feinkörniger als der glaziale Diamiktit. An der westlichen Flanke weisen sie ähnliche Korngrößenverteilungen wie der Diamiktit auf. Diese regionalen Unterschiede deuten auf im Osten einströmendes und im Westen ausströmendes Wasser unter dem Schelfeis während der Ablagerung der geschichteten Sedimente hin. Hohe Stromstärken haben vermutlich an der östlichen Flanke Feinmaterial abgereichert, welches in der zentralen Rinne nahe der Grundlinie des Eises unter einem ruhigen Strömungsmilieu abgelagert wurde. Der Ausstrom an der westlichen Flanke der Rinne hat durch geringe Stromstärken zu keiner wesentlichen Veränderung des Eisfrachtsedimentes geführt.

Nicht alle Kerne aus dem Untersuchungsgebiet enthalten Sedimente der glazialmarinen Übergangsfazies, sie fehlen vor allem im Norden der Filchner Rinne (Abb. 2). Dies läßt auf einen raschen Rückzug der Eismassen durch intensive Kalbung unmittelbar nach dem Aufschwimmen schließen, so daß die Zeit zur Ablagerung der geschichteten Sedimente dieser Fazies nicht ausreichte.

Vor dem Schelfeis und unter den Bereichen des Schelfeises, wo einströmendes Wasser eine biogene Produktion und Aktivität ermöglicht, werden Sedimente der **glazialmarinen Fazies** abgelagert (Abb. 2). Sie enthalten biogene Komponenten und weisen biogene Wühlstrukturen auf (Abb. 4 a-c). Als Folge der Bioturbation sind Schichtungsstrukturen nur noch vereinzelt und undeutlich erkennbar (Abb. 4 a). Nach den Korngrößenverteilungen lassen sich drei Sedimenttypen in der glazialmarinen Fazies unterscheiden.

Im Sedimenttyp an den Flanken der Filchner Rinne in Wassertiefen bis ca. 700 m deutet die Korngrößenverteilung auf eine Abreicherung des Feinmaterials vom Eisfrachtsediment hin. Ursache dafür könnte eine an der westlichen Flanke der Filchner Rinne nordwärts strömende kalte Wassermasse sein, die sich unter dem Filchner Schelfeis bildet. An der östlichen Flanke führt vermutlich ein südwärts gerichteter Arm des antarktischen Küstenstromes ebenfalls zu einer Abreicherung des Feinmaterials.

In der zentralen Filchner Rinne ist dagegen ein Sedimenttyp der glazialmarinen Fazies verbreitet, der gegenüber der Eisfracht deutlich an Ton und Silt angereichert ist (Abb. 4b und e). Das von den Hängen aufgenommene Feinmaterial wird demnach zum Teil in größeren Wassertiefen bei geringen Strömungen abgelagert.

Im Südosten der Filchner Rinne münden Gebirgsgletscher direkt in das Meer und in das östliche Filchner Schelfeis (Abb. 1). Vor den Gletschern tritt ein Sedimenttyp auf, der durch besonders hohe Kiesgehalte charakterisiert ist (Abb. 4 c und f). Der hohe Kiesgehalt läßt sich auf ein grobes Eisfrachtsediment der Gletscher zurückführen. Das Eis hat nur einen kurzen Weg vom Liefergebiet zurückzulegen, was eine reduzierte Zermahlung des Gesteinsschuttes zur Folge haben kann.

Die Faziesverteilung im Untersuchungsgebiet (Abb. 2) erlaubt Deutungen zum holozänen Rückzug der Eismassen nach dem letzten glazialen Vereisungsmaximum. Wir leiten aus den Daten ab, daß sich das Filchner Schelfeis mit dem holozänen Temperaturanstieg sehr schnell vom äußeren Kontinentalschelf zurückgezogen, und dann verlangsamt die heutige Lage erreicht hat. Die Filchner Rinne stellt seit dem Rückzug der Eismassen ein Sedimentationsbecken dar. Dies wird durch die Verteilung der Sedimenttypen in der glazialmarinen Fazies und durch die postglazialen Sedimentmächtigkeiten belegt, die in der zentralen Filchner Rinne einen Meter erreichen können, an den Hängen dagegen nur wenige Zentimeter aufweisen.

Hochauflösende Bathymetrie am antarktischen Kontinentalhang

Hans Werner Schenke

Bathymetrie umfaßt die Vermessung des Meeresbodens sowie die Analyse und Interpretation aller daraus ableitbaren Informationen. Die Ergebnisse werden überwiegend in Form von Tiefenlinienkarten, perspektivischen Blockbildern und Profilschnitten dargestellt. Die wissenschaftlichen Untersuchungen schließen die geomorphologische Interpretation der Formen und des Verlaufs der Meeresbodentopographie sowie die Beschreibung geologischer und geophysikalischer Strukturen ein. Der Verlauf des Meeresbodens ist für spezielle hydroakustische Untersuchungen und für die ozeanographische Modellierung eine wichtige untere Randbedingung. Die Bathymetrie ist somit als eine Erweiterung der konventionellen Seevermessung anzusehen.

Das Forschungsschiff "Polarstern" ist mit einer Fächersonaranlage ausgerüstet und kann damit den Meeresboden kontinuierlich flächenhaft vermessen. Der Vorteil des Fächersonars gegenüber Einzelechotmessungen ist die zweidimensionale Erfassung des Meeresbodens längs des Fahrtprofils mit einer Auflösung von etwa 150 m bei einer Wassertiefe von 3000 m. "Polarstern" führt als einziges Forschungsschiff in eisbedeckten Ozeanen systematisch flächenhafte Meeresbodenvermessungen durch.

Die von den Polarmeeren vorhandenen bathymetrischen Karten beruhen auf zum Teil sehr ungenauen und lückenhaften Daten diskreter Einzelmessungen, die keine hinreichende Darstellung der Topographie des Meeresbodens erlauben. In diesen Gebieten können nur eisbrechende Forschungsschiffe präzise flächendeckende Tiefenmessungen liefern.

Die geowissenschaftliche Forschung mit "Polarstern" konzentriert sich in der Antarktis auf den atlantischen Sektor. Ziel unserer bathymetrischen Arbeiten ist die Herstellung von Meeresbodenkarten im Gebiet des Weddellmeeres auf der Grundlage der vorhandenen Tiefenmessungen in den Maßstäben zwischen 1 : 50 000 und 1 : 1 000 000.

Unsere Arbeiten konzentrieren sich vorrangig auf die Herstellung großmaßstäbiger Karten für Spezialuntersuchungen in den Hauptarbeitsgebieten am antarktischen Kontinentalhang. Dessen Formen und Strukturen waren bislang nur unvollständig kartiert. Die bisher von der "Polarstern" gemessenen Seabeam-Profile lassen eine starke Zerklüftung des antarktischen Kontinentalhanges erkennen.

Im Verlauf des sog. Pre-Site-Survey für das Tiefsee-Bohrprogramm der "Joides Resolution" hat "Polarstern" 1986 vor Kapp Norvegia den Wegener Canyon entdeckt und detailliert vermessen. Es handelt sich um einen etwa 25 km langen, im Mündungsbereich 1300 m tiefen Einschnitt in den unteren antarktischen Schelfrand. Das Meßgebiet wurde während der Expeditionen 1987 und 1988 bis zur Schelfeiskante großflächig erweitert und auf einer Fläche von etwa 80 x 120 km² mit mehr als 9 Millionen Tiefen vermessen, aus denen für die weitere Auswertung und zur Kartenherstellung ein digitales Geländemodell berechnet wurde. Das hieraus abgeleitete dreidimensionale Bild (Abb. 1) veranschaulicht die Struktur des Kontinentalhanges im Bereich des Wegener Canyons.

Der obere Kontinentalhang beginnt bei etwa 400 m Wassertiefe direkt unterhalb der heutigen Schelfeiskante und geht bei 1700 m Wassertiefe in den mittleren Hang über. Die Geländeneigung beträgt am oberen Hang etwa 15°. Der mittlere Hang mit Wassertiefen zwischen 1700 und 3100 m ist mit 1,5° Geländeneigung relativ flach. Der untere Kontinentalhang, dessen Fuß bei 4400 m Wassertiefe liegt, weist maximale Geländeneigungen von 30° auf.

Der mittlere Kontinentalhang ist von fünf Erosionsrinnen durchzogen, die teilweise bis zu 200 m tief sind und in einer leichten Krümmung senkrecht zum Hang verlaufen. Die großmaßstäbige Isolinienkarte des oberen und mittleren Kontinentalhanges (Abb. 2) verdeutlicht die feingegliederte Struktur des mittleren Hangbereiches. Es ist vorgesehen, im Verlauf zukünftiger "Polarstern"-Expeditionen die Fächersonarmessungen so zu erweitern, daß ein großmaßstäbliches bathymetrisches Kartenwerk des gesamten antarktischen Kontinentalschelfs erstellt werden kann.

Das neue Fächerlot Hydrosweep der "Polarstern" im Einsatz

Bis 1988 erfolgten die Fächerlotmessungen auf "Polarstern" mit der Seabeam-Anlage. Die in Deutschland mit BMFT-Unterstützung entwickelte weitaus leistungsfähigere Hydrosweep-Anlage ersetzt dieses System seit dem Sommer 1989. Das mo-

derne Fächerlot hat einen Öffnungswinkel von 90° , so daß die Breite des kontinuierlich erfaßten Streifens am Meeresboden das Doppelte der Wassertiefe unter dem Schiff beträgt. Bei 12 Knoten Fahrt kann das Hydrosweep-System pro Tag bei einer mittleren Wassertiefe von 3000 m eine Fläche von 3200 km² vermessen.

Der Sonarfächer von Hydrosweep setzt sich aus 59 Einzelstrahlen zusammen. Dadurch wird eine sehr hohe Meßauflösung innerhalb des Fächers erzielt. Umfangreiche Tiefseerprobungen in der Biscaya und im Gebiet der Romanche Bruchzone während der "Polarstern"-Fahrt ANT VIII/1 haben gezeigt, daß die innere Meßgenauigkeit bei Hydrosweep etwa 0.5 % der Wassertiefe beträgt. Die bei der Wasserschall-Kalibrierung durch die 90° -Drehung des Meßfächers bis zu ei-

ner Entfernung der Wassertiefe vorausblickenden Sonarstrahlen liefern zusätzlich schiffszeitparende Unterstützung beim Aufsuchen von Meß- und Verankerungspositionen. Änderungen der Verstärkungsregelung und der Filterparameter ermöglichen dem Nutzer, die Sonarmessungen an die physikalischen und topographischen Meeresbodenverhältnisse anzupassen und dadurch den Einfluß systematischer Fehler zu reduzieren. Spezielle Rechenprogramme, die am AWI entwickelt wurden, erlauben eine sofortige Überprüfung und Korrektur der Meßdaten und damit die Erstellung bathymetrischer Karten bereits an Bord.

Die erste umfangreiche Flächenvermessung mit Hydrosweep erfolgte im Dezember 1989 im Bereich der Antarktischen Halbinsel. Nordwestlich von Smith Island wurden im Schnittgebiet

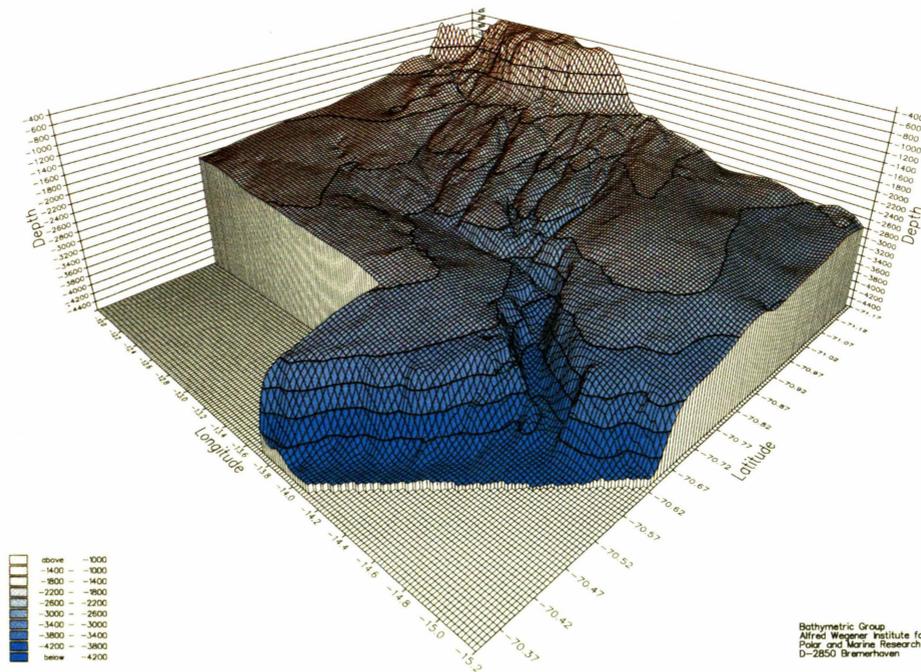


Abb. 1: Dreidimensionale Darstellung des antarktischen Kontinentalschelfs im Bereich des Wegener Canyons.

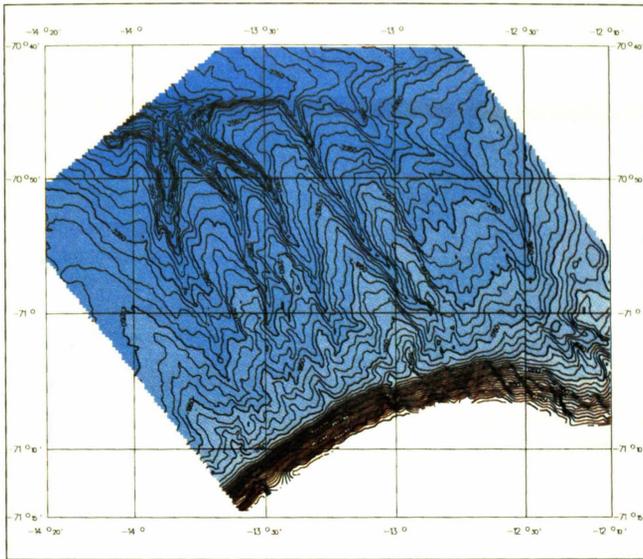


Abb. 2: Großmaßstäbige bathymetrische Karte des oberen und mittleren Kontinentalhanges.

zwischen der Hero Fracture Zone und dem South Shetland Graben vier Parallelprofile von etwa 100 km Länge abgefahren. Ziel dieser Vermessung war die Erstellung einer bathymetrischen Karte, mit deren Hilfe die Ergebnisse früherer reflexionsseismischer Messungen interpretiert werden sollen. In einer Fahrzeit von nur 16 Stunden wurde eine Fläche von 2800 km² vermessen, von der an Bord sofort eine Isolinienkarte hergestellt werden konnte.

Die Abbildung 3 enthält einen Ausschnitt des Meßgebietes mit Isolinien und überdeckt den Zentralteil des westlichen Auslaufs des South Shetland Grabens. Die perspektivische Darstellung dieses Gebietes (Abb. 4) verdeutlicht die typischen Formen dieser ausgeprägten tektonischen Störung. Umfassende morpho-tektonische Analysen sollen im Zusammenhang mit geophysikalischen und geologischen Untersuchungen später erfolgen.

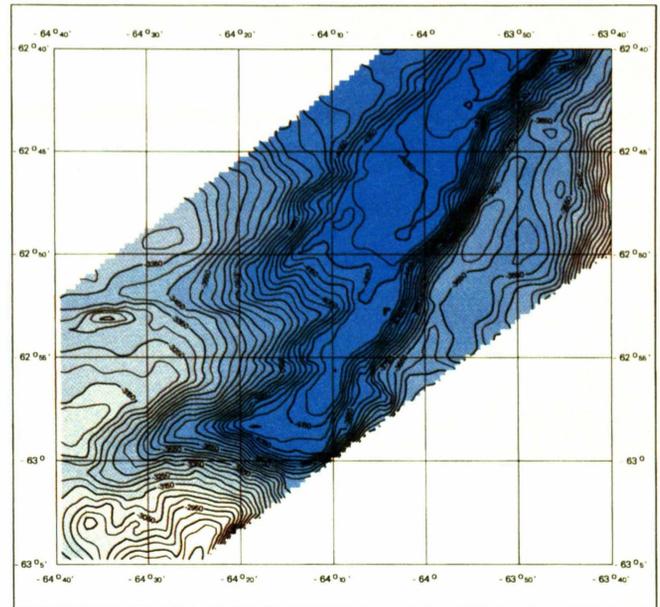


Abb. 3: Tiefenlinienkarte im südwestlichen Auslauf des South Shetland Grabens vor Smith Island.

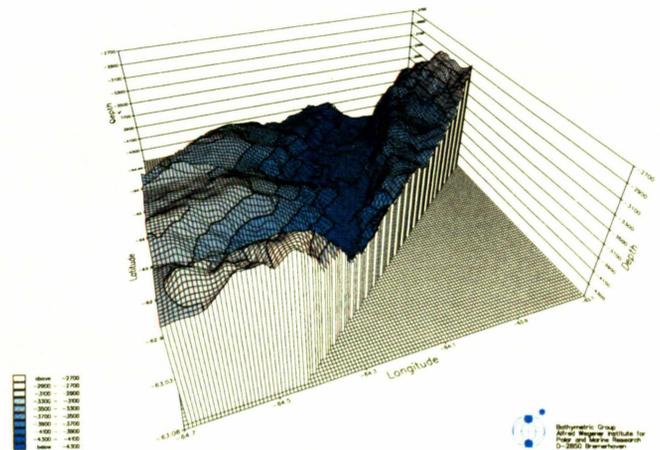


Abb. 4: Dreidimensionale Darstellung des Gebietes der Abbildung 3 mit Blick aus südwestlicher Richtung in den South Shetland Graben.

Feinstruktur des Schelfrandes im östlichen Weddellmeer vor Kapp Norvegia

Norbert Kaul und Heinz Miller

Im Südsommer 1986/87 wurde der östliche Kontinentalrand des Weddellmeeres mit Hilfe hochauflösender seismischer Untersuchungen detailliert erforscht. Die Kombination der seismischen Linien mit den Ergebnissen der Bohrungen 692 und 693 des internationalen Tiefsee-Bohrprogramms (ODP) erlaubt eine Neugliederung der sedimentären Stockwerke in diesem Gebiet. Besonders hervorgehoben ist ein Netz seismischer Linien nordwestlich von Kapp Norvegia, die zur Untersuchung des Explora Escarpments und des Wegener Canyons dienen. Die Kreuzungspunkte der seismischen Linien wurden auf die Bohrungen 693 und 692 gelegt, die sich auf den Flanken des Canyons befinden.

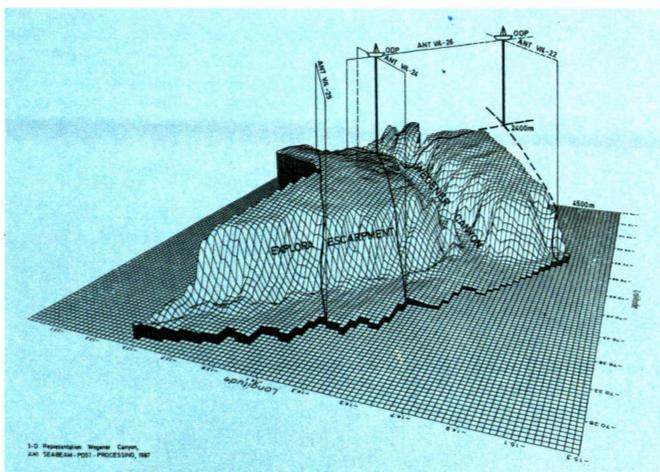


Abb. 1: Die seismische Sektion über das Explora Escarpment und die sedimentären Sequenzen.

Die wesentlichen Strukturmerkmale des Untersuchungsgebiets sind das Explora-Andenes Escarpment, der Wegener Canyon und die sedimentären Sequenzen aus dem Meso- und Känozoikum.

Das Explora Escarpment ist eine morphologische Stufe im Meeresboden, die bei Kapp Norvegia eine Sprunghöhe von ca. 1200 m aufweist. Der Fuß des Escarpments geht bei ca. 4000 m

Wassertiefe steil in den Tiefseeboden über. Eine Übergangszone oder ein Schuttfächer ist nicht erkennbar. Der Anstieg auf ein Plateau bei 3000 und 2500 m Wassertiefe erfolgt auf der Südwestseite des Wegener Canyons in Stufen, wobei die Steilheit des Escarpments beim Übergang in die Plateauebene stetig abnimmt. Die genannten Merkmale sind im seismischen Profil der Abb. 1 und der dreidimensionalen Darstellung auf der Abb. 2 gut zu erkennen. Das Escarpment ist nach Nordosten und Südwesten hin zu verfolgen, verliert aber in beiden Richtungen an Höhe. Bereits 100 km südwestlich von Kapp Norvegia beträgt die Sprunghöhe nur noch 750 m.

Der Wegener Canyon besteht aus einem System von fünf Canyonarmen, die vom Kontinentalhang über das Plateau ziehen und sich zu einem tiefen Einschnitt in das Escarpment vereinen. Das Querprofil (Abb. 3) über das südlichste Ende des Canyons verdeutlicht, daß der morphologische Aufbau des Canyons durch Erosion bedingt ist, die die sedimentären Stockwerke durchschlägt. Die seismischen Daten belegen, daß die Erosion über einer Störungszone angesetzt hat. Unklar ist noch, ob die Erosion rezent weitergeht, da ein Schelfeis von ausreichender Größe zur Produktion von kaltem Bodenwasser zur Zeit fehlt. Diese Bedingungen erfüllen heute nur drei große Schelfeise (Ross-, Rønne-Filchner- und Amery-Schelfeis) in der Antarktis, die eine genügend große Fläche besitzen, um erosiv wirkendes, schnell fließendes Bodenwasser zu erzeugen.

Der tiefste Horizont im sedimentären Stockwerk ist die Lage W1. Die Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt des Profils mit den Namen und Einheiten. Das Alter des Horizontes W1 wird mit mittlerem Jura bis untere Kreide angenommen. Unterhalb dieses Horizontes sind an mehreren Stellen seewärts einfallende Reflektoren zu erkennen, die mit Lavaflüssen beim Zerbrechen von Gondwana in Verbindung gebracht werden. Die Sequenz W1 stößt als onlap-Struktur an ihre nach Norden hin geneigte Basis. Die Mächtigkeit beträgt im nördlichen Teil des Plateaus etwa 1000 m; keilt nach Süden zum Kontinentalhang hin aus. Das nördliche Ende der Schicht verschwindet mit im oberen Bereich chaotischen Reflektoren in der Nähe des Escarpments.

Die Sequenz W2 zeichnet sich durch einen Stapel paralleler Reflektoren aus, die ein Paket von ca. 500 m Mächtigkeit beschreiben, die über die gesamte Länge des Plateaus (ca. 50 km)

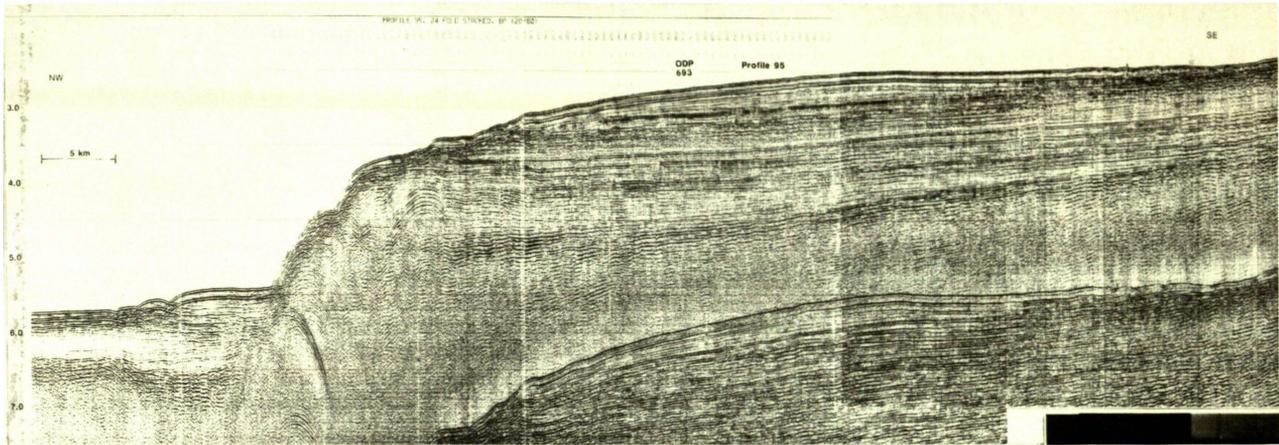


Abb. 2: Morphologische Ansicht des Explora-Escarpments mit den seismischen Linien von ANT V/4.

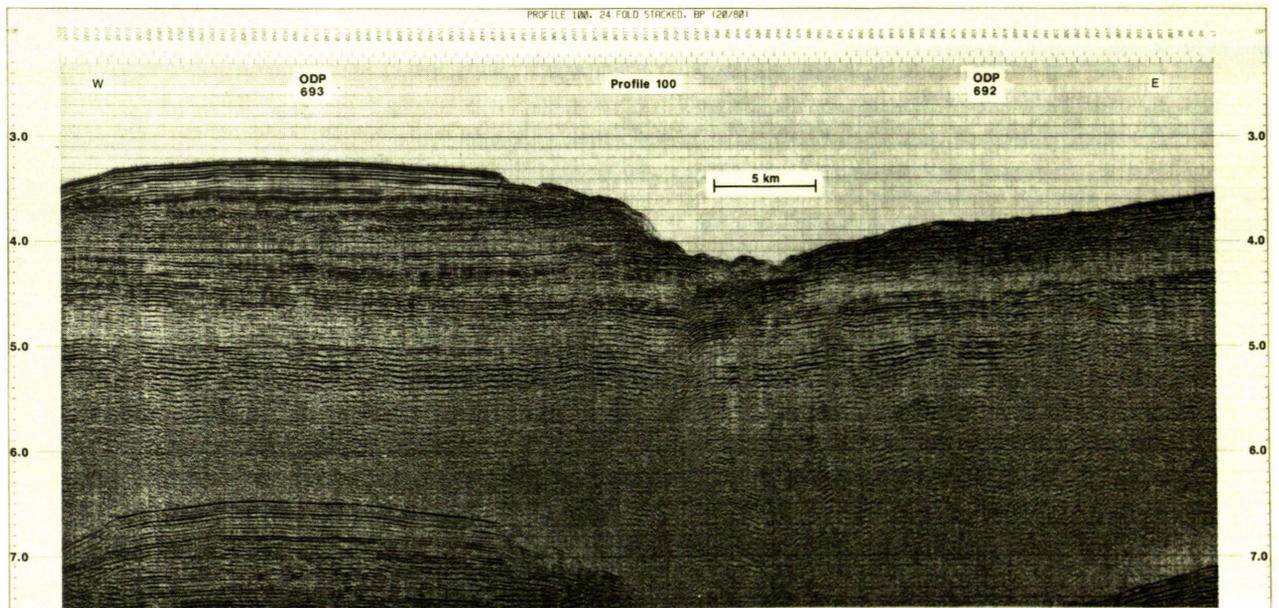


Abb. 3: Prozessierte Sektion über den Wegener Canyon und die Bohrpunkte ODP 692 und 693.

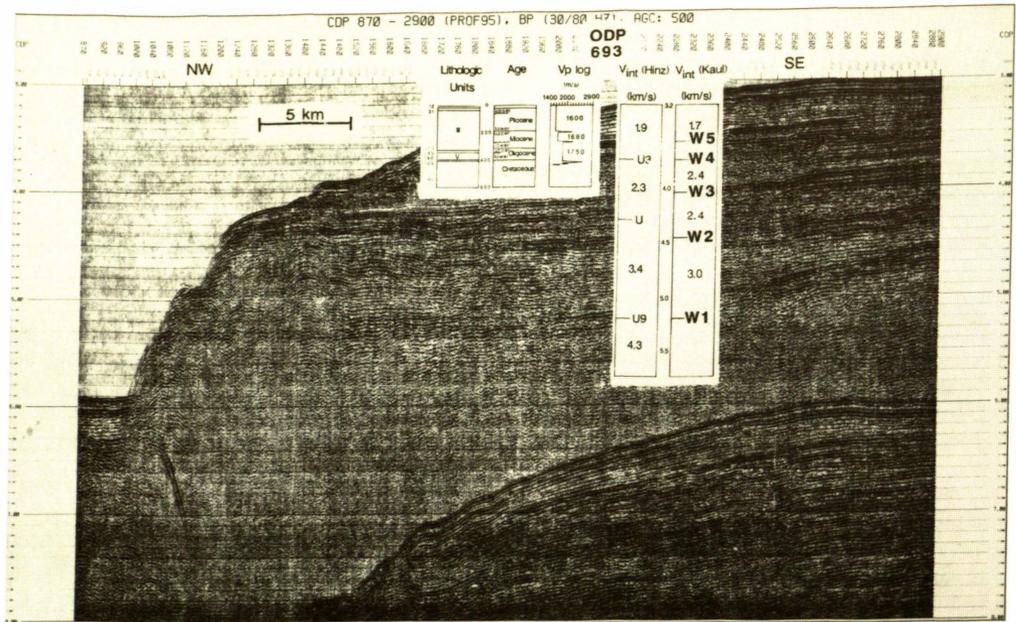


Abb. 4: Stratotypus der seismostratigraphischen Einheiten an der Bohrlage ODP 693. Litho- und Chronostratigraphie sowie Geschwindigkeiten der seismischen Wellen sind mit angegeben.

erhalten bleibt. Die Neigung der gesamten Schicht beträgt dabei 500 m auf 50 km Länge nach Nordwesten. Die Reflektoren halten auch oberhalb des strukturlosen Gebietes am Escarpment aus.

Die Einheit W3 ist charakterisiert durch ein Reflexionsbild von welligen, stückweisen Reflektoren in der Nähe der Bohrstelle 693. Weiter im Süden weicht dieses Muster jedoch einer völlig parallelen ebenen Schichtung. Das Material dort wurde als unterkretazischer Tonstein mit einem hohen Anteil organischer Substanz identifiziert. Die Deformation dieser Schwarzschiefer wurde vermutlich durch eine Mobilisierung bei der Entgasung hervorgerufen. Auf der Ostseite des Wegener Canyons bildet dieses Material das oberste Schichtpaket. Seine Mächtigkeit beträgt ca. 400 m. Die untere Begrenzung der Schicht ist durch den kontinuierlichen Reflektor, W3, gekennzeichnet. Die känozoischen Einheiten wurden an der ODP-Bohrung 693 gebohrt; sie können ohne Schwierigkeiten mit den stratigraphischen Grenzen korreliert werden.

Lehmige und diatomeenreiche siltige Tone bilden die Bestandteile der Einheit W2. Das Alter von W4 reicht vom unteren über das obere Oligozän bis zum unteren Miozän mit einer Schichtlücke von ca. 5 Mio. Jahren im mittleren Oligozän. Die

Einheit W4 ist nach unten und oben durch ausgeprägte Schichtlücken begrenzt, zum Liegenden ist es ein Hiatus von ca. 64 Mio. Jahren zwischen oberer Unterkreide und unterem Oligozän (Reflektor W4), zum Hangenden fehlt der größte Teil des mittleren Miozäns. Diese Schichtlücke schlägt sich im Reflektor W5 nieder.

Alle Einheiten oberhalb von W5 zeigen ein recht gleichmäßiges Muster dünner paralleler Lagen. Die feine Schichtung ist eine Folge glazial mariner Sedimentation seit dem mittleren Miozän.

Charakteristisch ist insbesondere für die seismischen Horizonte W5, W4 und W3, daß sie senkrecht an der Escarpmentwand abbrechen und mit Absätzen im Abhang einhergehen. Durch eine bathymetrische Vermessung des oberen Teils des Wegener Canyons wurde nachgewiesen, daß die Schichtgrenzen zu ausgeprägten morphologischen Stufen führen. Unterhalb des Ausbisses im Reflektor W3 sind weitere Absätze in der Escarpmentwand zu beobachten, die mit den Horizonten W1 und einem weiteren (W1.1) korrelieren. Auf Grund dieser Analogie ist anzunehmen, daß es sich bei dem undurchsichtigen Teil unterhalb des Escarpmentabhanges um tektonisch beanspruchte Sedimente handelt, die in diesem Bereich kein klares seismisches Abbild liefern.

Neue Verfahren zur Gefügeuntersuchung an Eiskernen

Manfred A. Lange und Hajo Eicken

Der Austausch von Energie, Stoffen und Impuls zwischen Hydrosphäre und Atmosphäre hängt markant von der Meereisbedeckung der polaren Ozeane ab. Eisbildung im Herbst und das Schmelzen der Eisdecke im Frühjahr beeinflussen ferner den Salzhalt des Ozeans und die oberflächennahe Struktur der Wassersäule. Daneben bildet das Meereis den Lebensraum für eine Reihe speziell adaptierter Organismen, die für das marine Ökosystem der Polarmeere von Bedeutung sind.

Die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Meereises werden durch sein Gefüge (Textur) beeinflusst. Die Textur charakterisiert die Volumenanteile, die Geometrie und die räumliche Anordnung von Eiskörnern und Porenraum. Sie resultiert aus der Entwicklungsgeschichte der jeweiligen Eisdecke. Diese wiederum spiegelt die äußeren Verhältnisse bei der Eisbildung, also die Randbedingungen in Ozean und Atmosphäre wider, die sowohl die Eisbildungsrate als auch die Modifikation schon bestehender Meereisdecken wesentlich beeinflussen. Demzufolge ist aus der Eistextur eine ungefähre Rekonstruktion dieser Bedingungen möglich. Dies macht deutlich, warum der Bestimmung des Gefüges im Rahmen der Meereisuntersuchungen eine besondere Bedeutung zukommt.

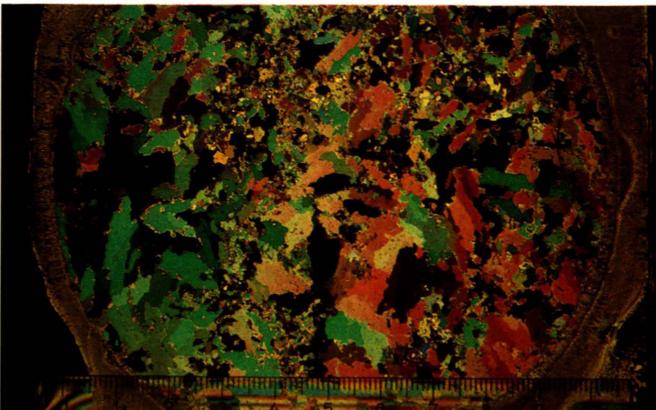


Abb. 1 a: Horizontaldünnschnitt eines Meereiskerns aus der Antarktis (Skaleneinteilung in mm). Die Flächen einheitlicher Farbe entsprechen einzelnen Eiskristallen, die mit Hilfe der Aufzeichnungstechnik zwischen gekreuzten Polarisatoren sichtbar werden.

Bisher wurden textuelle Eigenschaften eines Eiskerns vor allem durch die visuelle Bewertung von sog. Dick- oder Dünnschnitten festgelegt. Diese Methode hat jedoch zwei wesentliche Nachteile: sie ist zum einen weitgehend qualitativ und zum anderen zeitaufwendig. Qualitative Texturdaten lassen sich nur beschränkt zu quantitativ ermittelten physikalischen, chemischen und biologischen Meßgrößen in Beziehung setzen. Bei der Dünnschnittherstellung wird außerdem Kernmaterial zerstört, welches nicht mehr analysiert werden kann (z.B. für die Untersuchung mechanischer Eiseigenschaften, die in der Regel den vollen Kern erfordern). Darum werden am AWI seit einigen Jahren neue Verfahren zur Gefügeuntersuchung mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung erprobt, die quantitative Texturdaten liefern. Die Grundlage unserer zweiten Methode bildet eine Eiskern-Analysen-Bank (EAB), die zerstörungsfreie Gefügeuntersuchungen sowie die Bestimmung physikalischer Eigenschaften an Eisbohrkernen ermöglicht.

Digitale Bildverarbeitung als Instrument der quantitativen Gefügeanalyse

Gefügeinformation aus Eisdünnschnitten, in denen Kristalle und Einschlüsse sichtbar werden, müssen subjektiv in Worte oder Zahlen umgesetzt werden. Objektive Beschreibungen erhält man, indem das Gefüge mit einer Videokamera aufgezeichnet und mit Hilfe eines Mikrocomputers aufgrund eines passenden Analyseprogramms systematisch aufgeschlüsselt wird. Auf alle Proben wird die gleiche Methode angewandt, die auch größere Datenmengen erfassen und verwalten kann, — dies ist ein solides Fundament für vergleichende Untersuchungen oder Klassifizierungen. Über die Bestimmung von Kornflächen oder die Orientierung der Kristalle kann das Gefüge direkt mit anderen Eiseigenschaften oder mit den Bildungsbedingungen in Beziehung gesetzt werden.

Am AWI analysieren wir das Gefüge vollautomatisch unter vergleichsweise einfachen Voraussetzungen - ein Mikrocomputer mit Bildverarbeitungskarte und eine Videokamera - mit einem Analysenprogramm. Das System erkennt selbständig Korn und Poren und bestimmt Gefügeparameter, die aufgrund der jeweiligen Fragestellung ausgewählt werden können. Beispielhaft ist in Abbildung 1 b die Korngrößenverteilung einer Probe säuli-

gen Meereises aus der Antarktis (Abb. 1 a) dargestellt. Diese Verteilung ergibt sich durch Anwendung eines Verfahrens aus der mathematischen Morphologie, das einer optischen Siebung der Probe gleichkommt: durch schrittweises Schrumpfen werden Körner bestimmter Größen aus dem Bild entfernt. Der pro-

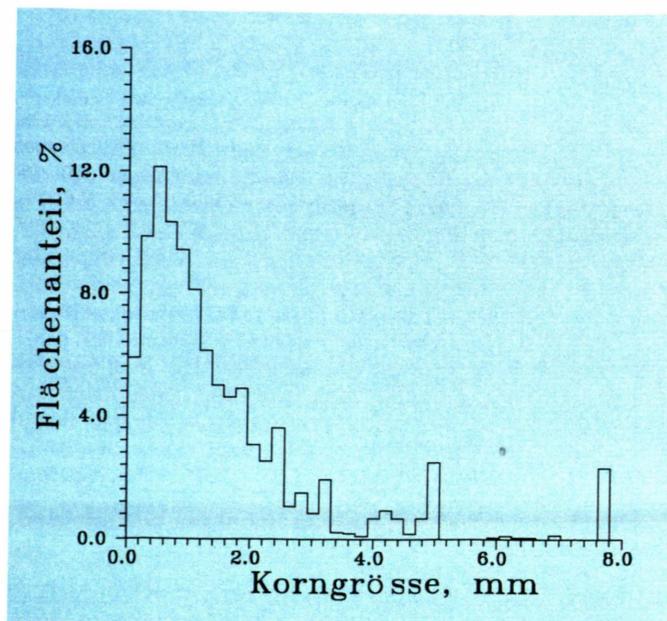


Abb. 1 b: Korngrößenverteilung des in Abb. 1 a gezeigten Dünnschnitts, mit Hilfe eines digitalen Bildanalyseverfahrens ermittelt.

zentuale Flächenanteil dieser Körner ist in Abbildung 1 b gegen den Korndurchmesser aufgetragen. Deutlich ist hierbei der hohe Flächenanteil weniger großer Körner, die langsames Eiswachstum voraussetzen und die Materialeigenschaften des Eises entscheidend mitbestimmen. Die aus einer solchen Verteilung bestimmte mittlere Korngröße ist als Maß für die Wachstumsbedingungen des Eises und zur Unterscheidung verschiedener Wachstumsregimes geeignet.

Ermittlung physikalischer Eiseigenschaften an der Eiskern-Analysen-Bank

Die EAB wurde so eingerichtet, daß sie die physikalischen Eigenschaften der Eiskerne mit hoher räumlicher Auflösung reproduzierbar bestimmt. Um den personellen Aufwand möglichst gering zu halten, erfolgt das Einspannen, Bearbeiten und Vermessen der Eiskerne weitgehend automatisch. Selbstentwickelte Programme steuern die EAB bei allen Arbeitsvorgängen über einen Personalcomputer.

Zum Bearbeiten und Messen der Proben dient ein sich präzise bewegender Gerätewagen, in dem die Bearbeitungswerkzeuge (Dreh-, Säge- und Fräsmodul) und das Meßmodul für die Erfassung elektrischer Leitfähigkeiten, der Ultraschallmeßkopf sowie eine Videokamera untergebracht sind (Abb. 2). Der Eiskern wird bei allen Bearbeitungs- und Meßvorgängen von Spannbacken gehalten, die sich automatisch öffnen und schließen.

Die Ultraschallmessungen dienen zum einen dazu, elastische Materialeigenschaften zu bestimmen. Zum andern können die weitgehend frei gegeneinander auf einer Kreisbahn zu bewegenden Meßköpfe den Probenkörper auf einer Vielzahl von Strahlenwegen durchschallen und machen damit tomographische Analysen möglich. Diese liefern zweidimensionale "Schnittbilder" und erlauben es, Gefügedaten an beliebigen Stellen des Eisbohrkerns zu bestimmen.

Abbildung 3 zeigt die Ultraschallgeschwindigkeit als Funktion des Azimuts, die für eine bestimmte Tiefe an einem Meereiskern aus der Arktis gemessen wurde. Die deutlich sichtbare Anisotropie der P-Wellengeschwindigkeiten ist ein Maß für die Anisotropie der C-Achsenverteilung des Eises an dieser Stelle. C-Achsen sind identisch mit den optischen Achsen des Eiskristallgitters. Ihre Verteilung kennzeichnet die Einregelung der Körner und ist damit ein wichtiger Gefügeparameter. Isotrop verteilte C-Achsen (d.h. keine Vorzugsrichtung in den Orientierungen) führen zu gleichgroßen P-Wellengeschwindigkeiten, während die hier gezeigte Anisotropie auf eine azimutale Vorzugsrichtung der horizontal eingeregelteten C-Achsen schließen läßt.

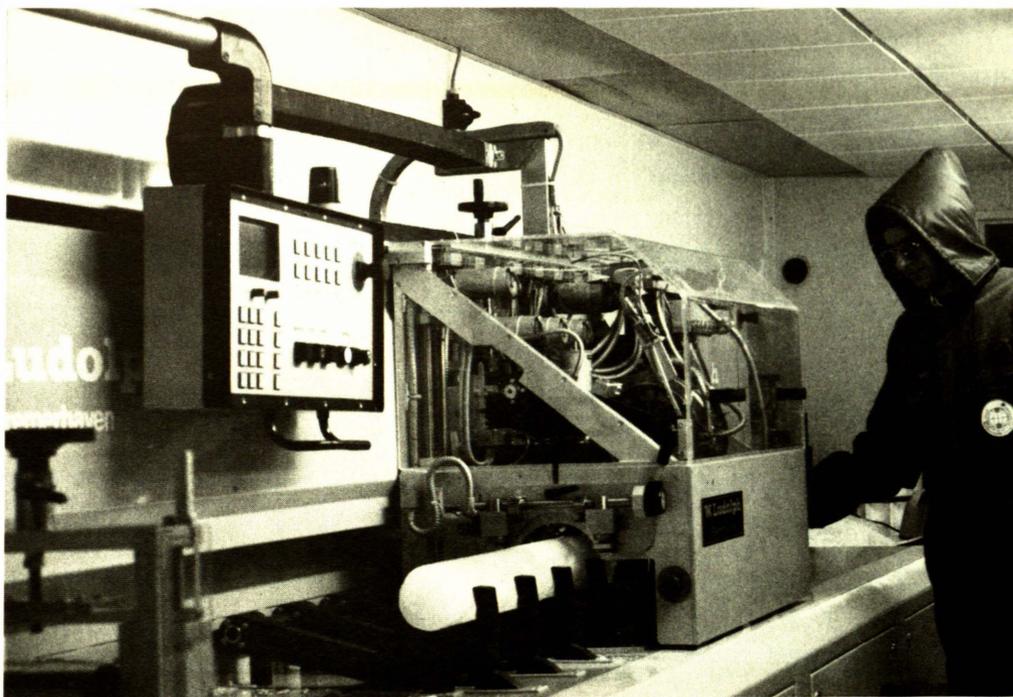


Abb. 2: Ansicht der Eiskern-Analysen-Bank (EAB) im Kalllabor des AWI. Deutlich zu sehen sind der Handbedienungsteil der Bank sowie der Gerätewagen, der sowohl Bearbeitungs- als auch Meßmodule trägt.

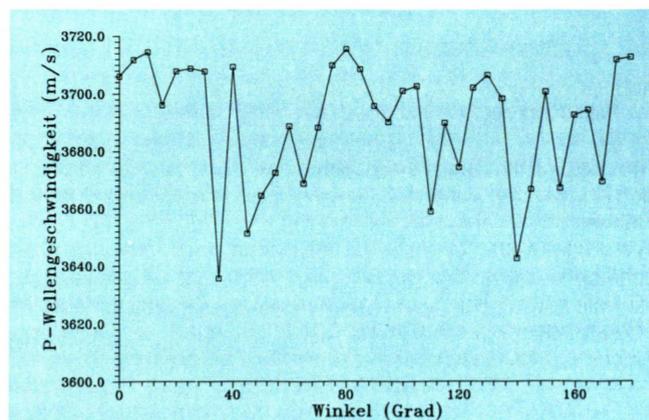


Abb. 3: Abhängigkeit der P-Wellengeschwindigkeit von der azimutalen Durchschallungsrichtung, gemessen an einem arktischen Meereiskern mit dem Ultraschallmeßkopf der EAB. Die Variation in den Ultraschallgeschwindigkeiten ist auf eine anisotrope c-Achsenverteilung zurückzuführen.

Klimainformationen aus altem Eis

Nils Reeh, Hans Oerter und Heinz Miller

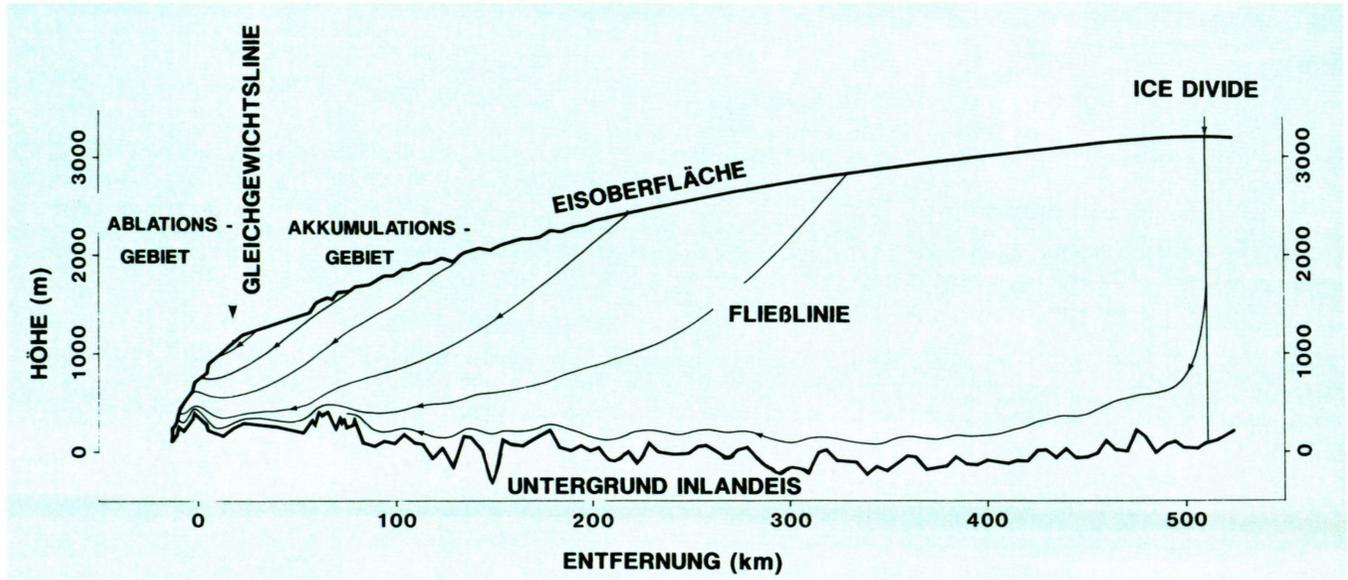


Abb. 1: Querschnitt durch das Inlandeis längs der in Abb. 2 eingetragenen Fließlinie mit den Bahnen, längs derer sich einzelne Eispartikel bewegen.

Die großen Inlandeise Grönlands und Antarktikas bergen, wie verschiedene Tiefbohrungen gezeigt haben, reiche Information über Klima und Umweltveränderungen während der vergangenen 150000 Jahre, wahrscheinlich sogar über diesen Zeitraum hinaus. Jüngste Untersuchungen ergaben, daß das alte Eis, das man im zentralen Bereich der Inlandeise in großen Tiefen erbohrt hatte, auch am Eisrand, und zwar an der Oberfläche gewonnen werden kann: Dort weist das Eis eine steil einfallende Schichtfolge auf - die ältesten Schichten liegen am äußersten Rand - und es kann mit einfachen Mitteln beprobt werden. Trotz der langen Fließzeit und des weiten Fließweges von den zentralen Gebieten der Inlandeise, wo sich das Eis ursprünglich aus dem Niederschlag gebildet hatte, birgt das Eis im Randbereich noch die Information über die atmosphärischen Bedingungen, unter denen es einst gebildet wurde. Die relativ geringen Kosten und die einfache Beprobungsmethode erlauben es, im regionalen Maßstab Klimageschichte und Dynamik der Inlandeise wäh-

rend hunderter oder tausender von Jahren zu "kartieren". Damit kann ein nützlicher Beitrag zur Erforschung des vergangenen Klimas geleistet werden.

Klimageschichte gespeichert im Inlandeis

Alljährlich lagert sich eine neue Schneeschicht im zentralen Gebiet des Grönländischen Inlandeises ab. Wegen der niedrigen Temperaturen, schmilzt der Schnee nicht, sondern bildet sich allmählich infolge der jährlich steigenden Schneelast auf Eis um (Akkumulationsgebiet). Auf diese Weise speichert das Inlandeis die Jahresschichten des Schneeniederschlags. Jede Schicht enthält Informationen über die atmosphärischen Bedingungen zur Zeit der Schneeablagerung. Ein wesentlicher Klimaindikator ist das Verhältnis der stabilen Sauerstoffisotope $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ im Wassermolekül, das vorwiegend von der Kondensationstemperatur in der Atmosphäre während der Niederschlags-

bildung abhängt. Das $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnis im Niederschlag weist deshalb starke jahreszeitliche Schwankungen auf und verändert sich ebenso beim Wechsel zwischen kälteren und wärmeren Klimaperioden.

Das Isotopenverhältnis $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ wird als Abweichung von einem Meerwasserstandard (V-SMOW) als $\delta^{18}\text{O}$ -Wert angegeben. Dabei entsprechen niedrige $\delta^{18}\text{O}$ -Werte kälteren Temperaturen. Die Temperaturen der Vergangenheit sind sozusagen in die Firn- und Eisschichten des Eises eingefroren. Eiskerne, erbohrt im zentralen Bereich des Inlandeises und anschließend schichtweise auf den Gehalt an ^{18}O -Isotopen analysiert, erschließen diese Information.

Bis heute wurden in Grönland zwei Tiefbohrungen, in Südgrönland bis zu einer Tiefe von knapp über 2000 m und in Nordwestgrönland bis 1400 m, niedergebracht, die zeitlich lange zurückreichende Daten über das damalige Klima lieferten. Die tiefsten Schichten dieser Bohrungen umfaßten die letzte Eiszeit und reichen wahrscheinlich 100.000 Jahre zurück.

Ein neues, europäisches Tiefbohrprogramm (GRIP) ist für die Jahre 1990-1992 in Zentralgrönland, auf dem höchsten Punkt des Inlandeises geplant, wo man am Untergrund noch älteres Eis anzutreffen hofft. Tiefbohrungen im Eis sind teuer und arbeitsaufwendig, so daß der Beprobung von Eisrändern - wie vorn geschildert - große Aufmerksamkeit zu widmen ist.

Das alte Eis kommt wieder an die Oberfläche

Aufgrund der Schwerkraft fließt das Eis wie eine Flüssigkeit hoher Viskosität, wobei die Schichten beim Fließen horizontal gedehnt werden. Das vom Kontinent zum Rand abfließende Eis sinkt gleichzeitig immer tiefer ab, bevor es den Eisrand erreicht. Am Rand liegen die Temperaturen so hoch, daß der dort gefallene, winterliche Schnee und auch Teile des aus dem Innern abfließenden Eises während des Sommers an der Oberfläche abschmelzen (Ablationsgebiet).

Fließlinien im Inlandeis, längs derer sich die Schnee- und Eisteilchen bewegen, sind in Abb. 1 dargestellt. Es wird deutlich, daß die Ablagerungen aus dem Zentrum bis zum äußersten Rand vordringen, während küstennähere schon weiter eisenwärts auftauchen. Demnach ist das Eis unmittelbar am Eisrand das älteste Eis, das den längsten Weg mit geringen Fließgeschwindigkeiten zurückgelegt hat. Aufgrund der unterschiedlichen Fließbewegung erscheint die ursprünglich vertikale Eisschichtung in der Randzone des Landeises in leicht zugänglicher "horizontaler Schichtung".

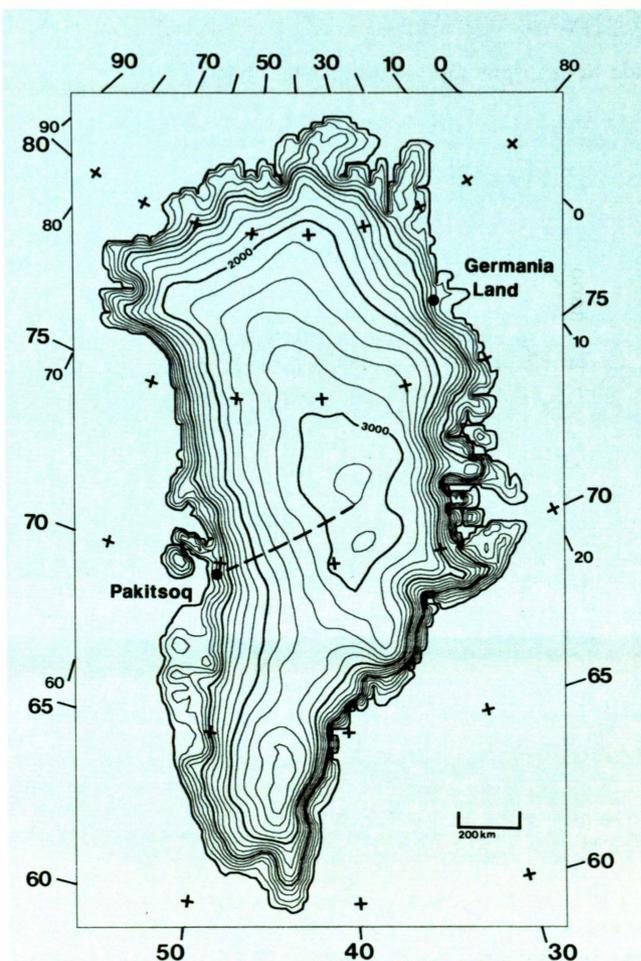


Abb. 2: Karte Grönlands mit Höhenlinien. Pakitsooq, West Grönland, und Germania Land, Nordostgrönland, sind die Zielgebiete der Eisranduntersuchungen in den Jahren 1988 und 1989. Die in Pakitsooq endende Linie stellt die Eisfließlinie dar, die der Auswertung des $\delta^{18}\text{O}$ -Profils zugrunde gelegt wurde (Abb. 1 und 3).



Bild 1. Das Randgebiet des Grönländischen Inlandeises im Untersuchungsgebiet Päkitsq, Westgrönland, im Sommer 1988.

Klimageschichte vom Eisrand

Zwei Expeditionen im Sommer 1988 und 1989 im Eisrandgebiet Grönlands (Abb. 2) hatten das Sammeln von Eisproben für die Bestimmung von ^{18}O -Gehalten zum Ziel. Bild 1 zeigt die Geländebedingungen am Eisrand des Untersuchungsgebietes in Päkitsq und Bild 2 die Beprobung an der Eisoberfläche. Auf diese Weise wurde in Päkitsq ein Profil von 750 m Länge mit ca. 1500 Proben getestet, wobei sich eine einzelne Probe jeweils über etwa 20 cm erstreckte. Zwischen 550 und 720 m wurden kontinuierlich Proben genommen, während auf den restlichen Profilabschnitten der Probenabstand zwischen 0,5 und 2 m vari-

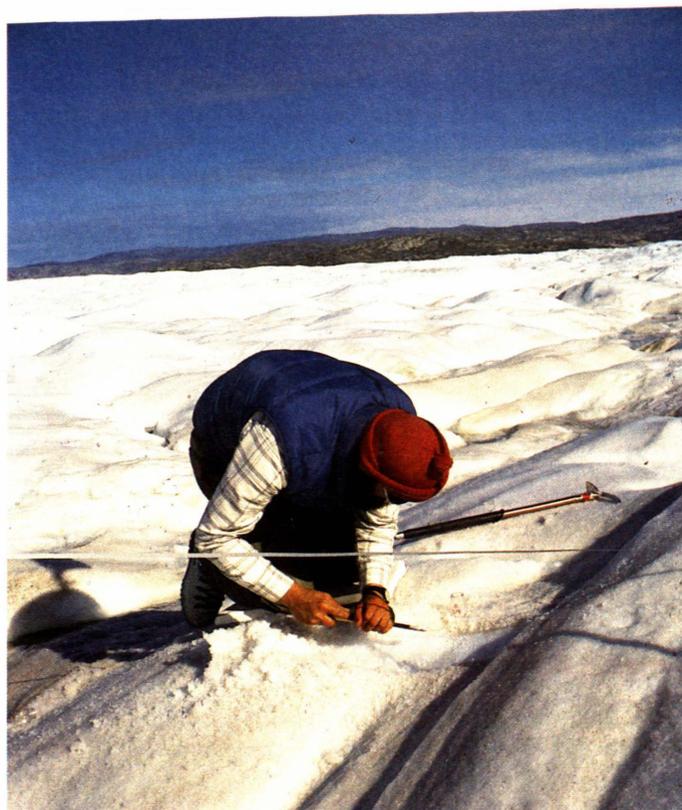


Bild 2. Probennahme an der Eisoberfläche in Päkitsq. Lose, angeschmolzene Eisschichten wurden ca. 5-10 cm tief mit einem Eispickel abgeschabt. Anschließend wurden die Proben aus dem kompakten Eis mit einem Hohlmeißel über eine Länge von ca. 20 cm ausgestochen und in PVC-Flaschen (50 ml) eingefüllt.

ierte. Die Ergebnisse der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von Päkitsq sind in Abb. 3 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Eisrand dargestellt. Die gestrichelte Kurve zeigt den für das jeweilige Depositionsgebiet für heutige Verhältnisse gültigen $\delta^{18}\text{O}$ -Wert. Eine Abweichung der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve nach oben (niedrigere $\pm^{18}\text{O}$ -Werte), repräsentiert demnach ein kälteres Klima, eine Abweichung nach unten (höhere $\delta^{18}\text{O}$ -Werte) ein wärmeres Klima als heute. Das Alter des Eises nimmt mit der Annäherung an den Eisrand (Nullpunkt der Entfernungsschse) zu. Die hohen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte auf der rechten Seite der Abbildung stehen für die gegenwärtige Warmzeit.

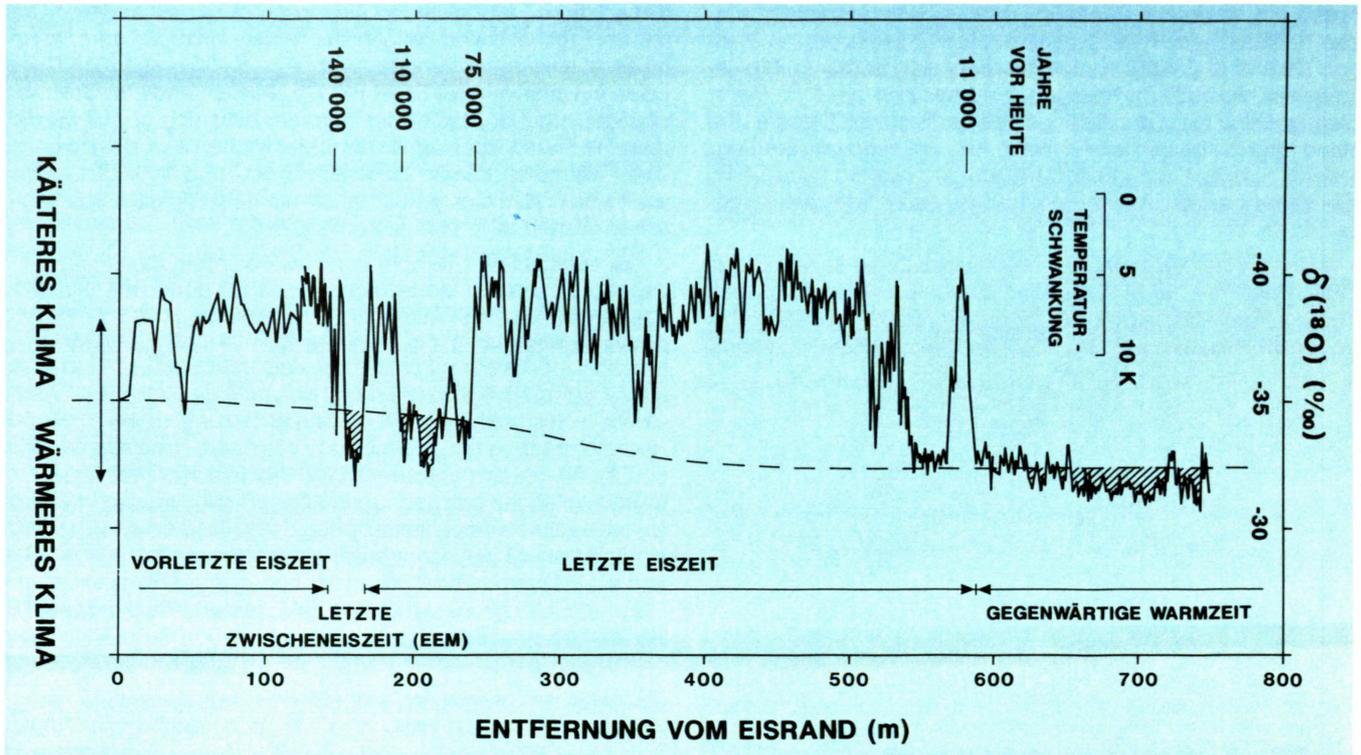


Abb. 3: Untersuchungsgebiet Pákitsoq, Westgrönland (Abb. 2): $\delta^{18}\text{O}$ -Werte des im Randgebiet des Inlandeises an der Oberfläche anstehenden Eises. Die gestrichelte Linie zeigt den Verlauf der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte, die sich unter Berücksichtigung des Depositionsgebietes (Abb. 1 und 2) unter heutigen Klimabedingungen ergeben würde. Die eingezeichnete Temperaturskala gibt die Beziehung zwischen Temperaturänderung und Änderung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte wieder.

Nach einer großen klimatischen Schwankung, am Ende der letzten Eiszeit, ca. 11 000 Jahre vor heute, folgt das Eis der letzten Eiszeit (entspricht Weichselvereisung in Nordeuropa bzw. Würmvereisung im Alpenraum und Wisconsin in Nordamerika) mit im allgemeinen niedrigen $\delta^{18}\text{O}$ -Werten. Eis aus dem letzten Interglazial (Eem) vor etwa 130.000 Jahren vor heute, erscheint in einer Entfernung von ca. 160 m vom Eisrand. Das sich bis zum Eisrand anschließende Eis mit wiederum sehr niedrigen $\delta^{18}\text{O}$ -Werten ist wahrscheinlich der vorhergehenden Eiszeit (entspricht Saalevereisung in Nordeuropa bzw. Rißvereisung im Alpenraum und Illinoian in Nordamerika) zuzuordnen.

Es ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen, wie weit die klimatische Zeitreihe zurückreicht, da eine absolute Datierungsmög-

lichkeit für diese Zeitspanne noch fehlt. Wir halten 150.000 Jahre nicht für zu hoch gegriffen. Die Altersangaben oberhalb der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve sind aus dem Vergleich der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte mit gut datierten Tiefseekernen und einer 2500 m tiefen Bohrung bei der sowjetischen Station Wostok im Antarktischen Inlandeis abgeleitet. Die hier gezeigte Kurve stellt die bisher längste Aufzeichnung der Klimageschichte für das Grönländische Inlandeis dar. Keine der beiden bisherigen grönländischen Tiefbohrungen reichte bis zum letzten Interglazial. Die Schwankungen der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte lassen sich direkt in Temperaturschwankungen umrechnen, wenn man die heute gültige Beziehung zwischen $\delta^{18}\text{O}$ -Werten und der mittleren jährlichen Lufttemperatur (0,7 $\delta^{18}\text{O}$ -‰ pro 1 K) verwendet. Eine entsprechende Temperaturskala ist in

Abb. 3 eingezeichnet. Allerdings muß noch berücksichtigt werden, daß das Eis im Randgebiet aus unterschiedlichen Höhenlagen stammt (vgl. Abb. 1), aus den höchsten Regionen des Inlandeises, wo auch die heutigen Temperaturen und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte niedriger sind als in den tiefer gelegenen Bezirken. Diesem Umstand trägt die gestrichelte Kurve in Abb. 3 Rechnung: Sie zeigt, welche Schwankung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zu erwarten wäre, wenn das Klima während der letzten 150.000 Jahre konstant geblieben wäre.

Während der kältesten Perioden innerhalb der letzten Eiszeit lagen demnach die Temperaturen 10 - 12 K unter den heutigen Temperaturen, für das letzte Interglazial, ungefähr 130.000 Jahre vor heute, ergeben sich 3-4 K höhere Temperaturen. Generell

stehen diese Ergebnisse in Übereinstimmung mit anderen Daten über Klimaschwankungen der letzten 150.000 Jahre. Allerdings ist die warme Periode zwischen 75.000 und 110.000 vor heute ein unerwartetes Ergebnis. Die meisten anderen Untersuchungen ergeben, daß dieser Zeitraum zwar nicht so kalt wie die restliche Eiszeit, aber signifikant kälter als heute war. Anzeichen eines wärmeren Klimas zwischen 75.000 und 110.000 Jahren vor heute finden sich jedoch auch bei neueren glazialgeologischen Werten in Nordwestgrönland.

Die abgebildeten Temperaturschwankungen dienen als Eingangsparameter für Modellrechnungen, mit denen die Dynamik des Grönländischen Inlandeises in Abhängigkeit von Klimaschwankungen simuliert werden soll.

Der Einfluß des Ostgrönlandstromes auf die Tiefenwasserbildung

Eberhard Fahrbach, Ursula Schauer und Lutz Sellmann

Im Europäischen Nordmeer werden Wassermassen gebildet, die einen wesentlichen Anteil des Nordatlantischen Tiefenwassers darstellen. Dieses breitet sich in Tiefen zwischen 1000 und 4000 m im gesamten Weltmeer aus und bestimmt die Eigenschaften der Tiefsee.

Wassermassen bilden sich in polaren Meeresgebieten durch Wärmeabgabe an die Atmosphäre. Das Wasser kühlt ab und setzt bei der Eisbildung Salz frei. Seine Dichte erhöht sich und das Wasser sinkt ab. Von nun an ändert es seine Eigenschaften wie Temperatur, Salzgehalt und die Konzentration gelöster Substanzen nur noch durch die Vermischung mit anderen Wassermassen. Die Intensität der Wassermassenbildung hängt von den atmosphärischen Randbedingungen und der Zirkulation im Ozean ab. Diese bestimmt Eigenschaften und Verweilzeit der ins Bildungsgebiet transportierten Wassermassen. Es stellt sich die Frage, weshalb die Eigenschaften der Wassermassen, die das Bildungsgebiet verlassen, sich zeitlich nur wenig verändern, obwohl die Einflußgrößen der Wassermassenbildung starken Variationen unterliegen.

Die Zirkulation der Grönlandsee bestimmt der zyklonale Grönlandseewirbel (Abb. 1). Seine Ostflanke ist der Westspitzbergenstrom.

Er importiert verhältnismäßig warmes, salzreiches Wasser aus dem Süden und exportiert es zum Teil durch die Framstraße aus dem Arktischen Mittelmeer gespeist. Sein Wasser ist an der Oberfläche kalt und salzarm und in der Tiefe relativ warm und salzreich (Abb. 2). Im Oberflächenwasser werden erhebliche Eismengen transportiert. Zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser finden sich Einschübe warmen, salzreichen Wassers, das aus dem Westspitzbergenstrom rezirkuliert, und kalten, salzarmen Wassers, das im Winter lokal erzeugt wird. Das Grönlandseetiefenwasser entsteht in der inneren Grönlandsee bei besonders intensiven winterlichen Konvektionsereignissen. Im Ostgrönlandstrom vermischt es sich mit dem herantransportierten Wasser. Die entstehenden Mischprodukte werden zum Teil wieder exportiert.

Im Rahmen des internationalen "Grönlandseeprojektes" haben wir die Eigenschaften und das Volumen der Wassermassen gemessen, die der Ostgrönlandstrom transportiert, um dessen

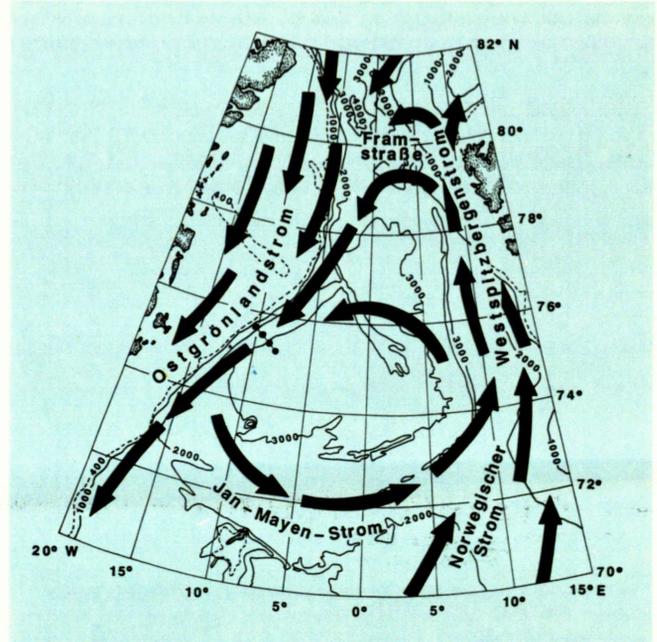


Abb. 1: Das Stromsystem der Grönlandsee.

Beitrag zur Wassermassenbildung in diesem Seegebiet zu erfassen. Dazu haben wir bei etwa 75° N auf einem Schnitt senkrecht zum Kontinentalabhang Strömungsmessungen mit verankerten Geräten an vier Positionen ausgeführt. Im Bereich des Kontinentalabhanges, über dem der Hauptstromkern liegt, ergab sich bei hangparallelen Geschwindigkeiten von 10 bis 20 cm/s im Jahresmittel (Abb. 3) ein Volumentransport von $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dem mittleren Strom sind erhebliche Schwankungen mit Perioden von Tagen bis Monaten überlagert, die bis auf 40 cm/s ansteigen (Abb. 4). Sie entstehen durch atmosphärische Störungen und Instabilitäten des Strömungssystems, welche mesoskalige Wirbel und langperiodische Wellen erzeugen können.

Zusammenhang mit der winterlichen Konvektion liegt nahe. Die Messungen zeigen allerdings, daß die Konvektion nicht am Beobachtungsort stattgefunden hat. Daraus läßt sich schließen, daß Wassermassen der inneren Grönlandsee nach Westen verschoben wurden. Benachbarte Wasserkörper haben sich nicht schnell genug angeglichen, um den Advektionseffekt bis zum Sommer zu kompensieren, so daß erst im Winter 1989 wieder die Bedingungen wie 1987 vorlagen.

Die Abkühlung wird von der Zunahme höherfrequenter Schwankungen der Strömungsgeschwindigkeit und der Temperatur begleitet (Abb. 4). Beide verdoppeln ihre Amplitude zwischen Dezember 1987 und Januar 1988 in Bodennähe. Diese Vorgänge hängen vermutlich damit zusammen, daß sich eine

Frontalzone zwischen dem Wasser des Ostgrönlandstromes und dem neugebildeten Tiefenwasser ausbildet. Dabei verursachen die Instabilitäten im Frontalbereich die beobachteten Phänomene. Die intensivierten Fluktuationen bewirken eine verstärkte Vermischung, wodurch die Front abgebaut und der Unterschied zwischen den Wassermassen reduziert wird. Damit läßt sich der beobachtete Ablauf als Regelprozess deuten, bei dem die Wassermassenbildung durch vertikale Vermischung in der Grönlandsee mit der horizontalen Vermischung am Rande gekoppelt ist. Das erweiterte Vermischungsvolumen führt dazu, daß der Einfluß von Änderungen im Entstehungsgebiet gedämpft wird, so daß die Eigenschaften der entstehenden Wassermassen nur geringen Schwankungen unterliegen.

Thermohaline Prozesse unter dem Schelfeis; eine Modellstudie

Hartmut Hellmer

Das Eisschelfwasser – eine wichtige Komponente des Antarktischen Bodenwassers – entsteht durch Modifikation von salzreichen Schelfwassermassen unter ausgedehnten Schelfeisgebieten, wie dem Filchner-, Ronne- und Ross-Schelfeis. Zum Studium der Prozesse an der Grenzfläche Ozean/Schelfeis auf einem vertikalen Schnitt senkrecht zur Schelfeiskante verwenden wir ein zweidimensionales thermohalines Zirkulationsmodell. Es wird angetrieben durch die Vorgabe eines Dichteprofiles am offenen Rand. Die verwendeten Temperatur- und Salzgehaltswerte entstammen Meßergebnissen von 1985 aus der Filchnerdepression (ANT III/3).

Die Simulation ergibt zwei Zirkulationszellen (Abb.1), deren dominierende bodennahe Schelfwassermassen zur Aufsatzlinie des Schelfeises und entlang der ansteigenden Schelfeisunterseite zum offenen Wasser transportiert. Der Kontakt mit dem Schelfeis führt im Bereich der Aufsatzlinie zu maximalen Schmelzraten von 1,5 m/Jahr. Gefrieren und damit die Akkumulation von Meereis an der Schelfeisunterseite von etwa

0,1 m/Jahr findet man im mittleren Bereich. Die berechneten Schmelz- und Akkumulationsraten stimmen sowohl qualitativ wie auch quantitativ mit glaziologischen Messungen am Filchner-Ronne Schelfeis überein.

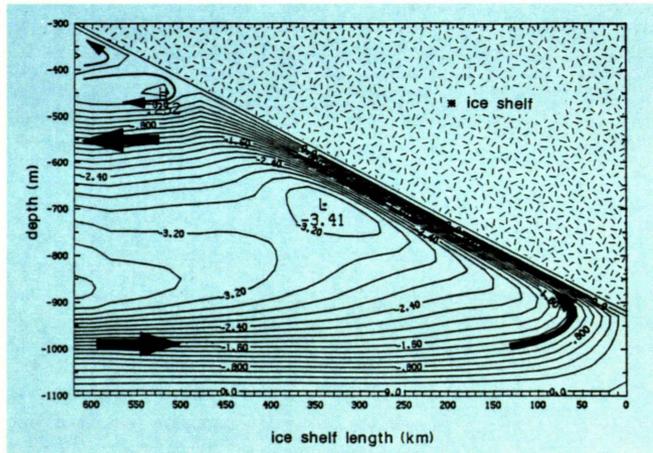


Abb. 1: Die Zirkulation unter dem Schelfeis anhand des Verlaufes der Stromlinien am Ende einer 10-jährigen Simulation. Abstand der Isolinien $0,2 \text{ m}^2/\text{s}$.

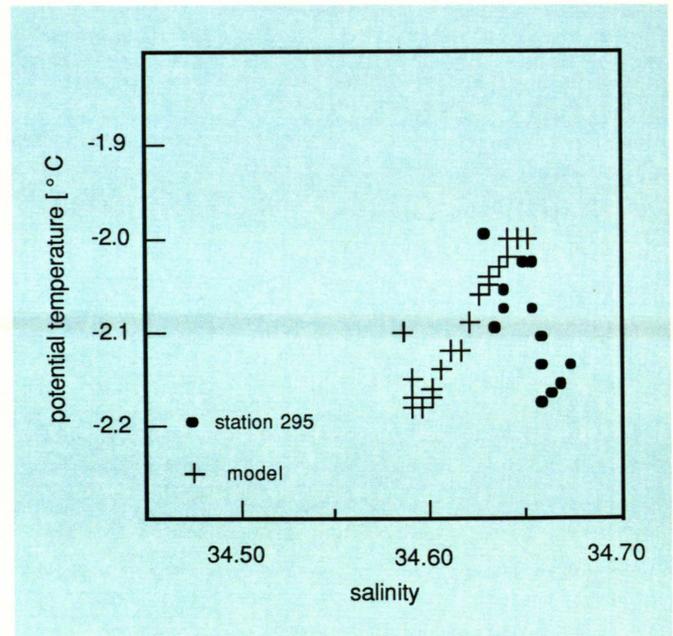


Abb. 2: Berechnete und an der Station 295 gemessene Temperatur- und Salzgehaltswerte des Eisschelfwassers.

Die kleine Zirkulationszelle nahe der Schelfeiskante, deren Stärke zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, resultiert aus dem Salzeintrag beim Gefrierprozeß unter dem Schelfeis. Sie ist Ursache dafür, daß sich die modifizierte Wassermasse von der Grenzfläche löst und horizontal zur Schelfeiskante ausbreitet. Die dort im Modell berechneten Temperatur- und Salzgehaltswerte unterscheiden sich nur unwesentlich von den an der Sta-

tion 295 (ANTIII/3) gemessenen Daten (Abb. 2). Die Abweichungen des Salzgehaltes im Bereich höherer Dichte lassen sich mit den Einschränkungen des Modelles auf zwei Dimensionen erklären. In der Natur strömt auf der westlichen Flanke der Filchnerdepression Eisschelfwasser über salzreiches Schelfwasser hinweg, so daß sich beide Wassermassen vermischen und eine Salzgehalterhöhung im Eisschelfwasser verursachen. Im Modell dagegen sind Ein- und Ausstrom durch mehrere hundert Tiefenmeter getrennt.

Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der Modellergebnisse bieten Rechnungen mit Hilfe des Spurenstoffes Helium, der ebenfalls aus Messungen analysiert wurde. Der Vergleich zwischen Modelldaten und Messungen an der Schelfeiskante liefert eine überraschend gute Übereinstimmung (Abb. 3).

Durch das Schmelzen von Schelfeis verliert der Ozean Wärme. Der gemäß der berechneten Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Ausstrom von $0,25^{\circ}\text{C}$ folgende Wärmeverlust beträgt 7×10^{10} W. Extrapoliert man diesen Befund auf das gesamte Schelfeis der Antarktis, so ergäbe sich ein Wärmeverlust des Ozeans von ca. 10^{12} W. Obgleich es sich hier schon um einen Maximalwert handelt, ist sein Beitrag zum Gesamtverlust des Südlichen Ozeans südlich von 60°S von $5,4 \times 10^{14}$ W nur ein geringer Anteil ($\approx 1\%$). Die Modellzirkulation bleibt gegenüber Variationen der Einstromcharakteristika, der Schelfeisoberflächentemperaturen, der Bodentopographie oder Morphologie des Schelfeises recht stabil. Es ergeben sich jedoch Veränderungen in den Eigenschaften des Eisschelfwassers, der Verteilung der Schmelz- und Anfrizerzonen und der Schmelz- und Akkumulationsraten.

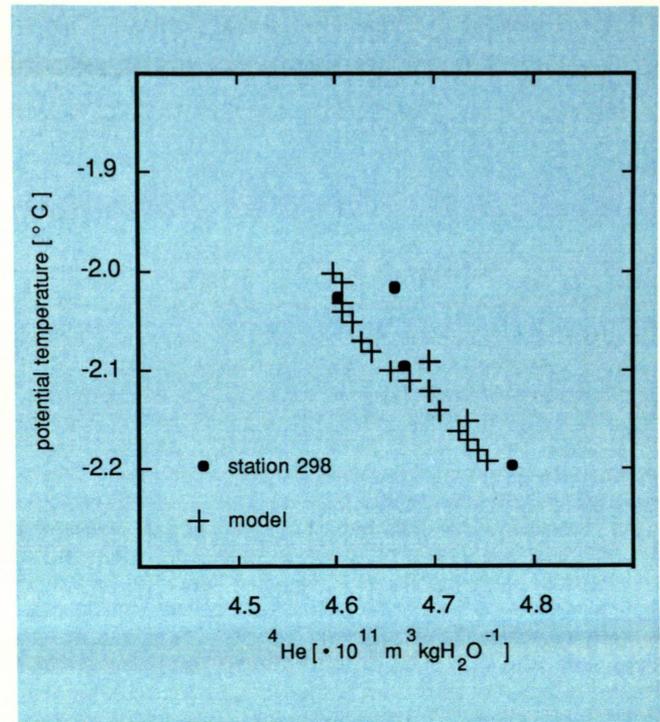


Abb. 3: Berechnete und an der Station 298 gemessene Temperatur- und Heliumwerte des Eisschelfwassers.

Thermische Wechselwirkung zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre im Antarktischen Spätwinter

Gert König-Langlo, Michael Schröder und Christian Wamser

Die Ausdehnung des antarktischen Meereises ist starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Von März bis September wächst die vom Meereis bedeckte Fläche um den antarktischen Kontinent von etwa drei auf 19 Millionen Quadratkilometer. Die maximale Bedeckung entspricht etwa der Fläche Südamerikas. Innerhalb weniger Monate im Südsommer schmilzt das Meereis durch solare Einstrahlung auf ein Minimum, das überwiegend aus Resten im Weddell- und Rossmeer besteht. Mit den zeitlichen Variationen der Eisbedeckung gehen Änderungen der mittleren Oberflächenalbedo, des Wärmeaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre und der vertikalen Vermischung im Meer einher.

Aus Satellitenbeobachtungen ist bekannt, daß die Vereisung des antarktischen Meeres nicht nur jahreszeitlich, sondern auch im Laufe der Jahre signifikant schwanken kann. Die Ursachen dafür werden in noch nicht hinreichend erforschten Wechselwirkungen zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre vermutet. Um diese wahrscheinlich auch für das Erdklima bedeutsamen Prozesse aufzuklären, sind sowohl Messungen als auch Modellrechnungen notwendig, die beide am AWI durchgeführt werden.

Das thermische Zusammenspiel von Ozean, Eis und Atmosphäre läßt sich unter anderem anhand der Energieflüsse zwischen dem mehr oder weniger eisbedeckten Wasser und der darüber liegenden Luft charakterisieren. Beteiligt sind daran Strahlungsflüsse, turbulente Wärmetransporte und die Wärmeleitung beiderseits der Grenzfläche Ozean/Atmosphäre sowie Gefrier- und Schmelzvorgänge.

Messungen zur umfassenden Bestimmung aller Komponenten der Energiebilanz der Meeresoberfläche fanden im antarktischen Spätwinter 1989 von der "Polarstern" und dem russischen Forschungsschiff "Akademik Fedorov" während der "Winter Weddell Gyre Study 1989" statt. Die Abbildung 1 zeigt ein auf einem Schlitten montiertes Meßsystem für die vertikalen turbulenten Impuls- und Wärmefflüsse, Abbildung 2 eine Eisstation zum Messen der ozeanischen Wärmetransporte. Beide Systeme wurden - ergänzt durch Strahlungsmessungen - von Mitte September bis Ende Oktober 1989 auf Traversen durch den Weddell-Wirbel eingesetzt. Abbildung 3 stellt die auf der "Akademik Fedorov" bestimmten Komponenten der Oberflächenenergiebilanz dar.

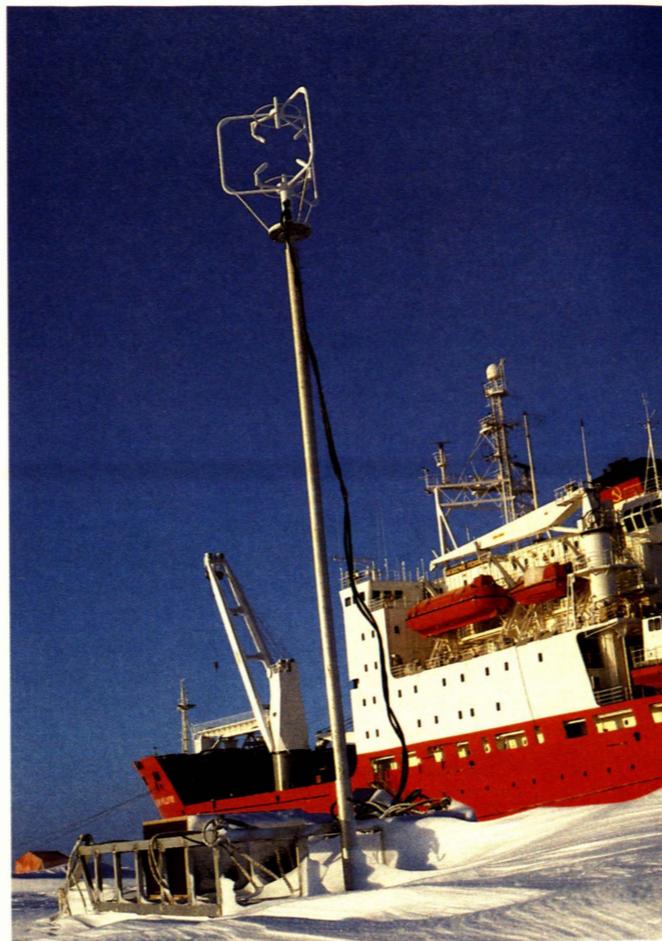


Abb. 1: Meßeinrichtungen auf dem Meereis zur Bestimmung der atmosphärischen Wärme- und Impulsflüsse.

Die Sonnenstrahlung wird von dem meist schneebedeckten Meereis zu 75 bis 90 % reflektiert und mithin nur zu einem geringen Teil zur Erwärmung des Eises genutzt. Demzufolge macht die in Abbildung 3 dargestellte kurzwellige Strahlungsbilanz (KWB) nur 34 W/m² aus. Dennoch war die zu ca. 95 % mit Eis bedeckte Ozeanoberfläche meist wärmer als die darüberliegende vom antarktischen Kontinent abgeflossene kalte Luft. Die langwellige Strahlungsbilanz (LWB) ergibt daher einen Wärmeverlust des Eises an die Atmosphäre. Sie kompensiert erstaunlicherweise die kurzwelligen Strahlungsgewinne fast vollständig. Der mittlere turbulente Transport sensibler (H) und latenter (LE) Wärme von 20 W/m² ist aufwärts gerichtet und kühlt demzufolge das Eis ab.

Als Residuum zur Abgleichung der Energiebilanz wird ein Wärmeffuß von 22 W/m² benötigt, der entweder aus tieferen Ozeanschichten an die Meeresoberfläche gefördert oder als Gefrierwärme durch Eisbildung bereitgestellt werden muß. Im Spätwinter bei maximaler Eisausdehnung und hoher Eiskonzentration fanden erwartungsgemäß keine nennenswerten Gefrierprozesse statt. Die gemessenen ozeanischen turbulenten Wärmefflüsse, die episodisch aus Schwankungen der Wassertemperatur und des dreidimensionalen Strömungsvektors in der ozeanischen Deckschicht dicht unter dem Meereis gewonnen wurden, bestätigten dies. Die an drei Stationen auf diese Weise bestimmten Wärmefflüsse waren stets aufwärts gerichtet und ihre Werte lagen zwischen 12 und 20 W/m². Damit erklären sie etwa 75 % des Residuums und schließen im Rahmen der Unsicherheiten unserer Daten die Energiebilanz.

Das Ergebnis bestätigt die bereits 1986 von Juni bis September im Weddellmeer gewonnenen Schätzwerte über einen in dieser Höhe bislang nicht vermuteten ozeanischen Wärmetransport. Unsere Messungen deuten darauf hin, daß diese Flüsse selbst im Spätwinter die in Modellrechnungen bisher für den Winter angenommenen Maximalwerte noch um 50 % übersteigen. Falls sich diese vorläufigen Befunde erhärten, müssen die derzeitigen Konzepte zur Berechnung des Wärmefflusses durch die Untergrenze der ozeanischen Deckschicht und weiter bis zur Meeresoberfläche erheblich revidiert werden. Um zu einem für Klimabetrachtungen umfassenden Bild der thermischen Wechselwirkungen zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre zu kommen, sollen in den kommenden Jahren gleichartige Messungen im frühen Winter und im Sommer durchgeführt und mit Modellrechnungen verglichen werden.



Abb. 2: Station auf dem Meereis zur Erfassung der turbulenten Wärme- und Impulsflüsse im Wasser unmittelbar unter dem Eis.

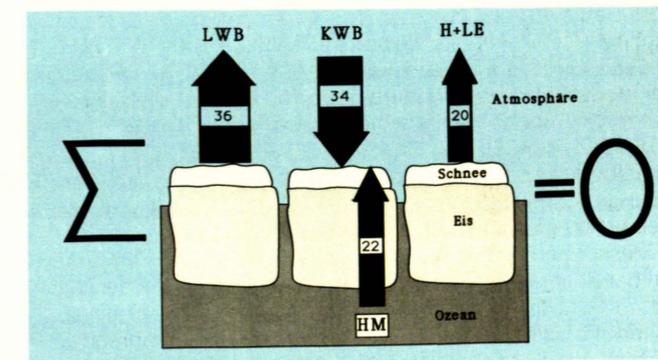


Abb. 3: Die mittleren Strahlungs- und Wärmefflüsse an der Oberfläche des Meereises im antarktischen Spätwinter. Angaben in W/m², (LWB = langwellige Strahlungsbilanz, KWB = kurzwellige Strahlungsbilanz, H + LE = turbulenter sensibler und latenter Wärmeffuß, HM = molekularer Wärmeffuß durch das Eis).

Thermische Wechselwirkung zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre im Antarktischen Spätwinter

Gert König-Langlo, Michael Schröder und Christian Wamser

Die Ausdehnung des antarktischen Meereises ist starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Von März bis September wächst die vom Meereis bedeckte Fläche um den antarktischen Kontinent von etwa drei auf 19 Millionen Quadratkilometer. Die maximale Bedeckung entspricht etwa der Fläche Südamerikas. Innerhalb weniger Monate im Südsommer schmilzt das Meereis durch solare Einstrahlung auf ein Minimum, das überwiegend aus Resten im Weddell- und Rossmeer besteht. Mit den zeitlichen Variationen der Eisbedeckung gehen Änderungen der mittleren Oberflächenalbedo, des Wärmeaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre und der vertikalen Vermischung im Meer einher.

Aus Satellitenbeobachtungen ist bekannt, daß die Vereisung des antarktischen Meeres nicht nur jahreszeitlich, sondern auch im Laufe der Jahre signifikant schwanken kann. Die Ursachen dafür werden in noch nicht hinreichend erforschten Wechselwirkungen zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre vermutet. Um diese wahrscheinlich auch für das Erdklima bedeutsamen Prozesse aufzuklären, sind sowohl Messungen als auch Modellrechnungen notwendig, die beide am AWI durchgeführt werden.

Das thermische Zusammenspiel von Ozean, Eis und Atmosphäre läßt sich unter anderem anhand der Energieflüsse zwischen dem mehr oder weniger eisbedeckten Wasser und der darüber liegenden Luft charakterisieren. Beteiligt sind daran Strahlungsflüsse, turbulente Wärmetransporte und die Wärmeleitung beiderseits der Grenzfläche Ozean/Atmosphäre sowie Gefrier- und Schmelzvorgänge.

Messungen zur umfassenden Bestimmung aller Komponenten der Energiebilanz der Meeresoberfläche fanden im antarktischen Spätwinter 1989 von der "Polarstern" und dem russischen Forschungsschiff "Akademik Fedorov" während der "Winter Weddell Gyre Study 1989" statt. Die Abbildung 1 zeigt ein auf einem Schlitten montiertes Meßsystem für die vertikalen turbulenten Impuls- und Wärmeflüsse, Abbildung 2 eine Eisstation zum Messen der ozeanischen Wärmetransporte. Beide Systeme wurden - ergänzt durch Strahlungsmessungen - von Mitte September bis Ende Oktober 1989 auf Traversen durch den Weddell-Wirbel eingesetzt. Abbildung 3 stellt die auf der "Akademik Fedorov" bestimmten Komponenten der Oberflächenenergiebilanz dar.



Abb. 1: Meßeinrichtungen auf dem Meereis zur Bestimmung der atmosphärischen Wärme- und Impulsflüsse.

Die Sonnenstrahlung wird von dem meist schneebedeckten Meereis zu 75 bis 90 % reflektiert und mithin nur zu einem geringen Teil zur Erwärmung des Eises genutzt. Demzufolge macht die in Abbildung 3 dargestellte kurzwellige Strahlungsbilanz (KWB) nur 34 W/m^2 aus. Dennoch war die zu ca. 95 % mit Eis bedeckte Ozeanoberfläche meist wärmer als die darüberliegende vom antarktischen Kontinent abgefllossene kalte Luft. Die langwellige Strahlungsbilanz (LWB) ergibt daher einen Wärmeverlust des Eises an die Atmosphäre. Sie kompensiert erstaunlicherweise die kurzwelligen Strahlungsgewinne fast vollständig. Der mittlere turbulente Transport sensibler (H) und latenter (LE) Wärme von 20 W/m^2 ist aufwärts gerichtet und kühlt demzufolge das Eis ab.

Als Residuum zur Abgleichung der Energiebilanz wird ein Wärmefluß von 22 W/m^2 benötigt, der entweder aus tieferen Ozeanschichten an die Meeresoberfläche gefördert oder als Gefrierwärme durch Eisbildung bereitgestellt werden muß. Im Spätwinter bei maximaler Eisausdehnung und hoher Eiskonzentration fanden erwartungsgemäß keine nennenswerten Gefrierprozesse statt. Die gemessenen ozeanischen turbulenten Wärmeflüsse, die episodisch aus Schwankungen der Wassertemperatur und des dreidimensionalen Strömungsvektors in der ozeanischen Deckschicht dicht unter dem Meereis gewonnen wurden, bestätigten dies. Die an drei Stationen auf diese Weise bestimmten Wärmeflüsse waren stets aufwärts gerichtet und ihre Werte lagen zwischen 12 und 20 W/m^2 . Damit erklären sie etwa 75 % des Residuums und schließen im Rahmen der Unsicherheiten unserer Daten die Energiebilanz.

Das Ergebnis bestätigt die bereits 1986 von Juni bis September im Weddellmeer gewonnenen Schätzwerte über einen in dieser Höhe bislang nicht vermuteten ozeanischen Wärmetransport. Unsere Messungen deuten darauf hin, daß diese Flüsse selbst im Spätwinter die in Modellrechnungen bisher für den Winter angenommenen Maximalwerte noch um 50 % übersteigen. Falls sich diese vorläufigen Befunde erhärten, müssen die derzeitigen Konzepte zur Berechnung des Wärmeflusses durch die Untergrenze der ozeanischen Deckschicht und weiter bis zur Meeresoberfläche erheblich revidiert werden. Um zu einem für Klimabetrachtungen umfassenden Bild der thermischen Wechselwirkungen zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre zu kommen, sollen in den kommenden Jahren gleichartige Messungen im frühen Winter und im Sommer durchgeführt und mit Modellrechnungen verglichen werden.

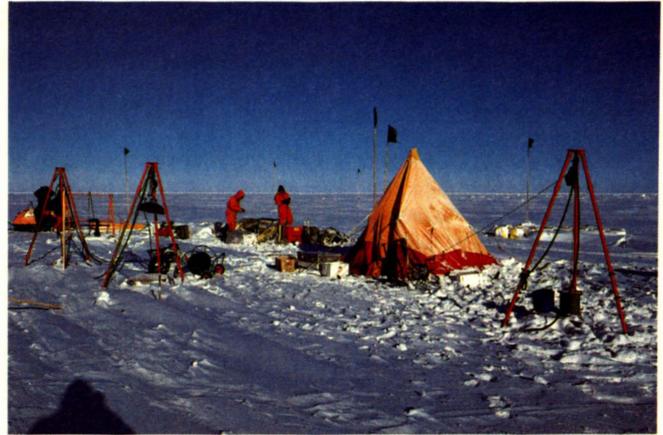


Abb. 2: Station auf dem Meereis zur Erfassung der turbulenten Wärme- und Impulsflüsse im Wasser unmittelbar unter dem Eis.

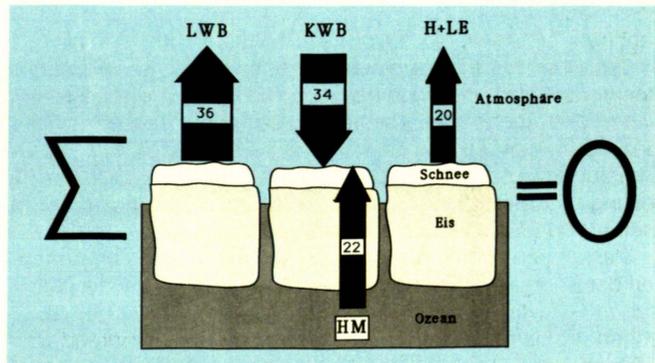


Abb. 3: Die mittleren Strahlungs- und Wärmeflüsse an der Oberfläche des Meereises im antarktischen Spätwinter. Angaben in W/m^2 , (LWB = langwellige Strahlungsbilanz, KWB = kurzwellige Strahlungsbilanz, H + LE = turbulenter sensibler und latenter Wärmefluß, HM = molekularer Wärmefluß durch das Eis).

Beobachtungen der stratosphärischen Ozonschicht über Spitzbergen

Roland Neuber und Bernd C. Krüger

Die atmosphärische Ozonschicht liegt über den Polargebieten zwischen 15 und 25 km Höhe, in der Stratosphäre. Sie wird dort durch photochemische Reaktionen und durch Transportprozesse aufrechterhalten. Durch die im Jahresgang wechselnde solare Einstrahlung und großräumige Zirkulation unterliegt die stratosphärische Ozonschicht starken natürlichen Schwankungen. Darüber hinaus können unter bestimmten Be-



Abb. 1: LIDAR-Messung in Ny-Aalesund während der Polarnacht. Der mit einer Spezialkamera sichtbar gemachte UV-Laser-Strahl verläßt den Meßcontainer vertikal und erlaubt Messungen bis in 45 km Höhe.

dingungen jedoch zusätzliche chemische Prozesse ablaufen, die einen schnellen Ozonabbau bewirken ("Ozonloch"). Derartige Ereignisse wurden bisher nur über der Antarktis beobachtet, sie sind unter Umständen aber auch über der Arktis möglich. Darum hat das Alfred-Wegener-Institut zusammen mit der Universität Bremen im Sommer 1988 in Ny-Aalesund auf Spitzbergen (79N, 12E) eine Anlage errichtet, um die zeitliche Entwicklung der stratosphärischen Ozonschicht ständig zu beobachten. Eingesetzt werden ein Licht-Radar (LIDAR) und Sonden an meteorologischen Ballonen. Das LIDAR sendet mit Hilfe eines Lasers Lichtpulse zwei verschiedener Wellenlängen vertikal in die Atmosphäre (siehe Abb. 1), die teilweise an den Molekülen der Luft rückgestreut werden, so daß ein Signal von einem Teleskop am Boden aufgenommen werden kann. Über die Laufzeit der Lichtpulse werden die gemessenen Photonen-Raten der Höhe zugeordnet. Ein Anteil der von dem Lidar ausgesandten Energie der einen Wellenlänge wird von der Ozonmolekülen absorbiert. Der Grad der Absorption ist der Ozonkonzentration proportional, so daß sich letztere aus der Stärke des Rückstreusignals ermitteln läßt. Die Messungen überdecken den Höhenbereich von 10 bis 45 km Höhe, in dem die maximale Ozonkonzentration angetroffen wird. Bei klarem Himmel kann das Gerät nahezu kontinuierlich arbeiten und darum auch kurzfristige Schwankungen der Ozonkonzentration gut feststellen. Starke optische Filter im Empfangsteleskop ermöglichen den Einsatz dieses Gerätes auch bei Tageslicht (Polartag) und verhelfen uns somit zu ganzjährigen Meßreihen. Die Ballonsonden bestehen aus einem meteorologischen Standardsystem, das um einen Ozonsensor erweitert wurde. Getragen von Gummi-Ballonnen (Abb. 3) werden im Sommer Höhen bis 35 km und im Winter um 25 km erreicht. Bei Parallelmessungen beider Instrumente ergab sich eine gute Übereinstimmung der Meßwerte.

Seit dem Sommer 1988 führen wir regelmäßig Messungen durch, die während der Winter- und Frühjahres-Monate intensiviert werden, wenn das Potential eines starken Ozonabbaus am größten ist. Aus den bisherigen Daten ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Jahresgang der Ozonkonzentration über Spitzbergen. In den Farbabstufungen, die über die Höhe (Ordinate) und die Tage des Jahres (Abszisse) aufgetragen sind, geben rote und gelbe Farben hohe, grüne und blaue niedrige Konzentrationswerte an. Das Maximum der Ozonschicht zwischen

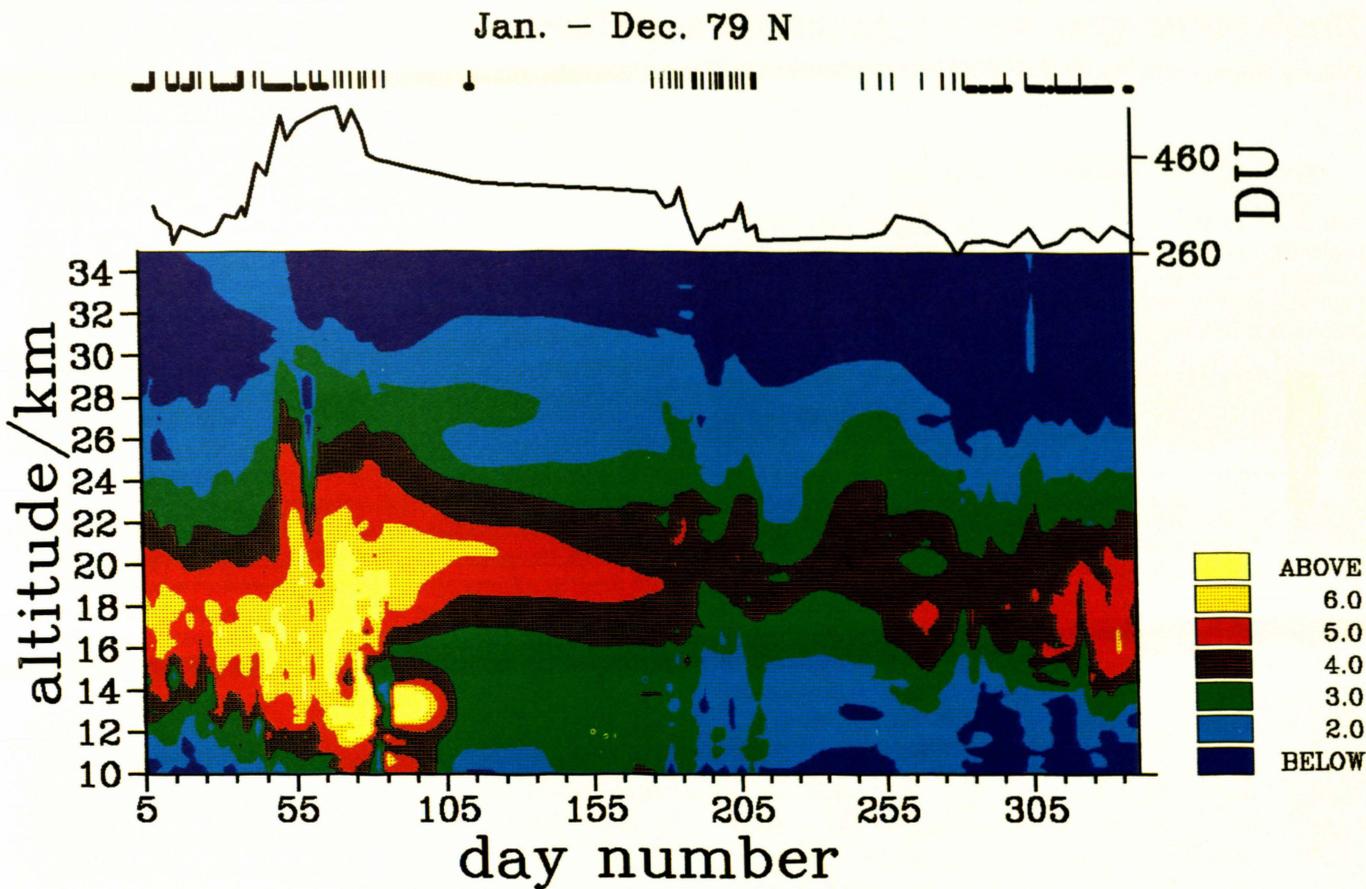


Abb. 2: Die Ozonkonzentration über Spitzbergen. In der obersten Reihe geben dicke Balken die LIDAR-Meßzeiten an, senkrechte Striche kennzeichnen die Flüge von Ballonsonden. Die ausgezogene Linie darunter zeigt den Verlauf der Ozonkonzentration in der gesamten Luftsäule in Dobson-Einheiten (DU). Die Farbdarstellung gibt die zeitliche Entwicklung der Ozonkonzentration zwischen 10 und 35 km Höhe vom 5. Januar (Tag 5) bis zum 5. Dezember (Tag 340) wieder. Die Farben entsprechen den rechts angegebenen Konzentrationen in 10^{12} Molekülen pro cm^3 .



Abb. 3: Die Ozonmeßstation des AWI in Ny-Aalesund, Spitzbergen. Das LIDAR ist in dem weißen Labor-Container untergebracht. Auf dem Dach befinden sich die Empfangs-Antennen für die ballongetragenen Ozonsonden. Links wird ein Wetterballon gefüllt, im Hintergrund ein Gebäude der norwegischen Forschungsstation.

16 und 20 km Höhe ist gut zu erkennen. Von Januar bis März 1989 (Tag 5 bis 90) haben wir besonders hohe Werte gemessen. Ein markanter Ozonabbau bei der Wiederkehr der Sonnen-

einstrahlung im Februar war nicht zu beobachten. Der Jahresverlauf ist vielmehr geprägt durch den starken Anstieg der Ozonkonzentrationen etwa ab Mitte Februar, der mit dem Zusammenbruch der winterlichen polaren Zirkulation in der Stratosphäre einhergeht. Gleichzeitig wird das Schichtmaximum von 17 km auf über 20 km Höhe angehoben. Im weiteren Verlauf des Jahres verringert sich die Ozonkonzentration und das Schichtmaximum sinkt langsam wieder unter 20 km Höhe ab. Im oberen Teil der Abbildung ist der Jahresgang des Ozons in der gesamten Luftsäule in Dobson-Einheiten (DU) angegeben, wie er aus den Ballon-Aufstiegen berechnet wurde. Diese Messungen zeigen wie auch das Lidar besonders hohe Werte im Februar und März.

Gleichzeitig belegt die Kurve, daß in den hohen Breiten die Ozonkonzentration der Gesamtsäule im Laufe des Jahres um etwa 50 % schwankt.

Die Messungen in Spitzbergen werden in den nächsten Jahren fortgesetzt. Die Ozon-Meßanlage wird Bestandteil der neuen deutschen Arktis-Station, die 1990 in Ny-Aalesund eingerichtet werden soll. Dann können zusätzliche Messungen anderer stratosphärischer Spurengase vom AWI und von anderen deutschen und ausländischen Forschungsgruppen vorgenommen werden, um ein vollständiges Bild von der arktischen Ozonschicht und der sie bestimmenden Prozesse zu gewinnen.

Der Antarktische Zirkumpolarstrom in einem wirbelauflösenden Modell

Fred Kruse, Andreas Hense, Jens Schröter und Dirk Olbers

Unser theoretisches Verständnis der ozeanischen Zirkulation bezieht sich hauptsächlich auf die großskaligen, windgetriebenen Strömungen in den ozeanischen Becken, die nur unwesentlich durch die Tiefseetopographie und Details der mesoskaligen Wirbelvariabilität bestimmt werden. Der Antarktische Zirkumpolarstrom (ACC) stellt in vielfacher Hinsicht eine Ausnahme und theoretische Herausforderung dar. Der ACC ist das einzige Stromsystem, das unbeeinflusst von kontinentalen Barrieren in fast zonalen Richtung die ganze Erde umfließt. Er ist mit 20 000 km der längste und mit einem Massentransport von 130 Millionen m^3/sec auch der intensivste Strom im Weltozean. Ein weiteres wichtiges Merkmal des ACC ist die extrem hohe räumliche und zeitliche Variabilität des gesamten Stromsystems im Mesoskalenbereich (10 bis 500 km). Das mesoskalige Wirbelfeld wirkt sich gemäß der wenigen aus Messungen abgeleiteten Abschätzungen wesentlich auf das dynamische Kräftegleichgewicht des ACC und auf den polwärtigen Wärmetransport aus.

Die dynamische Balance des ACC war lange Zeit ein Rätsel. Offensichtlich treibt der zirkumpolare Westwindgürtel den ACC an, unklar aber war die Impulssenke. Die Reibung der Strömung am Ozeanboden kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da ihre Wirkung zu gering ist. Herkömmliche großskalige Zirkulationsmodelle diffundieren den Impuls unter Annahme unrealistisch hoher Viskositäten zu den lateralen Berandungen, wo er durch Reibung an den Kontinentalabhängen verloren geht. Die hohen Viskositäten sind eine Folge der ungenügenden Gitterauflösung dieser Art von Modellen. Wirbelauflösende Modelle weisen dagegen in eine neue Richtung: hier wird der aus dem Windfeld aufgenommene Impuls durch mesoskalige Wirbelaktivität zum Boden getragen, wo er durch Druckwirkung auf die Tiefseerücken dem System entzogen wird.

Die Wechselwirkung mesoskaliger Wirbel mit zonalen Strömungen wurde bisher nur in stark vereinfachten Prinzipstudien in einem Kanal mit idealisierter Topographie untersucht. Das am AWI entwickelte wirbelauflösende Modell ermöglicht realistische Betrachtungen. Es umfaßt den gesamten antarktischen Zirkumpolarstrom und berücksichtigt den tatsächlichen topographischen Aufbau des Meeresbodens. Es handelt sich um ein quasigeostrophisches Modell, das ausschließlich die Dynamik des

Systems berücksichtigt und thermodynamische Effekte wie Wärme- und Wasseraustausch mit der Atmosphäre vernachlässigt. Zu diesen Kompromiß ist man aufgrund der beschränkten Rechnerkapazitäten genötigt. Das Modell enthält drei Schichten, die Kontinente und die realistische Bodentopographie. Das Modellgebiet erstreckt sich in einem zirkumpolaren Gürtel von 40° bis 75° südlicher Breite. Die Auflösung beträgt $1/3^\circ$ in zonalen und $1/6^\circ$ in meridionaler Richtung. Den atmosphärischen Impulseintrag liefert ein zeitlich konstantes klimatologisches Windfeld. Wir haben ein Diagnostikpaket entwickelt, das sowohl die lokale als auch die globale Auswertung der Energie-, Impuls- und Vorticitybilanz erlaubt. Die Vorticity ist ein Maß der horizontalen Verwirbelung der Strömung.

Die Rechnungen werden auf der CRAY 2 des Rechenzentrums der Universität Stuttgart vorgenommen, für ein Jahr Modellzeit sind etwa sechs Stunden CPU-Zeit nötig. Für 10 Jahre Modellzeit fallen etwa drei Gigabyte auszuwertende Daten an. Diese Daten werden von Stuttgart über Glasfaserkabel ans AWI übertragen und hier auf der Alliant FX-80 mit Hilfe des Diagnostikpakets ausgewertet.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß wir uns zunächst auf die erfolgreiche Durchführung eines ersten vollständigen numerischen Experiments konzentriert haben. Dabei stand eine qualitativ korrekte Beschreibung der zu erwartenden Phänomene im Vordergrund, quantitativ richtige Ergebnisse können jetzt von weiteren verbesserten Modellläufen erzielt werden. Nach den derzeitigen Rechnungen wird der Transport durch die Drake-Passage mit etwa 200 Millionen m^3/sec um etwa 50 % überschätzt. Gleiches gilt für andere Größen. Die Abbildung 1 zeigt die über 10 Jahre gemittelte Variabilität der Oberflächenauslenkung. Deutlich sind die Regionen starker Wirbelaktivität östlich der Drake-Passage, über dem Kerguelenrücken und südlich von Neuseeland zu erkennen. In dem gesamten Muster der Oberflächenvariabilität zeigt sich eine qualitativ sehr gute Übereinstimmung mit Satellitenmessungen. Daran können wir nicht nur auf eine gute Wirklichkeitsnähe unseres Modells schließen, sondern auch auf eine effektive Impulsübertragung aus dem Wasser auf die Tiefseerücken.

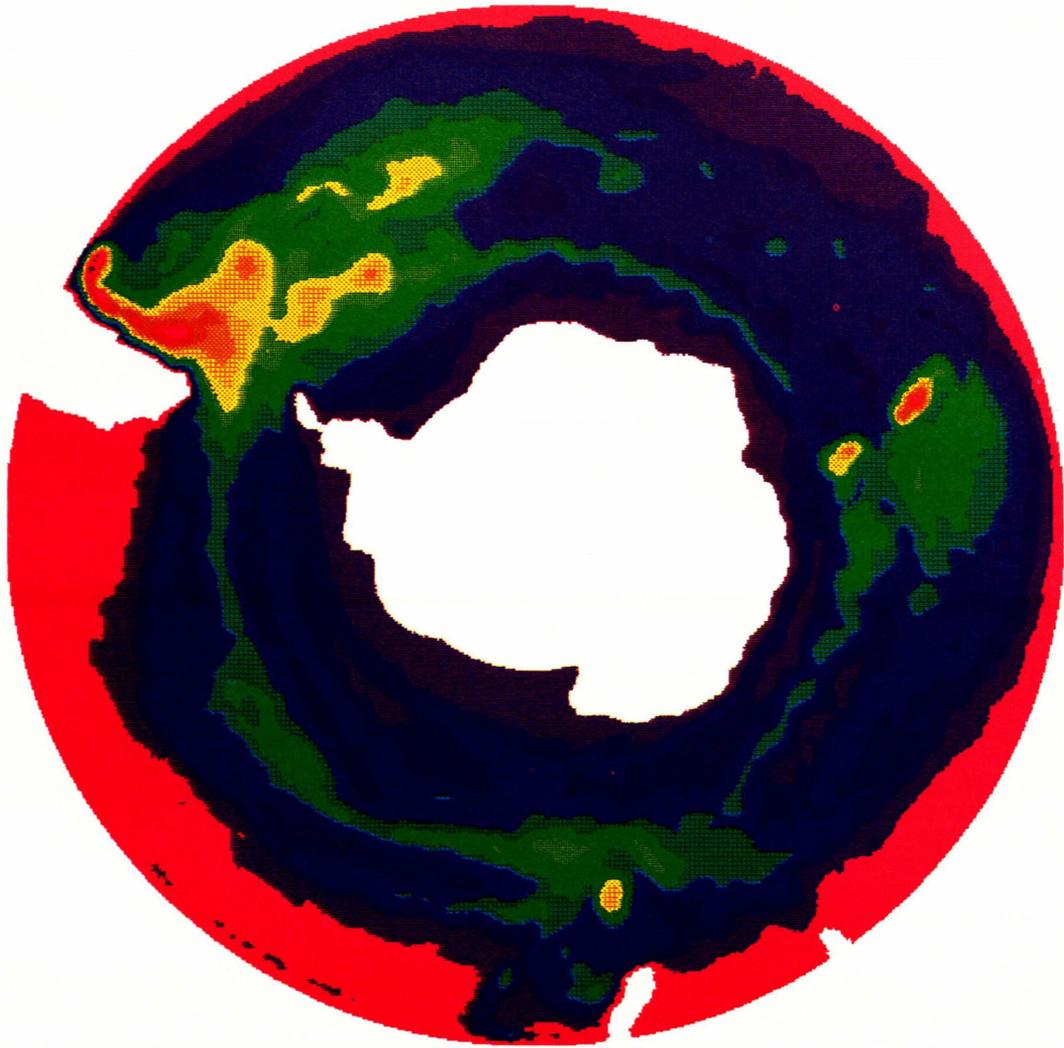


Abb. 1: Variabilität der Meeresoberfläche aufgrund von mesoskaligen Wirbeln.



Abb. 2: Die im Modell simulierte Strömung des Südlichen Ozeans nach 15 Modelljahren. Dargestellt sind die Stromlinien. Jede Farbe entspricht einem Wassertransport von $1.500.00 \text{ m}^3/\text{sec}$.

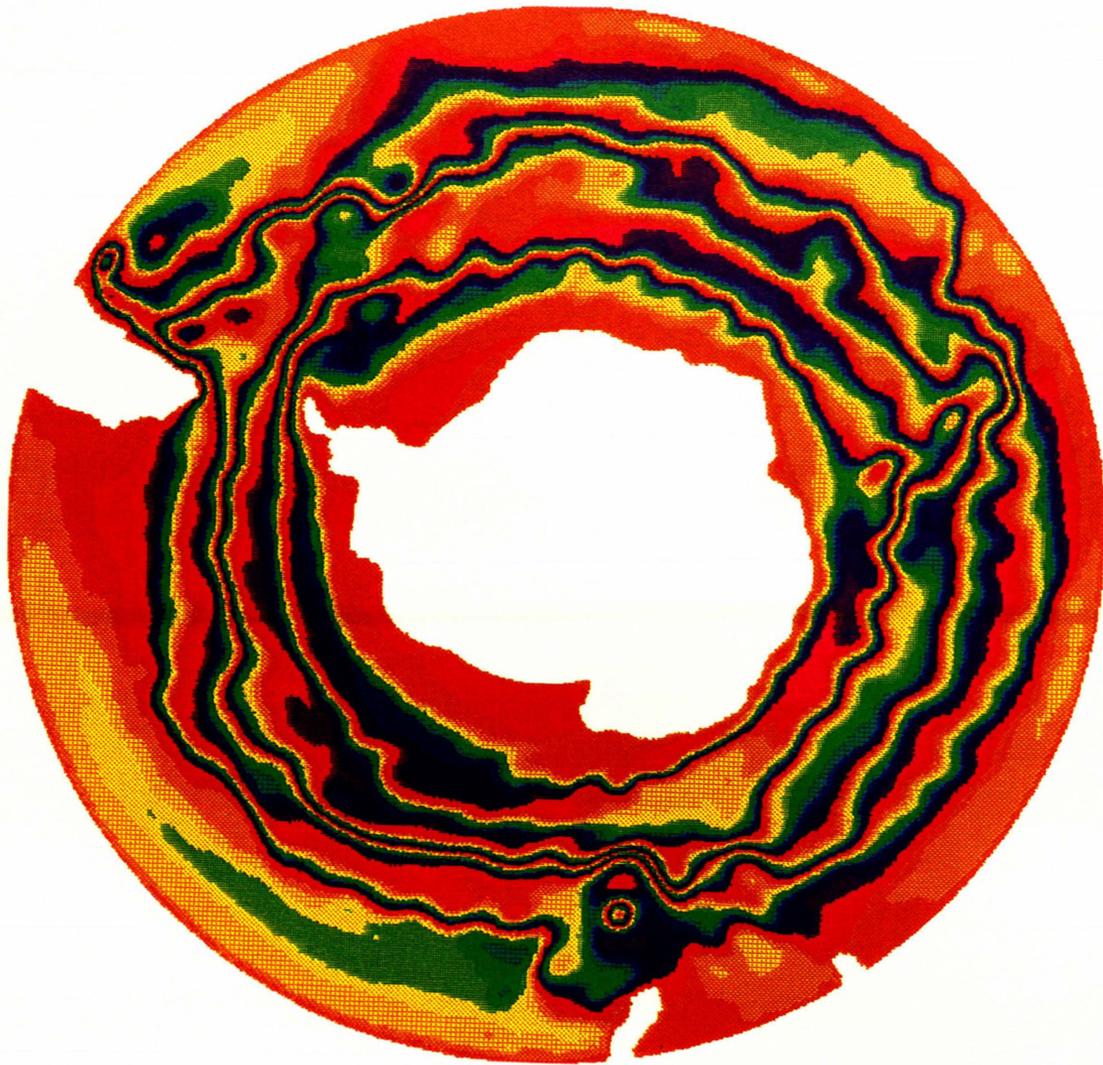


Abb. 3: Über 10 Jahre gemittelte Modellströmung des Südlichen Ozeans. Dargestellt sind die Stromlinien.
Jede Farbe entspricht einem Wassertransport von $1.500.00 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Abbildung 2 zeigt die aktuelle Stromfunktion nach 15 Jahren Modellzeit. Zur besonderen Betonung der Gradienten wurde hier eine Darstellung gewählt, in der sich eine zwölfteilige Farbskala sechsmal wiederholt. Jeder Farbsprung entspricht einem Transport von 1.5 Millionen m^3/sec . In dieser Abbildung fällt vor allem die Teilung des gesamten Gebiets in Regionen starker Wirbelaktivität mit ruhigen Zwischenzonen auf. Letztere zeichnen sich durch mehrere markante Frontensysteme aus (an den schmalen Gradienten Bändern zu erkennen). Abbildung 3 zeigt die über zehn Jahre gemittelte Stromfunktion, mit der gleichen Farbskala wie in Abbildung 2. Hier fallen die beiden stationären Wirbelsysteme über dem Kerguelenrücken und südlich von Neuseeland auf.

Da die Ergebnisse des ersten Experiments qualitativ gut mit Beobachtungen übereinstimmen, wird zur Zeit ein zweites Experiment durchgeführt, in dem folgende Veränderungen eine auch quantitativ realistische Darstellung des ACC bringen sollen:

1. Es werden neuere Winddaten benutzt, die am AWI aus langjährig gemittelten Analysen des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage erstellt worden sind.
2. Die Schichtdicken und auch die Dichteschichtung des Modells werden anhand von Messungen den wirklichen Gegebenheiten angepaßt.

Parallel dazu werden die Frontenbildung sowie der Einfluß der Bodentopographie auf die Wirbelaktivität untersucht. Weiterhin ist ein Experiment mit zeitlich variablen Windfeldern geplant.

Ein Inversmodell zur Berechnung der ozeanischen Zirkulation aus Tracer-Daten

Hagen Ross

Aufgabe eines diagnostischen Inversmodells ist es, aus gemessenen Daten andere Zirkulationsparameter zu bestimmen, die nur unter großen Schwierigkeiten oder gar nicht meßbar sind.

Unser neues Inversverfahren zur Berechnung der absoluten Geschwindigkeit im Ozean basiert auf der Annahme der Geostrophie, d.h. die Horizontalbewegung ergibt sich aus der Balance von Corioliskraft und Druckgradientkraft. Diese Vereinfachung gilt erfahrungsgemäß mit guter Näherung für großskalige stationäre Verhältnisse, die für klimatologische Untersuchungen relevant sind. Im Gegensatz zu anderen Inversverfahren mit ähnlicher Zielsetzung gewährleistet die vorliegende Methode die Massenerhaltung des Strömungsfeldes unmittelbar.

Die Grundlage zur Berechnung des inneren Massenaufbaus im Meer bilden hydrographische Daten (Temperatur und Salzgehalt). Der Massenaufbau bestimmt das Druckfeld und damit das horizontale Strömungsfeld bis auf eine unbekannte Integrationskonstante (Referenzgeschwindigkeit genannt), die aus der unbekanntenen Neigung der Meeresoberfläche resultiert. Durch vertikale Integration der Massenbilanzgleichung wird die Vertikalgeschwindigkeit diagnostiziert. Dabei liefert die kinematische Boden-Randbedingung die benötigte Integrationskonstante. Auf diese Weise ist das berechnete Strömungsfeld exakt massenerhaltend und erfüllt somit die Voraussetzung für die Diagnose von advektiven Salz- und Wärmeflüssen.

Um die Referenzgeschwindigkeit und damit die absolute Geschwindigkeit zu bestimmen, werden stationäre Erhaltungsgleichungen für konservative Eigenschaften des Meerwassers (Tracer) verwendet. Sie verknüpfen das absolute Geschwindigkeitsfeld, in dem die Referenzgeschwindigkeiten als unbekannt Parameter stehen, mit den Konzentrationsgegensätzen der Tracer sowie ebenfalls unbekannt Diffusionskoeffizienten, durch die der turbulente Austausch parametrisiert wird.

Weitere Eingabedaten sind daher die klimatologischen Verteilungen bestimmter Eigenschaften des Wassers. Wegen der vorhandenen Datenmenge und Qualität kommen hier in erster Linie Temperatur und Salzgehalt in Betracht.

Das Inversverfahren bestimmt die Referenzgeschwindigkeiten durch die Forderung, daß die Imbalancen in den Erhaltungsgleichungen im Sinne der kleinsten Quadratsumme minimiert werden. So erhält man als Ergebnis das geostrophisch balancierte, divergenzfreie dreidimensionale Strömungsfeld, das in dem betrachteten Gebiet optimal mit den beobachteten Tracer-Verteilungen in Einklang steht.

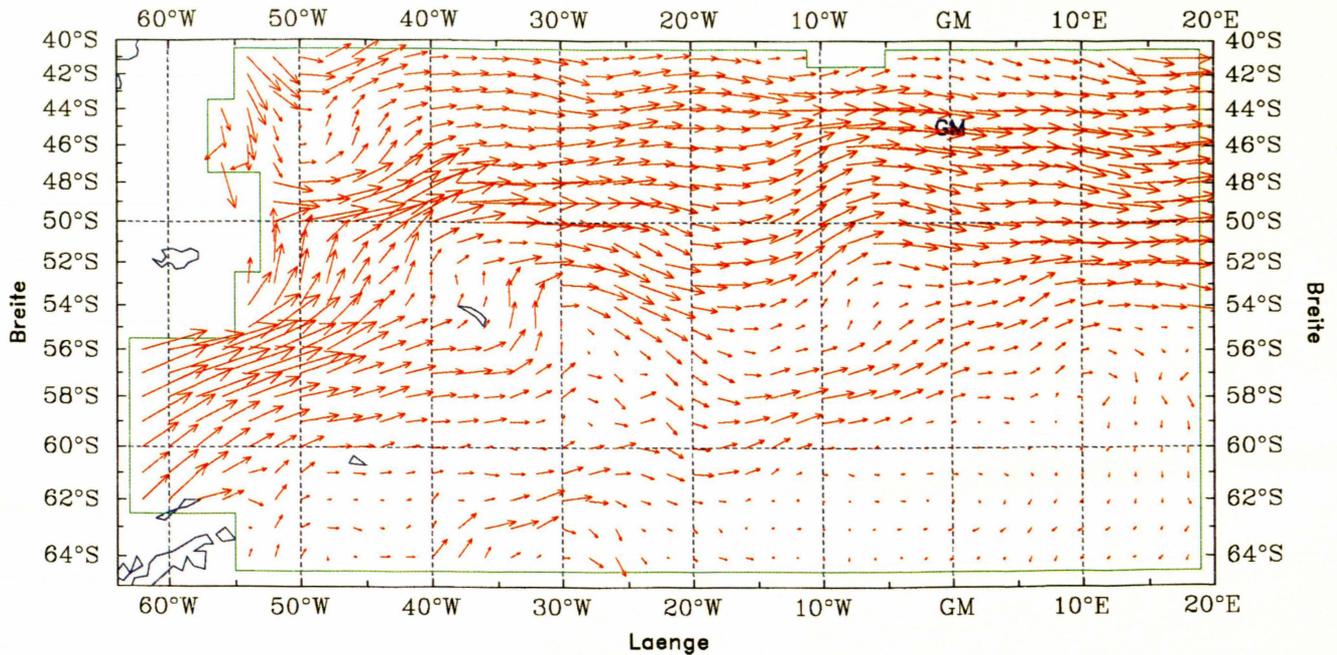
Im Gegensatz zu den bisher verwandten β -Spiral-Verfahren, bei denen die Referenzgeschwindigkeit lokal durch Anpassung an die Beobachtungen festgelegt wird, sind die Referenzgeschwindigkeiten bei der hier vorgestellten Methode über die Massenbilanz miteinander gekoppelt. Weil alle Erhaltungsgleichungen gleichzeitig berücksichtigt werden, ist das zu lösende Gleichungssystem erheblich umfangreicher als bei Verwendung der β -Spirale. Um das Verfahren auf ein größeres Meeresgebiet, etwa ein Ozeanbecken, anwenden zu können, ist daher ein Rechner mit großer Speicherkapazität nötig.

Neben der Advektion sind Vermischungsprozesse für die Verteilung physikalischer und chemischer Größen im Innern der Ozeane verantwortlich. Außer der kleinskaligen dreidimensionalen Turbulenz sind besonders solche Prozesse von Bedeutung, die sich entlang von neutralen Flächen oder potentiellen Isopyknen (Flächen gleicher Dichte) abspielen. Auf derartigen Flächen können sich Wassermassen mit unterschiedlichen Eigenschaften vermischen, ohne daß Arbeit gegen die Auftriebskraft verrichtet werden muß. Aus diesem Grund werden die Erhaltungsgleichungen in neutralen Flächen betrachtet. Der Diffusionstensor, der die turbulente Vermischung beschreibt, ist an die Lage der Flächen angepaßt. Dadurch kann zwischen Diffusion entlang und quer zu neutralen Flächen unterschieden werden.

Aus der Dichteschichtung im Südlichen Ozean ergibt sich, daß die in hohen Breiten nahe an der Oberfläche befindlichen neutralen Flächen im Bereich des Zirkumpolarstromes stark äquatorwärts geneigt und bis in die Tiefsee zu verfolgen sind. Dementsprechend sind dort die Bedingungen für einen Austausch zwischen Atmosphäre und tiefem Ozean günstig.

Stromung an der Meeresoberflaeche

Laenge



19-APR-90 14:01:32 File: OTH\$DATEN:[ROSS.C]SABOXE.ERG;1

65S→40S 064W→020E sea surface

Abb. 1: Durch ein Inversverfahren aus historischen Daten abgeleitete absolute geostrophische Strömung an der Meeresoberfläche im Atlantischen Sektor des Zirkumpolarstromes. Die größte Geschwindigkeit beträgt 21.0 cm/s.

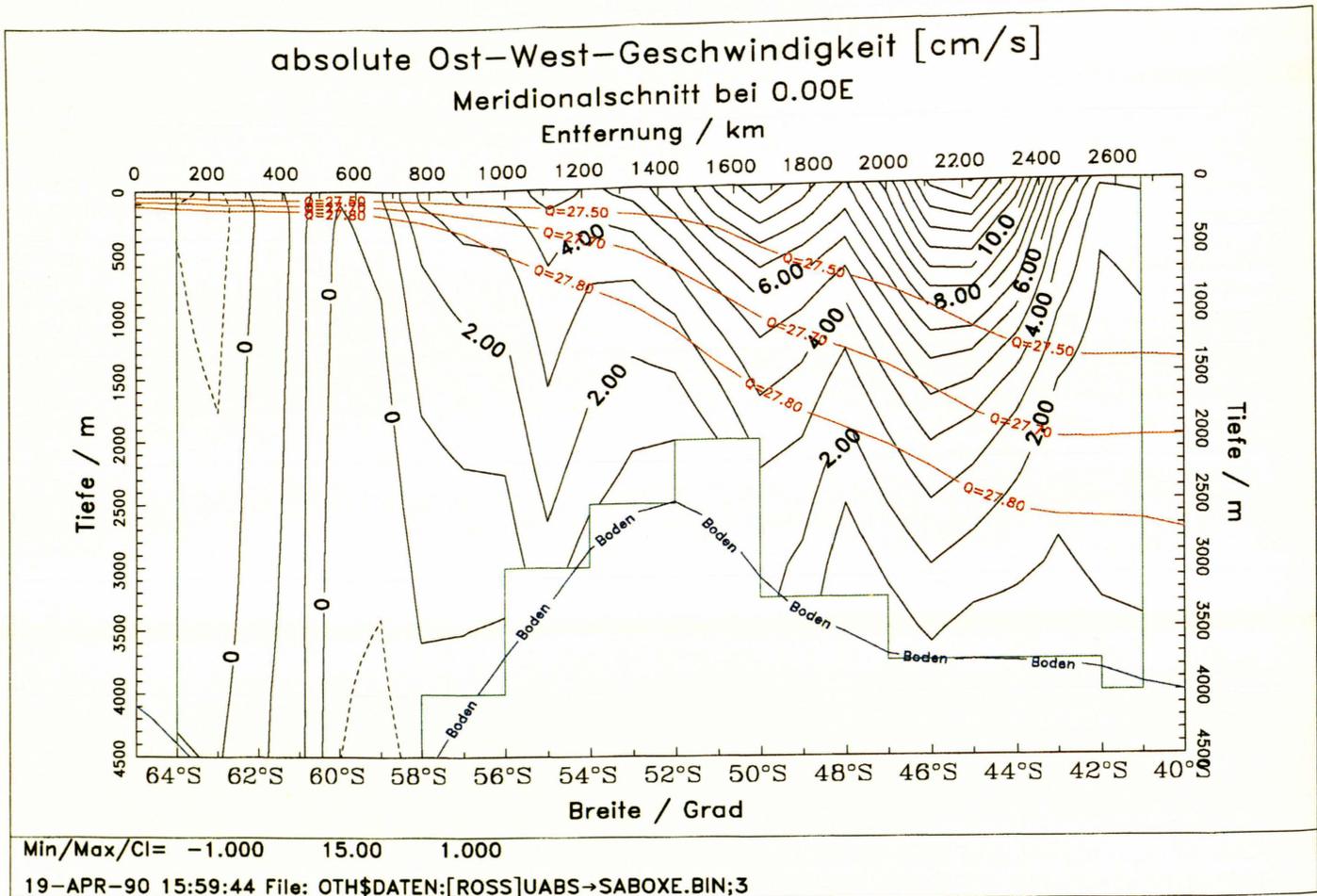


Abb. 2: Vertikalschnitt der absoluten ostwärtigen Strömungsgeschwindigkeit entlang des Greenwich-Meridians mit der Tiefenlage der drei für die Inversion verwendeten neutralen Flächen. Isotachenabstand 1 cm/s, negative Isotachen (nach Westen gerichtete Strömung) sind gestrichelt.

In dem in der Abbildung 1 gezeigten Beispiel wurde anhand klimatologischer Temperatur- und Salzgehaltsdaten die absolute geostrophische Strömung in einem Teilgebiet des Südatlantiks berechnet. Zur Bestimmung der dargestellten Referenzgeschwindigkeit an der Meeresoberfläche wurden adiabatische Erhaltungsgleichungen in drei neutralen Flächen verwendet, deren Tiefenlage Abbildung 2 entnommen werden kann. Zusätzlich mußte die Vertikalgeschwindigkeit an der Meeresoberfläche mit der aus dem Windfeld berechneten sogenannten Ekman-Geschwindigkeit übereinstimmen. Dies erforderte die Lösung eines Systems von über 6000 Gleichungen mit fast 1000 Unbekannten.

Die größte Geschwindigkeit wird mit etwa 21 cm/s diagnostiziert. Der vertikal integrierte Massentransport durch die Drake-Passage beträgt knapp 150 Mt/s. Stromabwärts davon weicht der Hauptteil des Zirkumpolarstromes dem topographischen

Hindernis, das von Süd-Sandwich-Bogen gebildet wird, äquatorwärts aus. Bei etwa 50° S wendet er sich nach dem Zusammentreffen mit dem von Norden einströmenden Brasil-Strom abrupt nach Osten. Im weiteren Verlauf ist er aus den klimatologischen Daten nur als recht breites Stromband mit Geschwindigkeiten über 10 cm/s zu rekonstruieren, das den Bereich um 45° S einnimmt. Die aus quasisynoptischen Beobachtungen bekannten und mit der Polarfront bzw. der Subantarktisfront assoziierten Geschwindigkeitsmaxima bei 45° S und 50° S sind auch in der Abbildung 2 deutlich erkennbar. Sie zeigt einen Vertikalschnitt der ostwärtigen Geschwindigkeit entlang des Greenwich-Meridians. Die barotrope Struktur des Strömungsfeldes im nördlichen Weddellmeer wird in dieser Darstellung durch den vertikalen Verlauf der Isotachen südlich von 58° S deutlich. Darüber hinaus deutet sich, wie auch im südöstlichen Teil der Abbildung 1, der Einstrom in den Weddell-Wirbel an.

Benthosuntersuchungen auf dem Schelf des Weddellmeeres mit dem neuentwickelten Mehrfachgreifer

Dieter Gerdes

Benthosforschung in den polaren Regionen stellt besonders hohe Anforderungen an die einzusetzenden Geräte, weil der Meeresboden schwer zu beproben ist, unter anderem wegen der von der Eisunterkante abschmelzenden Geröllbrocken. Es wird mit Bodengreifern und Schleppnetzen gearbeitet – Geräten, bei denen die in vielen anderen Bereichen der Meeresforschung sichtbaren technischen Weiterentwicklungen und Modernisierungen nicht stattgefunden haben.

Besonders Bodengreifer sind für die Benthosforschung wichtig, weil mit ihnen gewonnene Proben die Grundlage der quantitativen Beschreibung von Bodentiergemeinschaften darstellen. Über den Boden geschleppte Netze (z. B. Agassiz-Trawl) dagegen sammeln effektiv, aber unquantitativ Tiere vom Boden. Das so gewonnene Material eignet sich nur zur qualitativen Beschreibung der Faunenzusammensetzung.

Die traditionellen Bodengreifer genügen den heutigen Ansprüchen der Benthosforschung nicht, da sie Einfachgreifer sind und Proben vom Meeresboden blind gewinnen. Ihre wesentlichen Nachteile sind:

- zur statistischen Absicherung der Ergebnisse sind mehrere Wiederholungen der Probennahme erforderlich;
- Mehrfachbeprobung an einer Station beansprucht teure Schiffszeit, insbesondere bei größeren Wassertiefen;
- die Probennahme ist unkontrolliert, so daß über die tatsächlichen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet keine sicheren Aussagen gemacht werden können.

Im Rahmen eines EUROMAR-Projektes wurde deshalb ein Mehrfachgreifer entwickelt, der, ausgerüstet mit einer Unterwasser-Videoanlage, eine kontrollierte Mehrfachprobennahme ermöglicht (Abb. 2).

Pro Einsatz werden mit diesem Gerät neun Einzelproben aus einem Areal von ca. 3 m² gewonnen. Die Beprobungsfläche pro Stechkasten ist 12 x 20 cm, die maximale Eindringtiefe der Stechkästen beträgt 40 cm.

Auf zwei Expeditionen hat sich der Mehrfachgreifer im Weddellmeer als robustes und zuverlässiges Probennahmegerät bewährt.

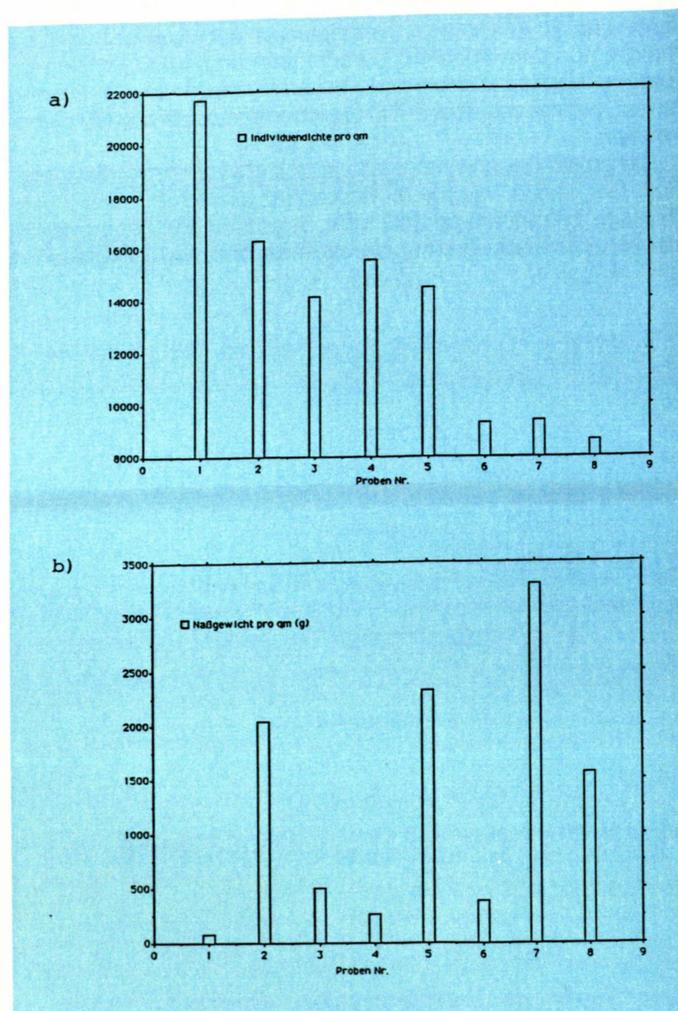


Abb. 1: Organismendichte (a) und Biomasse (b) auf der Basis einer Probenserie, die mit dem Mehrfachgreifer auf dem Schelf vor Kapp Norvegia (Weddellmeer) gewonnen wurde.

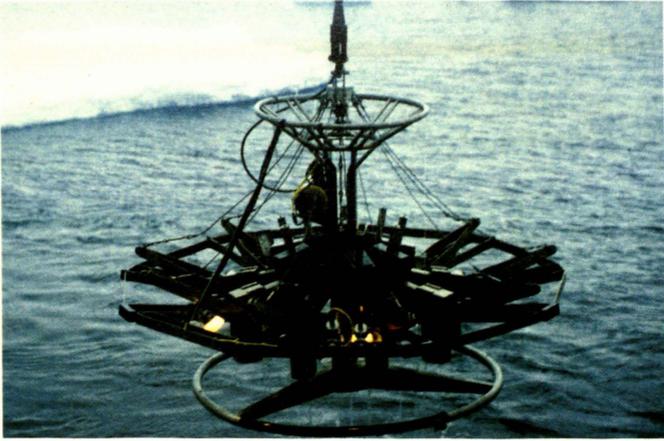


Abb. 2: Mehrfachgreifer

Während ANT VI/3 wurden entlang des Schelfs an 22 Stationen mit Wassertiefen zwischen 170 und 815 m Proben gewonnen. Zunächst ergänzten auf jeder Station eine separate UW-Kamera und parallele Agassiz-Trawl-Fänge die Probennahme. Die UW-Videoanlage des Mehrfachgreifers war zu der Zeit noch nicht fertig; sie wurde im Sommer 1989 erstmals erfolgreich bis 4000 m Wassertiefe eingesetzt. Bei einer mittleren Einsatzdauer von 23 Minuten pro Station wurden dabei insgesamt 164 Bodenproben an Bord geholt, d. h. 7,5 mal mehr als mit einem traditionellen Einfachgreifer (Tab. 1). Der kombinierte Einsatz der verschiedenen Geräte erbrachte detaillierte Einblicke in die Zusammensetzung und Strukturen der überaus reichen und artenvielfältigen Bodentiergemeinschaften, wobei auch die in situ-Beobachtung wertvolle Erkenntnisse über das Zusammenleben und Verhalten verschiedener Formen lieferte.

Mit Mehrfachgreiferproben waren erste Biomasseabschätzungen für dieses Gebiet möglich. Das Beispiel der in Abb. 1 dargestellten Probenserie läßt erkennen, wie variabel auch kleinräumig die Verteilung von Benthosorganismen ist - sowohl hinsichtlich der Individuendichte als auch der Biomasse.

Tab. 1: Zusammengefaßte Daten der Mehrfachgreifer-Stationen von der Expedition ANT VI/3 mit FS "Polarstern".

| St. Nr. | Wasser- tiefe (m) | Beprobungs- dauer (Min.) | Sedimentanalyse | Proben- anzahl | Eindringtiefe (cm) () = Mittelwert | Bemerkungen |
|---------|----------------------|-----------------------------|---|-------------------|--|---|
| 266 | 333 | 23 | toniger, siltiger, kiesiger Sand | 9 | 19-32 (24,6) | viele Schwammnadeln |
| 298 | 433 | 21 | siltiger, kiesiger, toniger Sand | 9 | 6- 9 (7,6) | |
| 305 | 525 | 25 | kiesiger, toniger, siltiger Sand | 9 | 16-26 (22,3) | |
| 308 | 190 | 13 | kiesiger, toniger, siltiger Sand | 7 | 6-12 (9,4) | 1 Kasten mit Schwamm und ohne Sediment |
| 314 | 468 | 23 | schwach kiesiger, sandiger, toniger Silt | 9 | 17-24 (19,3) | |
| 323 | 494 | 27 | schwach toniger, siltiger, kiesiger Sand | 6 | 4-5,5 (4,7) | viele Steine |
| 333 | 409 | 21 | schwach kiesiger, toniger, sandiger Silt | 9 | 25-41 (35,9) | |
| 342 | 556 | 28 | schwach kiesiger, toniger Sand | 9 | 15-22 (19,0) | tiefer 6 cm fest und knetbar |
| 344 | 424 | 27 | schwach kiesiger, schwach toniger, siltiger Feinsand | 9 | 27-38 (34,6) | tiefere Schichten tonig, fest |
| 346 | 375 | 20 | kiesiger Mittelsand | 6 | 4 - 8 (5,7) | Steine; tiefere Schichten (> 3cm)tonig und verfestigt |
| 348 | 427 | 18 | kiesiger Sand | 9 | 16-22 (19,0) | tiefere Schichten (> 3cm) tonig und verfestigt |
| 354 | 565 | 23 | siltiger, sandiger Ton | 9 | 38-42 (39,3) | tiefere Schichten knetbar |
| 362 | 412 | 18 | steiniger, kiesiger Mittelsand | 2 | 10-11 (10,5) | sehr viele Steine |
| 372 | 561 | 23 | kiesiger, toniger, siltiger Feinsand | 3 | 4 - 5 (4,3) | MG auf Steinen aufgesetzt |
| 378 | 815 | 32 | kiesiger, toniger, siltiger Sand | 9 | 36-40 (37,2) | |
| 384 | 522 | 21 | schwach kiesiger, schwach toniger, siltiger Feinsand | 9 | 8 -12 (10,6) | tiefere Schichten (> 10 cm) verfestigt |
| 387 | 312 | 18 | schwach toniger, siltiger, sandiger Kies | 3 | 7 -10 (8,3) | viele Steine |
| 396 | 432 | 22 | sandiger Kies | 8 | 13-34 (21,8) | ein Schließseil gerissen |
| 418 | 170 | 10 | siltiger, toniger Kies | 9 | 15-25 (20,4) | |
| 437 | 376 | 16 | schwach toniger, siltiger Feinsand | 9 | 30-38 (34,8) | |
| 503 | 545 | 20 | sandiger Kies | 8 | 17-31 (26,1) | Steine |
| 512 | 272 | 15 | kiesiger Feinsand | 4 | 4- 7 (5,0) | Steine |

Tab. 1: Zusammengefaßte Daten der Mehrfachgreifer-Stationen von der Expedition ANT VI/3 mit FS "Polarstern".

4. Logistik

Ein Großteil der logistischen Arbeiten des Instituts konzentrierte sich 1988 und 1989 routinemäßig auf die Abfertigung und Ausstattung der "Polarstern"-Reisen, die Versorgung der Antarktisstationen sowie die Ausrüstung und technische Unterstützung von Expeditionen auf dem antarktischen Kontinent und erstmalig auch auf dem arktischen Festland.

Die beiden Sommerstationen "Drescher" und "Filchner" wurden nach mehrjähriger Pause Ende 1989 wieder eröffnet, in Betrieb genommen und ihre technischen Einrichtungen dem Bedarf entsprechend erweitert; an der Überwinterungsstation "Neumayer" waren wegen der großen Deformationen der Röhren erste Sanierungsmaßnahmen nötig. 18 Fahrabschnitte der "Polarstern" sowie sieben Landexpeditionen in beiden Polarregionen wurden logistisch ausgestattet und betreut. Dabei erfolgte der Nachschub und Umschlag überwiegend auf dem Seewege über verschiedene Häfen in beiden Hemisphären. Gleichzeitig waren zahlreiche Kurzfahrten der "Victor Hensen" im Bereich der Nordsee zu betreuen.

Die Neumayer-Station wurde in den antarktischen Sommern jeweils für die Überwinterungen 1988 und 1989 ausgerüstet. Während der Südsommer 1987/88, 1988/89 und 1989/90 fanden Landexpeditionen in den Kottasbergen, auf dem Ekström- und Filchner- Schelfeis, in der Shackleton Range und auf der Antarktischen Halbinsel statt. Während der Nordsommer 1988 und 1989 arbeiteten Expeditionen auf dem grönländischen Inlandeis. Alle diese Expeditionen hat das AWI logistisch und technisch vorbereitet, ausgerüstet und betreut. Darüber hinaus unterstützte es Expeditionen anderer deutscher Institutionen in die Polargebiete.

Während die Stationen "Neumayer" und "Filchner" als logistische Basen für die Arbeiten auf Ekström, in die Kottasberge und auf Filchner dienten, wurde das Shackleton Range Unternehmen auf dem Flugwege von der britischen Station "Halley" aus durchgeführt.

Die allgemeinen logistischen Arbeiten des Instituts standen 1988 und 1989 weitgehend im Zeichen von Konsolidierung und Routine. Neue Aufgaben hingegen zeichneten sich ab bei Projekten wie Stationsneubauten, Windkraftanlagen und in der internationalen Zusammenarbeit.

4.1 Antarktisstationen

Das AWI betreibt eine Überwinterungsstation und zwei Sommerstationen, die alle drei im Bereich des südlichen Weddellmeers liegen. Zu den wissenschaftlichen Einrichtungen der Überwinterungsstation "Neumayer" kam 1988 eine weitere ganzjährig betriebene seismologische Außenstation hinzu. Sie liegt 150 km entfernt auf dem Halvar Ice Rise. Die alte seismische Außenstation wurde vom Nordinlet zum Sörasen verlegt. In der Meteorologie wurden ein Driftmesser und eine Wettersatellitenempfangsanlage installiert.

Während des Südsommers 1987/88, 1988/89 und 1989/90 war "Neumayer" Basis und Ausgangspunkt für glaziologische, geophysikalische und geologische Land- und Flugunternehmen auf dem Ekström-Schelfeis und in die Kottasberge. Im Sommer beherbergte die Station bis zu 50 Personen, und dies ohne den Observatoriumsbetrieb zu beeinträchtigen.

Die Überwinterungen der Jahre 1988 und 1989 verliefen erfolgreich und führten das Forschungs- und Beobachtungsprogramm der Vorjahre in Meteorologie, Geophysik und Luftchemie weiter. Die Station wurde in der Sommersaison 1988/89 zu einem erheblichen Teil in Kooperation mit der schwedischen Antarktisexpedition und deren Schiff "Stena Arctica" versorgt.

Im Zusammenhang mit den Überwinterungen bei "Neumayer" ist besonders zu erwähnen, daß im Dezember 1989 ein Frauenteam, bestehend aus einer Ärztin, zwei Geophysikerinnen, zwei Meteorologinnen, zwei Ingenieurinnen, eine Funkerin und einer Köchin, die Überwinterung 1990 antrat. Dieses Ereignis ist nicht nur in der deutschen Überwinterungsgeschichte einmalig.

Eine wichtige technische Neuerung bei "Neumayer" ist die Umstellung der Brennstoffversorgung vom Faßtransport auf Tankschlitten mit Kapazitäten von je 20.000 l. Dieses erleichtert das Löschen des Schiffes und die Bevorratung der Station erheblich.

Große innere Deformationen haben im Laufe der Jahre die Röhrenkonstruktion von "Neumayer" stark verformt, so daß schon 1988 Sanierungsarbeiten, wie Absenken der Stationscontainer und Verlegung der Klimainstallationen erforderlich waren. Die alljährliche Sicherheitsprüfung der Station durch den

Germanischen Lloyd, Hamburg, klammert zwar eine Gefahr für die Überwinterer aus, 1992 muß die Station jedoch aufgegeben werden.

Die Sommerstationen "Drescher" und "Filchner" waren 1988 nicht in Betrieb, sondern wurden erst im Südsommer 1989/90 wieder eröffnet. Die "Drescher"-Station nutzte ein Biologenteam, um Studien an Robben und Pinguinen durchzuführen. Die "Filchner"-Station war Basis des Filchner III-Programmes. Von hier wurden Meßflüge und Überlandexpeditionen durchgeführt sowie die 50 km entfernte Tiefbohrung unterstützt.

4.2 Neubauprojekte

Die Lebensdauer der Neumayer-Station war von der Bauweise her auf etwa 10 Jahre anzusetzen. Aufgrund der starken Verformung der Station infolge der Eisbewegung und Schneeaufrost ist von einer Aufgabe der Station nach 11 Jahren (1992) auszugehen.

Die Nachfolgestation soll wieder auf dem Ekström-Schelfeis errichtet werden. Dieser Beschluß wurde in einer breiten Diskussion mit Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen und Institutionen gefaßt. Gründe für die Wahl des Standortes waren u.a. die Weiterführung der Observationsmeßreihen, die gute Zugänglichkeit der Atka Bucht auf dem Seewege sowie die günstige Lage der Station für Arbeiten in den Gebirgsregionen Neuschwabenlandes. Im wissenschaftlichen Bereich ist eine Ausweitung für biologische und chemische Studien vorgesehen,

ansonsten soll der Umfang der Einrichtungen denen der alten Station entsprechen. Ausschreibung und Vergabe für die ingenieurmäßige Planung erfolgte in der zweiten Jahreshälfte 1989. Technische Alternativlösungen werden derzeit von einem hiesigen Ingenieurbüro (Polarmar) in Zusammenarbeit mit dem AWI vorbereitet.

In Planung und Vorbereitung befindet sich ferner eine Bodenstation für den Empfang von SAR-Daten (Synthetic Aperture Radar) des europäischen Satelliten ERS-1 sowie für VLBI (Very Long Baseline Interferometry)-Untersuchungen im Norden der Antarktischen Halbinsel bei der chilenischen Station O'Higgins. Die SAR-Daten werden dem Studium der Dynamik des Packeises der Weddel-See und der angrenzenden Schelf- und Inlandeise dienen, während das VLBI-Programm die Bestimmung der Drift des antarktischen Kontinentes relativ zu den anderen Kontinenten erlauben soll. Das Projekt betreiben die DLR, das Institut für Angewandte Geodäsie (IFAG), Frankfurt, und das AWI gemeinschaftlich, wobei die DLR für den ERS-1-Teil, das IFAG für die VLBI-Seite und das AWI für das wissenschaftliche Antarktisprogramm, die Logistik und den Betrieb zuständig ist. Die Institute haben einen entsprechenden Kooperationsvertrag geschlossen, der die Zuständigkeiten für die Aufbauphase bis zur Inbetriebnahme regelt. Ein Kooperationsvertrag für den Betrieb ist in Vorbereitung. In der Antarktis sollen der Aufbau wie auch der Betrieb der Station in Zusammenarbeit mit dem chilenischen Antarktisinstitut (INACH) durchgeführt werden. Absprachen wurden getroffen und die vertragliche Regelung vorbereitet.



Eisbohrung auf dem Filchner-Schelfeis



Ebenfalls 1989 begann die Planung einer Annex-Station für marin-biologische und terrestrisch-ökologische Studien. Die Station soll an die argentinische Station "Jubany" auf King George Island angelehnt und gemeinsam mit dem Instituto Antártico Argentino betrieben werden. Sie wird als modulares System aus sieben Containereinheiten bestehen, um die Mobilität der Einheiten zu gewährleisten und sechs bis acht Wissenschaftlern Arbeitsmöglichkeiten bieten.

Den wachsenden Aktivitäten in der Arktis soll eine Station auf Spitzbergen Rechnung tragen. Die Station ist als Observatorium für atmosphärische Wissenschaften und als Basis für biologische und geowissenschaftliche Sommeraktivitäten gedacht. Planung und Vorbereitung haben 1989 in Kooperation mit dem Norsk Polarinstitut, Oslo, begonnen. Laboratorien und Quartiere sollen in verschiedenen Häusern der Siedlung Ny Ålesund untergebracht werden. Den Umbau der Häuser hat die Kingsbay Company Ende 1989 in Angriff genommen. Bis zu acht Wissenschaftler und Techniker können ab 1990 in den Einrichtungen des AWI auf Spitzbergen arbeiten und wohnen.

4.3. FS "Polarstern" und FK "Victor Hensen"

FS "Polarstern"

1988 und 1989 war "Polarstern" sowohl in der Antarktis als auch in der Arktis. Das Forschungsprogramm umfaßte 18 verschiedene Fahrtabschnitte unterschiedlicher Schwerpunkte. Auf



Landexpeditionen

die 730 Tage des Berichtszeitraums entfielen 34 Hafentage für Umschlag von Personal und Expeditionsgüter (je Fahrtabschnitt etwas weniger als zwei Tage) und 67 Tage auf die vier Werftaufenthalte in Bremerhaven. "Polarstern" war insgesamt 629 Tage auf See im Forschungseinsatz, was für ein Forschungsschiff eine stattliche Bilanz ist. Innerhalb der Forschungseinsätze sind besonders hervorzuheben die EPOS-Fahrten (European Polarstern Study) 1988/89, eine europäische meeresbiologische Gemeinschaftsstudie im Rahmen des Polar Network der European Science Foundation sowie das 2. Winter-Weddell-See-Experiment 1989, das in Zusammenarbeit mit dem sowjetischen Forschungsschiff "Akademic Fedorov" durchgeführt wurde. Auf die Abläufe wird im weiteren eingegangen.

Anfang April 1988 kehrte FS "Polarstern" von der Versorgungsfahrt und dem Einsatz in das südlichen Weddellmeer (ANT VI/3) nach Bremerhaven zurück. Während des anschließenden Werftaufenthaltes waren Wartungsarbeiten am Rumpf, an der Ruderanlage und den Winden erforderlich. Modifizierungen an Umformern, an der zentralen Datenerfassungs- und Verteilungsanlage sowie am Grauwasserabfluß im Laborcontainerraum wurden durchgeführt mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Arbeiten besser unterstützen zu können. Während der ARK VI/1-3 Expeditionen 1988 wurden neben den Bordprogrammen in Biologie, Geologie, Geophysik, Meteorologie und Ozeanographie auch übergreifende Programme wie die Remote Sensing Flüge auf Spitzbergen, ein biologisch-meteorologisches Experiment auf einer Eisscholle sowie geophysikalische Landarbeiten auf Grönland, unterstützt.



Nach Rückkehr aus der Arktis ging "Polarstern" Ende August 1988 in Bremerhaven ins Dock, um Propeller, Stabilisatoren und Lote überprüfen und reparieren zu lassen. Zu den weiteren Wertarbeiten zählten u.a. die Umrüstung der Wetterwarte, die Installation eines zusätzlichen Kranes auf dem Arbeitsdeck, die Verbesserung der Ladeluftkühlung der Hauptmotoren in Verbindung mit einer Vergrößerung des Zuladegewichts (Erhöhung der Lademarke auf 11.20 m) und die Versorgung der Neumayer-Station.

Das anschließende EPOS-Unternehmen teilte sich in drei Fahrabschnitte (ANT VII/2-4) mit unterschiedlichen Arbeitsgebieten und Schwerpunkten auf. Zu Wissenschaftler- und Mannschaftsaustausch sowie zu Umschlag und Versorgung wurde zweimal Punta Arenas in Südchile angelaufen. Auf der Anreise (ANT VII/1) wie auch auf der Rückreise (ANT VII/5) fanden ozeanographische und luftchemische Programme statt.

Von der Wertzeit im April 1989 sind besonders zu erwähnen die Änderungen an der INDAS-Anlage, die Erweiterung des Rechnernetzes sowie die Vorbereitungen zum Einbau der Hydrosweep und Parasound-Lotanlagen.

Vom April bis Juli 1989 führten vier Fahrabschnitte in die Arktis (ARK VI) in die Grönlandsee, Framstraße und die Region von Svalbard mit Wissenschaftler austausch und Umschlag von Expeditionsgütern in Tromsø und Longyearbyen. Die Schwerpunkte lagen auf biologischen, eistechnischen und ozeanographischen Untersuchungen. Besonders auf dem ersten Fahrabschnitt wurden sehr schwere Eisverhältnisse angetroffen, was den Fahrtablauf auf ARK VI verzögerte. Am 08.07. lief "Polarstern" Hamburg anlässlich des Hafengeburtstages an und stellte sich der Öffentlichkeit mit einem "Tag der offenen Tür" vor.

In der nachfolgenden Wertzeit lag das Schiff wieder in der Lloyd-Werft in Bremerhaven. Der Schwerpunkt der verschiedenen wissenschaftlichen Ein- und Umbauten für die ANT VIII-Fahrten lag neben Inspektionsarbeiten auf dem Einbau neuer wissenschaftlicher Lotsysteme (Hydrosweep, Parasound) in einer neuen Kastenkielsektion verbunden mit dem Versatz anderer Lote innerhalb des Kiels. Anfang August 1989 lief "Polarstern" zu ANT VIII aus.

Der erste Fahrabschnitt bis Puerto Madryn (ANT VIII/1) diente neben luftchemischen Arbeiten hauptsächlich der Erprobung von Hydrosweep und Parasound. Beide Systeme konnten ohne Startschwierigkeiten in den Forschungsbetrieb integriert werden.

Der zweite Fahrabschnitt (ANT VIII/2; WWGS 89 vom 06.09. - 30.10.89) konzentrierte sich in Zusammenarbeit mit der "Akade-

mic Fedorov" auf ozeanographische und meteorologische Studien tief ins Weddellmeer. Selbst die Neumayer-Station konnte im Spätwinter angelaufen und zum Teil versorgt werden. Zwischen den Fahrten in der Konvergenzzone (ANT VIII/3) und der Versorgungsfahrt mit dem Filchner III-Projekt (ANT VIII/5) wurde erstmalig eine deutsch-französische Inspektionsreise zur Antarktischen Halbinsel durchgeführt, auf der acht Stationen unterschiedlicher Nationen besichtigt wurden.

Während aller Wertzeiten wurde "Polarstern" gleichfalls gelöscht und entsorgt sowie für die nachfolgenden Fahrten vorbereitet und ausgestattet.

FK "Victor Hensen"

Nach der Winteraufliegezeit lief "Victor Hensen" Mitte Februar 1988 das erste Mal wieder aus. Zielgebiet war die Norwegische Rinne, wo ozeanographische Geräte erprobt wurden. Bis zur Wertzeit Mitte Juli fanden 25 Fahrten mit insgesamt 59 Seetagen statt. Davon waren 8 Fahrten Praktikumsveranstaltungen für die Universitäten Oldenburg und Bremen und eine Fahrt für eine fischereibiologische Exkursion britischer Studenten. Auf einer 11-tägigen Reise in niederländischen Gewässern wurde in Zusammenarbeit mit der Uni Oldenburg und einer niederländischen Teilnehmergruppe ein LIDAR-System innerhalb des Euromar-Projektes erprobt.

Die Wertzeit im Juli 1988 beinhaltete die normalen Wertarbeiten für die Klassenerneuerung III. Zusätzlich wurden Einschweißfundamente auf dem Arbeitsdeck für 1 x 20' - bzw. 2 x 10'-Container eingebaut.

Nach dieser Wertzeit nahm "Victor Hensen" an der Veranstaltung "Spezialisten" innerhalb der 14. Bremerhavener Festwoche teil. An fünf Tagen war das Schiff ganztägig für die Öffentlichkeit zugänglich, und Wissenschaftler und Besatzung haben zahlreiche Besucher über Aufgaben und Arbeitsweise des Schiffes informiert. Das Interesse war außergewöhnlich groß, bedingt durch das aktuelle Robbensterben und die "Killeralgen".

Im zweiten Halbjahr wurden weitere 15 Fahrten mit insgesamt 35 Seetagen unternommen. Die Fahrten dienten hauptsächlich fischereibiologischen Aufgaben, Langzeituntersuchungen des Nordseebenthos und Schwermetalluntersuchungen/Euromar Pilotprojekt.

Von November 1988 bis Mitte März 1989 lag "Victor Hensen" routinemäßig wieder auf. In der Aufliegezeit hat die Mannschaft das Schiff und die Maschinenanlage grundlegend überholt und für neue Einsätze vorbereitet. Erste Fahrten in der Nordsee fan-

den ab Mitte März statt. Dazu gehörten Benthoskartierungen sowie chemische und biologische Untersuchungen an Frontensystemen. Bis Ende Juli 1989 fanden insgesamt 14 Tagesfahrten in die Deutsche Bucht, vier mehrtägige Fahrten in die Deutsche Bucht sowie in die südliche und zentrale Nordsee statt. Die längste Fahrt umfaßte 20 Seetage. Schwerpunkte dieser Reisen lagen auf biologischen, chemischen und ozeanographischen Untersuchungen, die zum Teil Gemeinschaftsprojekte mit anderen deutschen und auch ausländischen Instituten waren. Mehrere Exkursionen und Praktikumsfahrten mit Kurscharakter wurden mit den Universitäten Bremen und Oldenburg durchgeführt.

Insgesamt war "Victor Hensen" 1989 nach der Aufliegezeit 78 Tage im Einsatz.

Die Wertzeit im August 1989 diente einem Umrüstungs- und Inspektionsprogramm. Unter anderem wurden eine Abwasserabreinigungsanlage im hinteren Laderaum und eine Umkehrosmoseanlage zur Trinkwassererzeugung eingebaut.

Nach der Wertzeit war "Victor Hensen" für weitere 30 Tage bis zur Aufliegezeit Anfang November im Einsatz. Diese Fahrten wurden hauptsächlich von der Sektion Biologie I für Benthoslangzeituntersuchungen und Populationsdynamik "Fische", genutzt. Ferner wurden zwei meeresphysikalische Praktikumsfahrten unternommen.

4.4. Polarflugzeuge und Hubschrauber

Die Polarflugzeuge Polar 2 und Polar 4 kamen während des Berichtszeitraumes in der Antarktis, in der Arktis wie auch im europäischen Raum zum Einsatz.

Während des antarktischen Sommers 1987/88 wurden die beiden Flugzeuge des AWI zur Unterstützung eines geologischen Projektes in der Shackleton Range eingesetzt. Sie brachten die Expeditionsteilnehmer von einer Basis nahe der britischen Station Halley mit ihrer Ausrüstung in die Shackleton Bay und versorgten sie während der Kampagne von hier mit Verbrauchsgütern. Es war dieses die erste deutsche Landexpedition, die allein auf Flugunterstützung basierte.

Nach Rückkehr und Rückrüstung im März flog Polar 2 im Mai 1988 im Rahmen eines interdisziplinären Projektes für Fernerkundung Einsätze im Nordatlantik von Spitzbergen aus.

Nach Fertigstellung des Meteopods für Polar 4 sowie mit weitgehender Fertigstellung der wissenschaftlichen und navigatorischen Ausrüstung beider Flugzeuge einschließlich Bordrechner wurden die Maschinen im August 1988 im Schwarzwald und im September/Oktober 1988 im norddeutschen Tiefland für meteorologische Experimente genutzt. Als technische Verbesserungen sind der Einbau einer Bodenluke, einer Rolltür sowie eines

Kugelfensters für bessere seitliche Beobachtungen zu vermerken. Während des Südsommers 1988/89 flogen beide Flugzeuge wieder in der Antarktis. Von Dezember bis Anfang Februar waren die Maschinen bei der Neumayer-Station stationiert und führten ein Flugvermessungsprogramm für Magnetik und Eisdickenmessung über dem Ekström-Schelfeis, dem angrenzenden Inlandeis sowie den Bergen des westlichen Neuschwanlandes durch.

Im Februar 1989 waren die Flugzeuge in ein photogrammetrisches Programm auf der Antarktischen Halbinsel eingebunden, das das Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt und British Antarctic Survey, Cambridge, gemeinsam durchführten. Die Maschinen kehrten Mitte März 1989 nach erfolgreicher Saison nach Hannover zurück, wo sie bis einschließlich April gewartet und repariert wurden.

Nach der Umrüstung der Maschinen für neue Aufgaben flogen sie von Mai bis Anfang Juni 1989 für ein meteorologisches Gemeinschaftsprojekt im Bereich der Nordsee.

Zu diesem Zeitpunkt waren auch Polar 4 mit dem Meteopod sowie beide Flugzeuge für den Autopilotbetrieb bei einem maximalen Abfluggewicht von 6400 kg zugelassen. Letzteres ist besonders für die langen Überführungsflüge über den Atlantik und über Südamerika zur Antarktis eine große Erleichterung.

Vor dem Abflug zur Antarktissaison 1989/90, im September und Oktober 1989, führten die Polarflugzeuge des AWI noch ein internationales Flugmeßprogramm im Rahmen der Satellitenozeanographie im Thyrrhenischen Meer durch.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Polarflugzeuge 1988 und 1989 gut für wissenschaftliche Meßfliegerei ausgelastet waren.

Auf den Fahrten der "Polarstern" werden Hubschrauber mitgeführt. Sie haben sich für die Eiserkundung, für kleinere Transportaufgaben sowie für die Unterstützung wissenschaftlicher Meßtrupps auf dem Eis als unentbehrlich erwiesen. Zwar ist die "Polarstern" ein starker Eisbrecher, aber es schlägt sich deutlich im Treibstoffverbrauch nieder, ob das Schiff schweres Eis brechen muß oder dieses umfahren kann. Beide Hubschrauber sind zweimotorige Fluggeräte des Typs BO 105, die über die Standardausrüstung hinaus mit Kurzwellenfunk, Autopiloten, Omega-Navigation und Zusatztanks ausgerüstet sind. Zweimotorigen Hubschraubern ist wegen der größeren Risiken der Polarfliegerei unbedingt gegenüber einmotorigen Maschinen der Vorzug zu geben. Während der Shackleton- Expedition 1988 waren drei Hubschrauber im Einsatz, wovon einer ständig in den Shackleton-Bergen zur Unterstützung der geologischen Feldarbeiten stationiert war.

Während die Polarflugzeuge als AWI-Eigentum von Hapag-Lloyd Flug (Flugbetrieb) in Zusammenarbeit mit der Fa. Aerodata (Meßtechnik) bereedert wurden, waren die Hubschrauber von der Fa. Helicopter-Service-Wasserthal gechartert.

4.5. Allgemeine Logistik

Die allgemeinen logistischen Aufgaben des Logistik-Bereichs sind zwar weitgehend Routine, erforderten aber den größten zeitlichen und personellen Aufwand. Hierzu zählte die Versorgung der ANT VI bis ANT VIII sowie der ARK V und ARK VI Fahrtabschnitte, wobei viele hundert Wissenschaftler und Techniker vorzubereiten, auszustatten und zu betreuen waren. Die Reisen der Fahrtteilnehmer zu und von den Umschlaghäfen im Süden und Norden galt es ebenso zu organisieren wie die Materialumschläge in diesen Häfen verbunden mit Nach- und Rückfrachten. Die sieben Landexpeditionen wurden nicht nur technisch ausgestattet und zusammengestellt, sondern auch personell mit Technikern unterstützt.

Neben den Polarexpeditionen des AWI gab es in beiden Jahren von anderen deutschen Institutionen eine Reihe kleinerer Unternehmen in Arktis und Antarktis. Da diese Institute über keine eigene Logistik verfügen, wurden sie auf Grund von Kooperationsvereinbarungen vom AWI in der Ausrüstung unterstützt.

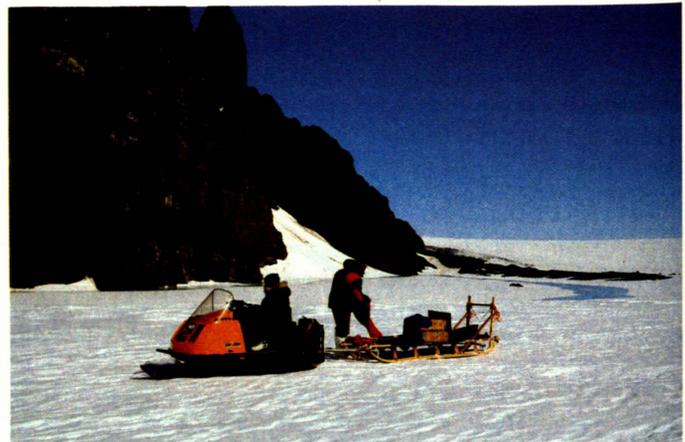
In den Berichtszeitraum fielen die 7. und 8. Überwinterung an der Neumayer-Station. Personell setzten sich die Mannschaften wie die der Vorjahre zusammen. Die Logistik hat - wie üblich - die

Mannschaft ausgewählt, sie in einem umfangreichen Kurs vorbereitet und ausgestattet. Sie hat die Station mit Lebensmitteln, Brennstoffen, Geräten und Ersatzteilen versorgt sowie die neunköpfigen Mannschaften während der Überwinterung betreut.

Zur logistischen Verantwortung des AWI zählt neben den Großgeräten Schiffe, Flugzeuge und Stationen ein großer Fahrzeug- und Materialbestand, der im Hafenerlager in der Lloyd-Werft vorgehalten und gewartet wird (über das Hafenerlager wurde ausführlich im Zweijahresbericht 1988/78 berichtet). Hierzu gehörte die persönliche Ausrüstung, die vom Handschuh bis zum Schlafsack alles umfaßt, was ein Teilnehmer zum Leben in den Polargebieten benötigt. Auch Laborcontainer, mobile Feldstationen, Raupenfahrzeuge, Schlitten, Generatoren, Funkausrüstungen, um nur einige typische Geräte zu nennen, mußten bereitgestellt werden, um die Arbeiten auf dem Eis zu ermöglichen. Die Vielzahl und die Unterschiedlichkeit der Expeditionen erfordert einen Materialbestand, der immer wieder umgeschlagen, gewartet, repariert und ergänzt werden muß. Von den 12 großen Raupenfahrzeugen wurde 1989 eines der beiden ältesten Fahrzeuge in der Kraftfahrzeugwerkstatt des Hafenerlagers mit einem neuen Motor- und Hydrauliksteuerungssystem umgerüstet, um dieses 14 to schwere Kranfahrzeug an die Erfordernisse moderner Technik anzupassen. Ferner wurde im Berichtszeitraum das Brennstofftransportsystem von 200 l Fässern auf 20.000 l Tankcontainerschlitten umgestellt. Dieses erleichtert die Versorgung der Stationen und Expeditionen erheblich, denn jährlich sind etwa 300.000 l bis 400.000 l Brennstoffe in die Antarktis zu bringen.



Schneefahrzeuge



Geologische Arbeiten in den Krall Bergen

Schließlich ist noch die Entsorgung der Stationen und Schiffe als allgemeine logistische Aufgabe zu nennen. Die Umweltauflagen, die in den letzten Jahren von den Vertragsnationen beschlossen und eingeführt wurden, bedeuten einschneidende und fortlaufende Maßnahmen, um die Belastung der Antarktis drastisch zu reduzieren. Diese Maßnahmen umfassen die Eliminierung belastender Materialien, Emissionsschutzvorkehrungen bei Stationen und Expeditionsmaschinerien sowie die Entsorgung von Abfallstoffen. Mit der Implementierung der neuen Auflagen wurde 1989 begonnen.

4.6 Ingenieurprojekte

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Bremerhaven, dem Germanischen Lloyd, Hamburg, und der Firma Heidelberg-Motoren, Starnberg, hat das Institut eine Windkraftanlage mit einer Nennleistung von 20 kW für den Antarktiseinsatz entwickelt. Die Anlage soll im Januar 1991 bei der "Neumayer-Station" aufgebaut und zwei Jahre getestet werden. Ziel dieses Projektes ist es, die Nachfolgestation "Neumayer" alternativ mit Energie aus Windgeneratoren versorgen zu können.

Bei der Anlage handelt es sich um ein System mit vertikaler Rotorachse. Die induktive Abnahme erfolgt über horizontal angeordnete Magnetspulensysteme in Form eines Doppelrings. Der Vorteil eines solchen Systems, das übrigens teilweise als "Spin-off" der Magnetbahn betrachtet werden kann, gegenüber konventionellen Anlagen ist die geringere mechanische Anfälligkeit bei tiefen Temperaturen. Die Anlage arbeitet getriebeles und hat nur zwei Lagerungspunkte.

Daneben wurden 1989 zwei kleine konventionelle Windkraftanlagen von je 1 kW für polaren Einsatz modifiziert. Diese Generatoren sollen die elektrische Energie für temporäre Sommercamps, Traversen oder automatische Stationen liefern. Die Anlagen kamen Ende 1989 bei der Neumayer-Station zum Testeinsatz. Die Technikerinnen der Überwinterung 1990 betreuten diese Windkraftanlagen.

Während des Berichtszeitraumes wurde ein neuer elektromechanischer Eisbohrer gebaut. Die Steueranlagen des alten Bohrers wurden erheblich modifiziert. Zusammen mit neuen Winden ist dieses neue System leichter und damit auch für den Transport mit den Polarflugzeugen geeignet. Der Bohrer ist auf eine Bohrtiefe von 400 - 500 m ausgelegt. In der Saison 1989/90 kam das neue System auf dem Filchner-Schelfeis im Rahmen des Filchner-III-Projektes zum Einsatz, um Eiskerne aus der Region der Doppelschicht bis in Tiefen um etwa 300 m zu ziehen.

4.7 Internationale Einbindung

Polarforschung, besonders die Antarktisforschung, sind in einem internationalen Rahmen zu sehen, in den auch das Alfred-Wegener-Institut eingebettet ist. Die Einbindung des Bereichs Logistik hat sich in den letzten Jahren erheblich intensiviert. Die aktive Mitarbeit im Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) und im Deutschen Landesausschuß SCAR besteht schon seit 1978, aber mit Gründung des Standing Committee on Antarctic Logistics und Operations (SCALOP) 1988 wurde der Vorsitz in diesem Gremium in der AWI-Logistik angesiedelt. Neben Informationsaustausch in neuen Polartechniken und Ingenieurprojekten sowie neben der Vorbereitung eines Logistiksymposiums (Sao Paulo 1990) wurden 1989 auch erste Schritte in der Entwicklung von Standards sowohl in der Flugsicherheit als auch in der Behandlung von umweltbelastenden Stoffen und deren Entsorgung getan. Beide Aspekte, Flugsicherheit und "Waste Management", werden ab 1990 nach den Beschlüssen der 15. Konsultativtagung eine vorrangige Stelle in den logistischen Programmen der Antarktisinstitutionen spielen.

Die Beratung des Auswärtigen Amtes in technischen und logistischen Fragen des Antarktisvertrages innerhalb der Arbeit der Konsultativrunde gehört seit 1987 zu den fortlaufenden Aufgaben der AWI-Logistik. Auf Betreiben der Bundesrepublik wurde im Mai 1989 in Paris eine Sondertagung des Antarktisvertrages zum Thema "Antarktische Flugsicherheit" abgehalten und unter Federführung des Leiters der AWI-Logistik ein erstes Flugsicherheitsregime erarbeitet. Dieses Regime verabschiedete die 15. Tagung der Konsultativrunde im Oktober 1989 in Paris in der vorgeschlagenen Form.

Das AWI hat in den letzten beiden Jahren Institutionen anderer Länder, europäische und außereuropäische, beim Aufbau einer eigener Logistik beraten. Auch konnten außerhalb dieser Beratung bewährte Polartechnologien transferiert oder vermittelt werden. Laut Empfehlung XV-15 der Antarktis-Konsultativrunde sind solche Beratungen in Zukunft zu intensivieren.

Die internationale Zusammenarbeit im See- und Lufttransport gewinnt mit der zunehmenden Anzahl an Mitgliedern der Konsultativrunde an Bedeutung. So wurde 1988/89 die Zusammenarbeit im Schiffstransport mit verschiedenen Partnern erfolgreich ausgebaut, wobei das AWI mit "Polarstern" nicht nur der gebende Partner war. Auch die Unterstützung im Flugtransport sowie die Beschaffung von Arbeitsmöglichkeiten an den Stationen anderer Nationen konnte verschiedentlich vermittelt werden.

Die logistische internationale Zusammenarbeit ist nicht nur ein finanzielles Problem. In Zukunft gilt es vielmehr, die vorhandenen logistischen Kapazitäten besser zu koordinieren, um ein hohes Maß an logistischer Unterstützung für die wissenschaftlichen Programme zu erzielen. Auch hier hat die Arbeit des SCALOP-Komitees angesetzt.

Bezüglich der Mitarbeit in internationalen Projekten ist die Vorbereitung der Tiefbohrung auf dem zentralen grönländischen Inlandeis zu nennen. Sie soll Anfang der 90er Jahre als europäisches Gemeinschaftsprojekt im Rahmen des "Polar Network" der European Science Foundation (ESF) niedergebracht werden. Erste technische Hilfestellungen wurden 1989 gegeben. Es wurde im Berichtszeitraum an der Planung einer Tiefbohrung auf Berkner Island oder alternativ einer Tiefbohrstation auf dem

ostantarktischen Inlandeis, beide ebenfalls als europäische Gemeinschaftsunternehmungen, mitgearbeitet. 1989 wurde außerhalb von SCAR ein Ingenieurprojekt zum Betrieb von Fahrzeugen und zur Durchführung von Traversen bei Temperaturen unter -35°C bis -40° initiiert. Der Betrieb bei solch tiefen Temperaturen stellt bisher immer noch eine große Hürde dar. Die AWI-Logistik ist an der Initiierung sowie an der Unterstützung dieses Projektes beteiligt.

Ingenieurprojekte, sei es zum Transport, zum Umweltschutz oder zur Nutzung alternativer Energien in den Polargebieten, werden in Zukunft verstärkt in internationaler Gemeinschaft angegangen werden, um ein Höchstmaß an Erfahrung und Expertise einzubinden.

5. Zentrale Einrichtungen

5.1 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Ausstellungen

Die vom AWI in Zusammenarbeit mit dem Pfalzmuseum (Bad Dürkheim) erstellte Ausstellung *„Polarforschung gestern und heute“* wurde 1988 bundesweit von sieben Sparkassen jeweils fünf bis sechs Wochen lang gezeigt. Die Eröffnung der Ausstellung war jeweils verbunden mit einem Vortrag über die Forschungsarbeiten des AWI und/oder einer Pressekonferenz.

Im Sommer 1988 nahm das Alfred-Wegener-Institut an der AGF-Ausstellung *„Forschung bestimmt die Zukunft, Großforschung - Partner der Hochschulen“* im Wissenschaftszentrum in Bonn teil.

Das AWI beteiligte sich auf der Hannover-Messe 1989 am Gemeinschaftsstand der AGF. Das Institut präsentierte Ozonmessungen, die Automatische Meßstation für die Antarktis und den *„Metopod“* mit zahlreichen Schautafeln und Modellen. Bei der BremTec Anfang Juni 1989 wurden drei Exponate zum Thema *„Meerestechnik“* ausgestellt. Mit einem polaren Zeltlager war das AWI auf dem Kinderfest beim Bundeskanzleramt Ende Juni vertreten. Im September 1989 nahm das AWI an der BremTec-Technologiepräsentation in Bonn teil. In seinen Institutsräumen zeigte das AWI im Herbst und Winter 1989/90 eine Ausstellung über Plankton. Diese Wanderausstellung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zeigt die Anfänge der Planktonforschung vor hundert Jahren und die Plankton-Expedition mit dem Forschungsschiff *„Meteor“* 1989. Sie wurde ergänzt durch Arbeiten von AWI-Biologen.

Vorträge

Im Vortragssaal *„Nordseemuseum“* des AWI vermittelten Wissenschaftler während der monatlich abgehaltenen populärwissenschaftlichen Vorträge der Bremerhavener Bevölkerung einen Eindruck der Forschungsarbeiten des AWI. Darüber hinaus informierten Wissenschaftler in Schulen, Vereinen oder öffentlichen Veranstaltungen über ihre Arbeiten.

Das AWI beteiligte sich außerdem an Veranstaltungen der Volkshochschule Bremerhaven: Die VHS nahm in ihr Programme allgemeine Vorträge über die Polarforschung der Bundesrepublik, Führungen durch die Institutsgebäude und Filmvorführungen auf, und Wissenschaftler des AWI halten in der VHS Vorträge.

Führungen und Besichtigungen

Tage der offenen Tür veranstaltete das AWI am 4. Juni 1988 und am 23. September 1989. Der Institutsneubau fand weiterhin großes Interesse und wurde mit Führungen insgesamt 3100 Besuchern (1100 Personen 1988, 2000 Personen 1989) vorgestellt. Bei diesen Gelegenheiten hat sich die Vorführung des AWI-Informationsfilmes (Video, 24 Minuten) sehr bewährt. Die biologische Sammlung des AWI (vorm. Nordseemuseum) besuchten pro Jahr 5000 - 6000 Personen. Sie ist im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit jeden dritten Sonntag im Monat, während der Sommermonate an jedem Wochenende geöffnet. Für Schulklassen und interessierte Besuchergruppen wurden Führungen durch die Sammlung veranstaltet.

Presse

Das AWI gab 1988 18 und 1989 24 Pressemitteilungen heraus.

Bei der Rückkehr von *„Polarstern“* aus der Antarktis im April 1988 hatte die Presse Gelegenheit, sich in Bremerhaven über die Forschungsergebnisse zu informieren. Ähnlich war es 1989, als am 11. April auf einer Pressekonferenz auf *„Polarstern“* in Bremerhaven der Bundesminister für Forschung und Technologie, Heinz Riesenhuber zu aktuellen Ergebnissen und Fragen der Polar- und Meeresforschung Stellung nahm. Am 13. April 1989 folgte eine Pressekonferenz über die ersten Ergebnisse der European Polarstern Study (EPOS). Eine Pressekonferenz zur Arktisforschung fand statt, als *„Polarstern“* im Juli 1989 von ihrer Arktisreise zurückkehrte und Hamburg anlässlich des 800. Hafengeburtstages besuchte.

Nachdem im Sommer 1989 die neun Frauen des neuen Überwinterungsteams der Georg von Neumayer-Station von Forschungsminister Riesenhuber in Bonn der Presse vorgestellt worden waren, beanspruchte die Organisation von Presseterminen für Interviews, Reportagen und Fotos großen Raum in der Öffentlichkeitsarbeit. Dies hielt an bis zur Abreise der Frauen im Dezember 1989.

Im November 1989 berichteten Prof. Augstein, Dr. Bathmann, Dr. Fahrbach und Dr. Wamser vor der Bremer Landespressekonferenz über die ersten Ergebnisse des *„Polarstern“*-Fahrtabschnittes ANT VIII/2 (Winter Weddell Gyre Study 1989).

5.2 Bibliothek

Die Gesamtzahl der bibliographischen Einheiten (Bücher, Zeitschriften, Sonderdrucke, Seekarten) betrug Ende 1988: 74.209, Ende 1989: 77.577.

| | Zugänge 1988 | Zugänge 1989 | Gesamt |
|---------------|--------------|--------------|--------|
| Bücher | 1281 | 1126 | 14 698 |
| Zeitschriften | 1406 | 1493 | 31 749 |
| Sonderdrucke | 950 | 996 | 31 127 |
| Karten | 74 | 118 | 1 039 |

Die Zahl der laufend gehaltenen Zeitschriften und Serien ist bis Ende 1989 auf 991 angewachsen. Davon werden 177 durch Kauf, 814 durch Tausch oder Geschenk bezogen.

Die elektronische Titelerfassung wurde im Berichtszeitraum fortgeführt. Mit Hilfe einer ABM-Halbtagskraft werden seit Juni 1989 auch die Altbestände an Monographien des IfM und des AWI maschinenlesbar aufgenommen.

Der Erwerb von Abstractsreihen wurde zugunsten von Literatursuchaufträgen über Datenbanken eingestellt (1981: "Biological Abstracts", 1985: "Microbiology Abstracts"). Diese Online-Recherchen sind von den AWI-Wissenschaftlern schnell angenommen worden: Insgesamt wurden im Berichtszeitraum 88/89 126 Online-Recherchen auf externen Datenbanken durchgeführt. Dieser vom BMFT geförderter Modellversuch zur Informationsvermittlung lief Ende 1989 aus.

Die Bibliothek besitzt ASFA (Aquatic Science and Fisheries Abstracts) und seit Dezember 1989 auch Artic and Antarctic Science auf CD-Rom. Hier können - nach kurzen Einweisungen - die Benutzer jederzeit selbst Recherchen durchführen. Aus dem Nutzungslogbuch ist ersichtlich, daß vom 19. Juni - 13. Dezember 1989 in insgesamt 130 Stunden 450 Recherchen im ASFA gemacht wurden. Davon fielen 48 Stunden nach Feierabend und auf Wochenenden. Literaturzusammenstellungen für die Einarbeitung in ein neues Gebiet (z. B. Doktorarbeiten) werden durch Online-Recherchen sehr vereinfacht.

Der AWI-Online-Katalog erfaßt den Bibliothekbestand und dient dem schnellen Zugriff. So können die Benutzer selbständig nach z.B. Verfassernamen, Titel, Jahr, Verlag oder Schlag- und Stichworten recherchieren. Kopien des Kataloges können auf PC in den Sektionen gehalten werden, wie es z.Zt. schon in den Sektionen Chemie, Physik I und II und im Rechenzentrum der Fall ist. Es ist geplant, den AWI-Online-Katalog auf die zentrale Datenbank zu holen; Zugang erfolgt dann über das Apple-Netz.

Die Bibliothek des AWI ist Mitglied der Arbeitsgemeinschaft der Spezialbibliotheken und durch einen Mitarbeiter vertreten in der amerikanischen Bibliotheksvereinigung IAMSILIC (International Association of Marine Sciences Libraries and Information Centers). Seit Herbst 1989 besteht ein Verband deutscher meereskundlicher Bibliotheken, dem das AWI angehört.

5.3 Rechenzentrum

Das Ende 1987 neuformulierte Rechnerkonzept des AWI sah für den Rechenbedarf der Klimaforschung eine zweifache Bereitstellung von Rechenleistung vor:

- 1) Externe Anbindung mit hoher Bandbreite an Höchstleistungsrechenzentren in Hamburg oder Stuttgart (mit Cray 2 Rechenanlagen) für die Produktionsrechenleistung.
- 2) Verstärkung der Rechenleistung im AWI-Rechnernetz mit Vektor/Parallel-Rechnerkomponenten, welche weitestgehend kompatibel zur externen Cray 2 Rechenanlage sind. Sie sollen den Rechenbedarf bei Programmentwicklung und Test der Modelle abdecken.

Nachdem die Zuwendungsgeber dem neuen AWI-Rechnerkonzept zugestimmt hatten, wurde deshalb 1988 ein leistungsfähiger, in das im Institut vorhandene Rechnernetz integrierbarer Vektor/Parallelrechner (Alliant FX/80) ausgeschrieben und beschafft. Der schon am Institut vorhandene Convex Vektorrechner wurde Anfang 1989 aufgerüstet.

Abbildung 1 verdeutlicht schematisch die Einbindung dieser Rechner in das AWI Rechnernetz.

Der Alliant FX/80 Vektor/Parallelrechner diente vor allem der Entwicklung von Modellsoftware. Außerdem werden auf diesem System effiziente parallele numerische Algorithmen entwickelt, welche in der Modellierungssoftware des AWI die veralteten seriellen Algorithmen ersetzen.

Kommunikation

Mitte 1988 wurde das AWI-Rechnernetz zunächst über eine langsame 64 KBit/s Standleitung an die Cray 2 des Rechenzentrums der Universität Stuttgart (RUS) angeschlossen.

Eine der Gundvoraussetzungen zur Realisierung des AWI Rechnerkonzepts war jedoch die breitbandige Anbindung an externe Höchstleistungsrechenzentren wie Deutsches Klimarechenzentrum, Hamburg, oder Universität Stuttgart (beide Cray 2) ohne den bisherigen Kommunikations-"Flaschenhals". Deshalb stellte das AWI-Rechenzentrum Mitte 1988 einen Pilotantrag zur experimentellen Nutzung des Post-Glasfaser-Vorläuferbreitbandnetzes (VBN). Wegen der zeitintensiven Koordinierung der

sonstigen im Bundespostministerium (BPM) eingegangenen Pilotanträge anderer Forschungseinrichtungen und Universitäten stellte das AWI im April 1989 nach weiteren Gesprächen mit dem BPM einen revidierten Antrag zur experimentellen Pilotnutzung des Glasfaser-Vorläufer Breitbandnetzes (VBN).

Die bisher im beantragten VBN Pilotprojekt enthaltene LAN-LAN Kopplung der lokalen Rechnernetze am AWI und RUS (10 MBit/s mit TCP/IP Protokoll) wurde abgekoppelt und nur die schnelle Kopplung (140 MBit/s Transferrate auf Basis Ultra Network) beibehalten. Die langsamere LAN-zu-LAN-Kopplung soll bis 1992 über das DFN-Glasfasernetz realisiert werden. Die 140 Mbit/s-Kopplung wird genutzt im Sinne eines verteilten Modellierens und der Visualisierung der gerade auf der Cray 2 gerechneten Ergebnisse auf den lokalen AWI Rechnern (Alliant FX/80, Convex) oder schnellen Workstations. Im Gegensatz zu früheren Planungen wird durch eine VBN Wählverbindung übertragen. Den Pilotvertrag haben BPM und AWI Ende 1989 abgeschlossen. Die physikalischen Tests bis zum Jahresende verliefen erfolgreich.

Für die o.g. LAN-LAN Kopplung offerierte das BPM dem AWI als Interimslösung bis zur Bereitstellung des DFN-Glasfasernetzes eine Sondervereinbarung zur Nutzung einer 2 MBit/s Verbindung über Glasfaser zum RUS. Die entsprechenden Verträge hat das AWI zwischenzeitlich unterzeichnet.

Ende 1989 begannen vorbereitende Arbeiten am AWI-Rechenzentrum, um auch zum Deutschen Klimarechenzentrum, Hamburg (DKRZ) ein ähnliches Kommunikationssystem wie zum RUS aufzubauen.

AWI Rechnernetz

Neben den unten genannten Softwarearbeiten wurde im Berichtszeitraum wegen der stark angestiegenen Auslastung der Rechner im AWI Rechnernetz für das Jahr 1989 erstmals eine allgemeine Betriebsstatistik durchgeführt. Bezogen auf die Einzelsysteme ergab sich folgendes Bild:

– VAX Rechnersysteme (Graphik, Datenbanken, numerisch stat. Software)

Nachdem Anfang 1989 die Auslastung der bisher leistungsstärksten Systeme im VAX Cluster (den beiden 8350 Rechnern) auf bis zu 85 % angestiegen war, kam es dort zu Engpässen mit längeren Wartezeiten und zur Beeinträchtigung der interaktiven Arbeitsmöglichkeiten. Nach Abschluß der Softwarearbeiten zur Integration der noch 1988 beschafften VAX 6210 in den VAX Cluster, verbesserte sich diese Situation wieder. Derzeit wird die VAX 6210 auf eine VAX 6320 hochgerüstet, da die Nutzung der zentralen Datenbanken stark angestiegen ist.

– Alliant FX/80 Vektor/Parallelrechner (numerische Bibliotheken, Entwicklung von Modellierungssoftware, Analyse von Modelldaten)

Die Betreuung der Modellierer im AWI verbesserte sich Anfang 1989, weil eine Wissenschaftlerstelle (Dr. C. Wübbler) zur Benutzerbetreuung (UNIX, numerische Software) besetzt wurde. Seit Inbetriebnahme des Rechners im August 1987 hat die Auslastung stark zugenommen (1989 im Mittel 60 % CPU Auslastung und 70 % Plattenauslastung). Die Erwartungen bezüglich der Möglichkeiten für Entwicklung, Tests und Pflege von CRAY-kompatibler Modellierungssoftware wurden sogar übertroffen. Der Übergang zur CRAY 2 in Stuttgart bereitet kaum Probleme.

– Convex C 201 (seismisches Datenprocessing, Modellierungssoftware)

Nach Beseitigung der Engpässe im Platten- und Magnetbandbereich arbeitet das Disco Programmpaket für seismische Datenaufbereitung zufriedenstellend. Der Anfang des Jahres 1989 neu beschaffte vektorisierende C-Compiler der Convex gestattete die zügige Implementierung von Modellierungssoftware für zellulare Automaten. Wegen der geringen Auslastung des Rechners wurde bisher keine Betriebsstatistik geführt.

Status der Projektarbeit im AWI-Rechenzentrum

Die Projekte haben das Ziel, den Wissenschaftlern des AWI eine verbesserte DV-Infrastruktur und Zugang zu neuer Technologie zu bieten. Sie sind in der Ebene zwischen reiner DV-Dienstleistung und Informatik-Wissenschaft angesiedelt und können vom derzeitigen knappen Stammpersonal im zentralen DV-Bereich arbeitsmäßig nicht bewältigt werden. Deshalb wurden diese Projekte befristet mit Nachwuchswissenschaftlern besetzt oder als Entwicklungsauftrag vergeben.

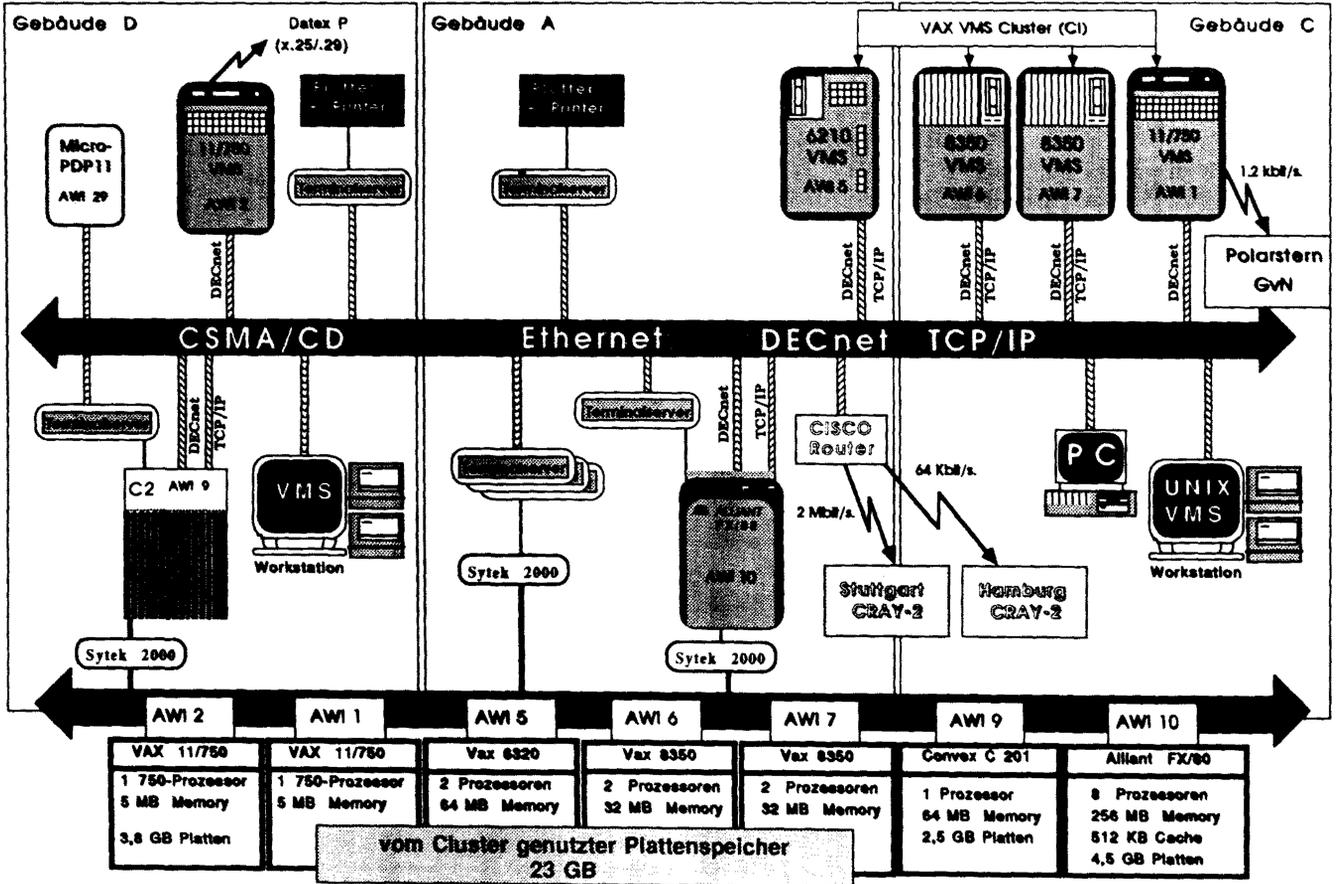
Die Projekte sind derzeit:

1. Graphischer Metafile-Interpreter für das AWI-Rechnernetz (Metaint)
2. Digitale Bildverarbeitung
3. Verteiltes Modellieren
4. Datenbankprojekt

Projekt "Metaint"

Ein graphischer Metafile-Interpreter wurde an die Benutzer übergeben. Er entlastet sie von einem Teil der Programmierauf-

AWI Rechnernetz



gaben zur Nutzung der vielfältigen graphischen Ressourcen im AWI Rechnernetz. Der Interpret war im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt worden. Im Berichtszeitraum begann das Projekt mit den letzten Arbeiten zur Fertigstellung der ersten Version, der Erfassung von Benutzerwünschen aus dem Betrieb und der Spezifikation der endgültigen Version (Entwicklungsauftrag). Die erste Version des Metafile-Interpreters wird schon intensiv von den AWI Wissenschaftlern genutzt. An der zweiten Version, die auch auf Workstations unter X-Window lauffähig sein soll, wird gearbeitet.

Projekt "Digitale Bildverarbeitung"

Das Projekt begann Anfang 1989. Es wurde untersucht, wie das Rechenzentrum die an Bildverarbeitung interessierten Nutzer in der Geologie, Geophysik und Physik unterstützen kann. Als erstes wurde den Benutzern eine Einführung in eine Sprache (APL) angeboten, die die Formulierung von Algorithmen in der Bildverarbeitung erleichtert. Die Hardwareplattform für digitale Bildverarbeitung am AWI wurde spezifiziert und entsprechende Software ausgewählt. Derzeit erarbeitet das Projekt Filterverfahren zur Größenanalyse von Meereisverteilung aus Satellitenbildern.

Projekt "Verteiltes Modellieren"

Das Projekt begann Anfang 1989. Das AWI ist dabei "Primäranwender" eines Projektes des DFN (Deutsches Forschungsnetz), das das RUS (Rechenzentrum der Universität Stuttgart) durchführt. Bislang wurde in Absprache mit dem Projekt in Stuttgart untersucht, welche Anwendungen am AWI von diesem Projekt profitieren können, welche Werkzeuge dazu vom RUS bereitgestellt und welche technischen Voraussetzungen hier erfüllt werden müssen. Für den weiteren Projektverlauf wurde ein detailliertes Konzept erarbeitet. Außerdem wurde ein Softwarepaket erstellt, das Klimaforschungsmodellaten in schneller Folge visualisiert. So können z.B. die Ausgabedaten des Quasigeo-

strophischen Zirkulationsmodells des Südlichen Ozeans mit Hilfe dieses Programmpakets als Real-Time Film (6 - 8 Bilder pro Sekunde) auf der Alliant FX/80 visualisiert werden.

Datenbankprojekt

Ab Anfang 1988 wurde ein Konzept entwickelt, große Datenmengen auf einem leistungsfähigen Zentralrechner (VAX Cluster im AWI Rechnernetz) zu halten und lokal auf einer Workstation einzugeben, zu prüfen und graphisch mathematisch weiterzuverarbeiten.

Nach umfangreichen Benchmarks wurde für den Zentralrechner die Datenbank SYBASE ausgewählt, die das Anforderungsprofil am AWI wesentlich besser abdeckt als die bislang verwendete Datenbank RDB. Die Datenbank SYBASE befindet sich seit anderthalb Jahren im Einsatz. Wegen der hohen Benutzerakzeptanz, dem günstigen Preis/Leistungsverhältnis und der guten Einbindung in die vorhandene Rechner- und Softwarestruktur des AWI wurde der Apple Macintosh als Datenbank-Workstation ausgewählt.

Auf diesen Rechnern wurden in nutzerspezifischen Datenbank Anwendungen nach Bedarf Komponenten der zentralen Datenbank integriert. Dezentral wurden Anwendungen in Biologie (Bakteriologie, Benthologie, Planktologie), Meteorologie (Radiosondenaufstiege, Wetterbeobachtungen), Geologie (Kernarchiv) und Glaziologie (Eiskerne) fertiggestellt. An bereichsübergreifenden Informationen wurde das Stationsbuch von "Polarstern" übertragen. Zentral wurden eine Datenbank aller Radiosondenaufstiege von "Polarstern" und der Georg-von-Neumayer-Station mit einer Applikation implementiert, die es ermöglicht, Radiosondenaufstiege zu validieren und weiterzuverarbeiten und die bestehenden Datenbanken (Indas, Topographie und Taxonomie) fortgeführt.

Im Rahmen von Diplomarbeiten wurden die geographischen Rasterdaten im Quadtree-Verfahren in der Datenbank abgelegt, um eine schnellere Zugriffsmöglichkeit zu haben.

6. Personeller Aufbau und Entwicklung des Haushalts

6.1 Personal

Die personelle Entwicklung in den Jahren 1988 und 1989 ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt:

Personalplan 1988/1989

| | Soll am 31.12.1988 | Ist | Soll am 31.12.1989 | Ist |
|------------------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|------|
| Stellenplan | 162 | 151 | 166 | 162 |
| Annexstellenplan | 112,5 | 90 | 123,5 | 102 |
| unbefristete Drittmittelstellen | 15 | 1 | 15 | 4 |
| befristete Drittmittelstellen | - | 20 | - | 14,5 |

6.2 Haushalt 1988/1989

Das Haushaltsvolumen des Alfred-Wegener-Instituts belief sich im Jahr 1988 im Soll auf 70.621 TDM. Davon entfielen 57.187 TDM auf den Betriebsmittel- und 13.434 TDM auf den Investitionsmittelplan.

Im Haushaltsjahr 1989 wurden insgesamt Ausgaben von 72.928 TDM veranschlagt. Bei den Betriebsmitteln war insgesamt eine Steigerung von 1.764 TDM zu verzeichnen, die sich aus dem Anstieg der Personalaufwendungen um 1.155 TDM, bei den Positionen 7.2 bis 12.8 um 2.839 TDM sowie einer Senkung bei den Betriebsführungsverträgen um 2.230 TDM ergab.

Die Erhöhungen im Investitionsbereich gegenüber dem Soll des Jahres 1988 resultieren aus dem Anstieg der Ausgaben bei den Geräteinvestitionen sowie der Steigerung für laufende Investitionen im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms. Dem gegenüber verringerte sich im Jahr 1989 der Ansatz bei der Position "Andere Neu- und Ersatzbeschaffungen".

Im Drittmittelbereich standen 1988 2.086 TDM und 1989 1.854 TDM zur Verfügung.

Finanzplan 1988/1989

| | Soll am 31.12.1988 TDM | Ist TDM | Soll am 31.12.1989 TDM | Ist TDM |
|-------------------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| Betriebsmittelplan: | | | | |
| Personal | 13.345 | 16.197 | 14.500 | 17.049 |
| Sachmittel | 43.942 | 34.972 | 44.551 | 42.414 |
| Investitionsmittelplan: | | | | |
| Lfd. Investitionen | 13.434 | 17.216 | 14.077 | 13.631 |
| Bauinvestitionen | - | 1.659 | - | ./ 61 |
| Einnahmen | 100 | 1.754 | 200 | 1.014 |
| Gesamt | 70.621 | 68.290 | 72.928 | 72.019 |
| Drittmittel | | 2.086 | | 1.854 |

7. Anhang

- I Personal**
- II Wissenschaftliche Veranstaltungen**
- III Publikationen**
- IV Veröffentlichungen**
- V Abgeschlossene Examensarbeiten**
- VI "Polarstern"-Expeditionen**

I. PERSONAL (Stand 31. Dezember 1989)

Direktion

Hempel, Prof. Dr. Gotthilf
Kreuzer, Gisela

Wissenschaftlicher Bereich

Abelmann, Dr., Andrea
Arntz, Prof. Dr. Wolf
Augstein, Prof. Dr. Ernst
Babst, Ulrike
Baranski, Stanislaw
Barwich, Elke
Bathmann, Dr. Ulrich
Bauer, Dr. Ines
Becker, Hartmut
Behrmann, Günther
Beyer, Kerstin
Biddanda, Dr. Bopaiah
Bluszcz, Thaddäus
Bock, Ute
Bohrmann, Dr. Gerhard
Breitschuh, Wolfgang
Bremer, Renate
Brey, Dr. Thomas
Brodtscholl, Dr. Arnold
Budeus, Dr. Gereon
Burns, Dr. Barbara
Catewicz, Zygmund
Chiaventone, Birgit
Cordelair, Ruth
Cordes, Heinz-Dieter
Determann, Jürgen
Diester-Haaß, Dr. Lieselotte
Dimmler, Werner
Dittrich, Dr. Birgit
Drebing, Wolfgang
Eckstaller, Dr. Alfons
Ehrmann, Dr. Werner
Eicken, Hajo
Ekau, Dr. Werner
El Naggar, Dr. Saad El Dine
Emrich, Dr. Rolf
Engelbrecht, Imke
Ernst, Ruth

Ernst, Prof. Dr. Wolfgang
Fahrbach, Dr. Eberhard
Fechner, Notker
Fleischmann, Dr. Klaus - AGF -Geschäftsstelle
Focke, Jens
Frenzel, Andreas
Fromme, John-Patrick
Fröhlking, Rita
Fütterer, Prof. Dr. Dieter
Gärtner, Thomas
Gazdzicki, Dr. Andrzej
George, Michael
Gerdes, Dr. Dieter
Gersonde, Dr. Rainer
Glowienka-Hense, Dr. Rita
Goerke, Dr. Helmut
Gonzales, Dr. Humberto
Gorny, Matthias
Gradinger, Rolf
Grobe, Dr. Hannes
Gutt, Dr. Julian
Haberstroh, Doris
Hambrey, Dr. Michael John
Hain, Dr. Stefan
Harrigfeld, Ingrid
Haupt, Klaus
Heesemann, Bernd
Hellmer, Dr. Hartmut
Helmers, Eckard
Helmes, Dr. Leni
Helmke, Dr. Elisabeth
Hense, Dr. Andreas
Heyn, Marianne
Hinz, Friedel
Hinze, Dr. Heinrich
Hirche, Dr. Hans-Jürgen
Hoppe, Dr. Herbert
Hubberten, Dr. Hans-Wolfgang
Hütten, Johanna-Maria
Jaeger, Klaus
Janssen, Dr. Hans Heinrich
Jokat, Dr. Wilfried
Jurr, Anke

Jürgens, Jutta
Kattner, Dr. Gerhard
Kaul, Norbert
Klages, Michael
Klappstein, Inge
Knust, Rainer
Köhler, Gertrud
König-Langlo, Dr. Gert
Kottmeier, Dr. Christoph
Kougias, Charilaos
Krack, Axel
Krause, Prof. Dr. Günther
Krause, Reinhard
Kruse, Dr. Fred
Kuhn, Dr. Gerhard
Kunsch, Brunhilde
Kurdelski, Lutz-Peter
Lange, Dr. Manfred
Lemke, Prof. Dr. Peter
Lensch, Norbert
Letreguilly, Dr. Anne
Leykauff, Gunhild
Loose, Bernd
Lorenzen, Christiane
Lücker, Marianne
Lukait, Ingrid
Mackensen, Dr. Andreas
Mädler, Annegret
Marienfeld, Peter
Marschall, Sigrid
Mehrtens, Gabriele
Melles, Martin
Meyer, Günter
Meyer, Angelika
Michel, Andreas
Miller, Prof. Dr. Heinrich
Mizdalski, Elke
Modersitzki, Jutta
Morche, Dr. Wolfgang
Neuber, Dr. Roland
Niederjasper, Fred
Nixdorf, Uwe
Nöthig, Dr. Eva-Maria

Oertel, Thomas
Ohm, Klaus
Oishi, Dr. Tomo
Olbers, Prof. Dr. Dirk
Ostermann, Heike
Ott, Gabriele
Plötz, Dr. Joachim
Plugge, Rainer
Pohl, Christa
Pototzki, Frank
Puls, Marion
Rachor, Dr. Eike
Reeh, Niels
Rhodes, Helga
Riebesell, Ulf
Riemann, Dr. Franz
Rohardt, Gerd
Rose, Dr. Lutz
Rosenberger, Andreas
Ross, Hagen
Rüger, Dr. Hans-Jürgen
Rutgers van der Loeff, Dr. Michael
Schalk, Dr. Peter-H.
Schauer, Dr. Ursula
Schaumann, Dr. Karsten
Scheduikat, Michael
Schenke, Dr. Hans-
Werner Schiel, Dr. Sigrid
Schlüter, Andrea
Schneider, Wolfgang
Schönfeld, Jutta
Schrage, Marion
Schrems, Prof. Dr. Otto
Schróder, Dr. Michael
Schróter, Dr. Jens
Schulz-Baldes, Dr. Meinhard
Schwake, Cornelia
Schwarz, Helga
Sellmann, Lutz
Simonsen, Dr. Reimer
Smetacek, Prof. Dr. Victor
Spindler, Dr. Michael
Stadler, Dr. Teodoro
Steinmetz, Richard
Steinmetz, Stefan
Stóltling, Ilsetraut
Stürcken, Martha

Sündermann, Marika
Summa, Christa
Tan, Dr. Tjhing-Lok
Tezkan, Dr. Bülent
Thiel, Marita
Thomzik, Renate
Tüg, Dr. Helmut
Uenzelmann, Dr. Gabriele
Ulken, Dr. Annemarie
Unverricht, Sieglinde
Urban, Jörg
Viehoff, Dr. Thomas
Villinger, Dr. Heinrich
Vogeler, Armin
Waldmann, Dr. Hans-Christoph (Uni Kiel)
Walter, Dr. Peter (Uni Heidelberg)
Wamser, Dr. Christian
Weber, Dr. Kurt
Weber, Michael
Weissenberger, Jürgen
Weller, Dr. Rolf
Wellershaus, Dr. Stefan
Wenzel, Dr. Manfred
Weyland, Dr. Horst
Wiebe-Kawaletz, Susanne
Wierzejewska-Hnat, Dr. Maria
Willeweit, Claudia
Witte, Hannelore
Wolf-Gladrow, Dr. Dieter
Wolf, Anja
Wüster, Jan
Zielinski, Ulrich

Logistik

Drücker, Cord
Heyer, Gerty
Janneck, Jürgen
Kohnen, Dr. Heinrich
Kuhlmann-Treu, Beate
Malitz, Gerhard
Müller, Norbert
Rösler, Hartmut
Peters, Dr. Matthias
Schmölder, Ute
von Soosten, Klaus-Johann
Walter, Marianne
Weippert, Ewald

Weynand, Markus
Wonescheck, Klaus
Ziffer, Albert

Verwaltung

Czellnik, Petra
Feuster, Astrid
Fröhlich, Kirsten
Gocke, Eike
Hornke, Rudolf
Janßen, Gisela
Janßen, Jürgen
Kalina, Marion
Kramer, Barbara
Kohnke, Christina
Kunker, Jutta
Ludwig, Martina
Mahnkopf, Sigrid
Meinardus, Beate
Muhlstadt, Dorothee
Müller, Heino
Oltmann, Hildegard
Onken, Heike
Paulenz, Dr. Rainer
Stegmund, Ralf
Wittke, Erich
Zittlosen, Friedrich

Allgemeine Dienste

Boge, Richard
Boreck, Ingrid
Dempwolf, Irma
Dunker, Erich
Ewert, Elisabeth
Ferber, Thorsten
Frenzel, Michael
Goebel, Ursula
Janßen, Else
Laboda, Reinhold
Leineweber, Ewald
Lemke, Gisela
Mante, Dieter
Pollnick, Lothar
Praž, Antje
Rehor, Martina
Senkbeil, Elna
Sibberns, Reinhard

Weidmann, Eva
Zasowski, Bärbel

Zentrale Dienste

Burhop, Dörte
Diedrigkeit, Jacqueline
Gerchow, Peter
Giermann, Dr. Günter
Gomez, Michael-John
Hensel, Marlies
Hiller, Dr. Wolfgang
Höck, Heinke
Kosinski, Jörg
Krause, Hans
Laetsch, Brigitte
Pfeiffenberger-Pertl, Dr. Hans
Reinke, Dr. Manfred
Rosentreter, Heike
Schlüter, Jens-Michael
Schmidt, Dr. Markus
Voß, Jutta
Weiß, Jürgen
Westerwick, Siegmund
Wübber, Dr. Chresten

Auszubildende

Littmann, Matthias
Lukait, Christian
Murken, Andrea
Ostermann, Silke
Perk, Bernadette
Pfeifer, Kerstin
Rogg, Hagen
Strupeit, Thomas

Beurlaubte Mitarbeiter/innen

Bremer, Andrea
Dieckmann, Claudia
Dieckmann, Dr. Gerhard
Reddig, Sanne
Kappmeier, Angela
Astheimer, Ulrike

Überwinterer AWI

1988 - 1990

Brylka, Sascha
Kohlberg, Dr. Eberhard
Mair, Rudolf
Lang, Martin
Pfaff, Karl-Heinz

1989 - 1991

Puskeppeleit, Monika
Weigelt, Estrella
Schlosser, Elisabeth
Sobiesiak, Monika
Wyputta, Ulrike

Nachrichtlich: Überwinterer Hapag-Lloyd

1988 - 1990

Behnsen Uwe
Damerau, Kurt
Hecht, Andreas
Staffler, Kurt

1989 - 1991

Baumert, Susanne
LuzECKI, Grazyna
Korhammer, Susanne
Weigel, Ursula

II. Veranstaltungen im AWI

1988

- 14./15.01.88 EPOS-Sitzung
20.01.88D IHT/AGF-Symposium "Maritimer Umweltschutz - Wirtschaftliche Herausforderung und Chancen"
26.01.88 EUROMAR-Gutachterausschuß
29.01.88 Nutzerbeirat "Polarstern"
03.02.88 Technische Kommission "Polarflugzeuge"
05.02.88 Care Group for Geology and Glaciology of ESF Polar Science Network Advisory Committee
19.02.88 UROMAR-Gutachterausschuß
23.02.88 2. Polartag mit Uni Kiel
24./26.02.88 Workshop on Biological Activities in Arctic Polynyas
04.03.88 Vorbereitende "Winterreise Polarstern"
17.03.88 AGF-Koordinierungsausschuß "Datenverarbeitung"
06.04.88 Landesausschuß SCAR
06./07.04.88 Schwerpunkt Antarktisforschung
08.04.88 Prüfungsgruppe SPAA
12.04.88 ad hoc Arbeitsgruppe zu JGOFS
18.-20.04.88 AGF-Ausschuß "Bibliothek"
21.04.88 Planungsgespräch "Walforschung in Deutschland"
20.-22.04.88 Workshop ANT V/5
25.04.88 Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Bundestages
17.05.88 Sitzung Vorstand und Beirat der DGG
02./03.06.88 Workshop "Aggregate"
04.06.88 Tag der offenen Tür
06.06.88 Doktorandentag
07.06.88 Planung einer Nachfolgestation GvN
09./10.06.88 DFG Rundgespräch FRISP
10.06.88 Treffen Arbeitsgruppe "Schweinswalfforschung"
13./14.06.88 Treffen "IOC Research Fellowships"
14.06.88 Flugzeugeinsatz 89/90
21.06.88 Kolloquium "Marine Sekundärmetabolite"
13.07.88 Fahrtplanung EPOS
18.07.88 Meteor-Material, Klärungsgespräch
01.-11.08.88 Second Polar Diatom Colloquium

- 25.08.88 Antarctic Lithosphere Transect Meeting
20.09.88 Besprechung "Planung einer Spitzbergen-Station"
27./28.09.88 Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats
12.-14.10.88 Planungstreffen "WWGS 1989"
14.10.88 Geol. History of the polar Oceans, Arctic versus Antarctic
31.10.-04.11.88 Disco Programming course
15.11.88 Herbstsitzung der Dt. Wissenschaftl. Kommission für Meeresforschung
02.12.88 1st Conference: Derivates vs. High Technology (Hochschule Bremerhaven)
05./06.12.88 Kuratoriumssitzung
05.-16.12.88 Trainingskurs zur Fischereibiologie mit internationaler Beteiligung (IOC)
06./07.12.88 Diskussion: "Mögliche Strategien zur Erforschung der Nordsee"
06.-09.12.88 Sitzung der CGOM-Arbeitsgruppe (IOC)

1989

- 24.01.89 Sitzung der Kommission für Meeresforschung Bremen
25.01.89 CRAP Arbeitsbesprechung (Uni Gent, Uni Kiel, AWI)
15.02.89 Bremerhavener Umweltgespräche
21.03.89 Biologie-Kolloquium ehemaliger Doktoranden von Prof. Hempel
05.04.89 Doktorandentag
10./11.04.89 PONAM Planning Group Meeting
11./12.04.89 AGF-Koordinierungsausschuß "Graphische Datenverarbeitung"
13.04.89 EPOS-Abschlußveranstaltung
13./14.04.89 Sitzung des AGF-Ausschusses "Technische Dienste"
17./18.04.89 Sitzung der Arbeitsgemeinschaft "Breitbandnetz"
17./18.04.89 Treffen der AGF-Vorstandssekretärinnen
19.04.89 Planungssitzung "Winter Weddell Gyre Study" (ANT VIII/2).
17.05.89 Vorbereitende "Polarstern"-Expedition ARK VIII
23.05.89 Besprechung GANOVEX-VI

| | | | |
|--------------|---|--------------|---|
| 08.06.89 | Koordinierungsgespräch ANT VIII/6 | 25./26.09.89 | Kuratoriumssitzung |
| 13.06.89 | Treffen FKPE-Untergruppe | 26./27.09.89 | IAPP-Northeast water polynya Workshop |
| 15.06.89 | Planungsgespräch "Polarstern"-Reise ANT VIII/5 | 26.10.89 | Koordinierungsgespräch ARK-VII Polarstern |
| 20./21.06.89 | Planungsbesprechung zum Internationalen Cirrus-Experiment | 13.11.89 | Workshop "Geophysik Antarktische Halbinsel" |
| 22./23.06.89 | Workshop on Filchner/Ronne Ice Shelf Programme | 14.11.89 | Workshop "Geophysik Weddellmeer" |
| 12./13.07.89 | GSP-CTD-Workshop | 15.11.89 | Dotorandentag |
| 23./24.08.89 | Thorium-Workshop | 27.-30.11.89 | Workshop GRIP Gruppe der ESF |
| 29.-31.08.89 | Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats | 05.12.89 | "Mehrgitterverfahren" |
| 01.09.89 | IGS-Symposium | 05.12.89 | Sitzung AGF-Koordinierungsausschuß "Klimaforschung" |
| | H5 Polar Geomorphologie | 06.12.89 | "Hierarchische Basen bei finiten Elementen" |
| 19.-22.09.89 | Intern. TEMA-Seminar (mit IOC) | 15.12.89 | Gespräch "Kooperation mit der UdSSR (ANT VIII/2)" |
| 23.09.89 | Tag der offenen Tür | | |

III. Publikationen des Instituts

Das Alfred-Wegener-Institut bringt zwei Periodika heraus. Von den "Berichten zur Polarforschung" erschienen 1988/89 24 Hefte. Sie enthalten Beschreibungen und Ergebnisse der vom Institut oder mit seiner Unterstützung durchgeführten Forschungsarbeiten in den Polargebieten. Von den "Polarstern Abstracts" erschienen 2 Hefte. Diese Serie enthält Kurzfassungen aller wissenschaftlichen Arbeiten, die im Zusammenhang mit Fahrten des Forschungsschiffes "Polarstern" entstanden sind.

Berichte zur Polarforschung

Heft Nr. 41/1988 - "Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken (Holothuroidea, Echinodermata) im Wedellmeer (Antarktis)", von Julian Gutt (87 Seiten).

Heft Nr. 42/1988 - "The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic. Preliminary results and data lists from MOCNESS hauls during cruise 08 of the RV "Polarstern", by Werner Beckmann (57 Seiten).

Heft Nr. 43/1988 - "Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3", compiled by Jörn Thiede (237 Seiten).

Heft Nr. 44/1988 - "Data report of RV "Polarstern" Cruise ARK IV/1, 1987 to the arctic and polar fronts", edited by Hans-Jürgen Hirche (226 Seiten).

Heft Nr. 45/1988 - "Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Wedellmeeres (Antarktis)", von Joachim Voß (145 Seiten).

Heft Nr. 46/1988 - "Meteorological and oceanographic data of the Winter-Wedell-Sea Project 1986 (ANT V/3)", edited by Eberhard Fahrbach (115 Seiten).

Heft Nr. 47/1988 - "Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am antarktischen Kontinentalrand des östlichen Wedellmeeres", von Wolfgang Oskierski (167 Seiten).

Heft Nr. 48/1988 - "Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station. Antarktika: Deren Nutzung für ein elektromagnetisches Induktionsverfahren zur Erkennung zweidimensionaler Leitfähigkeitsanomalien sowie zur Darstellung von Einflüssen ionosphärischer Stromsysteme", von Arno Brodscholl (117 Seiten).

Heft Nr. 49/1988 - "Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton", von Wilhelm Hagen (129 Seiten).

Heft Nr. 50/1988 - "Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis", von Wolfgang Kobarg (140 Seiten).

Heft Nr. 51/1988 - "Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Wedellmeer, Antarktis", von Werner Ekau (140 Seiten).

Heft Nr. 52/1988 - "Zur Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße", von Diert Piepenburg (116 Seiten).

Heft Nr. 53/1988 - "Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Wedellmeer Antarktis) im Januar/Februar 1985", von Eva-Maria Nöthig (118 Seiten).

Heft Nr. 54/1988 - "Die Fischfauna des östlichen und südlichen Wedellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten", von Wiebke Schwarzbach (94 Seiten).

Heft Nr. 55/1988 - "Weight and length data of zooplankton in the Wedell Sea in austral spring 1986 (ANT V/3)", by Elke Mizdalski (72 Seiten).

Heft Nr. 56/1989 - "Scientific Cruise Reports of Arctic Expeditions ARK IV/1, 2 & 3", compiled by G. Krause, J. Meincke & J. Thiede (146 Seiten).

Heft Nr. 57/erscheint 1990 - "Die Expedition ANTARKTIS-V mit FS 'Polarstern' 1986/87. Bericht von den Fahrabschnitten ANT-V/4-5", herausgegeben von Heinz Miller und Hans Oerter.

Heft Nr. 58/1989 - "Die Expedition ANTARKTIS-VI mit FS 'Polarstern' 1987/1988", herausgegeben von Dieter Karl Fütterer (267 Seiten).

Heft Nr. 59/1989 - "Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS 'Polarstern' 1988", herausgegeben von Michael Spindler (197 Seiten).

Heft Nr. 60/1989 - "Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis", von Hartmut H. Hellmer (87 Seiten).

Heft Nr. 61/1989 - "Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland, Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika. Petrographie, Geochemie, Geochronologie, Paläomagnetismus, geotektonische Implikationen", von Matthias Peters (186 Seiten).

Heft Nr. 62/1989 - "The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV 'Polarstern' in 1988/1989", edited by Irmtraut Hempel (185 Seiten).

Heft Nr. 63/1989 - "Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten", von Annette Bartsch (110 Seiten).

Heft Nr. 64/1989 - "The meteorological data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1985, 1986 and 1987", by Leni Helmes (90 Seiten).

Heft Nr. 65/1989 - "The Expedition ANTARKTIS VII/3 (EPOS LEG 2) of RV 'Polarstern' in 1988/89", edited by Irmtraut Hempel, Peter H. Schalk & Victor Smetacek.(199 Seiten).

Heft Nr. 66/1989 - "Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung des aridhochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika", von Karsten Brunk (102 Seiten).

Polarstern Abstracts

Heft 2/1988, herausgegeben von Gotthilf Hempel (129 Seiten).

Heft 3/1989, herausgegeben von Irmtraut Hempel(273 Seiten).

IV. Veröffentlichungen 1988

- ABELMANN, A.; GERSONDE, R. (1988)
Cycladophora davisiana stratigraphy in plio-pleistocene cores from the Antarctic Ocean (Atlantic sector), Micropaleontology, 34(3): 268-276.
- ALHEIT, J. (1988)
Reproductive biology of sprat (*Sprattus sprattus*): Factors determining annual egg production. J. Cons. int. Explor. Mer, 44: 162-168.
- ARANCIBIA, H. (1988)
Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. International council for the Exploration of the Sea: C.M. 1988/D:12: 1-18.
- ARNTZ, W.E.; VALDIVIA, E.; ZEBALLOS, J. (1988)
Impact of El Niño 1982-83 on the commercially exploited invertebrates (mariscos) of the Peruvian shore. Meeresforsch., 32: 3-22
- ARNTZ, W.E.; MUCK, P.; SALZWEDEL, H. (1988)
Marine Oekosystemforschung in Peru: Grundlage für eine rationelle Bewirtschaftung der fischereilichen Ressourcen. In: Beispiele deutscher Agrarforschung in den Tropen und Subtropen. Editor: ICT - Internationale Cooperation and Transfer GmbH; J.H. Weniger, Berlin, 71-82.
- ARNTZ, W.E. (1988)
Biologische Auswirkungen von Klimaschwankungen im Südostpazifik: "El Niño"-Projekt des Alfred-Wegener-Instituts. AGF Dokumentation 5/1988: 17-24.
- ARNTZ, W.E., TARAZONA, J. (1988)
Una retrospectiva a El Niño 1982-83: Qué hemos aprendido? In: Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Herausgeber: H. Salzwedel & A. Landa, Bol. Inst. Mar Perú-Cal-lao, vol. Extraord.: 353-364.
- AUGSTEIN, E. (1988)
Air - sea - ice interactions in the Antarctic pack ice region. In: Antarctic challenge III: proceedings of an Interdisciplinary Symposium, July 7th - 12th, 1987. Editor: R. Wolfrum, Verlag Duncker & Humblot, Berlin: 139-141.
- AUGSTEIN, E. (1988a)
Deutsche Forschungsarbeiten in der Antarktis: einführende Anmerkungen. In: Promet., 4: 1-3.
- AUGSTEIN, E. (1988b)
Wechselwirkungen zwischen Luft, Wasser und Meeresis in den Polargebieten. In: Naturwissenschaften, 75: 535-543.
- BARRON, J.; EHRMANN, W.U. et al. (1988)
Early glaciation of Antarctica. In: Nature, 333: 303-304.
- BARRON, J.; EHRMANN, W.U. et al. (1988)
Leg 119 studies climatic history. In: Geotimes. (July): 14-16.
- BATHMANN, U.V. (1988)
Mass-occurrence of *Salpa fusiformis* in spring 1984 off Ireland: consequences for sedimentation processes. Mar. Biol. 97: 127-135.
- BEHRMANN, G. (1988)
How do odontocetes perceive their own sounds? In: European research on cetaceans: proceedings of the Second Annual Conference of the European Cetacean Society, Troia, Portugal, 5-7 Feb. Editor: PGH Evans, Lisboa, Portugal.
- BEHRMANN, G. (1988)
Morphologie and Histologie des Kehlkopfgorgans von Zahnwalen. In: Der Präparator, 34(2): 249-252.
- BEHRMANN, G. (1988)
The peripheral nerve ends in the tongue of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linne, 1758). In: Aquat. Mamm., 14(3): 107- 112.
- BIDDANDA, B.A., POMEROY, L.R. (1988)
Microbial aggregation and degradation of phytoplankton-derived detritus in sea water. 1. Microbial succession. Mar. Ecol. Progr. Ser., 42: 79-88.
- BIDDANDA, B.A. (1988)
Microbial aggregation and degradation of phytoplankton-derived in sea water. 2. Microbial metabolism. Mar. Ecol. Progr. Ser., 42: 89-95.
- BOSELTMANN, A. (1988)
Settlement and succession of benthic animals - a subtidal experiment in the German Bight compared with the "Benthosgarten" experiment in Kiel Bay. In: Kieler Meeresforsch., Sonderh. 6: 375-388.
- BODUNGEN, B. von; NÖTHIG, E.-M.; SUI, Qu. (1988)
New production of phytoplankton and sedimentation during

- summer 1985 in the south eastern Weddell Sea. In: *Comp. Biochem. Physiol.*, 90B(3): 475-487.
- CZITROM, S.P.R.; BUDEUS, G.; KRAUSE, G. (1988)
A tidal mixing in an area influenced by land runoff. In: *Continental Shelf Research*, 8(3): 225-237.
- DUFFY, D.C., ARNTZ, W.E., SERPA, H.T., BOERSMA P.D., NORTON, R.L. (1988)
A comparison of the effects of El Niño and the Southern Oscillation on birds in Peru and the Atlantic Ocean. In: *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici*. Editor: H. Quillet, volume II: 1740-1746.
- ERNST, W. (1988)
Bewertung schwer abbaubarer Belastungsstoffe im Ästuarbereich. In: *Wasser, Abwasser gwf*, 129(3): 60-63.
- ERNST, W.; BOON, J.P.; WEBER, K. (1988)
Occurrence and fate of organic micropollutants in the North Sea. In: *Pollution of the North Sea: an assessment*. Editor: W. Salomons; B.L. Bayne; E.K. Duursma, Springer Verlag, Berlin, 284-299.
- FAHRBACH, E. (1988)
"Polarstern"-Cruise ARK V/2, GSP-Newsletter, 3: 4-14.
- FAHRBACH, E. (1988)
A report on the use of electronic reversing thermometers and pressure meters, GSP-Newsletter, 3: 30-31.
- FISCHER, G.; FÜTTERER, D.; GERSONDE, R.; HONJO, S.; OSTERMANN, D., WEFER, G. (1988)
Seasonal variability of particle flux in the Weddell Sea and its relation to ice cover. In: *Nature*, 335(6189): 426-428.
- FÜTTERER, D. (1988)
Marine polare Geowissenschaften. In: *GR*, 3: 6-14.
- FÜTTERER, D. (1988)
Geology and geophysics of the Weddell Sea. In: *Antarctic Challenge III: Proceedings of an Interdisciplinary Symposium, July 7th - 12th, 1987*. Editor: R. Wolfrum, Verlag Duncker & Humblot, Berlin: 149-164.
- FÜTTERER, D.K.; GROBE, H.; GRÜNIG, S. (1988)
Quaternary sediment patterns in the Weddell Sea: relations and environmental conditions. In: *Paleoceanography*, 3(5): 551-561.
- GOLIK, A.; WEBER, K.; SALILHOGLU, I.; YILMAZ, A.; LOIZIDES, L. (1988)
Pelagic tar in the Mediterranean Sea. In: *Mar. Pollut. Bull.*, 19(11): 567-572.
- GOMEZ, M.J. (1988)
Die Nutzung von ASFA CD-ROM für Bibliothekszwecke und den Aufbau des Online-Katalogs. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Bibliothekswesen und Dokumentation des Landbaues*, Stuttgart-Hohenheim, 44: 33-43.
- HANSON, R.B., POMEROY, L.R., BLANTON, J.O., BIDDANDA, B.A., WAINRIGHT, S., BISHOP, S.S., YODER, J.A., ATKINSON, B.A. (1988)
Climatological and hydrographic influences on nearshore food webs off the southeastern United States: Bacteroplankton dynamics. *Continental Shelf Res.* 8: 1321-1344.
- HELMES, L.; Jaenicke, R. (1988)
Long-term series of atmospheric turbidity, estimated from records of sunshine duration and cloud cover. In: *Aerosols and climate*. Editors: Peter V. Hobbs & M. Patrick McCormick. A DEE-PAK Publishing, Hampton, Virginia USA: 139-147.
- HAMBREY, M.J.; LARSEN, B.; EHRMANN, W.U. (1988)
Forty million years of Antarctic glacial history yielded by Leg 119 of the Ocean Drilling Program. In: *Polar Record*, 25(153): 99-106.
- HEMPEL, G. (1988)
Mit der "Polarstern" im Packeis: zentrale Probleme der Polarforschung am Beispiel einer Expedition. In: *Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft: Vorträge der 82. Hauptversammlung 1987 in Hamburg*, Springer Verlag Berlin, 81: 115-121.
- HEMPEL, G. (1988)
Antarctic marine research in winter: the Winter Weddell Sea Project 1986. In: *Polar Record*, 24(148): 43-48.
- HEMPEL, G. (1988)
Wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Dritten Welt. In: *Auslandskurier*, 29(4): 60-61.
- HEMPEL, G. (1988)
Von Algenblüten bis Robbensterben: Meeresforschung der Bundesrepublik Deutschland. In: *Auslandskurier*, 29(11): 24-27.
- HUBBERTEN, H.-W.; KATZ-LEHNERT, K.; KELLER, J. (1988)
Carbon and oxygen isotope investigations in carbonatites and related rocks from the Kaiserstuhl, Germany. In: *Chem.Geol.*, 70: 257- 274.
- KELLERMANN, A.; KOCK, K.-H. (1988)
Pattern of spatial and temporal distribution and their variation in early life stages of Antarctic fish in the Antarctic Peninsula reg. In: *Antarctic ocean and resources variability*. Editor: D. Sahrhage, Springer Verlag, Berlin: 149-159.

- KLAGES, N.T.W., D. GERDES (1988)
A little known colony of Emperor penguins on the coast of the Eastern Weddell-Sea. S.Afr. T. Nav. Antarkt. Deel, 18(1): 18-20.
- KOTTMEIER, Ch., MEYER, H.-H. (1988)
Ein einfaches analytisches Modell zur Darstellung der Zirkulation in Europa im Weichsel-Hochglazial. Erdkunde, Band 42.
- KRAUSE, G. (1988)
Water level measurements in the Weddell-Sea. IOC Workshop report No. 54, Annex II: 23-25.
- KRAUSE, G., R. REUTER (1988)
Fronten in der Deutschen Bucht. Einblicke, Universität Oldenburg, 7: 24-28.
- KÜNITZER, A. (1988)
An *Amphiura filiformis*-association northeast of the Dogger Bank: species composition, abundance, biomass and population dynamics. In: COST 647 - Coastal benthic ecology: report on the period 1985-1987. Commission of the European Communities, Brussels: 145-149.
- KUHN, G., MEISCHNER, D. (1988)
Quaternary and Pliocene turbidities in the Bahamas, ODP Leg 101, sites 628, 632 and 635. In: Proc. ODP, Sci.Results, 101: 203-212.
- LANGE, M.A. (1988)
Basic properties of Antarctic sea ice as revealed by textural analysis of ice cores. In: Annals of Glaciology, 10: 95-102.
- LANGE, M.A.; MACAYEAL, D.R. (1988)
Numerical models of idealized ice shelf flow. In: Numerical methods in geomechanics. Editor: Swoboda, Balkema Verlag Rotterdam: 713-717.
- LANGE, M.A.; MACAYEAL, D.R. (1988)
Numerical models of steady-state thickness and basal ice configurations of the central Ronne Ice Shelf, Antarctica. Annals of Glaciology 11. International Glaciological Society.
- LEMKE, P. (1988)
Über die Wechselwirkung zwischen dem Meereis und der ozeanischen Deckschicht, Promet., Heft 1-3: 42-49.
- LEMKE, P. (1988)
Einfluß der Kryosphäre auf das Klima. VDI Bericht 703 "Klimabeeinflussung durch den Menschen" VDI-Verlag Düsseldorf, 43-59.
- MACAYEAL, D.; LANGE, M.A. (1988)
Ice-shelf response to ice-stream discharge fluctuations: II. Ideal rectangular ice shelf. In: Journal of glaciology, 34(116): 128-135.
- MACKENSEN, A.; HALD, M. (1988)
Cassidulina teretis Tappan and *C. laevigata* d'Orbigny: their modern and late quaternary distribution in Northern Seas. In: J. Foraminiferal Res., 18(1): 16-24.
- MARSCHALL, H.-P. (1988)
The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack-ice of the Weddell Sea. In: Polar Biology, 9: 129-135.
- MILLER, H.; HENRIET, J.-P.; JOKAT, W.; MOONS, A.-M. (1988)
High-resolution reflection seismic investigations in the Weddell Sea during the Antarktis V/4 Expedition: seismic results. In: Proceedings of the Belgian National Colloquium on Antarctic Research: Brussels, October 20, 1987. Editor: Prime Minister's Services, Science Policy Office: 66-77.
- MÜNCHEN, R., WELLERSHAUS, S. (1988)
Die Nordsee - ein sterbendes Meer? In: Grünbuch Ökologie. Herausgeber: E. Gaertner, Köln, VI: 72-89.
- OERLEMANS, J. (1988)
Simulation of historic glacier variations with a simple climate-glacier model. In: J. glaciol., 34(118): 333-341.
- OERLEMANS, J. (1988)
Das antarktische Inlandeis im Klimasystem. In: Promet., (4): 25-29.
- OLBERS, D. (1988)
Die Rolle des Ozeans für das Klima. In: Physik in unserer Zeit, 19(6): 161-169.
- REEH, N.; LETRGUILLY, A.; OERTER, H. (1988)
Continued stable isotope studies on the Greenland ice-sheet margin at Paktsoq, north-east of Jakobshavn, central West Greenland. In: Rapp. Groenlands geol. Unters., 145: 45-56.
- RIEMANN, F. (1988)
Nematoda. In: Introduction to the study of meiofauna. Editor: R.P. Higgins; H. Thiel, Smithsonian Press Verlag, Washington D.C.: 293-301.
- RIEMANN, F.; SCHRAGE, M. (1988)
Carbon dioxide as an attractant for the free-living marine nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. In: Mar. Biol., 98: 81-85.
- RIETHMUELLER, R., FANGER, H.-U., GRABEMANN, I., KRASEMANN, H.L., OHM, K., BOENING, H., NEUMANN, L.J.R., LANG, G., MARKOFSKY, M. SCHUBERT, R. (1988)
Hydrographic measurements in the turbidity zone of the Weser estuary. In: Physical processes in estuaries. Editors: J. Dronkers; W. van Leussen, Berlin (u.a.): Springer: 332-344.

- RÜGER, H.J. (1988)
Substrate-dependent cold adaptations in some deep-sea sediment bacteria. In: System. Appl. Microbiol., 11: 90-93.
- SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G.; EKAU, W. (1988)
Acclimation effects on routine oxygen consumption of the Antarctic fish *Pogonophryne scotti* (Arctodraconidae). In: Polar Biol., 9: 125-128.
- SCHALLER, E., ROSE, L. (1988)
Die Strömungsverhältnisse im Bereich der Filchner-Schelfeis-kante unter sommerlichen Bedingungen. In: Promet., 18(4): 11-16.
- SCHAUMANN, K.; GERDES, D.; HESSE, K.-J. (1988)
Hydrographic and biological characteristics of a *Noctiluca scintillans* red tide in the German Bight, 1984. In: Meeresforsch., 32: 77-91.
- SIMONSEN, R. (1988)
Observations on *Navicula okunoi* Hustedt (Bacillariophyceae). Phycologia, 27: 305-311.
- SMETACEK, V. (1988)
Plankton characteristics. In: Continental shelves (Ecosystems of the world). Editor: H. Postma, J.J. Zijlstra: 332-344.
- SPIES, A.; BROCKMANN, U.H.; KATTNER, G. (1988)
Nutrient regimes in the marginal ice zone of the Greenland Sea in summer. In: Mar. Ecol.Prog. Ser., 47: 195-204.
- TARAZONA, J.; SALZWEDEL, H.; ARNTZ, W. (1988)
Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. In: J.Mar.Res., 46: 593-611.
- TARAZONA, J.; SALZWEDEL, H.; ARNTZ, W. (1988)
Positive effects of "El Niño" on macrozoobenthos inhabiting hypoxic areas of the Peruvian upwelling system. In: Oecologia, 76: 184- 190.
- TARAZONA, J.; HOYOS, C.; ARNTZ, W.E. (1988)
Repartición de los recursos alimenticios entre tres peces bentó-fagos frente al Perú antes, durante y después de El Niño 1982-83. In: Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Herausgeber: H. Salzwedel, H. & A. Landa, Bol. Inst. Mar Perú-Callao, vol. extraord.: 107-114.
- TÜG, H. (1988)
A pulse-counting technique for the measurement of drifting snow. In: Annals of Glaciology, 11: 184-186.
- VIEHOFF, T. ; FISCHER, J. (1988)
Satellite-SST at the North Atlantic Polar front related to high resolution towed CTD-data. J. Geophys. Res., 93(C12): 15551-15560.
- WAMSER, C; GUBE-LENHARDT, M.; EL NAGGAR, S. (1988)
Meteorological Data Report (WWSP-ANT V-2): 12 S.
- WEFER, G.; FISCHER, G.; FÜTTERER, D.; GERSONDE, G. (1988)
Seasonal particle flux in the Bransfield Strait, Antarctica, In: Deep-Sea Res., 35(6): 891-898.
- WEYLAND, H.; HELMKE, E. (1988)
Actinomycetes in the marine environment. In: Biology of Actinomycetes '88. Editor: Okami, Y., Japan Scientific Societies Press, Tokyo: 294-299.
- WIENCKE, C. (1988)
Notes on the development of some benthic marine macroalgae of King George Island, Antarctic. In: Ser. Cient. INACH, 37: 23-47.
- Bücher:**
- HEMLEBEN, C.; SPINDLER, M., ANDERSON, O.R.
Modern planktonic foraminifera. - Berlin (u.a.): Springer, 1988 - XIII, 363 S.
- LANGE, M.A.
Eigenschaften volatilhaltiger Minerale bei der dynamischen Kompression und Folgerungen für die Entstehung einer primordialen Atmosphäre. Habilitationsschrift, Universität Kiel, 1988. - IX, 202 S.
- Veröffentlichungen 1989**
- AHRENS, T.J., O'KEEFE, J.D., LANGE, M.A. (1989)
Formation of atmospheres during accretion of the terrestrial planets. In: Origin and evolution of planetary and satellite atmospheres. Editors: Atreya, S.K.; J.B. Pollack; M.S. Matthews, Tucson: The University of Arizona Press: 328-384.
- ARIC, K.; GUTDEUTSCH, R.; LEICHTER, B.; LENHARDT, W.; PLOMEROVA, J.; BABUSKA, V.; PAJDUSAK, P.; NIXDORF, U. (1989)
Structure of the lithosphere in the eastern alps derived from Pre-sidual analysis. In: Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. (73): 1-26.
- ARNTZ, W.E.; TARAZONA, J. (1989)
Effects of El Niño on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. In: Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. Editor: Glynn, P.W., Elsevier Oceanography Series.

- AUGSTEIN, E. (1989)
Eisexperimente im Weddellmeer. AGF-Jahresheft 1989: 5-7.
- AUGSTEIN, E. (1989)
Das globale Klimasystem. AGF-Forschungsthemen 2.
- BACON, M.P.; RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. (1989)
Removal of thorium-234 by scavenging in the bottom nepheloid layer of the ocean. In: Earth and Planetary Science Letters, 92: 157- 164.
- BATHMANN, U.; v. BODUNGEN, B. (1989)
Partikelsedimentation im Europäischen Nordmeer: Biologische Steuerung. In: Partikelfluß und Kohlenstoffkreislauf im Ozean. Herausgeber: Berger, W.H.; G. Wefer, Bericht und Kurzfassungen über den Workshop vom 3.-4. Juli 1989 in Bremen. Bericht, Fachbereich Geowissenschaften, Univ. Bremen, 6: 34-36.
- BAUER, I.; WEIGELT, S.; ERNST, W. (1989)
Biotransformation of hexachlorobenzene in the blue mussel (*Mytilus edulis*). Chemosphere, 19: 1701-1707.
- BAUER, I.; WEBER, K.; ERNST, W. (1989)
Metabolism of octachlorostyrene in the blue mussel (*Mytilus edulis*). In: Chemosphere, 18: 1573-1579.
- BEHRMANN, G. (1989)
The olfactory regions in the nose of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linne, 1758). In: Aquatic Mammals, 15(3): 130-133.
- BEHRMANN, G. (1989)
The cartilaginous rostrum and the associated rostral senseorgan of toothed whales (Odontoceti). In: Lutra, 32: 152-163.
- BODUNGEN, B.v.; NÖTHIG, E.-M.; RUMOHR, J. (1989)
Forschungsschiff Poseidon, Reise Nr. 141 und 142. Bericht SFB 313, 14: 1-47.
- BOHRMANN, G.; STEIN, R. (1989)
Biogenic silica at ODP site 647 in the southern Labrador Sea: occurrence, diagenesis, and paleoceanographic implications. In: Proc. ODP, Sci. Results. 105: 155-170.
- BOHRMANN, G.; STEIN, R.; FAUGERES, J.-C. (1989)
Authigenic zeolites and their relation to silica diagenesis in ODP site 661 sediments (Leg 108, eastern Equatorial Atlantic). In: Geologische Rundschau, 78(3): 779-792.
- BOHRMANN, P.; THIEDE, J. (1989)
Diagenesis in Eocene claystones, ODP Site 647, Labrador Sea: formation of complex authigenic carbonates, smectites, and apatite. In: Proc. ODP, Sci. Results, 105: 137-154.
- BURNS, V.A.; VIEHOFF, T.; SCHMIDT, M. (1989)
Development of digital algorithms for sea ice monitoring with AVHRR imagery. Proceedings 4th AVHRR Data User's Meeting, Rothenburg o.d. Tauber, 5-8 September 1989.
- COMISO, J.C.; GRENFELL, T.C.; BELL, D.L.; LANGE, M.A.; ACKLEY, S.F. (1989)
Passive microwave in situ observations of Winter Weddell Sea ice. In: J. Geophys. Res., 94(C8): 10891-10905.
- DAVIS, E.A.; CHAPMAN, D.S.; FORSTER, C.B.; VILLINGER, H. (1989)
Heat-flow variations correlated with buried basement topography on the Huan de Fuca Ridge flank. In: Nature, 342: 533-537.
- EICKEN, H.; LANGE, M.A. (1989)
Development and properties of sea ice in the coastal regime of the southeastern Weddell Sea. In: J. Geophys. Res., 94(C6): 8193- 8206.
- EICKEN, H.; LANGE, M.A. (1989)
Sea ice thickness data: the many VS. the few. In: Geophys. Res. Letters, 16(6): 495-498.
- EKAU, W. (1989)
Egg development of *Trematomus eulepidotus* Regan, 1914 (Nototheniidae, pisces) from the Weddell Sea, Antarctica. In: Cybium, 13(3): 213-219.
- ERNST, W. (1989)
Wirkung organischer Halogenverbindungen auf marine Organismen. In: Halogenierte organische Verbindungen in der Umwelt; Düsseldorf, 2 (VDI-Berichte; 745): 601-613.
- FAHRBACH, E.; MEINCKE, J. (1989)
Temperature-salinity characteristics of world ocean waters. In: Numerical data and functional relationships in sciences and technology, new series. Editors: Suendermann, J., Landolt-Boernstein, Berlin (u.a.): Springer, V/3b: 14-58.
- FAHRBACH, E. (1989)
The use of digital reversing thermometers and pressure meters. WOCE-Newsletter, 8: 12-13. FAHRBACH, E. (Hrsg.) (1989) The Greenland Sea Project, Newsletter: 4 und 5.
- FAHRBACH, E.; (Hrsg.) (1989)
The Greenland Sea Project, OperationsPlan.
- FISCHER, G.; WIENCKE, C. (1989)
Stable carbon isotopes in organic matter from benthic macroalgae (Antarctica): Evidence for light intensity effects. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 69: 732-733.

- GRABEMANN, I.; KRAUSE, G. (1989)
Untersuchungen zum Schwebstofftransport in der Wesermündung. *Kurzberichte aus der Bauforschung*, 30: 79-83.
- GRABEMANN, I.; KRAUSE, G. (1989)
Transport processes of suspended matter derived from time series in a tidal estuary. In: *J. Geophys. Res.*, 94(C10), 14,373-14,379.
- GUTBERLET, M.; SCHENKE, H.W. (1989)
Hydrosweep: New era in high precision bathymetric surveying in deep and shallow water. In: *Marine Geodesy*, 13: 1-23.
- HALL, P.O.J.; ANDERSON, L.G.; RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. SUNDBY, B.; WESTERLUND, S.F.G. (1989)
Oxygen uptake kinetics in the benthic boundary layer. In: *Limnol. Oceanogr.*, 34(4): 734-746.
- HAMBREY, M.J.; LARSEN, B.; EHRMANN, W.U. (1989)
Forty million years of Antarctic glacial history yielded by Leg 119 of the Ocean Drilling Program. In: *Polar Rec.*, 25(153): 99-106.
- HEIBER, W.; RACHOR, E. (1989)
Entwicklungen im Gefährdungstatus mariner Benthos-Invertebraten und ihre Ursachen. In: *Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz*, 29: 52-64.
- HEIBER, W.; RACHOR, E. (1989)
Zum aktuellen Stand der Gefährdung der Stachelhäuter und marinen Zehnfüßigen Krebse. In: *Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz*, 29: 222-223.
- HEILAND, R.; ULKEN, A. (1989)
Untersuchungen zum Chitinabbau von niederen Pilzen. In: *Nova Hedwigia*, 48(3-4): 494-504.
- HELLMER, H.H.; OLBERS, D. (1989)
A two-dimensional model for the thermohaline circulation under an ice shelf. In: *Antarctic Science*, 1: 325-336.
- HEMPEL, G. (1989)
Die internationale Einbindung der Großforschung. In: *natech uni/fh-journal*, 5(27): 7-8.
- HEMPEL, G. (1989)
Der schnelle Weg zum Pol. In: *Wie die Zukunft Wurzeln schlug: aus der Forschung der Bundesrepublik Deutschland*. Herausgeber: Gerwin, R., Berlin (u.a.): Springer: 123-133.
- HEMPEL, P.; MAYER, L.; TAYLOR, E.; BOHRMANN, G.; PITTENGER, A. (1989)
The influence of biogenic silica on seismic lithostratigraphy at ODP Sites 642 and 642, eastern Norwegian Sea. In: *Proc. ODP, Sci. Results*, 104: 941-951.
- HENRICH, R.; WOLF, T.; BOHRMANN, G.; THIEDE, J. (1989)
Cenozoic paleoclimatic and paleoceanographic changes in the northern hemisphere revealed by variability of coarse-fraction composition in sediments from the Voring Plateau - ODP Leg 104 drill sites. In: *Proc. ODP, Sci. Results*, 104: 75-96.
- HESSE, K.-J.; GERDES, D.; SCHAUMANN, K. (1989)
A winter study of plankton distribution across a coastal salinity front in the German Bight. In: *Meeresforsch.*, 32: 177-191.
- HIRCHE, H.-J. (1989)
Egg production of the Arctic copepod *Calanus glacialis*: Laboratory experiments. In: *Mar. Biol.*, 103: 311-318.
- HIRCHE, H.-J. (1989)
Spatial distribution of digestive enzyme activities of *Calanus finmarchicus* and *C. hyperboreus* in Fram Strait/Greenland Sea. In: *J. Plankton Res.*, 11(3): 431-443.
- HÖSE, B.; JANSSEN, H.H. (1989)
Morphological and physiological studies on the Marsupium in terrestrial isopods. In: *2nd Symposium on Biology of Terrestrial Isopods*, Urbino, Italy, 10-22 Sept. 1986. *Monitore zool. ital. (N.S.) Monogr.*, 4: 153-157.
- JANSSEN, H.H. (1989)
Heavy metal analysis in earthworms from an abandoned mining area. In: *Zool. Anz.*, 222: 306-321.
- KARSTEN, U.; WIENCKE, C.; KIRST, O. (1989)
β-dimethylsulphoniopropionate (DMSP) content of macroalgae from Antarctica and Southern Chile. *Botanica Marina*, 32.
- KATTNER, G. (1989)
Lipid composition of *Calanus finmarchicus* from the North Sea and the Arctic: a comparative study. In: *Comp. Biochem. Physiol.*, 94B(1): 185-188.
- KATTNER, G.; HIRCHE, H.J.; KRAUSE, M. (1989)
Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, The Arctic. In: *Mar. Biol.*, 102: 473-480.
- KATTNER, G.; KRAUSE, M. (1989)
Seasonal variations of lipids (wax esters, fatty acids and alcohols) in calanoid copepods from the North Sea. In: *Mar. Chem.*, 26: 261- 275.
- KELLER, A.A.; RIEBESELL, U. (1989)
Phytoplankton carbon dynamics during a winter-spring diatom bloom in an enclosed marine ecosystem: primary production, biomass and loss rates. *Mar. Biol.*, 103: 131-142.

- KELLERMANN, A. (1989)
The larval fish community in the zone of seasonal pack-ice cover and its seasonal and interannual variability. In: Arch. FischWiss., 39(Bh.1): 81-109.
- KELLERMANN, A. (1989)
Food and feeding of early stage *Chionodraco rastrispinosus* DeWitt & Hureau 1979 (pisces: Notothenioidei) off the Antarctic Peninsula. In: Pesq. antart. bras.,1(1): 25-30.
- KOTTMEIER, Ch.; FAHRBACH, E. (1989)
Wechselwirkung zwischen Wasser, Eis und Luft in der antarktischen Küstenzone. In: prom., 19(1/2): 15-22.
- KOTTMEIER, Ch. (1989)
Atmosphärische Strömungsvorgänge am Rande des antarktischen Kontinents. Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover, Bd. 33.
- KRAUSE, G.; BUDEUS, G. (1989)
Ozeanische Fronten in der Nordsee und im Nordmeer. Annalen der Meteorologie, 26: 3-4.
- KRAUSE, M.; KATTNER, G. (1989)
The influence of water exchange on zooplankton dynamics and species development in a south Norwegian fjord. In: J. Plankton Res., 11(1): 85-103.
- KRÜGER, B.C.; NEUBER, R.; EL NAGGAR, S.; WALTHER, H. (1989)
Measurements of Ozone Profiles by a LIDAR Method During the Arctic Winter and Spring 1988. Proc. Quadr. Ozone Symp., Göttingen.
- KÜNITZER, A. (1989)
Factors affecting the population dynamics of *Amphiura filiformis* (Echinodermata: Ophiuroidea) and *Mysella bidentata* (Bivalvia: Galeommatacea) in the North Sea. In: Reproduction, genetics and distributions of marine organisms: 23rd European Marine Biology Symposium. Editors: Ryland, J.S.; P.A. Tyler, Fredensborg, Denmark: Olsen & Olsen: 395-406.
- KÜNITZER, A. (1989)
The bottom fauna of the central North Sea. ICES C.M. 1989/L:10: 1-19.
- KÜNITZER, A.; NIERMANN, U. (1989)
A bibliography on common literature of identification of macrozoobenthos. In: Taxonomy of North Sea benthos: Proceedings of a workshop org. in Helgoland, 8-12 February 1988. Yerseke: Delta Institute: 7-9.
- LANGE, J.A.; MACYEAL, D.R. (1989)
Numerical models of ice-shelf flow: ideal/real. In: Annals of glaciology, 12: 97-103.
- LANGE, M.A.; ACKLEY, S.F.; WADHAMS, P.; DIECKMANN, G.S.; EICKEN, H. (1989)
Development of sea ice in the Weddell Sea. In: Annals of glaciology, 12: 92-96.
- LANGE, M.A.; HELLMANN, H.; RICHTER-MENGE, J.A.; ACKLEY, S.F. (1989)
Elastic properties of frazil ice from the Weddell Sea, Antarctica. In: POAC 89: the 10th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. June 12-16 1989, Lulea, Sweden. Editors: Axelsson, K.B.E.; L.A. Fransson, Lulea, Sweden: Lulea University of Technology, 1: 208-217.
- LARA, R.; ERNST, W. (1989)
Interaction between polychlorinated biphenyls and marine humic substances. Determination of association coefficients. Chemosphere, 19: 1655-1664.
- LARA, R.J.; WIENCKE, C.; ERNST, W. (1989)
Association between exudates of brown algae and polychlorinated biphenyls. J. appl. Physiology, 1: 267-270.
- LEMKE, P. (1989)
Results from sea ice-ocean experiments in the Weddell Sea WMO/TD-No. 272 (WCRP-18): B1-B13.
- LEMKE, P. (1989)
Modellierung des Meereises und der ozeanischen Deckschicht im Weddellmeer. Promet Heft 1/2: 28-33.
- LUTTER, S.; TAASEN, J.P.; HOPKINS, C.C.E.; SMETACEK, V. (1989)
Phytoplankton dynamics and sedimentation processes during spring and summer in Balsfjord, northern Norway. In: Polar Biol., 10: 113-124.
- MACKENSEN, A.; GROBE, H.; HUBBERTEN, H.-W.; SPIESS, V.; FÜTTERER, D.K. (1989)
Stable isotope stratigraphy from the Antarctic continental margin during the last one million years. In: Mar. Geol., 87: 315-321.
- MACKENSEN, A.; DOUGLAS, R.G. (1989)
Down-core distribution of live and dead deep-water benthic foraminifera in box cores from the Weddell Sea and the California continental borderland. In: Deep-Sea Res., 36(6): 879-900.
- MACKENSEN, A.; SPIEGLER, D. (1989)
A new Bolboforma (algae, Chrysophyceae?) from the late Eocene of the Southern Indian Ocean, Ocean Drilling Program leg 120. In: Proc. ODB, Init. results, 120: 71-72.

- MARTINSON, D.; WAMSER, C. (1989)
Ice drift and momentum exchange in winter Antarctic pack-ice. Accepted by Journ. Geophys. Res.
- MAYWALD, A.; KLAGES, M. (1989)
Wunderbare Wesen unter ewigem Eis. In: Das Tier, 7: 10-13.
- MELLES, M.; FÜTTERER, D.K. (1989)
Glacial and glacial marine sediments in the southern Weddell Sea, Antarctica. In: Polar Geomorphology: Abstracts and papers; Symposium No. 5 of the Second International Conference on Geomorphology; Bremen 1989. Editor: Stäblein, G., Bremen: 32-34.
- MEYER, H.-H.; KOTTMEIER, Ch. (1989)
Die atmosphärische Zirkulation im Hochglazial der Weichseleiszeit - abgeleitet von Paläowindindikatoren. Eiszeitalter und Gegenwart, 39.
- NEUBER, R. (1989)
Stratosphärische Ozonschicht über der Arktis - Neue Beobachtungen. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox., 3:12-14.
- NÖTHIG, E.-M.; BODUNGEN, B.v. (1989)
Occurrence and vertical flux of faecal pellets of probably protozoan origin in the southeastern Weddell Sea (Antarctica). In: Mar. Ecol. Prog. Ser., 56: 281-289.
- OERLEMANS, H.; AUGSTEIN, E. (1989)
Das Landeis im Klimasystem. AGF-Dokumentation, 6: 29-30.
- OLBERS, D. (1989)
Das Südpolarmeer: Zünglein an der Klima-Waage. In: AGF-Forschungsthemen, 2: 20-22.
- OLBERS, D. (1989)
Diffusion parametrizations for the climatological circulation of the North Atlantic and the Southern Ocean. In: Proceedings 'Aha Huli' Hawaiian Winter workshop, University of Hawaii at Manoa, January 1989.
- OLBERS, D. (1989)
A geometrical interpretation of inverse problems. In: Modelling the ocean circulation and transient tracer transport. Editors: Anderson, D.; Willebrand, J., Dordrecht (u.a.): Kluwer Academic Publ.: 79-93.
- OLBERS, D.; WENZEL, M. (1989)
Das Schwungrad unseres Klimas: der Ozean hat die Fäden in der Hand. In: der Überblick, 1: 14-18.
- OLBERS, D.; WENZEL, M. (1989)
Determining diffusivities from hydrographic data by inverse methods with applications to the circumpolar current. In: Oceanic circulation models: combining data and dynamics. Editors: Anderson, D.; J. Willebrand, Dordrecht (u.a.): Kluwer Academic Publishers: 95-139.
- PEINERT, R.; BODUNGEN, B.v.; SMETACEK, V. (1989)
Food web structure and loss rate. In: Productivity of the oceans: present and past. Editors: Berger, W.; V. Smetacek; G. Wefer, Chichester (u.a.): Wiley & Sons: 35-48.
- RADTKE, R.L.; TARGETT, T.E.; KELLERMANN, A.; HILL, K.T. (1989)
Antarctic fish growth: profile of *Trematomus newnesi*. In: Mar. Ecol. Prog. Ser., 57: 103-117.
- REEH, N.; LETREGUILLY, A.; OERTER, H. (1989)
Continued stable isotope studies on the greenland ice-sheet margin at Pakitsoq, north-east of Jakobshavn, central West Greenland. In: Rapp. Groenlands Geol. Unders., 145: 54-56.
- REEH, N.; OERTER, H.; LETREGUILLY, A. (1989)
Glaciological studies on the inland ice margin 75°-77.5°N. In: Express Report: North-east Greenland 1989. Kobenhavn: Groenlands Geologiske Undersoegelse: 1-6.
- REEH, N. (1989)
Dating by Ice Flow Modeling: a useful tool or an exercise in applied mathematics? In: The environmental record in glaciers and ice sheets. Editors: Oeschger, H.; C.C. Langway, Chichester (u.a.): Wiley & Sons: 141-159.
- REEH, N. (1989)
The age-depth profile in the upper part of a steady-state ice sheet. In: J. glaciology, 35(no. 121): 406-417.
- RIEBESELL, U. (1989)
Comparison of sinking and sedimentation rate measurements in a diatom winter/spring bloom. Mar. Ecol. Prog. Ser., 54: 109-119.
- RIEMANN, F. (1989)
Gelatinous phytoplankton detritus aggregates on the Atlantic deep-sea bed: structure and mode of formation. In: Mar.Biol., 100: 533- 539.
- ROSE, L. (1989)
Mesoskalige Sekundärströmungen am arktischen Meereisrand während ARKTIS 1988. In: Annalen der Meteorologie, 26: 233-234.
- ROSE, L. (1989)
Die Polarflugzeuge des AWI, ihre meteorologische Grundausrüstung und die Turbulenzmeßanlage Meteopod - mit Meßbeispielen. In: Annalen der Meteorologie, 26: 211-213.
- ROSE, L.; HENNINGS, D. (1989)
DO-228 (The AWI Polar 2). In: Hamburger Geophysikalische Einzelschriften, 6: 179-197.

- RÜGER, H.-J. (1989)
Benthic studies of the northwest African upwelling region: psychrophilic and psychrotrophic bacterial communities from areas with different upwelling intensities. In: *Mar. Ecol. Prog.*, 57: 45-52.
- RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M.; BENNEKOM, A.J.v. (1989)
Weddell Sea contributes little to silicate enrichment in Antarctic bottom water. In: *Deep-Sea Res.*, 36(9): 1341-1357.
- RABLIJIC, A.; LARA, R.; ERNST, W. (1989)
Modelling association of highly chlorinated biphenyls with marine humic substances. *Chemosphere*, 19: 1665-1676.
- SCHATTE, G.; WILLNER, H.; HOGE, D.; KNÖZINGER, E.; SCHREMS, O. (1989)
Selective Trapping of the Complexes OC...HF and CO...HF by Photodissociation of Matrix-Isolated Formyl Fluoride. *J. Phys. Chem.*, 93: 6025-6028.
- SCHMIDT, M.; VIEHOFF, T. (1989)
Skalenmessungen in der Eis-Fernerkundung. In: *Mustererkennung: 11. DAGM-Symposium, Hamburg, Oktober 1989: proceedings (Informatik-Fachberichte; 219)*. Herausgeber: Burkhardt H. et al., Berlin (u.a.): Springer: 188-192.
- SCHNACK-SCHIEL, Sigrid B. (1989)
Functional morphology of feeding appendages in calanoid copepods. In: *Functional morphology of feeding and grooming in crustacea (Crustacean issues; 6)*. Editors: Felgenhauer, B.E.; L. Watling; A.B. Thistle. Rotterdam; Brookfield: Balkema: 137-151.
- SCHREMS, O. (1989)
Schwefelsäure in der Atmosphäre, AGF-Tagung Wechselwirkung Atmosphäre-Biosphäre: 14-16.
- SCHRIVER, L.; SCHRIVER, A.; SCHREMS, O.; JAEGER, K. (1989)
Advances in Elucidating of H₂SO₄ Formation in the Troposphere: The SO₃...H₂O Complex. Seventh Matrix Isolation Spectroscopy Symposium, Nordwijkerhout, Abstract book: 78.
- SCHRÖDER, M.; RICHARDSON, P.L.; WALSH, D.; ARMI, L.; PRICE, J.F. (1989)
Tracking three meddies with sofar floats. *Journ. of Physical Oceanography*, 19(3): 371-383.
- SCHRÖDER, M.; SIEDLER, G. (1989)
Turbulent momentum and salt transport in the mixing zone of the Elbe estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 28: 615-638.
- SCHRÖTER, J. (1989)
Driving of nonlinear time dependent ocean models by observation of transient tracers - a problem of constrained optimization. In: *Modelling the ocean circulation and transient tracer transport*. Editors: Anderson, D.; J. Willebrand, Dordrecht (u.a.): Kluwer Academic Publishers: 257-285.
- SCHULZ-BALDES, M. (1989)
The sea-skater *Halobates micans*: an open ocean bioindicator for cadmium distribution in Atlantic surface waters. In: *Mar. Biol.*, 102: 211-215.
- SCHULZ-BALDES, M.; SCHWARZ, W. (1989)
EUROMAR - Entwicklung fortschrittlicher Meerestechnologie in Europa. In: *Techn. Mitt. Krupp*, 2: 85-90.
- SMETACEK, V.; SCHAREK, R.; NÖTHIG, E.-M. (1989)
Introduction to Antarctic ecosystem research. In: *Circumpolar journal*, 2-3: 49-64.
- SMITH, W.O.; KATTNER, G. (1989)
Inorganic nitrogen uptake by phytoplankton in the marginal ice zone of the Fram Strait. In: *Rapp. P.-v.Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 188: 90-97.
- SPIES, A. (1989)
Ice and hydrographic conditions determine the development of phytoplankton in the Greenland Sea. In: *Rapp. P.-v.Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 188.
- TAN, T.L.; RÜGER, H.-J. (1989)
Benthic studies of the Northwest African upwelling region: bacteria standing stock and ETS-activity, ATP-biomass and adenylate energy charge. In: *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 51: 167-176.
- TÜG, H. (1989)
Position Measurements with Radiosondes. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 14(2): 208-210.
- VIEHOFF, T. (1989)
Mesoscale variability of sea surface temperature in the North-Atlantic. *Int. J. Remote Sensing*, 10(4): 771-785.
- VIEHOFF, T. (1989)
Eisbeobachtungen mit Hilfe von NOAA-AVHRR HRPT-Daten an Bord von FS "Polarstern". *Annalen der Meteorologie*, 26: 84-85.
- WAMSER, C.; GUBE-LENHARDT, M. (1989)
Klimatische Bedingungen an der Georg-von-Neumayer-Station in der Antarktis. In: *promet.*, 19(1/2): 1-7.
- WAMSER, C.; EL NAGGAR S. (1989)
Line scan camera measurements. *Hamburger Geophysikalische Einzelschriften; Arktis*, 88: 57-60.
- WEYLAND, H.; HELMKE, E. (1989)
Barophilic and psychrophilic bacteria in the Antarctic Ocean. In: *Recent Advances in Microbial Ecology*. Editors: Hattori T.; Y. Ishida; Y. Marugama; R.Y. Morita, A. Uchida, Japan Scientific Press: 43-47.

WELSCH, U.; WAGNER, H.; GALM, R.; PLÖTZ, J. (1989)

Architecture and functional aspects of the distal airways of Antarctic seals with different habits, the Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) and the crabeater seal (*Lobodon carcinophygus*). In: Polar Biology, 10(3): 187-195.

WIENCKE, C.; DIECK, I. (1989)

Temperature requirements for growth and temperature tolerance of macroalgae endemic to the Antarctic region. In: Mar. Ecol. Prog. Ser., 54: 189-197.

WOLFF, J.-O.; OLBERS, D.J. (1989)

The dynamical balance of the Antarctic circumpolar current studied with an eddy resolving quasigeostrophic model. In: Mesoscale/ synoptic coherent structure in geophysical turbulence. Editors: Nihoul, J.C.J.; B.M. Jamart, Amsterdam (u.a.): Elsevier: 435-458.

Bücher/Zeitschriftenhefte:

HEMPEL, G. (Ed.): Assisted by V. ALEXANDER; G. DIECKMANN; H. JAKOBSON; J. MEINCKE; M. SPINDLER: Oceanography and biology of Arctic Seas: Selected papers from the ICES Symposium on Marine Science of the Arctic and Subarctic Regions, held in Santander, 28-30 September 1987. (Rapports et procès-verbaux des Réunions; 188)

BERGER, W.H.; SMETACEK, V.S.; WEFER, G. (Eds.): Productivity of the oceans: present and past; report of the Dahlem Workshop on Productivity of the Ocean; Berlin 1988, April 24-29. - Chichester (u.a.): Wiley & Sons, 1989. - XVII, 471 S. (Life sciences research reports; 44)

SOLTANPOUR-GARGARI, A.; ENGELMANN, R.; WELLERSHAUS, S.: Development and rearing of Zoea larvae in brachyura (Crustacea Decapoda): a bibliography. - Köln (u.a.): Brill, 1989. 173 S. (Crustaceana; international journal of Crustacean Research ; suppl. 14).

V. Abgeschlossene Examensarbeiten

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Biologie I

Dipl.Biol. Rosemarie **Büther**, 1988. Plankton-Copepoden (Calanoida) in den Meeresgebieten zwischen dem westlichen Mittelmeer und der Deutschen Bucht. - Ein Vergleich der Literatur mit eigenen Ergebnissen. Universität Bremen.

Dipl.Biol. **Michael George**, 1988. Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie der Sprotte, *Sprattus sprattus* (L.), in der Deutschen Bucht, unter besonderer Berücksichtigung des jährlichen ovariellen Reifezyklus. Universität Bremen.

Dipl.Biol. **Michael Klages**, 1988. Zur Zoogeographie und bathymetrischen Verteilung antarktischer Gammariden (Crustacea; Amphipoda) eines ausgewählten Gebietes des südöstlichen Weddellmeeres. Universität Bremen.

Dipl.Biol. **Jörg Urban**, 1988. Vergleichende Fruchtbarkeitsuntersuchungen bei Scholle (*Pleuronectes platessa* L.) und Seezunge (*Solea solea* L.). Freie Universität Berlin.

Dipl.Biol. **Matthias Gorny**, 1989. Entwicklung und Reproduktion der Garnelen *Nematocarcinus longirostris* und *Chorismus antarcticus* im östlichen Weddellmeer. Universität Bremen.

Dr. Sabine **Alshuth**, 1988. Bestimmung von Alter und Wachstumsraten bei Larven und Juvenilen der Sprotte, *Sprattus sprattus* L. Universität Bremen.

Dr. Wilfried **Heiber**, 1988. Die Faunengemeinschaft einer großen Stromrinne des Wurster Wattengebietes (Deutsche Bucht). Universität Bonn.

Dr. Octavio **Galvis**, 1988. Ökologie und Populationsdynamik der Welse (Pisces-Siluriformes-Ariidae) und Schnäpper (Pisces-Perciformes-Lutjanidae) in den Gewässern um Santa Marta, Kolumbien. Universität Bremen.

Dr. Hugo **Arancibia**, 1989. Distribution patterns, trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Universität Bremen.

Dr. Annette **Bosselmann**, 1989. Entwicklung benthischer Tiergemeinschaften im Sublitoral der Deutschen Bucht. - Untersuchungen zur Initialbesiedlung durch pelagische Ausbreitungsstadien. Universität Bremen.

Dr. Stefan **Hain**, 1989. Beiträge zur Biologie der beschalten Mollusken (Kl. Gastropoda und Bivalvia) des Weddellmeeres, Antarktis. Universität Bremen.

Dr. Rainer **Knust**, 1989. Ernährungsökologie der Kliesche in der Nordsee. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Biologie II

Dipl.Biol. Rita **Heiland**, 1988. Untersuchungen zum Chitinabbau von niederen Pilzen. Universität Bremen.

Dipl.Biol. Monika **Döpfner**, 1988. Sekundärmetabolite bei der Braunalge *Adenocystis utricularis*. Universität Bremen.

Dr. Karl-Jürgen **Hesse**, 1988. Zur Ökologie des Phytoplanktons in Fronten und Wassermassen der Deutschen Bucht. Universität Kiel.

Dr. Annette **Bartsch**, 1989. Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenbestand und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Chemie

Dipl.Chem. Hartmut **Becker**, 1988. Identifizierung und Bilanzierung gelöster organischer Stickstoffverbindungen im Meer. Universität Bremen.

Dipl. Gabriele **Mehrtens**, 1988. Untersuchungen zur Biotransformation biogener und abiogener organischer Halogenverbindungen. Universität Bremen.

Dipl. Martin **Graeve**, 1989. Untersuchung von Wachsestern mariner Copepoden mit Hilfe einer neuentwickelten gaschromatographischen Methode. Universität Bremen.

Dipl. Thomas **Oertel**, 1989. Vorkommen und Verteilung halogenierter Sekundärmetabolite in ausgewählten antarktischen Makroalgen. Universität Bremen.

Dr. Ruben J. **Lara**, 1989. The Influence of Humic Substances on the Behavior of Organic Pollutants in the Marine Environment. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Geophysik

Dipl.Phys. Jan **Wüster**, 1989. Suche nach lokaler Seismizität mit dem kurzperiodischen Seismographennetz um die Georg von Neumayer-Station, Antarktis, Universität Bremen.

Dr. Arnold **Brodscholl**, 1988. Variationen des Erdmagnetfeldes an der Georg von Neumayer-Station, Antarktis: deren Nutzen für ein elektromagnetisches Induktionsverfahren zur Erkennung zweidimensionaler Leitfähigkeitsanomalien sowie zur Darstellung von Einflüssen ionosphärischer Stromsysteme. Universität Bremen.

Dr. Alfons **Eckstaller**, 1989. Seismologische Untersuchungen an der Georg von Neumayer-Station: Lokal - regional - Global. Universität München.

Dr. Harald **Hellmann**, 1989. Zusammenhänge zwischen elastischen und rheologischen Eigenschaften beim Meereis und ihrer Beziehung zur Struktur. Universität Bremen.

Dr. Wolfgang **Korbag**, 1988. Die Gezeitenbewegungen des Eckström-Schelfeises. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Physik des Ozeans und der Atmosphäre I (Feldstudien)

Dipl.Phys. Lutz **Sellmann**, 1988. Numerische Simulation des Jahresganges des antarktischen Meereises mit Hilfe eines eindimensionalen Modells. Universität Bremen.

Dipl.Phys. Monika **Hörl**, 1989. Energiebudget der planetarischen Grenzschicht an der arktischen Eis-Wassergrenze zwischen Grönland und Spitzbergen. Universität München.

Dr. H.H. **Hellmer**, 1989. Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis.

Diplomarbeit der Sektion Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle)

Dipl.Phys. Michael **Scheduikat**, 1988. Ein eindimensionales gezeitengeprägtes Deckschichtmodell unter dem Schelfeis zur Bestimmung von Schmelz- und Anfriterraten.

Promotion der Sektion Meßphysik und Meßwesen

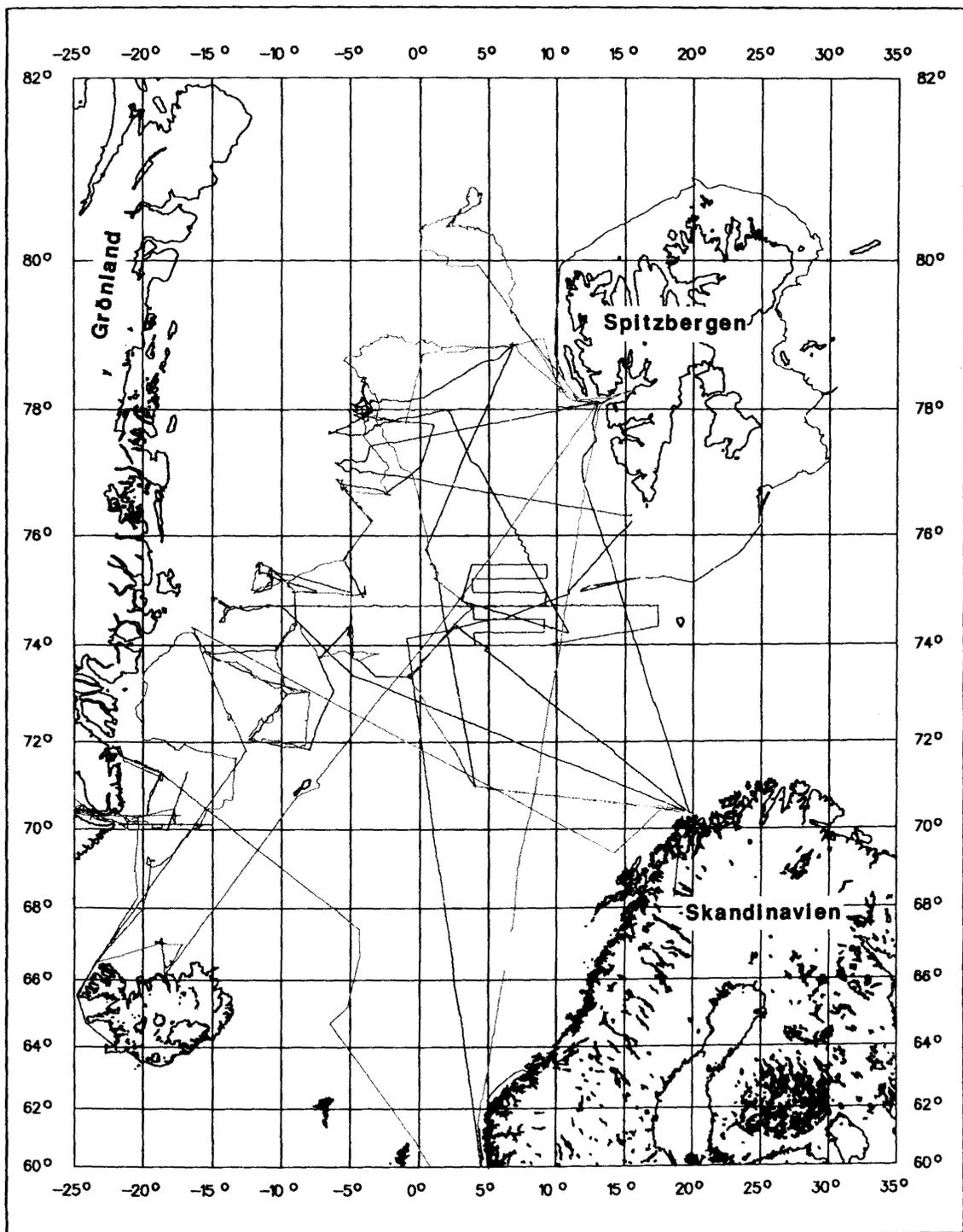
Dr. Gereon **Budéus**, 1989. Eine tidal-mixing Front in der südlichen deutschen Bucht. Struktur, Auftreten, Entstehungsbedingungen. Universität Hamburg.

VI. „Polarstern“-Expeditionen

| Fahrt | Datum | Hafen (an - ab) | Fahrtleiter | Arbeitsgebiete | Wissenschaftliche Disziplinen |
|-----------|-----------------------|---|-------------|----------------------------|--|
| ANT VI/3 | 21.12.87- 17.03.88 | Ushuaia- Kapstadt | D. Fütterer | Weddellsee, Atka Bucht | Spurenstoffchemie, Geologie, Versorgung GvN |
| ANT VI/5 | 18.03.88- 10.04.88 | Kapstadt- Bremerhaven | entfällt | Heimreise | Schwermetallanalyse, Luft, Wasser |
| | 10.04.88- 26.04.88 | Bremerhaven | | Werft | |
| ARK V/1 | 26.04.88- 04.06.88 | Bremerhaven- Longyearbyen- Akureyri-Reykjavik | M. Spindler | Island, Grönlandsee | Meteorologie, Biologie, heiße Quellen |
| ARK V/2 | 06.06.88- 04.07.88 | Reykjavik- Tromsö | J. Meincke | Grönlandsee, Framstraße | Ozeanographie, Meteorologie, Biologie |
| ARK V/3 a | 06.07.88- 02.08.88 | Tromsö- Reykjavik | H. Miller | ostgrönl. Shelfgebiet | Geophysik, Geologie |
| ARK V/3 b | 03.08.88- 29.08.88 | Reykjavik- Bremerhaven | W. Weigel | Scoresby Sund | Geophysik, Geologie |
| | 30.09.88- 14.09.88 | Bremerhaven | | Werft | |
| ANT VII/1 | 15.09.88- 09.10.88 | Bremerhaven- Rio Grande do Sul | G. Krause | Ausreise | Ozeanographie, Luftchemie |
| ANT VII/2 | 11.10.88- 19.11.88 | Rio Grande do Sul- Punta Arenas | G. Hempel | Antarktische Halbinsel | EPOS I, Ozeanographie, Biologie, Chemie |
| ANT VII/3 | 23.11.88- 09.01.89 | Punta Arenas- Punta Arenas | V. Smetacek | Scotia See, Weddellsee | EPOS II, Ozeanographie, Biologie, Chemie |
| ANT VII/4 | 13.01.89- 10.03.89 | Punta Arenas- Kapstadt | W. Arntz | Weddellsee, Atka Bucht | EPOS III, Ozeanographie, Biologie, Chemie |
| ANT VII/5 | 12.03.89- 06.04.89 | Kapstadt- Bremerhaven | W. Ernst | Heimreise | Wasser- und Luftchemie |
| | 07.04.89- 19.04.89 | Bremerhaven | | Werft | |
| ARK VI/1 | 20.04.89- 15.05.89 | Bremerhaven- Tromsö | J. Schwarz | Barents-See | Eisuntersuchungen |

| | | | | | |
|------------|-----------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|---|
| ARK VI/2 | 16.05.89- 07.06.89 | Tromsö- Tromsö | J. Meinecke | Grönlandsee | Ozeanographie, Biologie |
| ARK VI/3 | 08.06.89- 28.06.89 | Tromsö- Longyearbyen | G. Krause | Grönlandsee, Framstraße | Ozeanographie, Biologie |
| ARK VI/4 | 29.06.89- 08.07.89 | Longyearbyen- Hamburg | G. Hempel | Grönland- Framstraße | Ozeanographie, Biologie |
| | 09.07.89- 04.09.89 | Bremerhaven | | Werft | |
| ANT VIII/1 | 05.08.89- 05.09.89 | Bremerhaven- Puerto Madryn | H. Schenke | Ausreise | Erprobung HYDROSWEEP und PARASOUND, Luftchemie |
| ANT VIII/2 | 06.09.89- 30.10.89 | Puerto Madryn- Kapstadt | E. Augstein | nördl. Weddellsee | WWGS's, Ozeanographie, Meteorologie |
| ANT VIII/3 | 01.11.89- 30.11.89 | Kapstadt- Punta Arenas | R. Gersonde | Antarkt. Konvergenzzone | Geowissenschaft |
| ANT VIII/4 | 14.12.89 14.12.89 | Punta Arenas- Ushuaia | G. Hempel | Antarktische Halbinsel | Inspektionsreise |
| ANT VIII/5 | 16.12.89- 12.03.89 | Ushuaia- Kapstadt | H. Miller | östl. Weddellsee, GvN | Geowissenschaft |

PFS Polarstern



ARCTIC V 1988 

ARCTIC VI 1989 

Projection - Mercator

Scale 1 : 1000000
at Latitude 71°



Bathymetric Group
Alfred-Wegener-Institute for
Polar and Marine Research
D-2850 Bremerhaven