



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN

Zweijahresbericht 1990/91

Herausgeber:
Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Postfach 120161
Columbusstraße
D-2850 Bremerhaven
Telefon (04 71) 4 83 10
Telefax (04 71) 48 31-149
Telex 2 38 695 polar d
Telegramm: Polar Bremerhaven
Telemail: Alfred.Wegener/Omnet

Gesamtherstellung:
Druckhaus Lehe-Nord GmbH
Langener Landstraße 226
2850 Bremerhaven
Telefon (04 71) 8 50 21-23

Titelfoto:
Horst Werner, 2856 Bramstedt 3

ISSN 0940-4546



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN

Zweijahresbericht 1990/91

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

(Stand 31.12.1991)

Kuratorium

Mitglieder

MinDir Dr. J.-B. Mennicken
(Vorsitzender)
Staatsrat Prof. Dr. R. Hoffmann
(Stellvertr. Vorsitzender)
Prof. Dr. M. Tilzer (ab 1.1.90)
Herr E. Brenne (bis 30.6.90)
Herr F. Zander (ab 27.12.90)
Prof. Dr. H.G. Danielmeyer
Staatsrat Dr. H. Heidorn
Prof. Dr. P. Hartl
Prof. Dr. J. Untiedt
Prof. Dr. H. Hinzpeter (bis 19.6.91)
Prof. Dr. D. Ehhalt (ab 19.6.91)
MinR D. Stiepel (bis 31.12.90)
MinDir G. Möcklinghoff (ab 1.1.91)
MinDir Dr. J. Oesterhelt

Beratende Teilnehmer

Prof. Dr. E. Augstein
Prof. Dr. G. Hempel
Dr. R. Paulenz
M. Sündermann
Prof. Dr. J. Timm

Wissenschaftlicher Beirat

Mitglieder (bis Juni 1991)

Prof. Dr. H. Hinzpeter (Vorsitzender)
Prof. Dr. D. Ehhalt
(Stellvertr. Vorsitzender)
Der Präsident der MPG
Prof. Dr. H.A. Staab

Ständiger Vertreter:

Prof. Dr. K. Hasselmann
Der Präsident der DFG
Prof. Dr. H. Markl
Ständiger Vertreter:
Prof. Dr. O. Mahrenholtz
Der Präsident der BGR
Prof. Dr. M. Kürsten
Vertreter: Prof. Dr. H.J. Dürbaum
Der Leiter der BfA
Prof. Schreiber
Vertreter: Dr. G. Hubold
Der Rektor der Universität Bremen
Prof. Dr. J. Timm
Vertreter: Prof. Dr. H. Cordes
Prof. Dr. T. Gjelsvik
Prof. Dr.-Ing. D. Möller
Prof. Dr. H. Oeschger
Prof. Dr. J.O. Strömberg

Beratende Teilnehmer

Der Vorsitzende des Kuratoriums des AWI
MinDir Dr. J.-B. Mennicken
Vertreter:
Prof. Dr. H. Bungenstock (bis 31.08.90)
RegDir Dr. K.G. Jacobs (ab 01.02.91)
Der Stellvertretende Vorsitzende des
Kuratoriums des AWI
Staatsrat Prof. Dr. R. Hoffmann
Vertreter: Dr. H. Bienhold
Der Direktor des AWI
Prof. Dr. G. Hempel
Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen
Rates des AWI
Prof. Dr. H. Miller

Mitglieder (ab Juni 1991)

Prof. Dr. D. Ehhalt (Vorsitzender)
Prof. Dr. H.-P. Harjes
(Stellvertr. Vorsitzender)
Der Präsident der MPG
Prof. Dr. H. F. Zacher
Ständiger Vertreter:
Prof. Dr. K. Hasselmann
Der Präsident der DFG
Prof. Dr. W. Frühwald
Ständiger Vertreter:
Prof. Dr. O. Mahrenholtz
Der Präsident der BGR
Prof. Dr. M. Kürsten
Ständiger Vertreter: NN
Der Leiter der BfA
Prof. Schreiber
Ständiger Vertreter: Dr. G. Hubold
Der Rektor der Universität Bremen
Prof. Dr. J. Timm
Ständiger Vertreter: NN
Prof. Dr. J. Egger
Prof. Dr. B.-O. Jansson
Prof. Dr. H. Oeschger
Prof. Dr. E. Süss

Beratende Teilnehmer

Der Vorsitzende des Kuratoriums
des AWI
MinDir Dr. J.-B. Mennicken
Der Stellvertretende Vorsitzende
des Kuratoriums des AWI
Staatsrat Prof. Dr. R. Hoffmann
Der Direktor des AWI
Prof. Dr. G. Hempel
Der Verwaltungsdirektor des AWI
Dr. R. Paulenz

Der Stellvertreter des Direktors des AWI
Prof. Dr. E. Augstein
Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates
des AWI
Prof. Dr. H. Miller

Gäste

RegDir. Dr. K.G. Jacobs
Dr. H. Bienhold

Direktorium

Prof. Dr. G. Hempel (Direktor)
Prof. Dr. E. Augstein (Stellvertr. Direktor)
Dr. R. Paulenz (Verwaltungsdirektor)

Wissenschaftlicher Rat

Mitglieder (bis Sept. 1990)

Prof. Dr. H. Miller (Vorsitzender)
Dr. M. Spindler (Stellvertr. Vorsitzender)
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
Prof. Dr. V. Smetacek

Mitglieder (ab Okt. 1990)

Prof. Dr. H. Miller (Vorsitzender)
Dr. E. Fahrbach (Stellvertr. Vorsitzender)
Prof. Dr. W. Arntz
Prof. Dr. E. Augstein
Prof. Dr. W. Ernst
Prof. Dr. D. Fütterer
Dr. H. Grobe
Dr. W. Hiller
Prof. Dr. G. Krause
Dr. R. Neuber
Prof. Dr. D. Olbers
Prof. Dr. V. Smetacek

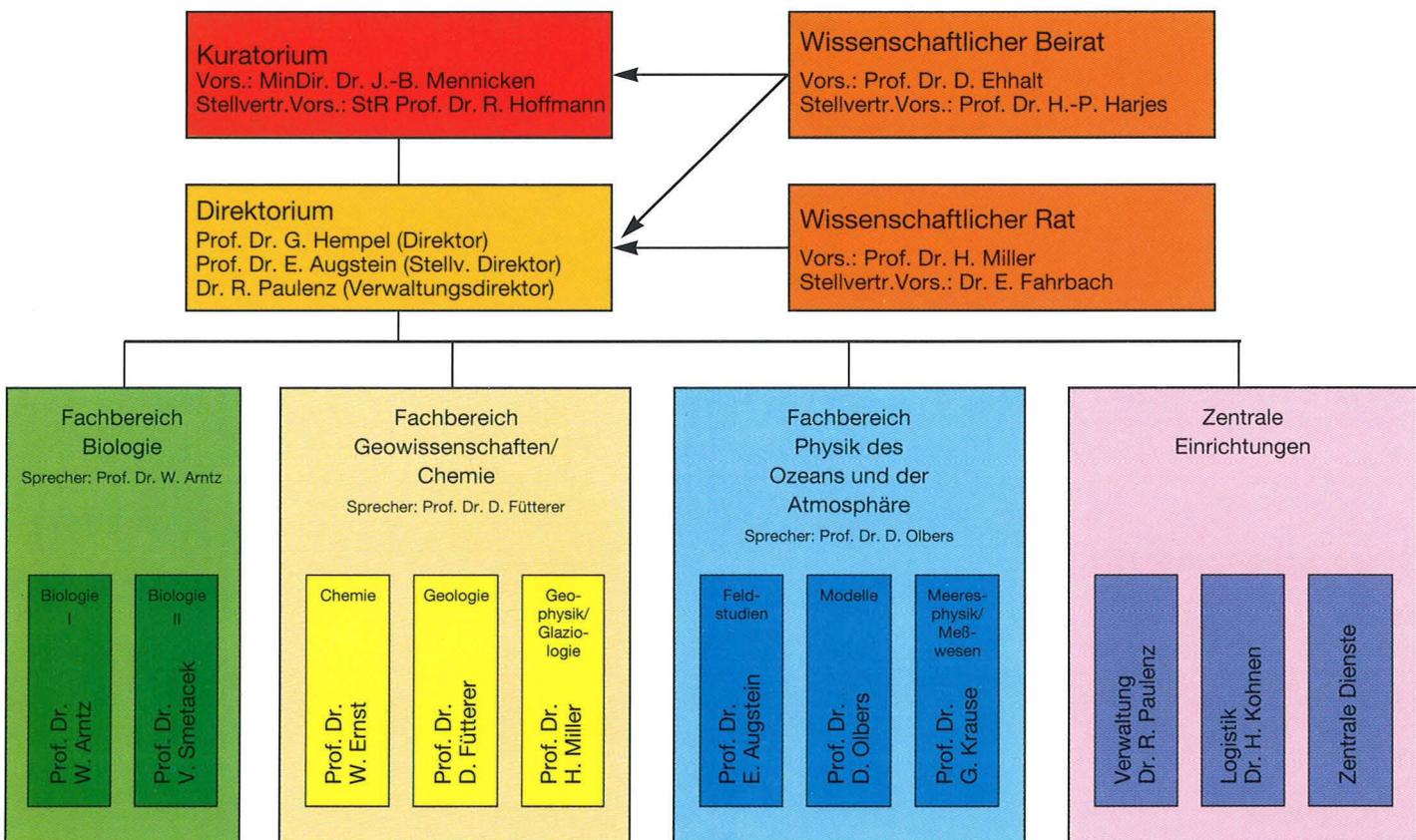
Beratende Mitglieder

Prof. Dr. G. Hempel
Dr. R. Paulenz

Ständiger Gast

Dr. H. Kohnen

Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung



Inhaltsverzeichnis	Seite		Seite
1. Einleitende Übersicht	7	6. Logistik	127
2. Nationale und internationale Zusammenarbeit	11	6.1 Polarstationen	127
2.1 Nationale Zusammenarbeit	11	6.2 FS „Polarstern“ und FK „Victor Hensen“	130
2.2 Internationale Zusammenarbeit	11	6.3 Polarflugzeuge und Hubschrauber	131
3. Forschungsarbeiten - Expeditionen	15	6.4 Ingenieurprojekte	131
3.1 ANT VIII	15	6.5 Allgemeine Logistik	132
3.2 ARK VII	17	7. Zentrale Einrichtungen	133
3.3 ANT IX	20	7.1 Öffentlichkeitsarbeit	133
3.4 ARK VIII	23	7.2 Bibliothek	134
3.5 ANT X/1	30	7.3 Rechenzentrum	134
4. Arbeitsberichte der Sektionen	31	8. Personeller Ausbau und Haushaltsentwicklung	139
4.1 Biologie I (Zoologie)	31	8.1 Personal	139
4.2 Biologie II (Botanik und Mikrobiologie)	34	8.2 Haushalt	139
4.3 Chemie	40	Anhang	141
4.4 Geologie	43	I. Personal	142
4.5 Geophysik	46	II. Wissenschaftl. Veranstaltungen	145
4.6 Physik des Ozeans und der Atmosphäre I (Feldstudien)	48	III. Publikationen des Instituts	146
4.7 Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle)	50	IV. Veröffentlichungen der Mitarbeiter	148
4.8 Meeresphysik und Meßwesen	53	V. Abgeschlossene Examensarbeiten	166
5. Ausgewählte Forschungsthemen	55	VI. „Polarstern“-Expeditionen	169

1. Einleitende Übersicht

Das Alfred-Wegener-Institut feierte im Frühjahr 1990 sein zehnjähriges Bestehen. Der Übergang in die zweite Dekade der Institutsgeschichte, den der vorliegende vierte Tätigkeitsbericht beschreibt, war geprägt durch die großen politischen Veränderungen im Ostblock und den Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland. Die internationale Hinwendung zu "Global Change" schlug sich im Forschungsprogramm des Instituts nieder.

Die wichtigste organisatorische Maßnahme im Berichtszeitraum war die Konzentration wesentlicher Teile der Antarktisforschung der DDR in einer Forschungsstelle des AWI in Potsdam und die Übernahme der Georg-Forster-Station in der Antarktis. Auch die wachsende Kooperation mit osteuropäischen Wissenschaftlern ist eine positive Folge der politischen Entwicklung. Beispiele hierfür sind die gemeinsame Erstellung eines ozeanographischen Atlases des Südpolarmeeres unter Nutzung umfangreicher sowjetischer Datensätze und ein deutsch-sowjetisch-polnisches Unternehmen 1991 im Barentsmeer.

Die Erkenntnis, daß das globale Klimasystem sehr verletzlich ist, und daß die Polargebiete eine Schlüsselrolle bei Klimaveränderungen spielen, führte zu einer Verstärkung der klimabezogenen Forschungsaktivitäten des AWI, besonders in der Arktis.

Die Global Change-Forschung des Instituts geht von dem Dreiecksverhältnis von globalem Klima, allgemeiner Zirkulation des Ozeans und der Atmosphäre und den kryosphärischen Prozessen in den Polargebieten aus:

- Die Eiskerne aus der Antarktis und Grönland liefern die umfangreichsten und detailliertesten Informationen über die Klimaentwicklung der vergangenen 200 000 Jahre. Mehrere Jahrmillionen zurück reichen die marinen Sedimentkerne.
- Die Tiefenzirkulation des Ozeans mit ihren Langzeitwirkungen auf das Erdklima wird in den Polarmeen angetrieben.
- Unter Verwendung der klimageschichtlichen Daten werden gekoppelte Modelle entwickelt und betrieben, die Ozean, Eis und Atmosphäre miteinander verbinden, um realistische Vorhersagen des globalen Klimas und seiner regionalen Ausprägungen – unter der Berücksichtigung menschlicher Eingriffe – zu treffen.

Um auf diesen Feldern in enger Kooperation mit deutschen und ausländischen Gruppen wichtige Erkenntnisse zu gewinnen, beteiligte sich das AWI u.a. an der europäischen Eisbohrung in Zentralgrönland (GRIP), gewann Proben des ältesten Grönlandseises in der Ablationszone und entwickelte ein Modell der Verän-

derung der grönländischen Eismassen im Gefolge des Wechsels der Eiszeiten und der zwischeneiszeitlichen Klimaschwankungen. Das AWI beteiligte sich auch an der Planung von Tiefenbohrungen in der Antarktis. Für die Überwachung der Massenbilanz des antarktischen Eisschildes werden die Altimeterdaten des europäischen Erdkundungssatelliten ERS-1 quantitative Werte liefern. Entsprechendes gilt für die Satelliten- und Flugzeug-Beobachtung der großräumigen Verteilung und Dynamik des Meereises. Zur zuverlässigen Interpretation der Satellitendaten sind Bodenmessungen erforderlich, die das AWI auf dem Inlandeis und dem Meereis durchführt.

Zur Bildung des Tiefen- und Bodenwassers in der Grönlandsee bzw. im Weddellmeer sowie an arktischen Schelfhängen konnte die deutsche Polarforschung auf den Expeditionen der "Polarstern" umfangreiche Daten sammeln, die zu gefestigten Vorstellungen über die Wassermassenproduktion geführt haben. Um die Rolle der Schelfeise für die Entstehung des Antarktischen Bodenwassers zu studieren, wurde die Eistafel des Filchner/Ronne-Schelfeises durchbohrt, mit dem Ziel, die Schiffsbeobachtungen an der Schelfeiskante durch Messungen unter dem Schelfeis zu ergänzen.

Die Meereiszone des Weddellmeeres und die Gewässer des nördlichen Nordatlantiks sowie des Nordpolarmeeres sind nach wie vor die wichtigsten Forschungsareale des AWI. Neben den Messungen der Stoff-, Impuls- und Energieflüsse zwischen Meer und Atmosphäre vom Schiff aus spielen zunehmend Flugzeugbeobachtungen eine Rolle. 1991 setzte das AWI sein besonders für meteorologische Messungen und zur Eiserkundung ausgerüstetes Flugzeug zur systematischen Erfassung der Eisrandzone der Framstraße ein. Verankerte und mit dem Eis driftende, automatisch arbeitende Meßsysteme ergänzen die Informationen über die Dynamik des Meereises und die Prozesse in den angrenzenden Luft- und Wassermassen.

Die Datensätze aus Schiffs-, Bojen-, Flugzeug- und Satelliten-Beobachtungen werden zum Antrieb und zur Überprüfung einer Hierarchie von numerischen Modellen der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation und des Meereises genutzt. Solche Modelle berechnen die Zirkulation des Weddellmeeres und des Antarktischen Zirkumpolarstroms, des Europäischen Nordmeeres und des Arktischen Ozeans (Nordpolarmeer) auch in Abhängigkeit von der Meereisbedeckung. Der Einfluß der Bodentopographie, der ozeanischen Wirbel und des Meereises auf dem Zirkumpolarstrom konnte durch Modellexperimente manifestiert

werden. Die Rolle der Küstenpolynyen sowie der Waken im Meereis auf den Stoff- und Energieaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre wurde durch Messungen während der Expeditionen im Berichtszeitraum dokumentiert.

Die Untersuchungen des AWI und mit ihm kooperierender Forschergruppen zur Luftchemie, wie sie von Meteorologen und Chemikern auf der Georg-von-Neumayer-Station und der Georg-Forster-Station in der Antarktis und auf der Koldewey-Station auf Spitzbergen durchgeführt werden, hat durch die Diskussionen über die polaren "Ozonlöcher" große Aktualität erlangt.

Während die auf Vorhersagen zielende Klimaforschung der Ozeanographen und Meteorologen in Zeitskalen von Jahrzehnten bis Jahrhunderten operiert, ist der Beitrag der marinen Geowissenschaften des AWI zur Global Change-Forschung im Bereich von Jahrhundertaussenden und Jahrtausenden angesiedelt. Auf die Frage nach der Geschichte der Vereisung von Arktis und Antarktis konnten anhand von Sedimentkernen und flacheisemischen Untersuchungen wichtige Teilantworten gegeben werden hinsichtlich der langfristigen Verlagerung der Frontensysteme, der Ausdehnung der Meereiszone und der Bewegungen der Schelfeise in Abhängigkeit von Klima- und Meeresspiegelschwankungen und von Landhebungen. Noch weiter zurück greifen die tiefenseismischen Messungen im Weddellmeer, die ungewöhnliche Sedimentmächtigkeiten im Gefolge der tektonischen Öffnung dieses Meeresraumes zeigten. In ähnlicher Weise wurde in internationaler Zusammenarbeit die Geschichte der Kontinentalränder des Europäischen Nordmeeres erfaßt.

Gerade im Bereich der Geophysik konnte durch eine rege Publikationstätigkeit die wissenschaftliche Ernte der langfristigen Datensammlungen an der Georg-von-Neumayer-Station und der frühen "Polarstern"- und Schelfeis-Expeditionen eingefahren werden.

Die Biologie hat zu Global Change zwei unterschiedliche Beziehungen: Zum einen ist die biologische Produktion als Teil des bio-geochemischen Zyklus über den Ozean und die Atmosphäre an das Klima gekoppelt. Zum anderen verursachen Klimaveränderungen signifikante Veränderungen in der Fauna und der Flora der Polargebiete. Dem erstgenannten Problemkreis widmet sich eine schnell angewachsene Arbeitsgruppe, die eng mit dem Sonderforschungsbereich "Der Südatlantik im Spätquartär" der Universität Bremen und des AWI verknüpft ist. Im Mittelpunkt der augenblicklichen Arbeiten stehen die Phytoplankton-Blüten am Rande des Meereises und die Meereisflora bezüglich ihres Beitrags zum Kohlenstoffkreislauf des Weddellmeeres. Insbesondere gilt es herauszufinden, ob die Meereiszone eine Quelle oder

Senke für atmosphärisches CO² ist und welche Bedeutung den biologischen Prozessen dabei zukommt.

Bei der Untersuchung des Meereises hat sich im Institut eine sehr enge Zusammenarbeit von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen entwickelt. Nach Genese und Struktur ist das Meer eis verschiedener Seegebiete unterschiedlich, und es unterliegt einer Metamorphose in Abhängigkeit der ozeanischen und atmosphärischen Umgebungsbedingungen, aber auch der pflanzlichen und tierischen Besiedlung. Demgemäß bestehen zwischen antarktischen und arktischen Meereissystemen beträchtliche Unterschiede, die Gegenstand vergleichender Untersuchungen sind.

Biologische Klimafolgenforschung in den Polargebieten beschäftigt sich mit möglichen ökologischen Auswirkungen bei Veränderungen der Meereisdecke und der Schelfeise bei regionalen Temperaturschwankungen. In diesem Zusammenhang wurde die Wiederbesiedlung des Meeresbodens studiert, der vordem durch das Filchner-Schelfeis abgedeckt war. Auch die paläontologisch-sedimentologischen Arbeiten über Florenwechsel im Gefolge der Verlagerung ozeanischer Fronten und Meer eisgrenzen fördern Informationen über die Folgen von Klimaschwankungen im Ozean.

Nicht alle Forschungsaktivitäten des AWI lassen sich unter dem Schlagwort "Global Change" subsumieren. Die Tätigkeitsberichte der acht wissenschaftlichen Sektionen des Instituts zeigen eine darüber hinausgehende Themenvielfalt. Kurzfristige Untersuchungen werden vor allem im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten durchgeführt. Daneben stehen Langfristvorhaben, z.B. zur Diatomeen-Taxonomie in der Hustedt-Sammlung, zur Variabilität der Bodentiergemeinschaften der Deutschen Bucht oder der Aufbereitung der Observatoriumsbeobachtungen an den Polarstationen. Die wissenschaftlichen Kurzaufsätze im Anschluß an die Tätigkeitsberichte sollen einen Eindruck von der Themenfülle des Instituts und von der Art der hier geleisteten Arbeit geben. Beiträge von Doktoranden, Post-Docs, Seniorwissenschaftlern und Professoren sind dabei bunt gemischt.

Stärker als zuvor war das Institut in den letzten Jahren im logistischen Bereich engagiert, da mehrere Stationsneubauten gleichzeitig betreut werden mußten:

- Die Georg-von-Neumayer-Station wird planmäßig nach elfjähriger Nutzung verlassen und Anfang 1992 in der Nähe der alten Anlage neu errichtet.
- Auf der King George Insel entsteht 1992/93 eine deutsch-argentinische Küstenstation.
- Die Arktis-Station "Carl-Koldewey" in Ny Ålesund wurde im August 1991 eingeweiht.

Die Betreuung der Überwinterung und der Sommerunternehmungen an der ostdeutschen Antarktisstation "Georg Forster" ging schrittweise in die Hände der AWI-Logistiker über. Gleiches gilt für die ostdeutschen Sommeraktivitäten im Gebiet der Schirmacher-Oase und der King George Insel.

Die Errichtung einer deutsch-chilenischen Antarktisstation zum Empfang der Daten des Synthetic Aperture Radar (SAR) des Europäischen Erderkundungssatelliten ERS-1 und für die Very Long Baseline Interferometry (VLBI) u.a. zur Erfassung der südhemisphärischen Plattentektonik ist ein vom Bundesministerium für Forschung und Technologie getragenes Gemeinschaftsunternehmen des AWI, der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Instituts für Angewandte Geodäsie (IFAG).

Der FK "Victor Hensen" operierte ein halbes Jahr lang vor der Küste Brasiliens für Forschergruppen aus deutschen und brasilianischen Hochschulinstituten.

Die beiden Polarflugzeuge wurden in Grönland, Spitzbergen und in der Antarktis teils für Programme des AWI, teils zur Unterstützung der Arbeiten anderer Institute eingesetzt. Bei einer Landung in der Antarktis erlitt die Polar 4 einen erheblichen Schaden, der noch nicht behoben werden konnte.

Den wichtigsten Beitrag des AWI zur deutschen und internationalen Polarforschung leistete wieder das FS "Polarstern". Die Antarktissaison 1989/90 diente vor allem ozeanographischen und geowissenschaftlichen Untersuchungen im Weddellmeer. Dabei wurden Beiträge zum World Ocean Circulation Experiment geleistet, dem auch eine Fahrt der "Meteor" in die subantarktische Region des Südatlantiks – unter Beteiligung des AWI – gewidmet war. Im Nordsommer 1990 operierte "Polarstern" im Europäischen Nordmeer. Höhepunkt war hier ein kombiniertes Land-Seeunternehmen im Scoresby Sund Ostgrönlands. Die Saison 1990/91 in der Antarktis war vor allem den Biologen zugedacht. Extrem ungünstige Eisverhältnisse zwangen zu drastischen Abweichungen von den geplanten Fahrtrouten und Untersuchungen.

Dahingegen war die Sommerkampagne 1991 im Norden äußerst glücklich und erfolgreich. Nach zwei international besetzten Fahrabschnitten in die Gewässer Ostgrönlands und Svalbards fand die gemeinsame große Expedition mit den schwedischen und amerikanischen Eisbrechern "Oden" und "Polar Star" statt, auf der "Polarstern" wieder ihre Leistungsfähigkeit und technische Zuverlässigkeit unter Beweis stellte. Auf dem Rückweg aus dem kanadischen Teil des Arktischen Ozeans passierte das Schiff gemeinsam mit der "Oden" den Nordpol. Über diesen Rekord hat Frithjof Nansen bereits um 1900 geschrieben:

"Wir sind gewiß nicht hinausgezogen, um den mathematischen Punkt, der das nördliche Ende der Erdachse bildet, zu suchen – denn diesen Punkt zu erreichen, hat an und für sich nur geringen Wert –, sondern um Untersuchungen in dem großen, unbekanntem Teil der Erde, welcher den Pol umgibt, anzustellen, und diese Untersuchungen werden nahezu die gleiche große wissenschaftliche Bedeutung haben, ob die Reise nun über den mathematischen Pol selbst führt oder ein Stück davon entfernt bleibt . . . Aber man muß den Pol erreichen, damit diese Besessenheit aufhört."

Die Koordination der deutschen Polarforschung und ihre internationale Einbindung gehört zu den vorrangigen Aufgaben des Alfred-Wegener-Instituts. Ein großer Teil der Koordinations- und Kommunikationsfunktionen des Instituts wurden wieder von speziellen Sekretariaten getragen, die vielfach auch mit internationalen Aufgaben betraut waren. Eine vollständige Übersicht findet sich im folgenden Kapitel. Besonders intensive Arbeit leistete das deutsche SCAR-Sekretariat im Zusammenhang mit der Antarctic Science Conference, September 1991. Diese Konferenz versammelte über 500 Teilnehmer in Bremen und gab einen umfassenden Überblick über Stand und Perspektiven der internationalen Antarktisforschung und der sie unterstützenden Polartechnik. Das neu gegründete nationale Global Change Sekretariat entwickelte sich zu einem wichtigen Bindeglied zwischen Wissenschaft und Politik, es wurde zur zentralen Informationsstelle für die deutsche Global Change Forschung und leistete wichtige Beiträge zu deren Koordination. Das nationale und internationale Euromar-Sekretariat baute die Kontakte zur Industrie in verschiedenen Ländern Europas aus. Das AWI intensivierte die Zusammenarbeit mit Südamerika in der Meeres- und Polarforschung. Wichtiger als die dafür geleistete Sekretariatsarbeit war die Entsendung des Forschungskutters "Victor Hensen" für fünf Monate nach Brasilien, wo eine Reihe deutsch-brasilianischer Kooperationsprojekte durchgeführt wurden. Über das normale Maß hinaus wurde auch FS "Polarstern" für internationale Aufgaben eingesetzt. Besonders zu erwähnen ist die deutsch-französische Inspektionsreise Ende 1990 in die Region der Antarktischen Halbinsel sowie die gemeinsam mit der European Science Foundation organisierte Expedition EPOS II in die Gewässer um Svalbard.

Für die mittelfristige Planung der deutschen Polarforschung fand auf Einladung der DFG im AWI im Dezember 1991 ein zweitägiges Kolloquium statt, an dem Vertreter aller wichtigen Arbeitsgruppen teilnahmen. Ziel der Diskussionen war die thematische und logistische Bündelung der verschiedenen Polaraktivitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die Verknappung der Projektmittel sowie die Verschmelzung west-

1. Einleitende Übersicht

und ostdeutscher Programme machten eine kritische Bestandsaufnahme ebenso erforderlich wie die verstärkte Hinwendung zur Nordpolarforschung.

Die Personalentwicklung des Instituts war entgegen den ursprünglichen Ausbauplänen im Berichtszeitraum anfangs wenig erfreulich. Dank einer finanziellen Vorleistung durch das Land Bremen konnten aber Ende 1991 die ersten zehn neuen Mitarbeiterstellen dem Institut zugewiesen werden. Weitere Stellen wurden dem Institut fest zugesagt. Hinzu kamen Positionen vorzugsweise für Nachwuchswissenschaftler(innen) und Doktorand(inn)en und ein Stellenkontingent für polarerfahrene Mitarbeiter in den neuen Bundesländern.

Zum Jahresende 1991 wollte sich Prof. Hempel als Direktor ablösen lassen. Da die Berufungsverhandlungen aber scheiterten, mußte die Stelle des Direktors neu ausgeschrieben werden. Prof. Hempel stimmte einer dreimonatigen Verlängerung seines Mandats zu.

2. Nationale und internationale Zusammenarbeit

2.1 Nationale Zusammenarbeit

Das Alfred-Wegener-Institut koordiniert die Polarforschung in der Bundesrepublik gemäß seiner Satzung und arbeitet mit zahlreichen Institutionen des In- und Auslandes zusammen. Am Institut sind drei Sekretariate mit nationalen Koordinierungsaufgaben angesiedelt:

(1) Prof. H. Miller (urspr. Dr. Kohnen) ist nationaler Koordinator des SCAR-Filchner-Ronne Schelfeis-Programmes (seit 1983);

(2) Dr. Schulz-Baldes leitet (neben dem internationalen) das Nationale Euromar-Sekretariat (seit 1987);

(3) Dr. Lange leitet das Nationale Global Change Sekretariat, das seit dem 1. Januar 1990 am AWI angesiedelt ist. Es wird wie das Euromar-Sekretariat aus Projektmitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie finanziert.

An den "Polarstern"-Expeditionen nahmen weiterhin mehr auswärtige deutsche Wissenschaftler als AWI-Mitarbeiter teil, was u.a. die enge deutsche Zusammenarbeit in der Polarforschung kennzeichnet.

Die Zahl der Bremer Diplomanden und Doktoranden, die am AWI ihre Arbeiten durchführten, nahm im Laufe der letzten Jahre stetig zu. Im Rahmen der Lehrtätigkeit von AWI-Wissenschaftlern an der Universität Bremen wurden regelmäßig Praktika am AWI abgehalten, darunter erstmalig ein mehrmonatiges meeresbiologisches Großpraktikum. In der Zusammenarbeit mit der Universität Bremen spielt der seit Juli 1989 bestehende Sonderforschungsbereich 261 (Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen) eine hervorragende Rolle. Zehn Wissenschaftler des AWI sind Mitglieder des SFB (insgesamt 27), vier weitere beteiligen sich mit beratender Stimme. Das Forschungsvorhaben ist auf zehn Jahre angelegt. Ein Neuantrag für den zweiten Antragszeitraum wurde gestellt und in diesem Zusammenhang am 14. Juni 1991 ein Berichtskolloquium durchgeführt.

Die Kooperationsverträge des AWI mit den Universitäten Kiel, Oldenburg und Hamburg sowie der Hochschule Bremerhaven dienen wie bisher der Förderung gemeinsamer Projekte. Schwerpunkte der Zusammenarbeit mit Kiel bezogen sich auf die Polarökologie, mit Oldenburg auf die Zoologie und die Physik, mit Hamburg auf die Meteorologie (Klimarechenzentrum) und die Ozeanographie. Hinzu kam eine enge Zusammenarbeit mit Geomar in der Arktis, mit der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt und dem Institut für Angewandte Geodäsie

beim Aufbau der ERS 1-Empfangsstation auf der Antarktischen Halbinsel und mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Nord-Victoria-Land.

Die Fortführung des DFG-Schwerpunktprogrammes "Antarktisforschung", dessen Koordinator Prof. Hempel ist, sicherte die Zusammenarbeit des AWI mit den deutschen Universitäten und Hochschulen. Das Schwerpunktprogramm fördert neuerdings auch Arbeiten in arktischen Eisgebieten. Im Dezember 1991 fand im AWI ein zweitägiges Kolloquium statt, bei dem alle am Schwerpunktprogramm "Antarktisforschung" beteiligten deutschen Arbeitsgruppen ihre Forschungspläne und Wünsche zur Nutzung der Polarstationen, der "Polarstern" und der Flugzeuge vortrugen. Derartige Veranstaltungen fördern die Kooperation in der Polar- und Meeresforschung, deren gute Funktion in der Bundesrepublik der Wissenschaftsrat besonders hervorgehoben hat.

Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF) war das AWI weiterhin in den Koordinierungsausschüssen "Umweltforschung" und "Klimaforschung" vertreten.

Außerdem war das Institut am 1987 eingerichteten Umweltbeirat des BMFT für Großforschungseinrichtungen (GFE) beteiligt. Unter den vom Beirat behandelten Themen betrafen das AWI die atmosphärische Chemie, die Klimaforschung und die Meeresumweltforschung. Das AWI sieht seine Forschungsplanung in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Umweltbeirates.

2.2 Internationale Zusammenarbeit

2.2.1 Sekretariate

Sekretariat des Landesausschusses SCAR

Das Sekretariat hat die 20. Sitzung des Landesausschusses im April 1990 in Bremerhaven organisiert und einen Schlußbericht erstellt. 1991 fand keine Sitzung statt, da die Gespräche über die Einbeziehung von Wissenschaftlern aus den neuen Bundesländern wie auch eine Eingliederung der Nordpolarforschung in die Aufgaben des Landesausschusses noch nicht abgeschlossen waren.

Jeweils im September wurden die deutschen Antarktisforschungsberichte an SCAR (German Antarctic Research Reports to SCAR) Nr. 12 (83 S.) und Nr. 13 (123 S.) herausgegeben. An den 1991 eingereichten Projekten waren 40 deutsche Institute mit 167 Wissenschaftlern beteiligt, mehrere aus der ehemaligen DDR.

Im Juli 1990 nahmen Prof. Hempel und Dr. Kohnen an der 21. Sitzung des Wissenschaftskomitees für Antarktisforschung (SCAR) in São Paulo, Brasilien, teil, wo sich auch viele Arbeitsgruppen trafen, denen mehrere Wissenschaftler des AWI angehören.

Ein Höhepunkt war die einwöchige Konferenz "Antarctic Science – Global Concerns" im Marriott Hotel in Bremen, Ende September 1991. Hier wurde nach 30 Jahren Antarktisvertrag eine Gesamtschau der wissenschaftlichen und logistischen Aktivitäten in der Antarktis und im Südpolarmeer und Perspektiven für die Zukunft präsentiert. Eingeladene Redner, Podiumsdiskussionen, Posterausstellungen sowie eine Kunst- und eine Technikschau vermittelten den etwa 500 Teilnehmern aus aller Welt ein facettenreiches Bild antarktischer Tätigkeiten. Die Organisation der Konferenz lag im AWI beim nationalen SCAR-Sekretariat. Zu dieser Aufgabe gehörten auch die Posterpräsentationen und die Herausgabe von zwei Bänden der Vortragskurzfassungen. Die AWI-Logistik erledigte die technischen Aufgaben in Zusammenhang mit Ausstellungen, Empfängen und Exkursionen. Ein Resümee der Konferenz wurde vom SCAR-Präsidenten den in Bonn anschließend versammelten Konsultativstaaten des Antarktisvertrages (ATCM-XVI) vorgetragen.

Zwei weitere wichtige SCAR-Veranstaltungen fanden im September 1991 in Bremerhaven statt: ein Symposium des BIOMASS (Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks)-Programmes zum Abschluß seiner 10jährigen Laufzeit, und ein internationales Planungstreffen zur Erstellung eines Global Change Beitrages im Rahmen von SCAR.

Sekretariat der Deutschen IOC-Sektion

An der 23. Sitzung des IOC-Exekutivrates in Paris, im März 1990, und an der 16. Sitzung der IOC-Vollversammlung, ebenfalls in Paris im März 1991, nahmen Professor Hempel als Delegationsleiter und Mitglied des Exekutivrates und Dr. Giermann als Vertreter des Sekretariats teil. Beiden Tagungen waren Sitzungen der Deutschen IOC-Sektion in Bonn im Februar 1990 bzw. 1991 vorausgegangen. Auf der der Vollversammlung vorauslaufenden kurzen Exekutivratssitzung (EC-XXIV) vertrat Dr. Giermann die Bundesrepublik. Über alle genannten Sitzungen liegen umfassende Berichte des Sekretariats vor.

Dr. Giermann hat das IOC-Sekretariat in Paris bei der Zusammenarbeit mit IOMAC (Indian Ocean Marine Affairs Cooperation) und in einer Reihe anderer Angelegenheiten beraten. Er nahm als Vertreter der IOC u.a. an der Antarktisvertrags-Konsultativtagung in Bonn im Oktober 1991 teil. Dr. Alheit hat während einer 18monatige Tätigkeit am IOC-Sekretariat in Paris den Bereich Lebendressourcen (OSLR) bearbeitet.

Im März 1990 wurde unter Betreuung des AWI ein internationaler IOC-ICES Workshop über Methoden zur biologischen Überwachung der Meeresverschmutzung durchgeführt, bei dem acht Forschungsschiffe, u.a. "Victor Hensen", in der Nordsee eingesetzt waren. 70 Wissenschaftler nahmen an den Feldarbeiten und Diskussionen zum biologischen Monitoring teil.

Im Mai 1990 tagte im AWI die IOC-IHO GEBCO-Arbeitsgruppe für digitale Bathymetrie, der eine Sitzung des GEBCO-Vorstandes folgte.

In der Reihe der vom BMFT finanzierten IOC-Trainingskurse wurden die Vorbereitungen für den IOC/Germany Advanced Training Course on Nearshore Sedimentation and the Evolution of Coastal Environments getroffen, der im Februar 1992 für 2 Wochen in Kuala Lumpur, Malaysia, stattfinden wird.

Das Sekretariat der Deutschen IOC-Sektion gibt regelmäßig Berichte über IOC-Tagungen, Expeditionen deutscher Forschungsschiffe, Datenzentren und kartographische Arbeiten im Rahmen der IOC heraus.

Nationales Global Change Sekretariat

Das Sekretariat wurde im Januar 1990 am AWI eingerichtet. Es widmet sich vor allem drei Aufgaben:

- 1) Pflege der Kontakte zwischen den mit Global Change befaßten Wissenschaftlern und politischen Entscheidungsträgern;
- 2) Vorbereitung und Koordination von Global Change Forschungsprogrammen in Abstimmung mit dem IGBP-Sekretariat in Berlin;
- 3) Information der Öffentlichkeit, Industrie, Wirtschaft und Politik über Global Change Anliegen.

Das Nationale Global Change Sekretariat (NGCS) wird durch Mittel des BMFT finanziert. Mit seiner Leitung wurde Dr. Manfred Lange betraut.

Das Sekretariat hat in Zusammenarbeit mit der AGF eine Ausstellung zum Thema "Global Change – Welt im Wandel" für das Bundeskanzleramt in Bonn organisiert und unter Mitarbeit anderer eine Broschüre "Global Change – Unsere Erde im Wandel" im Auftrag des BMFT fertiggestellt. Dem Sekretariat oblag weiterhin die Organisation und Durchführung einer internationalen Tagung

von Regierungsvertretern, die in Bonn vom 3.-6.7.1990 stattfand. Ziel dieser Tagung war eine internationale Abstimmung von Forschungsvorhaben zum Thema Global Change sowohl im naturwissenschaftlichen als auch im sozio-ökonomischen Bereich.

Mittlerweile wurde in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen und unter Federführung des BMFT ein Bericht zu Global Change erstellt, der am 28.11.1990 vom Kabinett verabschiedet wurde.

Das NGCS hat ferner Vorbereitungen zu einem Treffen der International Groups of Funding Agencies und zur SCAR-Tagung in Bremen getroffen, sowie an der 2. Weltklimakonferenz und an dem "ISSC Scientific Symposium on the Human Dimensions of Global Environmental Change" in Palma de Mallorca teilgenommen.

Im Dezember 1990 wurde das erste "Global Change Prisma" herausgegeben, welches in etwa vierteljährlichem Turnus über die Global Change Aktivitäten informieren soll. Des weiteren wurde ein Beitrag zur Sonderschau "Welt im Wandel" bei der Geotechnica in Köln im September 1991 erstellt.

Schließlich präsentierte das Sekretariat bei der 20. Generalversammlung der International Union of Geology and Geophysics (IUGG) in Wien Vorstellungen zur Erforschung globaler Umweltveränderungen in einem Plenarvortrag und durch einen Ausstellungsbeitrag.

Euromar Sekretariat

Das Eureka-Projekt EU 37 Euromar mit seinen 20 Tochterprojekten hat sich in den vergangenen Jahren fest in der europäischen Technologieförderung etabliert. Euromar besitzt als Organisationsstrukturen ein Board mit Vertretern der 12 Mitgliedsländer und der EG-Kommission, sechs internationale Arbeitsgruppen und ein zentrales Sekretariat, welches am AWI mit Dr. Schulz-Baldes als Generalsekretär eingerichtet wurde.

Euromar verstärkte seine internationalen Aktivitäten. Im Juni 1990 fanden in Rom eine offizielle Präsentation vor 19 europäischen Ministern und dem Vizepräsidenten der EG-Kommission statt und in Venedig der 2. Internationale Euromar-Technologiemarkt, der Produktentwickler und Anwender zusammenführte. Dem internen Gedankenaustausch diente das internationale Arbeitsgruppentreffen vom 19.-21.9.90 in Dubrovnik. Verstärkte Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen (ICES, North Sea Task Force, OSPARCOM, HELCOM, ESA, EEA) wurde auf dem "First European Seas Forum" am 24.-25.2.91 in London verabredet, bei dem sich die genannten Organisationen und ausgewählte Euromar Tochterprojekte vorstellten. Stark vertreten

war Euromar auch auf der Konferenz "Environment Northern Seas" vom 26.-30.8.91 in Stavanger, wo ein Workshop abgehalten wurde. Schließlich fand vom 23.-25.10.91 in Brest das jährliche Arbeitsgruppentreffen statt.

In die Zukunft weisen Euromar-Kontakte mit der Sowjetunion. Auf Einladung der UdSSR besuchten der Euromar-Chairman, der Generalsekretär, das französische Euromar Board-Mitglied und ein französischer Eureka-Vertreter vom 7.-17.4.91 Institute und Firmen in Moskau, Charkov, Jalta und Leningrad. Verhandlungen mit dem russischem Forschungsrat in Moskau betonten das große Interesse der UdSSR an technologischer Zusammenarbeit im marinen Umweltschutz. Zum Gegenbesuch zur Sitzung nach Brest kamen auf Einladung von Euromar und Eureka sieben Vertreter aus Rußland und der Ukraine, u.a. der stellvertretende Minister für Umweltschutz der Ukraine, zur Intensivierung der Kontakte.

Das nationale Euromar-Sekretariat (Leitung: Dr. Schulz-Baldes) koordiniert im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie die deutschen Euromar-Aktivitäten. Auf fünf Sitzungen des vom BMFT eingesetzten Gutachtergremiums wurden zahlreiche deutsche Projektvorhaben beurteilt, Änderungswünsche vorgetragen und vom Sekretariat mit einem Gutachten an die Projektträgerschaft Meeresforschung in Warnemünde zur Bearbeitung weitergeleitet.

Acht Euromar-Tochterprojekte mit 25 deutschen und zahlreichen europäischen Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Behörden wurden bisher in der Bundesrepublik mit Euromar-Mitteln gefördert. Davon wurden vier Projekte beendet, vier schlossen ihre erste Phase ab. Daher organisierte das Sekretariat vom 30.9.-1.10.91 in Hamburg das 1. Deutsche Euromar-Statusseminar. Trotz der angespannten Haushaltslage konnte der BMFT im Herbst 1991 die Weiterförderung der vier großen Projekte sichern und zwei neue Projekte in die Förderung aufnehmen. Euromar bleibt damit in der Bundesrepublik ein forschungspolitisch wichtiges Instrument.

Sekretariat des Europäischen Komitees für Meeres- und Polarwissenschaften (ECOPS)

Die European Science Foundation und die Generaldirektion XII der Europäischen Gemeinschaft haben gemeinsam das European Committee on Ocean and Polar Science (Ecops) gegründet. Der Initiator, Prof. Hempel ist zur Zeit Vorsitzender des Komitees. Mit finanzieller Unterstützung der beiden Trägerorganisationen wurde 1990 am AWI ein Sekretariat eingerichtet. Aufgabe des Komitees ist die Planung und Betreuung europäischer Forschungsprojekte, wie u.a. EPOS (European "Polarstern" Stu-

dy), GRIP (Greenland Icecore Project) und PONAM (Polar North Atlantic Margins). ECOPS hat mehrere Sitzungen abgehalten, ein umfassendes Arbeitsprogramm entwickelt und eine Übersicht zu den Schwerpunkten moderner Meeresforschung und möglichen europäischen Initiativen veröffentlicht.

2.2.2 Internationale Büros

Für den BMFT (Ref. 223) und das Auswärtige Amt (AS 504) stellte das Internationale Büro des AWI als offizielle Nationale Kontaktstelle für Anfragen zum Antarktisvertrag die jährlichen nationalen Berichte "Informationsaustausch nach Artikel III (1) und VII (5) des Antarktisvertrages" für 1990 (Nov.) und 1991 (Okt.) zusammen. Ferner wurden regelmäßig zahlreiche Anfragen zum Antarktisvertrag und vor allem zum neuen Umweltschutzprotokoll, dem die Konsultativstaaten im Oktober 1991 in einer Sondersitzung in Madrid zugestimmt haben, beantwortet. Eine Broschüre über das Antarktisvertragssystem wurde für die Öffentlichkeit zusammengestellt.

Kooperation in der Meeres- und Polarforschung mit Südamerika

Das herausragende Ereignis in der Zusammenarbeit mit Südamerika war der Einsatz von "Victor Hensen" in brasilianischen Gewässern. Das Schiff wurde vom Alfred-Wegener-Institut für fünf Monate zur Verfügung gestellt. Es verließ am 1. September 1990 Bremerhaven und erreichte am 30. September Belém. Die wissenschaftlichen Arbeiten begannen am 4. Oktober mit einem geowissenschaftlichen Programm. Von Anfang Dezember 1990 bis Mitte Februar 1991 hielt sich das Schiff für Schadstoffuntersuchungen, fischereibiologische, ozeanographische und geophysikalische Untersuchungen im Seegebiet vor Rio de Janeiro und São Paulo auf. Mit einem geochemischen Programm zwischen Rio und Recife wurde die Fahrt zum 6. März 1991 abgeschlossen.

Mittlerweile laufen 20 Kooperationsprojekte mit Südamerika, davon 14 mit Brasilien, fünf mit Argentinien und eins mit Mexico. Während die Projekte mit Brasilien und Argentinien laufen, bedarf ein Projektvorschlag für Mexico noch der formalen Zustimmung durch das mexikanische Außenministerium. Die Zusammenarbeit mit Chile konnte nicht aufgenommen werden, da der "Conicyt" in Santiago bislang die WTZ-Regeln nicht akzeptiert hat.

Ein reger Wissenschaftleraustausch entwickelte sich mit dem argentinischen Mar del Plata-Institut sowohl hinsichtlich der

Dekapodenforschung mit der BAH als auch bezüglich der Analyse des Materials der Meteor-Reise 11/3.

Eine Zusammenarbeit zwischen dem IfM Hamburg und der Universität Manzanillo (Mexico) zur Modellierung der Gezeiten ist angelaufen.

Die Zusammenarbeit zwischen dem AWI und argentinischen Institutionen in der Antarktis wird stark zunehmen, sobald die Annexstation zu Jubany fertiggestellt ist. Fundamente für die Station werden z. Zt. gebaut. Die Stationsbauteile warten in Buenos Aires auf die Verschiffung, erste Absprachen zur Programmgestaltung liegen vor.

Kontakte wurden auch zu dem feuerländischen Institut "Cadic" aufgenommen.

2.2.3 Arctic Ocean Science Board (AOSB) und International Arctic Science Committee (IASC)

Prof. Hempel war bis April 1990 Vorsitzender des Arctic Ocean Science Board, unter dessen Schirmherrschaft das Greenland Sea Project, die Internationale Polynya-Studie, sowie arktische Tiefseebohrprogramme und Driftexperimente laufen. Das AWI nahm zunächst an den Verhandlungen zur Bildung eines International Arctic Science Committee (IASC), teil, um die Mitgliedschaft der Bundesrepublik Deutschland in diesem Komitee zu erreichen. Das IASC wurde schließlich am 18. August 1990 gegründet (Inkrafttreten der Gründungsartikel).

Bei der Gründungsversammlung in Resolute, Kanada, waren die "Nicht-Arktiker" aus Deutschland, Frankreich, Polen, Japan und Großbritannien als Gäste eingeladen. Anfang 1991 wurde Deutschland auf Antrag der DFG Mitglied. Der deutsche Vertreter, Prof. Hempel, wurde zum Vizepräsidenten des IASC gewählt. IASC wird in Zukunft eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung internationaler Forschungsprogramme in der Arktis – analog zu SCAR in der Antarktis – spielen. Von deutscher Seite besteht großes Interesse an Kooperationsprojekten in den eurasischen Schelfgebieten und, mit dem Aufbau der Periglazialforschung in der Forschungsstelle Potsdam des AWI, auch an Untersuchungen in Permafrostgebieten Sibiriens und Nordamerikas. Sowohl für diese terrestrischen Untersuchungen im Rahmen von-IGBP als auch für die marinen Untersuchungen sollen Arbeitsgruppen des IASC eingerichtet werden.

3. Forschungsarbeiten - Expeditionen

3.1 Antarktisreise ANT VIII (August 1989 - Mai 1990)

In den Berichtszeitraum fallen die drei letzten Fahrtabschnitte der achten Antarktisreise von "Polarstern".

3.1.1 Antarktisreise ANT VIII/5, Ushuaia - Kapstadt

Dieser Fahrtabschnitt galt vorwiegend geowissenschaftlich-glaziologischen Untersuchungen, an denen auch an Land und auf dem Eis arbeitende Gruppen einen starken Anteil hatten. (Fahrtleiter: Prof. Miller).

"Polarstern" hatte neben der Ver- und Entsorgung der "Georg-von-Neumayer-Station" unabhängig vom Schiff arbeitende Forschergruppen abzusetzen: Geophysiker und Geologen erreichten über Land die Heimefrontfjella etwa 450 km südlich der GvN, um diesen Gebirgszug geologisch zu kartieren. Sie führten außerdem entlang eines etwa 200 km langen Profils tiefenseismische Arbeiten zur Bestimmung der Krustenstruktur durch. Dies wurde durch eine etwa 80 km lange, mehrfach überdeckte reflexionsseismische Vermessung ergänzt. Die Bestimmung der Akkumulation, des Emissions- und des Reflexionsvermögens der Schneedecke vervollständigte das Programm im Ritscher Hochland.

Biologen beobachteten im Drescher Inlet über mehrere Wochen hinweg das Freß- und Tauchverhalten von Robben und Pinguinen, sie konnten neue Einblicke in die Ökophysiologie dieser Tiere gewinnen.

Die Glaziologen bestimmten den Massenhaushalt und die Dynamik des Ronne-Schelfeises, das für die Bildung von kaltem Antarktischen Bodenwasser außerordentlich bedeutend ist. Mit einer Kernbohrung konnten Proben marinen Eises, das an der Unterseite des Schelfeises angelagert ist, für weitere Untersuchungen gewonnen werden. Diese Kampagne war ein Beitrag zum internationalen Filchner-Ronne-Schelfeisprogramm. Die beiden Polarflugzeuge führten aerogeophysikalische Vermessungen des Schelfeisaufbaus durch und nahmen Beobachtungen in mesoskaligen Zyklenen der Atmosphäre vor. Darüberhinaus leisteten sie logistische Unterstützung bei den Arbeiten auf dem Eis.

Der Schwerpunkt des marinen Forschungsprogramms lag auf geophysikalischen Arbeiten zur Untersuchung der Erdkruste und

ihrer sedimentären Bedeckung im Bereich des kontinentalen Sockels zwischen der Antarktischen Halbinsel und der GvN sowie auf begleitenden maringeologischen Arbeiten in ausgewählten Gebieten. Herausragendes Ergebnis war die Entdeckung einer neuen Bodenstuktur (Polarstern-Bank), deren innere Beschaffenheit und obere sedimentäre Auflage eine Revision der bisherigen Vorstellungen zur Tektogenese dieses Gebietes notwendig macht.

Mit 45 Hols wurde die Untersuchung einer Reihe benthischer Evertebraten für die systematische und faunistische Bestandsaufnahme des Benthos im Weddellmeer begonnen.

3.1.2 ANT VIII/6, Kapstadt - Kapstadt

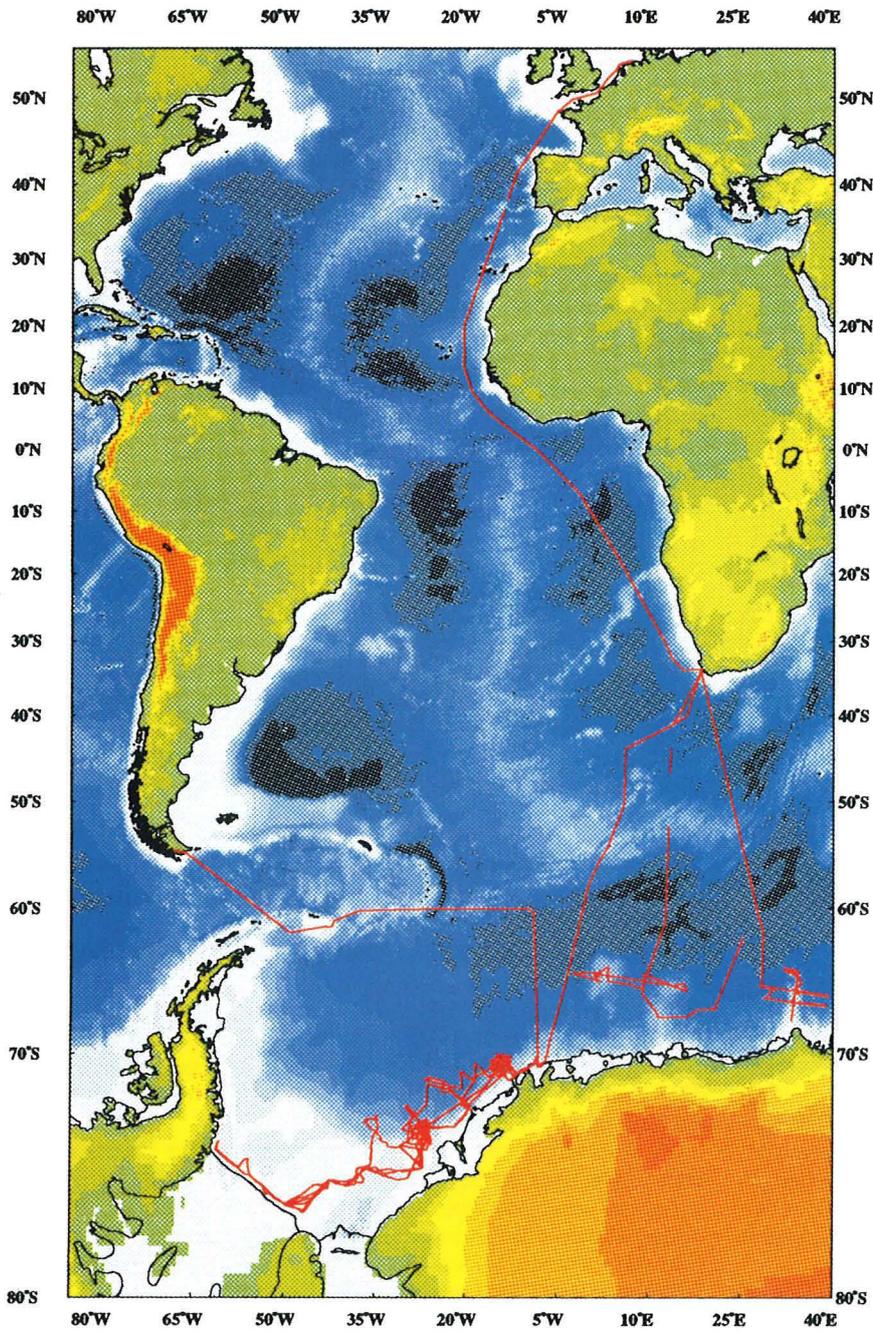
Der sechste Fahrtabschnitt der Expedition ANT-VIII führte "Polarstern" zum antarktischen Kontinentalrand zwischen dem Greenwich Meridian und 40° E, wo hauptsächlich geowissenschaftliche Forschungsprogramme auf den ozeanischen Plateaus des Gunnerus-Rückens, des Astrid-Rückens und der Maud-Kuppe durchgeführt wurden (Fahrtleiter: Prof. Fütterer).

Zum ersten Mal arbeitete FS "Polarstern" in dieser frühwinterlichen Jahreszeit Mitte März bis Ende April direkt am antarktischen Kontinentalrand. Ruhiges Wetter, fast während der gesamten Expedition begünstigte den zügigen und erfolgreichen Ablauf der Arbeiten. Das geplante Forschungsprogramm wurde lediglich gegen Ende der Reise am Maud Rise durch Sturm und am südlichen Astrid-Rücken durch dichteres Packeis etwas behindert.

Der Krustenaufbau des antarktischen Kontinentalrandes wurde mit magnetischen, gravimetrischen und vielkanaligen seismischen Messungen untersucht. Sie wurden ergänzt durch Vermessung des Meeresbodens mit dem Fächersonar Hydrosweep und hochauflösenden seismo-akustischen Aufnahmen der oberflächennahen Sedimentschichten mit dem niederfrequenten Sedimentecholot Parasound.

Paläoklimatischen und paläozeanographischen Untersuchungen diente eine sedimentologische und geochemische Beprobung auf ausgewählten Profilschnitten über die dem antarktischen Kontinentalrand vorgelagerten Plateaus des Gunnerus- und Astrid-Rückens, sowie der Maud-Kuppe: Die Profile waren mit "Parasound" erkundet worden. Der Kontinentalhang konnte wegen des Eises nicht beprobt werden. Im Gebiet des nördli-

3. Forschungsarbeiten - Expeditionen



Die Fahrtabschnitte 5, 6 und 7 der "Polarstern"-Expedition ANT VIII.

chen Gunnerus-Rückens und des Kainan-Maru-Seamount wurden in ausgedehnten Rutschgebieten neogene und paläogene Sedimente mit dem Kolbenlot beprobt.

Ergänzend wurden kleinere biologische Projekte zur Zoogeographie und Systematik von Tiefsee-Crustaceen und mikrobiologische Untersuchungen in der Wassersäule und im Sediment durchgeführt.

3.1.3 ANT VIII/7, Kapstadt – Bremerhaven

Auf der Rückreise von Kapstadt nach Bremerhaven vom 1.5. bis zum 22.5.1990 standen beim wissenschaftlichen Arbeitsprogramm Spurenstoffmessungen in Oberflächen- und Tiefenwasser, in marinen Organismen und der Atmosphäre im Vordergrund. Ein wesentlicher Teil der Spurenstoffuntersuchungen knüpfte an vorangegangene Reisen an. (Fahrtleitung: Prof. O. Schrems)

Aus verschiedenen Kompartimenten (Oberflächenwasser, Tiefenwasser, partikulärer Substanz, Neuston, Tiefenplankton) wurden schwerpunktmäßig Proben für die Analytik der Spurenmetalle Cd, Cu und Pb gewonnen. Für ausgewählte Kompartimente wurden auch Proben zur Bestimmung von Al, Co, Fe, Mn, Ni und Zn gesammelt. Über 100 Proben Oberflächenwasser wurden mit dem auf dieser Fahrt neu installierten Schnorchelsystem genommen. Dieses kontinuierlich arbeitende System, welches im Brunnenschacht von "Polarstern" installiert wurde, hat sich bestens bewährt. Die damit aus 14 m Tiefe geförderten Wasserproben waren offensichtlich frei von Kontaminationen durch den Schiffsrumpf, wie erste Analysen an Bord ergaben.

An 7 Tiefenstationen wurden Vertikalprofile mit dem Rosettenschöpfer in 12 Tiefen gefahren. Diese Tiefenstationen waren in ozeanographisch interessante Becken gelegt worden und zwar im Kap-Becken, Angola-Becken, Guinea-Becken, Kapverden-Becken, Sierra-Leone-Becken, vor der Azorenschwelle und dem Iberischen Becken. Begleitend zu den Schwermetalluntersuchungen wurden auf allen Tiefenstationen Proben entnommen, die auf den Gehalt an Nährstoffen Nitrat, Nitrit Ammonium, Silikat und Phosphat untersucht werden. Zur kontinuierlichen Aufzeichnung von Tiefe, Salinität, Temperatur und Sauerstoffgehalt wurde bei allen Tiefenstationen eine Seabird-Speichersonde an den Rosettenschöpfer angebracht.

Die Vorgänge bei der Bildung gasförmiger Schwefelverbindungen aus dem Phytoplankton in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Planktons standen ebenfalls auf dem Programm. So wurden Messungen des Dimethylsulfoniumpropionats (DMSP) als Vorstufe des Dimethylsulfids (DMS), sowie ATP-

Analysen im Phytoplankton bzw. im Wasser durchgeführt. Ferner wurde der Chlorophyllgehalt im Oberflächen- und Tiefenwasser bestimmt. In weiteren Untersuchungen wurden mit einem Spektrofluorometer bei verschiedenen Anregungswellenlängen, Fluoreszenzspektren aufgenommen, um die spektrale Signatur des Gelbstoffs im Süd- und Nordatlantik zu bestimmen.

Im Rahmen der luftchemischen Messungen wurden zur Bestimmung leichtflüchtiger Organohalogenverbindungen die hierfür benötigten Luftproben durch kryogene Anreicherung gewonnen. Zur Untersuchung des Austausches der leichtflüchtigen Halogenverbindungen im System Wasser/Luft wurden gleichzeitig jeweils auch Oberflächenwasser-Proben gesammelt.

3.2 Arktisreise ARK VII (Juni - Oktober 1990)

3.2.1 ARK VII/1, Bremerhaven – Tromsø

Während dieses Fahrtabschnittes (Fahrtleitung: Prof. J. Thiede, Geomar) wurden wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt, die sich mit den Eigenschaften des tieferen Untergrundes und des Meeresbodens des Europäischen Nordmeeres auseinandersetzen und die modernen sowie die historischen Bedingungen der Ablagerungen der Sedimente in diesem Gebiet zum Inhalt haben. Im einzelnen lassen sich die durchgeführten Arbeiten drei größeren Projektgruppen zuordnen:

1) Das vom BMFT geförderte Grönland-Schottland-Rücken-Projekt der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel setzt sich mit der Geodynamik eines jungen mittelozeanischen Rückens unter dem Einfluß eines "Hot Spots" auseinander, dem durch Untersuchungen im Bereich des Kolbeinsey- und des Jan Mayen-Rückens nachgegangen werden soll. Der Vesterisbank Seamount ist das Ziel des von der DFG geförderten Projektes "Hydrothermalismus im Nordatlantik".

2) Der von der DFG geförderte Sonderforschungsbereich 313 der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ("Sedimentation im Europäischen Nordmeer: Abbildung und Geschichte der ozeanischen Zirkulation") setzt sich mit den Prozessen der modernen Sedimentbildung und ihrer paläozeanographischen Dokumentation auseinander. Während ARK VII/1 wurden vor allem Seegebiete im westlichen Europäischen Nordmeer (Grönlandbecken) aufgesucht und lange Sedimentkerne von Höhenrücken gewonnen. Im Zuge der geologischen Arbeiten fanden ebenfalls Beprobungen des skelettbildenden Planktons und der Sedimentbedeckung statt. Untersuchungen zum Einfluß der Eisdecke auf Bildung und Transport terrigener Sedimentpartikel innerhalb der

Wassersäule und ein Beprobungsprogramm von sedimentbelastetem Meereis im Bereich des Ostgrönlandstromes wurden fortgesetzt.

3) Im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes "Bildungsmechanismen und Ökologie borealer Flachwasserkarbonate" wurden der Jan Mayen-Schelf und die Gipfelregion von Vesterisbank aufgesucht, um eine ausführliche Beprobung der dort erwarteten Flachwasserkarbonate vorzunehmen.

3.2.2 ARK VII/2, Tromsø – Tromsø (10.07. - 14.08.1990)

Ein Großteil der ozeanographischen, chemischen und biologischen Aktivitäten dieses Fahrtabschnitts (Fahrtleitung Prof. G. Krause) führten Arbeiten weiter, die mit den Expeditionen MIZEX 1983, 1984 begannen und auf den Arktisreisen in den Jahren 1987 und 1989 weitergeführt wurden. Als Beitrag zum internationalen Grönlandsee-Projekt beinhalteten sie die Fortsetzung und den vorläufigen Abschluß der saisonalen Erfassung des physikalischen, chemischen und biologischen Zustands der Grönlandsee.

Dazu wurden wie im Vorjahr hydrographische Schnitte auf 74°45'N und auf 78°N mit 10 sm Stationsabstand bearbeitet. Auf den oberen 200 m wurden in engen Abständen Wasserproben für nährstoffchemische Untersuchungen, Chlorophyllbestimmungen und Phyto- und Zooplanktonproben gewonnen sowie Profile der Temperatur, des Salzgehalts, der Lichtintensität und der Chlorophyll-Fluoreszenz gemessen. Danach wurde jeweils ein CTD-Profil mit einer Bathysonde bis zum Meeresboden aufgenommen. Da die Sonde nur gelegentlich für Kalibrierungszwecke mit einer Rosette eingesetzt wurde, konnte dabei so schnell gearbeitet werden, daß der nahezu 1000 km lange Schnitt mit 55 Stationen in acht Tagen fertiggestellt war.

Das Programm sah weiterhin die Aufnahme und teilweise Wiederauslegung von sieben Verankerungsketten vor, die 1989 ausgelegt worden waren und Strommesser, Sedimentfallen, ADCP-Geräte und ein aufwärtsschauendes Echolot (ULS) für Eisdickenmessungen enthielten. Unter teils schwierigen Bedingungen (Nebel, Eis) wurden alle Geräte geborgen und einige erneut verankert.

Einen weiteren Schwerpunkt der Reise bildeten benthologische Arbeiten auf dem Grönlandschelf (Belgica-Bank), wo auch Untersuchungen des Zooplanktons und der pelagischen Fischfauna durchgeführt wurden. Die Arbeiten erfolgten mit RMT, Bongo- und Multinetz, Agassiz-Trawl, dem großen Grundschleppnetz und einer Unterwasserkamera.

Begünstigt durch geringe Eiskonzentrationen konnten die vorgesehenen Arbeiten so schnell erledigt werden, daß "Polarstern" über 79°N hinaus die Grönland-Polynya (Northeast Water Polynya) erreichte und dort in offenem Wasser eine Pilotstudie zum Internationalen Arktischen Polynya-Projekt (IAPP) im Jahr 1993 durchführen konnte. Dabei wurden bei einem Stationsabstand von 10 sm die ozeanographischen, chemischen und planktologischen Arbeiten auf Schnitten senkrecht zur Küste auf 80°N, 81°N bei 82°N weitergeführt. Für die Untersuchung der Bodenfauna auf dem Schelf und dem Kontinentalabhang wurden die Unterwasserkamera, das Agassiz Trawl und das Grundschleppnetz eingesetzt.

An einer hochauflösenden XBT-Vermessung der Frontalzone der Arktikfront in einem etwa 200 x 200 km großen Areal nahmen außer "Polarstern", wie geplant, die Forschungsschiffe "Planet" und "Valdivia" teil.

Fortgeführt wurden ferner Studien über die Mikrowelleneigenschaften des Wassers, des Eises und der Atmosphäre. Dazu gehörten auch Vermessungsflüge mit einer Line-scan-Kamera zur Ermittlung der Konzentration des Eises und der Schmelztümpel.

Die Gewinnung von Bohrkernen zur Ermittlung von Sedimenteinschlüssen im Eis fand hauptsächlich parallel zu den hydrographischen Messungen statt. Durch Hubschraubereinsätze kamen zusätzliche Proben von grönländischen Eisbergen hinzu. Insgesamt betrug die Ausbeute 75 m Bohrkern (750 kg Eis) und 69 Sedimentproben von der Oberfläche.

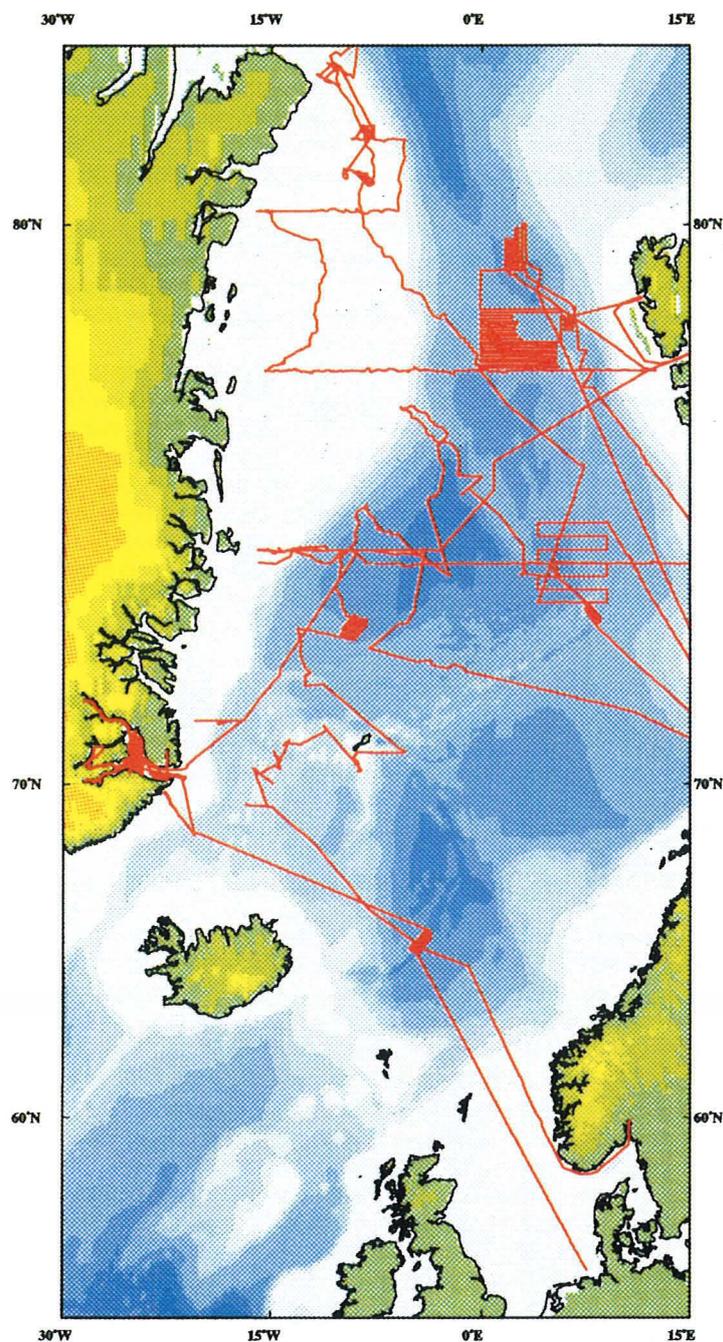
Ein weiteres geologisches Programm hatte das Ziel, mit einer Dredge Gesteinsproben aus dem Knipovich-Rücken und dem Molloy Deep zu gewinnen. Aus dem Südteil des Rückens wurden neben viel Sediment alterierte Basalte und im Molloy Deep an 3 Stellen Serpentin und Peridotit gefunden.

Erstmals auf einer Arktisreise der "Polarstern" wurden biogene Schwefelverbindungen (DMS, COS, CS₂) in der Atmosphäre und parallel dazu im Seewasser gemessen, um den Fluß dieser Stoffe durch die Meeresoberfläche zu bestimmen.

3.2.3 ARK VII/3a, Tromsø – Longyearbyen

Im Mittelpunkt von ARK VII/3a, AWI stand die Vermessung des Meeresbodens in der Framstraße zwischen Spitzbergen und Grönland. Dazu wurde das Fächerlot Hydrosweep in der meist ganzjährig eisbedeckten nördlichen und westlichen Framstraße eingesetzt. (Fahrtleiter: Dr. H.W. Schenke)

Wissenschaftliches Ziel der Vermessungsarbeiten ist die Erstellung einer großmaßstäblichen Karte der Framstraße (Fram-



Die "Polarstern"-Expedition ARK VII,
Fahrabschnitte 1, 2 und 3.

straßen-Atlas) als Grundlage für geophysikalische, geologische und morphogenetische Untersuchungen. Die Arbeiten konzentrierten sich im ersten Teil auf das Zentralgebiet der Spitzbergen Bruchzone, im zweiten Abschnitt wurden Hovgaard Rücken und Teile der Grönland-Spitzbergen-Schwelle systematisch vermessen. Insgesamt wurden 11.000 qkm des Meeresbodens aufgenommen.

Der Hovgaard Rücken weist markante und ausgeprägte topographische Strukturen auf, er verläuft vom Nordende des Knipovich Rückens zum Grönländischen Kontinentalhang. Geophysikalische Messungen in diesem Gebiet zeigen sehr hohe magnetische und gravimetrische Anomalien.

Fächersonarmessungen unterliegen bei schweren Eisverhältnissen besonders in hohen geographischen Breiten großen Fehlereinflüssen. Erstmals wurden GPS-Empfänger nicht nur zur exakten Positionsbestimmung, sondern auch zur Messung der Schiffslagedaten (Kurs, Rollen und Stampfen) genutzt. Die Positionsbestimmung erfolgte im differentiellen Modus mit einer Referenzstation in Longyearbyen. Die relative Navigation erlaubte eine absolute Genauigkeit für die Positionsbestimmung von besser als ± 10 m, die Lagewinkel wurden mit $\pm 0,01^\circ$ erfaßt.

Während des gesamten Fahrtabschnittes erfolgten kontinuierlich Sedimentecholotmessungen mit Parasound. Die Daten wurden analog und digital aufgezeichnet. Ziel ist die Kartierung der Sedimentüberdeckung des Meeresbodens in der Framstraße. Im Gebiet der Grönland-Spitzbergen-Schwelle wurden mächtige Sedimentablagerungen festgestellt, die Eindringungstiefen mit Parasound bis zu 60 m erlaubten.

3.2.4 ARK VII/3b, Longyearbyen – Bremerhaven

Dieser Fahrtabschnitt, der am 28. August 1990 begann und am 3. Oktober 1990 endete, hatte einen geowissenschaftlichen Schwerpunkt an der ostgrönländischen Küste im Rahmen des europäischen PONAM Programms, das die European Science Foundation koordiniert. Hauptarbeitsgebiet war der Scoresby-Sund, das größte Fjordsystem der Erde. (Fahrtleiter: Prof. Miller).

Das geophysikalische Programm umfaßte kombinierte land- und seeseismische Messungen, um die Struktur der Erdkruste im Übergangsbereich von junger ozeanischer Kruste vor Grönland bis zum präkambrischen Grundgebirge, das weite Teile Grönlands unterlagert, zu bestimmen. Mit Hubschraubern wurden teils bemannte, teils automatische seismische Beobachtungsstationen an Land gesetzt, um die von einem großvolumigen Luftpuls von "Polarstern" angeregte seismische Energie zu registrieren. Die so erzielte dichte Beobachtungsfolge ermöglicht

die Erarbeitung eines detaillierten Krustenmodells. Begleitend und ergänzend dazu wurden hochauflösende reflexionsseismische Messungen in einem engmaschigen Netz durchgeführt mit dem Ziel, glaziale Ablagerungen in Fjordsystemen zu erfassen und so einen Beitrag zur Erforschung der Vereisungsgeschichte zu leisten. Entgegen bisheriger Erwartungen waren jedoch sehr wenig rezente Ablagerungen im Sund zu beobachten. Dieser Befund ist für die im PONAM-Programm an Land arbeitenden Gruppen eine wichtige Randbedingung zur Interpretation der dort bearbeiteten periglazialen Erscheinungen.

Die bereits während ARK V/3b begonnene marin-geologische Beprobung wurde fortgesetzt und erhärtete den Befund der fehlenden rezenten Ablagerungen.

Beobachtungen über die Drift der von kalbenden Gletscherzungen stammenden Eisberge, eine Übersichtskartierung der hydrographischen Verhältnisse sowie die Kartierung des Meeresbodens der inneren Fjorde ergänzten das Programm im Scoresby-Sund.

3.3 Antarktisreise ANT IX (Oktober 1990 - Mai 1991)

3.3.1 ANT IX/1 Bremerhaven – Punta Arenas

Auf dem Fahrtabschnitt ANT IX/1 wurden schwerpunktmäßig Spurenstoffe in Atmosphäre, Wasser und Organismen untersucht. Es ging dabei um die von der geographischen Breite abhängige Verteilung, die Bildungsweise und das Schicksal natürlicher und anthropogener Spurenstoffe. (Fahrtleitung M. Schulz-Baldes)

Die Reise verlief für die luftchemischen und -physikalischen Gruppen günstig, erfreulich waren ergiebige Regenproben in der ITCZ. Die Stationsarbeit mit Neustonschlitten und Rosettenkranzwasserschöpfer litt hingegen teilweise unter den widrigen Witterungsverhältnissen. So mußten zwei der geplanten acht Tiefenstationen und vier Neustonstationen wegen zu hohen Seegangs und Starkwind abgesagt werden.

Mehrere Arbeitsgruppen erfaßten chemische Bestandteile der Atmosphäre, wie gasförmige Salpetersäure und gasförmiges Ammoniak, biogene Schwefelverbindungen, Polychlorbiphenyle (PCB), Hexachlorcyclohexan-Isomere (HCH) und Hexachlorbenzol (HCB), Organobromverbindungen, Quecksilber, stratosphärische Spurenstoffe und die spektrale optische Dicke der Luftsäule. Im Seewasser wurden untersucht: Schwermetalle, Nährstoffe, biogene Schwefelverbindungen und deren Reaktionsprodukte, Organobromverbindungen und chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Organismen wurden auf Schwermetalle, Chlorophyll- und DMSP-Gehalt analysiert. Schließlich befaßte sich eine Arbeitsgruppe mit Mikrozooplankton und Nannoplankton.

Die meisten Proben werden im Labor ausgewertet, so daß die synoptische Übersicht der Spurenstoffverteilungen erst später vorliegt. Allerdings konnte sofort festgestellt werden, daß die Bleigehalte im Regen der ITCZ um den Faktor 10 - 100 über den Bleikonzentrationen in der Oberflächenschicht des Meeres liegen. In eben diesem Bereich des Atlantiks (5-10°N) konnte auch ein leichter Anstieg der Bleiwerte im Oberflächenwasser und damit der Bleieintrag von der Atmosphäre in das Meer nachgewiesen werden.

3.3.2 ANT IX/2 Punta Arenas – Kapstadt

Das Hauptarbeitsgebiet des zweiten Fahrtabschnittes im Weddellmeer lag zwischen der nördlichen Spitze der Antarktischen Halbinsel und Kapp Norvegia. Während der Anreise wurden chemische und physikalische Messungen vom fahrenden Schiff aus durchgeführt. Drei Wissenschaftler wurden mit ihrem Material zur sowjetischen Station Bellingshausen auf der King Georg Insel gebracht, während einer wieder an Bord genommen wurde. Einige Hols mit dem Agassiz-Trawl dienten der Beschaffung von Lebendmaterial für physiologische Untersuchungen. (Fahrtleiter: Dr. E. Fahrbach)

Das Grundprogramm dieser Reise bildete ein hydrographischer Schnitt durch das zentrale Weddellmeer mit der Messung von Vertikalprofilen der Temperatur, des Salzgehalts sowie verschiedener natürlicher und anthropogener Spurenstoffe durch die gesamte Wassersäule. Auf dem Schnitt wurden sieben Verankerungen aufgenommen und 20 ausgebracht. Die ausgelegten Verankerungen enthielten 67 Strömungsmesser, fünf Sedimentfallen, zwei Pegel und sechs nach oben gerichtete Echolote zur Messung der Meereisdicke. Das Hauptziel der Messungen ist die Erfassung der Zirkulation und der Wassermassenverteilung des Weddellwirbels, um den Beitrag dieses Meeresgebietes zu den klimarelevanten Eigenschaften des Weltmeeres abzuschätzen. Dabei steht die Bildungsrate von Weddellmeer-Bodenwasser im Vordergrund, da sie ein Maß für den tiefreichenden vertikalen Austausch darstellt und die Eigenschaften des ozeanischen Wärmespeichers mitbestimmt. Diese Arbeiten leisten einen Beitrag zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE).

Bei den biogeochemischen Untersuchungen zum Haushalt unterschiedlicher Stoffe im Meerwasser in Verbindung mit planktonökologischen Untersuchungen waren besonders die Siliziumverbindungen und der Stickstoffhaushalt von Bedeutung. Diese

Arbeiten und ein Teil des geologischen Programms tragen zur Erfassung des Kohlenstoffkreislaufs im Zusammenhang mit der Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) bei. Ferner wurden der marine Schwefelkreislauf, die reaktiven atmosphärischen Stickstoffverbindungen und die Organobromverbindungen erforscht. Ein Rinnensystem, welches das Weddellmeer durchzieht, wurde morphologisch dokumentiert.

Auf der Rückreise wurde die Georg-von-Neumayer Station zu einer Teilversorgung angelaufen. Danach erfolgte die Durchquerung des Antarktischen Zirkumpolarstroms, während der eine Verankerung mit Sedimentfallen ausgelegt und eine weitere ausgetauscht wurde. Auch auf der Rückreise nach Norden wurden physikalische und chemische Messungen vom fahrenden Schiff aus durchgeführt.

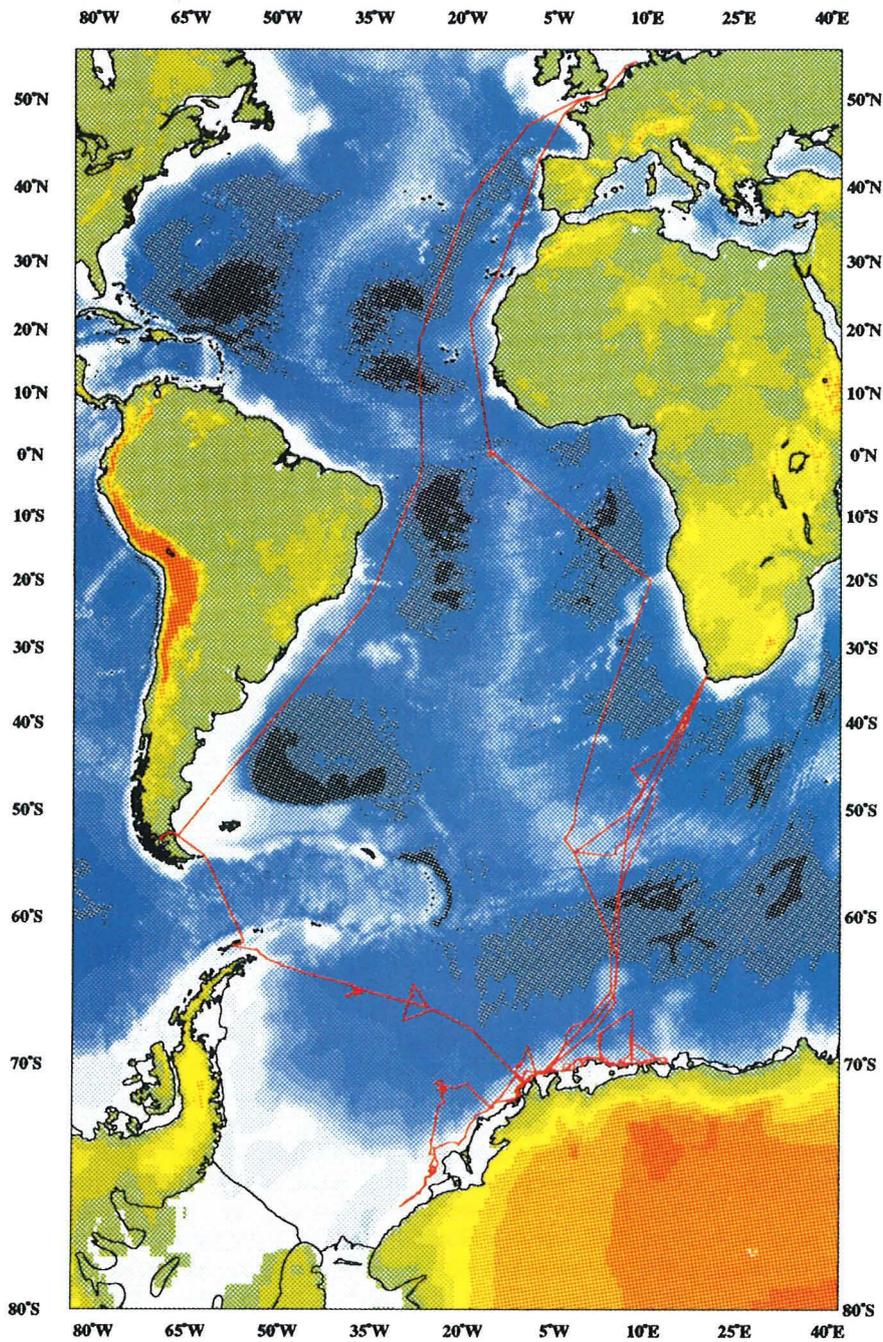
3.3.3 ANT IX/3, Kapstadt – Kapstadt

Der dritte Fahrtabschnitt war einem ehrgeizigen, multi-disziplinären Forschungsvorhaben im bislang – wegen der schweren Eisbedingungen – unerforschten südwestlichen Weddellmeer gewidmet. Weil auf Satellitenaufnahmen der letzten Jahre häufig Küstenpolynyen entlang der gesamten Südküste des Weddellmeeres zu erkennen waren, bestand auch für den geplanten Vorstoß begründete Hoffnung auf Erfolg. Im Mittelpunkt der Arbeiten standen die Biologie des mehrjährigen Meereises, Physik, Chemie und Biologie der Wassersäule – unter besonderer Berücksichtigung der antarktischen Bodenwasserbildung – sowie Benthos-, Fisch- und Sedimentuntersuchungen. Eine zusätzliche Aufgabe der Fahrt war die Entsorgung der "Georg-von-Neumayer-Station" und der ehemaligen DDR-Station "Georg Forster". (Fahrtleitung: Prof. V. Smetacek)

Nach kurzem Aufenthalt an der GvN wurde das wissenschaftliche Programm auf dem Weg entlang der Küstenpolynya nach Süden begonnen. Unsere Fahrt wurde für 3 Tage unterbrochen zur Rettung von 5 Personen, die bei einem Inlandflug eines südafrikanischen Hubschraubers auf einem 3000 m hohen Plateau 300 km landeinwärts von der südafrikanischen Station SANAE notgelandet waren. Ein zweiter südafrikanischer Hubschrauber hatte Motorschaden. Bei der Rettung, die für alle Personen erfolgreich verlief, mußten wir einen Hubschrauber wegen Turbinenbrandes aufgeben. Diese Maschine wurde später von den Südafrikanern repariert und geborgen. Sie konnte von der "Polarstern" bei ihrer Rückkehr an Bord genommen werden.

Weit vor unserem Arbeitsgebiet im Süden trafen wir auf eine geschlossene weiche Eisdecke aus dünnen, übereinandergestapelten Schollen, deren Hohlräume mit Schnee und Plätt-

3. Forschungsarbeiten - Expeditionen



Die "Polarstern"-Expedition ANT IX, Fahrabschnitte 1 - 4.

cheneis gefüllt waren. Dieses Schollen-Schneegemisch klebte am Schiffsrumpf und blockierte das Schiff. Fast zwei Wochen lang wurde "Polarstern" in diesem Eisbrei trotz mehrfacher Befreiungsversuche nach Süden verdriftet. Diese Zeit wurde verwendet, um die Eisstruktur, -chemie und -biologie, Untereisphysik und -biologie und die Besiedlungen am Meeresboden zu untersuchen. Wegen der schweren Eisverhältnisse im Weddellmeer mußte das vorgesehene Programm schließlich abgebrochen und ein Ausweichprogramm im nordöstlichen Weddellmeer sowie in der Lazarev See zwischen den Stationen "GvN" und "Forster" durchgeführt werden, da dieser Küstenstreifen bisher noch nicht bearbeitet wurde.

Am 2. Februar gelang es, offenes Wasser in der Halley Bucht zu erreichen, wo ein intensives Benthos- und Fischprogramm durchgeführt wurde. Die vor kurzem entdeckte Erhebung am Meeresboden – die Polarsternkuppe – westlich von Kap Norvegia war unser nächstes Ziel. Auf dem Weg dahin und zurück wurden zwei ozeanographische/planktologische Schnitte durchgeführt, die den Küstenstrom und die südöstliche Flanke des Weddellwirbels erfaßten. Die Polarsternkuppe wurde mit Hydrosweep und Parasound vermessen. Die Beprobung des Meeresbodens mit verschiedenen Geräten ergab Proben bis zu 9 m Kernlänge.

Um den Personentransport von der "GvN" zur "Forster"-Station und nach Kapstadt zu erledigen, mußte die südliche Lazarev See mehrmals durchquert werden. Auf dem Weg zwischen den beiden Stationen wurden Grundschleppnetze gezogen und in regelmäßigen Abständen Bodenproben für Geologen und Benthologen entnommen. Eine außerordentlich üppige Phytoplanktonblüte im Küstenstrom konnte unterstützt von CTD-Einsätzen beprobt werden.

Zwei küstensenkrechte Schnitte bei 6°E und 0°E vervollständigten das wissenschaftliche Programm in der Lazarev See. Die Ent- und Beladearbeiten vor "Georg Forster" wurden dank der Unterstützung von Hubschraubern und Landfahrzeugen der indischen bzw. sowjetischen Kollegen planmäßig abgeschlossen.

Die Heimfahrt wurde nach den Löscharbeiten vor der GvN rechtzeitig aufgenommen, so daß noch geologische Studien auf der Maudkuppe und die Beprobung antarktischen Bodenwassers nördlich der Kuppe in 5200 m Tiefe möglich waren. Eine Sinkstoffallen- und Strommesserverankerung wurde bei 57,5°S/4°E ausgebracht.

3.3.4 ANT IX/4, Kapstadt – Bremerhaven

Im Mittelpunkt der Expedition stand die marin-geologische Probennahme im Bereich der antarktischen und subantarkti-

schen ozeanographischen Frontensysteme zwischen 35° und 55° südlicher Breite. (Fahrtleiter Dr. H.-W. Hubberten)

Ziel dieser Beprobung war es, Sedimentmaterial zu gewinnen, mit dessen Untersuchung Informationen zur paläozeanographischen Entwicklung des Gebietes südlich und nördlich der Polarfrontzone erhalten werden können. In diesem Gebiet treffen die antarktischen Kaltwassermassen mit den nördlichen subantarktischen und subtropischen Warmwassermassen zusammen. Diese Wassermassen sowie deren Veränderungen in Lage und Bedeutung während der quartären Glazial-Interglazialzyklen, sind eng verknüpft mit Parametern wie Produktivität, Wärmetransport, atmosphärische Zirkulation und klimatischen Veränderungen und steuern in ihrer Wechselwirkung den CO₂-Haushalt im System Ozean-Atmosphäre.

Während der ganzen Fahrt wurden Oberflächenwasserproben mit Hilfe der Bordpumpe genommen. An diesen Proben werden Untersuchungen des Planktons, der kieseligen und kalkigen Mikroorganismen sowie einiger umweltrelevanter Organohalogenverbindungen vorgenommen. Zur Untersuchung der Organohalogenverbindungen in der Atmosphäre und ihrer Wechselwirkung mit dem Meerwasser wurden ebenfalls über die gesamte Dampfstrecke Luftproben gesammelt.

Als Unterstützung der marin-geologischen Arbeiten wurden fast auf dem ganzen Fahrtabschnitt bathymetrische Vermessungen mit einem Fächerecholot (Hydrosweep) und sedimentechnographische Untersuchungen mit dem hochauflösenden Parasound-System durchgeführt. In zwei Hydrosweep-Profilfahrten von jeweils 48 Stunden wurden Teile der Romanche Bruchzone und der Ampère Seamount vermessen. Ziel dieser Arbeiten sind die Erstellung von bathymetrischen Karten der beiden Gebiete.

Zur Erfassung der Partikelsedimentation durch die Wassersäule wurden auf dem Walfisch-Rücken und vor Cap Blanc Jahresverankerungen aufgenommen und an den selben Orten neue Verankerungen ausgebracht.

3.4 Arktisreise ARK VIII (Juni - Oktober 1991)

3.4.1 ARK VIII/1, Bremerhaven – Tromsø

Der erste Fahrtabschnitt der achten Arktisreise der "Polarstern" führte in die Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen. Die ozeanographischen, biologischen und geologischen Arbeiten stellten zum Teil eine Ergänzung der Untersuchungen bisheriger Fahrten in dieses Gebiet dar. Verankerungen, die das Jahr zuvor ausgebracht worden waren, konnten bis auf eine Ausnahme geborgen werden. Neue Verankerungen auf 79°N

sollen helfen, den Ausstrom polaren Wassers durch die Framstraße besser zu quantifizieren. Parallel dazu liefen ökologische Untersuchungen auf einem Schnitt entlang dieser Breite. Trotz schwieriger Eisverhältnisse konnten die Arbeiten bis in die Nordostwasser-Polynya an der grönländischen Küste fortgeführt werden. Die Ergebnisse werden in die Planung der Polynya-Studie 1993 eingehen. Neben den deutschen Teilnehmern waren Wissenschaftler aus der UdSSR, USA, Spanien, Schweden, Belgien und Pakistan an der Reise beteiligt. (Fahrtleitung: Dr. G. Kattner)

Hauptgegenstand der biologischen Arbeiten waren die Untersuchungen des Entwicklungsstandes der herbivoren Copepoden im Gebiet der Polynya. Es stellte sich heraus, daß der Einfluß des Grazings auf den Verlauf der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons wahrscheinlich nur gering ist. Der größte Teil des Phytoplanktons dürfte deshalb ungenutzt zu Boden sinken und dem Benthos zur Verfügung stehen.

Die chemischen Arbeiten der Reise befaßten sich mit der Quantifizierung und Identifizierung des gelösten organischen Stickstoffs im Meerwasser. Dabei wurde festgestellt, daß Huminstoffe einen Anteil von ca. 40% des gesamten gelösten Stickstoffs ausmachen. Damit kann, aufbauend auf früheren Untersuchungen, ein erheblicher Anteil des gelösten organischen Stickstoffs chemisch charakterisiert werden.

Desweiteren wurden marine Pilze im Wasser und Eis erforscht und Untersuchungen zum "Microbial Loop", kontinuierliche Partikelzählungen und Fluoreszenzmessungen sowie sedimentologische Arbeiten durchgeführt. Außerdem wurden Seevögel und marine Säuger gezählt, wobei neun Walrosse in der Polynya ein besonderes Ereignis waren, was auf eine Population in dieser Gegend schließen läßt.

3.4.2 ARK VIII/2, Tromsø – Tromsø

Europäische "Polarstern"-Studie zur Ökologie im Norden der Barentssee

Die "Polarstern"-Reise ARK VIII/2 war als zweite europäische "Polarstern"-Studie im Rahmen des Polar Science Network der European Science Foundation konzipiert. Sie brachte insgesamt 54 Wissenschaftler aus 15 Ländern zu einem umfassenden, multidisziplinären ökologischen Programm im Bereich des nördlichen Barentsschelfes zusammen. (Fahrtleitung: Prof. Dr. G. Hempel, Dr. E. Rachor).

Der ursprüngliche Plan, zwischen Franz-Josef-Land und Nowaja Zemlja zu arbeiten, konnte nicht verwirklicht werden, da die Sowjetunion keine Arbeitserlaubnis für diese Gewässer

gewährt hatte. Ungeachtet dessen waren einige Wissenschaftler aus Osteuropa beteiligt, um deren breites Arktiswissen in die Studie einzubringen (sieben Wissenschaftler aus Murmansk und St. Petersburg, zwei aus Polen). Darüber hinaus wurde mit dem polnischen Schiff "Oceania" in der westlichen Barentssee und mit dem Murmansk-Schiff "Dalnie Zelentsy" in der östlichen Barentssee kooperiert, wo zwei Mitarbeiterinnen aus dem AWI ozeanographische Messungen und biologische Probenahmen bis in den Bereich von Nowaja Zemlja durchführen konnten.

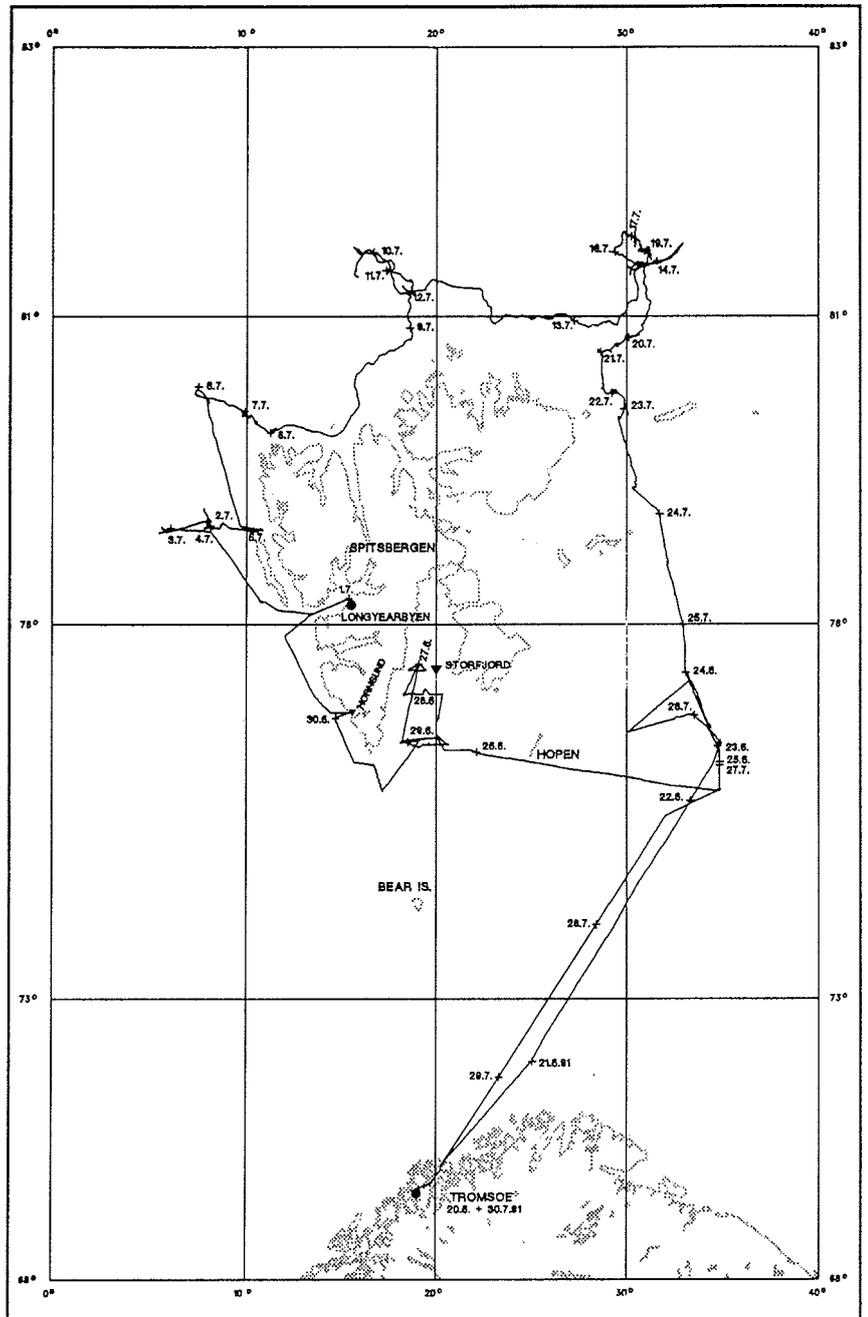
Die Fahrt begann am 20. Juni in Tromsø und führte zunächst in die zentrale Barentssee, wo umfangreiche ozeanographische, chemische, plankto- und benthologische Untersuchungen von eisbedeckten Bereichen im Norden über die Polarfront bis ins atlantische Wasser im Süden vorgenommen sowie eine Sedimentfalle und ozeanographische Meßsonden verankert wurden. Die biologische Produktion in verschiedenartigen Wasserkörpern und in unterschiedlicher jahreszeitlicher Entwicklung, ihre Nutzung schon im Pelagial und der Partikefluß zum Boden waren hier die Hauptthemen.

Das nächste Untersuchungsgebiet mit ähnlich umfangreichen ozeanographischen und biologischen Messungen und Probenahmen war der Storfjord mit der Storfjordrenna im Süden Spitzbergens, wo die Bildung und Verweildauer von spezifisch schwerem Bodenwasser ein zentrales Thema bildeten.

Die weiteren Arbeiten fanden vorwiegend im Bereich des Kontinentalhanges nördlich Svalbards im von West nach Ost abnehmenden atlantischen und zunehmenden arktischen Einfluß statt. "Polarstern" arbeitete hier in eisbedeckten Gebieten bei Wassertiefen zwischen 100 und 3000 m.

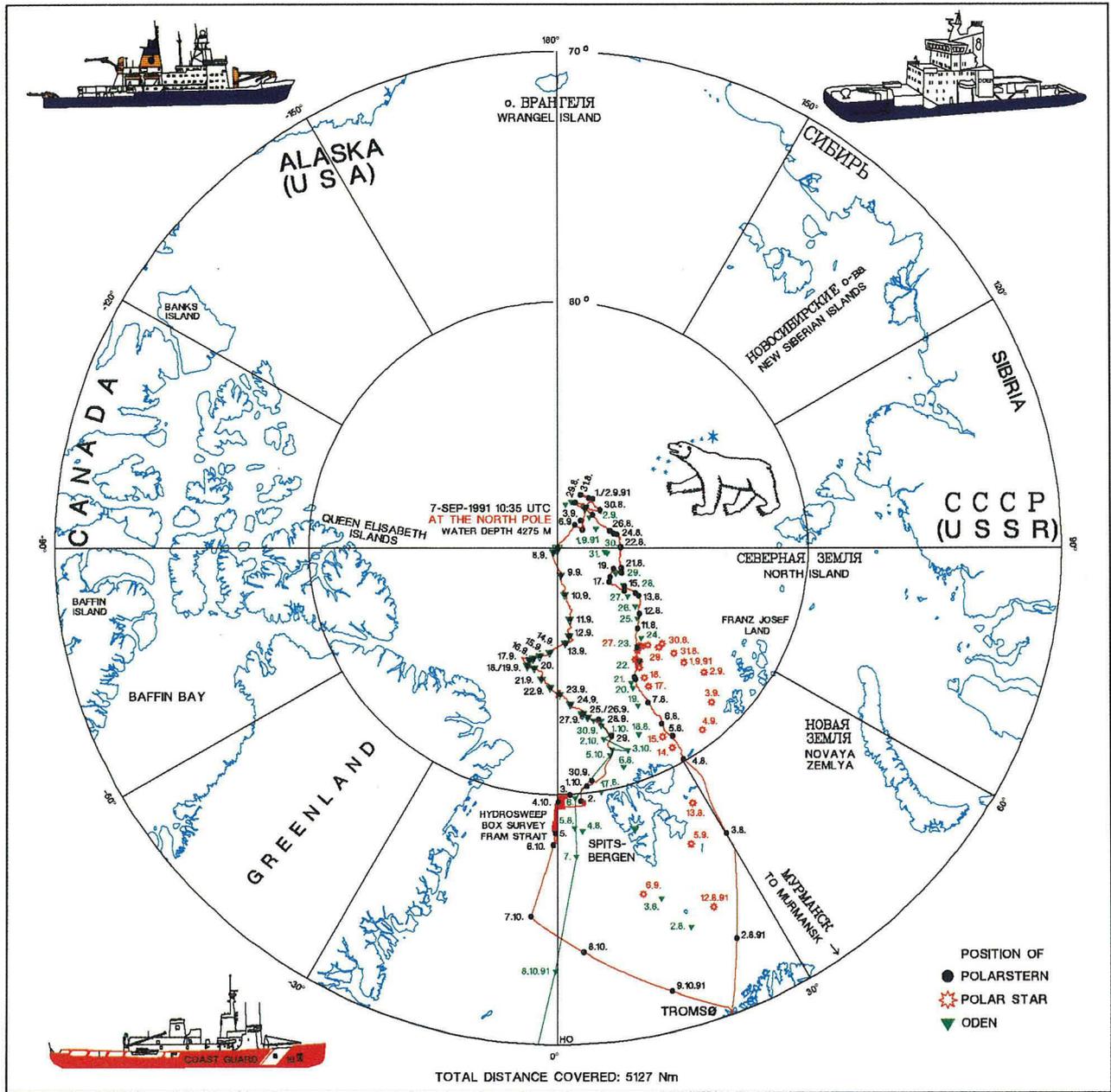
Ausgehend von den Primärproduktionsverhältnissen am Eis und im Wasser wurden die Sekundärproduzenten des Pelagials und Benthals studiert und mit Kurzzeitverankerungen der vertikale Partikefluß geschätzt. Über die Analyse von benthischen Gemeinschaften soll in Zusammenarbeit mit der Ozeanographie und der Sedimentgeologie die weiträumige Nahrungsverfrachtung beurteilt werden, die schließlich über die Lebensbedingungen in den eisbedeckten arktischen Tiefseebecken entscheidet. Zwei Langzeitverankerungen sollen die Wasserzirkulation und den Partikefluß am Schelfrand messen. Verschiedene Sedimentkerne werden den Geologen zur Aufklärung eis- und nacheiszeitlicher Veränderungen verhelfen.

Auf dem Rückweg wurden Messungen auf einer langen Traverse bis zur zentralen Barentssee durchgeführt, so daß eine Verzahnung der Arbeiten am eisbedeckten Kontinentalhang mit norwegischen und russischen Forschungen in der Barentssee möglich ist. Entlang dieser Traverse fanden sich alle jahreszeitlichen Aspekte der biologischen Produktion und des Partikefluß-



Der zweite Fahrtabschnitt
der "Polarstern"-Expedition ARK VIII.

3. Forschungsarbeiten - Expeditionen



Internationale "ARCTIC '91"-Expedition, der dritte Fahrabschnitt der "Polarstern"-Expedition ARK VIII.

ses von "winterlich" über "Frühling am Eisrand" bis hin zu "hochsommerlich" im Bereich der Polarfront. Die Sedimentfalle in der zentralen Barentssee wurde nach fast fünf Wochen geborgen und dann für ein weiteres Jahr neu verankert. Am 30. Juli lief "Polarstern" plangemäß wieder in Tromsø ein.

Nach dieser erfolgreichen internationalen und interdisziplinären Expedition auf den europäischen Nordmeerschelf sollen die ozeanographischen und ökologischen Arbeiten über die Bedeutung der Schelfprozesse für den tiefen Arktischen Ozean auf weiteren "Polarstern"-Fahrten ab 1993 möglichst weit nach Osten (Laptewsee) ausgedehnt werden, um u.a. auch zu globalen Fragestellungen des Partikelflusses sowie der ozeanischen Tiefenwasserzirkulation beizutragen.

3.4.3 ARK VIII/3, Tromsø – Bremerhaven

Dieser Fahrtabschnitt vom 1. August bis 15. Oktober 1991 führte "Polarstern" in den zentralen Arktischen Ozean. Er war Teil der internationalen Arctic '91-Expedition, an der ferner der schwedische Eisbrecher "Oden" und die US-amerikanische "Polar Star" teilnahmen. Die günstigen Eisverhältnisse erlaubten ein zügiges, weites Vordringen in den zentralen Arktischen Ozean, so daß erstmalig gezielte Messungen und Beprobungen im Nansen-, Amundsen- und Makarov-Becken sowie über den großen Strukturen von Gakkel- und Lomonosov-Rücken möglich waren. Im Rahmen dieser Expedition erreichten "Polarstern" und "Oden" auch am 7. September als erste konventionell angetriebene Forschungsschiffe den Nordpol. (Fahrtleiter: Prof. D. Fütterer)

Einige technische Schwierigkeiten erforderten allerdings erhebliche Umstellungen im Programmablauf. "Polar Star" erreichte wegen einer Hilfsaktion westlich von Grönland den Eisrand mit 10 Tagen Verspätung. Am Ende der ersten Woche mußte "Oden" mit Maschinenschaden zur Reparatur nach Longyearbyen (Spitzbergen) zurücklaufen und konnte erst am 16. August ihre Fahrt fortsetzen. "Polar Star" erlitt dann einen Schaden an der Backbordwelle, der sie schließlich am 28. August zur Umkehr und zum Abbruch ihrer Teilnahme an Arctic '91 zwang. Besonders betroffen war hiervon das mit "Polarstern" gemeinsam geplante geophysikalische Arbeitsprogramm.

Das wissenschaftliche Programm auf "Polarstern" war wie auf allen Fahrten multidisziplinär, hatte jedoch einen deutlichen geologischen und geophysikalischen Schwerpunkt. Mit verschiedenen Kerngeräten wie Kolben-, Kasten- und Schwerelot sowie Großkastengreifer und Multicorer wurden auf 54 Stationen mehr als 500 m Sedimentkerne und umfangreiches Probenmaterial

gewonnen. Von der in internationaler Kooperation betriebenen Auswertung des Materials wird ein wesentlicher Beitrag zur Geschichte des Arktischen Ozeans, seiner Paläozeanographie und paläoklimatischen Entwicklung erwartet.

Die geophysikalischen Untersuchungen konzentrierten sich im wesentlichen auf die reflektionsseismische Kartierung der Sediment- und Krustenstruktur. Bedingt durch den Ausfall der "Polar Star" war es aber erst nach dem Treffen mit "Oden" Anfang September möglich, die geschleppten seismischen Systeme in größerem Maße erfolgreich einzusetzen. Insgesamt gelang es, reflektionsseismische Profile über dem Lomonosov-Rücken, Amundsen-Becken, Gakkel-Rücken und Nansen-Becken auf mehr als 1500 km Länge zu registrieren.

Eine ozeanographische Arbeitsgruppe nahm Wasserproben mit großvolumigen Gerard-Schöpfern zur Untersuchung von Transportprozessen und Erneuerungszeiten des Tiefenwassers in den arktischen Teilbecken mit Hilfe von radiogenem Kohlenstoff ^{14}C , ^{39}Ar und kosmogenem ^{10}Be .

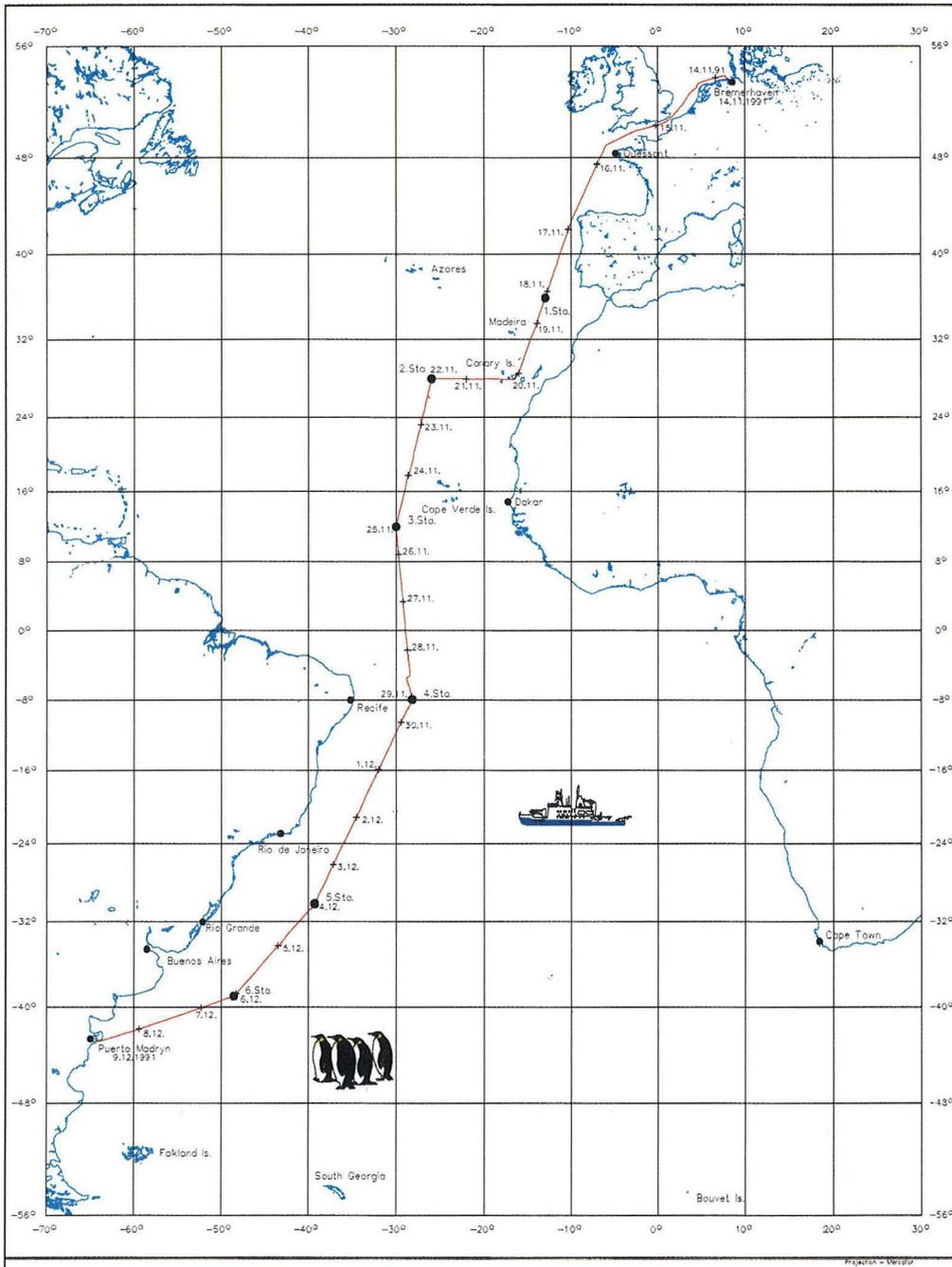
Das Meereis wurde gemeinsam von physikalischen, biologischen und geologischen Meereisforschern mittels Satellitenaufnahmen, zahlreicher Hubschrauberflüge und insgesamt 48 Stationen zur Eiskerngewinnung untersucht. Vorgenommen wurden:

- Bestimmung der Meereiskonzentration und Meereisbewegung mittels AVHRR-Aufnahmen und einer digitalen Zeilenraster-Kamera.
- Messungen der Oberflächenrauigkeit mit einem Laser-Altimeter.
- Messungen der Schnee- und Eisdicke zur Bestimmung der Eisdickenverteilung im Arktischen Ozean.
- Quantifizierung des Eisgefüges als Beitrag zur Eisfernerkundung mit passiven und aktiven Mikrowellen.
- Beschreibung und Erfassung der Oberflächeneigenschaften des Meereises.
- Beschreibung und Quantifizierung der Sedimenteinschlüsse des Meereises.
- Quantifizierung der Organismengemeinschaft im Meereis.

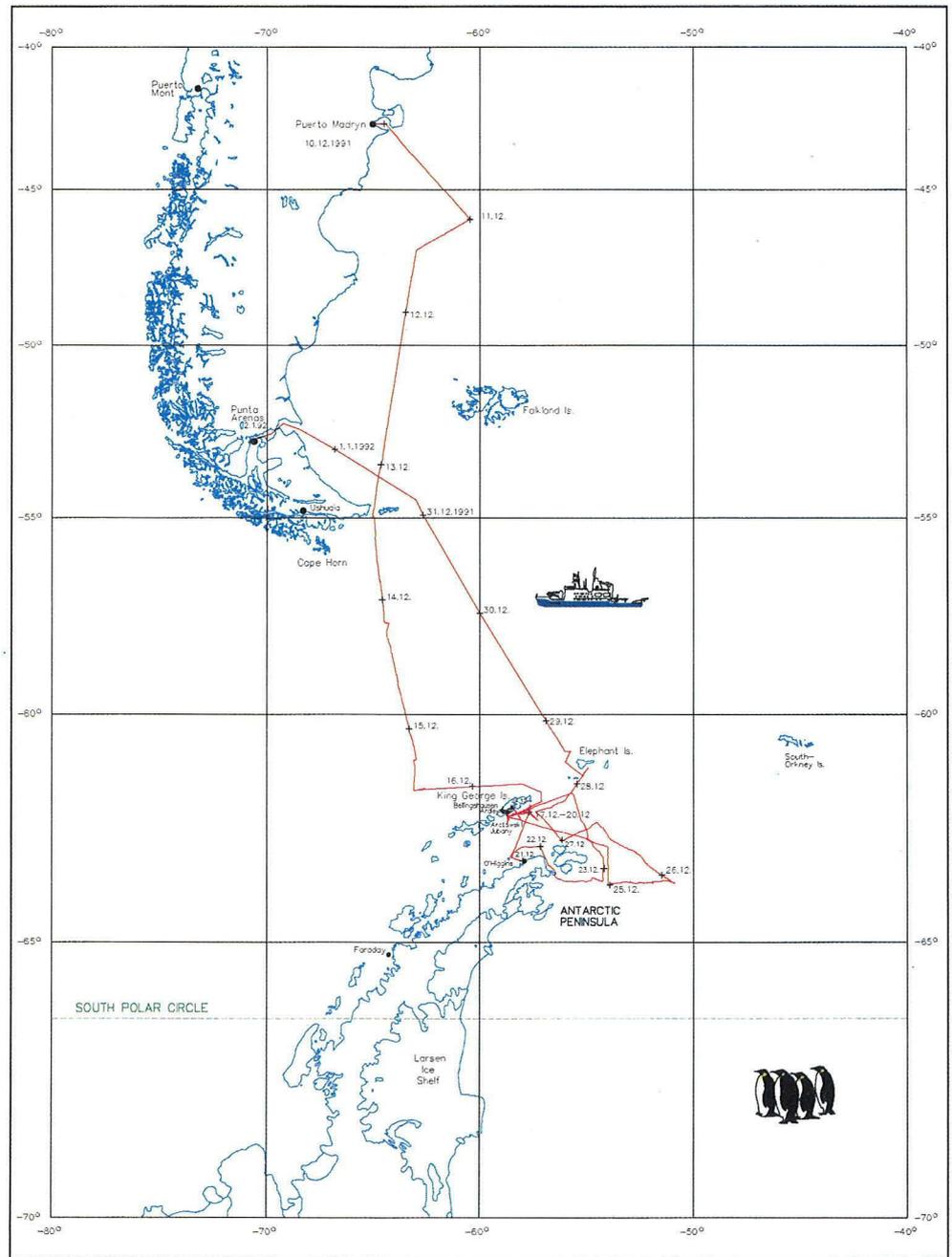
Ferner wurde das Makro- und Meiobenthos an ungestörten Kastengreiferproben von 49 Stationen untersucht. Darüber hinaus wurden Vögel und Säugetiere während der gesamten Reise gezählt. Der nördlichste der insgesamt neun beobachteten Eisbären wurde bei $88^{\circ} 53' \text{N}$, $30^{\circ} 19' \text{E}$ angetroffen.

Begünstigt durch die Eisverhältnisse konnte ein umfangreiches Forschungsprogramm auf dieser als ein "Meilenstein" in der Erforschung der Arktis anzusehenden Expedition durchgeführt werden. Der Umfang und die Qualität des gewonnenen wissen-

3. Forschungsarbeiten - Expeditionen



Der Fahrtabschnitt 1a der "Polarstern"-Expedition ANT X.



Der Fahrtabschnitt 1b der "Polarstern"-Expedition ANT X.

schaftlichen Materials (z.B. ca. 500 m Sedimentkerne; mehr als 1500 km seismische Profile) übersteigen deutlich unsere Erwartungen. Außerdem konnte gezeigt werden, daß der Einsatz mehrerer eisbrechender Forschungsschiffe in internationaler Kooperation im arktischen Ozeans erfolgreich möglich ist.

3.5 Antarktisreise ANT X (November 1991 - Februar 1993)

3.5.1 ANT X/1a + 1b, Bremerhaven – Puerto Madryn – Punta Arenas

Der erste Teil (1a) der zehnten Antarktisreise der Polarstern (Leitung Prof. O. Schrems) begann mit der atlantischen Nord-Süd-Traverse von Bremerhaven nach Puerto Madryn (14.11. bis 9.12.1991). Nach vierwöchiger Wertzeit verließ die "Polarstern" Bremerhaven am 14. November mit 45 Wissenschaftlern an Bord. Auf dem Nord-Süd-Schnitt wurden luftchemische, atmosphärenphysikalische, meereschemische und meeresbiologische Messungen durchgeführt. Schwerpunkte der Untersuchungen waren:

- Brom- und Jod-haltige organische Verbindungen, Peroxide, schwefelhaltige Verbindungen und organische Spurenstoffe in Wasser und Luft;
- CO₂, das Karbonatsystem und Nährsalze;

- regionale Verbreitung von Bakterien und Tiefenanpassung von Bakterienpopulationen;
- Fernerkundung der Mesosphäre (Lufttemperatur, Luftdichte, Natrium- u. Eisenschicht, Aerosol, Wasserdampf, OH und Ozon);
- Verteilung der Aerosolwolke des Vulkans Pinatubo (Ausbruch 14./15. Juni 1991) in der Stratosphäre (20 - 30 km Höhe) der Nord- und Südhemisphäre.

Am 9. Dezember wurde Puerto Madryn (Argentinien) erreicht. Nach einem Wissenschaftlertausch und einem Tag Liegezeit wurde die Reise (Fahrabschnitt 1b, Leitung O. Schrems) am 10.12.91 mit 62 Wissenschaftlern in Richtung Antarktische Halbinsel fortgesetzt. Zu den schon im Abschnitt 1a durchgeführten Forschungsprogrammen kamen insbesondere biologische Untersuchungen hinzu, so z.B. die Studien von Mikropilzgemeinschaften, marinen Pilzen und Benthos. In der Drake-Passage wurden von den Ozeanographen zur Untersuchung der Oberflächenzirkulation im atlantischen Sektor des Zirkumpolarstromes 21 Oberflächendrifter ausgesetzt.

Neben den wissenschaftlichen Arbeiten in der Bransfieldstraße und der nördlichen Weddellsee wurden an vier Antarktisstationen (Bellinghausen, Arctowski, Jubany und O'Higgins) Wissenschaftler und experimentelle Ausrüstung für Sommermeßkampagnen angelandet. Der Fahrabschnitt 1b endete am 2.1.1992 in Punta Arenas (Südchile).

4. Arbeitsberichte der Sektionen

4.1 Biologie I (Zoologie)

Mitarbeiter der Sektion Biologie I nahmen an verschiedenen Expeditionen in die Antarktis und die Arktis teil und arbeiteten im wesentlichen an dem dabei gewonnenen Material. Vor allem sind die Aufarbeitung der EPOS I/3-Reise (1989) in das Weddellmeer zu erwähnen und die EPOS II-Reise (1991) in die Arktis, die die internationale Einbindung der Arbeiten nachhaltig förderten. Das Jahr 1991 war darüberhinaus durch mehrere Kongresse geprägt (EPOS I-Symposium, BIOMASS-Workshop, Antarctic Science Conference), bei deren Organisation und wissenschaftlicher Gestaltung sich viele Mitglieder der Sektion aktiv beteiligten.

Biologie ausgewählter Evertibraten

Die Antarktis bildet weiterhin den geographischen Schwerpunkt der Untersuchungen an ausgewählten Wirbellosen. Die Arbeiten konzentrierten sich auf Ernährung, Reproduktion, Populationsdynamik und Lebensgeschichte wichtiger Arten und Gruppen. Während ANT IX wurde mit experimentellen Arbeiten zur Reproduktion, Nahrungsaufnahme und Ökophysiologie pelagischer calanoider Copepoden (Ruderfußkrebse) des Weddellmeeres begonnen.

Unter den dominanten herbivoren Copepoden der Grönlandsee haben die Repräsentanten verschiedener Klimazonen (arktisch, subarktisch, boreal) unterschiedliche Überwinterungs- und Reproduktionsstrategien. Überwinterungsstadien wurden bis in die Nähe des Meeresbodens gefunden. Die Daten lassen eine Abschätzung des Beitrags der ontogenetischen Vertikalwanderung zum vertikalen Partikelfluß zu. Im Rahmen einer Untersuchung zur Reproduktionsbiologie der atlantischen Art *Calanus finmarchicus* wurde in Laborversuchen die Fruchtbarkeit einzelner Weibchen während ihrer gesamten Lebensspanne bestimmt.

Auf den Expeditionen EPOS I/3 und ANT IX wurden erstmals Unterproben aus Schleppnetzfängen zur Gewinnung kleiner, größtenteils unbekannter Mollusken gesiebt. Bemerkenswert war der erste Lebendfund von zwei "Urmollusken"-Arten (Monoplacophoren) in antarktischen Gewässern. Die weitaus meisten antarktischen Weichtiere pflanzen sich über demersale Larven fort. Die einzigen bisher in der Hochantarktis gefundenen meroplanktischen Larventypen (*Echinospira*, *Limacosphaera*) zeichnen sich durch spezielle morphologische und ernährungsphysiologische Anpassungen aus. Die häufigste Muschelart des Wed-

dellmeeres, die nur bis zu 10 mm große *Lissarca notorcadensis*, wird etwa 15 Jahre alt. Sie wächst damit deutlich langsamer als eine nahe verwandte Art aus dem Flachwasser von Signy Island.

Aufbauend auf der Untersuchung von Ernährungsweise und Freßverhalten wurde ein Konzept der Ernährung für 20 verschiedene Flohkrebsarten entwickelt. Populationsdynamische Untersuchungen an einigen Arten zeigten im Vergleich zu Amphipoden aus gemäßigten und tropischen Breiten extrem späte Geschlechtsreife und extreme Langlebigkeit (bis zu 9 Jahren). Einen ausgeprägten Breitengradgradienten haben wir auch bei antarktischen Garnelen beobachtet, die bei South Georgia deutlich mehr, aber kleinere Eier als im südöstlichen Weddellmeer produzieren. Die Weibchen hochantarktischer Garnelen benötigen im Gegensatz zu verwandten Arten aus niedrigeren Breiten nach der Eiablage zwei nahrungsreiche Perioden (Sommer), um erneut laichreife Eier zu produzieren. In Kooperation mit der Biologischen Anstalt Helgoland gelang es erstmalig, die Larven von *Chorismus antarcticus* über die ersten drei Entwicklungsstadien aufzuziehen, deren Morphologie weitaus komplexer ist als bisher beschrieben.

Populationsdynamische Untersuchungen an dem häufigen Seeigel *Sterechinus antarcticus* zeigten, daß diese extrem langsamwüchsige Art bis zu 75 Jahre alt wird. Die Produktivität ist mit einer Produktion/Biomasse-Rate von 0,07 pro Jahr außerordentlich niedrig. Im Gegensatz zu den Befunden bei vielen anderen Benthosarten (z.B. Garnelen) ist der Reproduktionszyklus der Seegurken *Psolus dubiosus* offenbar von saisonalen Zyklen der Primärproduktion und Sedimentation abgekoppelt. Erstmals wurde bei dieser Art Brutpflege beobachtet.

Die verschiedenen Arbeiten zur Lebensstrategie antarktischer Wirbelloser stützen übereinstimmend das Bild, daß sich mit Zunahme polarer Umweltbedingungen viele Lebensprozesse verlangsamen und die für die Reproduktion verfügbare Energie überwiegend in wenige, aber gut ausgestattete und hervorragend angepaßte Nachkommen investiert wird.

Erste Experimente zur metabolischen Aktivität von Amphipoden bei verschiedenen Ernährungsbedingungen erwiesen, daß bei Zugabe von Beuteduftstoff die Aktivität antarktischer Flohkrebse länger anhält als bei verwandten Arten der Tiefsee. Die Anpassung von Verdauungsenzymen (tryptische Proteasen) an die extrem niedrigen Temperaturen der Antarktis wurde vergleichend an benthischen Crustaceenarten aus antarktischen,

borealen und subtropischen Regionen untersucht. Das experimentelle Temperaturoptimum für die Protease-Aktivitäten bei verschiedenen Arten erwies sich als unabhängig von der Umgebungstemperatur des jeweiligen Lebensraums und lag immer bei 40 - 55°C. Die Aktivierungsenergie ist jedoch bei Arten aus dem Weddellmeer um etwa 50% geringer als bei Arten aus wärmeren Gebieten – offenbar eine energiesparende Adaption an extrem niedrige Temperaturen. Eine derartige Anpassung wurde bei dem vorwiegend pelagisch lebenden Krill nicht gefunden.

Populationsdynamische Untersuchungen an Schlangensterne der Gattung *Ophiura* der Deutschen Bucht zeigten, daß die beiden Arten *O. albida* und *O. ophiura* zusammen etwa 5% zur Gesamtproduktion des Benthos beitragen. Unterschiede im Wachstum küstennaher und küstenferner Populationen wurden nicht gefunden. Populationen des Herzigels *Echinocardium cordatum* unterschieden sich in zunehmender Küstenentfernung vor allem hinsichtlich ihrer Altersstruktur und des Jungtieranteils. Die Anreicherung der Schwermetalle Blei und Cadmium war in großen Individuen am stärksten, und küstenfern lebende Tiere enthielten höhere Konzentrationen als Tiere aus der inneren Deutschen Bucht.

Bei verschiedenen Expeditionen im tiefen Nordostatlantik sowie im Arktischen Ozean gesammeltes Seeanemonenmaterial wurde taxonomisch und ökologisch bearbeitet.

Ökologie von Fischen

Die Gruppe der barschähnlichen Notothenioidei bestimmt mit fünf Familien und ca. 95% aller Individuen und der Biomasse das Bild der antarktischen Bodenfischfauna. Die extreme morphologische Differenzierung innerhalb dieser Gruppe, die mit der Besetzung unterschiedlichster ökologischer Nischen einhergeht, wurde mit morphometrischen Messungen quantitativ untersucht. Erste Auswertungen von Unterwasser-Videoaufnahmen und -Fotografien brachten neue Erkenntnisse über kleinräumige Verteilung und Substratpräferenzen verschiedener Bodenfisch-Arten.

Die Entwicklungszeit der Eier antarktischer Bodenfische ist deutlich länger als aufgrund von Eigröße und Inkubations-Temperatur erwartet. Sauerstoffverbrauchsmessungen an Eiern von *Notothenia corriceps* zeigten eine klare Lichtabhängigkeit des Eistoffwechsels. Die längeren Entwicklungszeiten sind daher auch auf die extrem kurzen Tageslichtperioden im antarktischen Winter zurückzuführen. Auch die Resorptionszeiten der Dotterreserven antarktischer Fischlarven sind deutlich länger als in gemäßigten und subpolaren Breiten, was als biologischer Puffer

gegen die starke Jahr-zu-Jahr-Variabilität der physikalischen und biologischen Umweltbedingungen im antarktischen Frühjahr interpretiert werden kann. Mit elektronenmikroskopischen Untersuchungen an Otolithen antarktischer Fischlarven wurde eine tagesperiodische Ringbildung nachgewiesen, mit der Altersbestimmungen möglich sind.

Außerhalb der Antarktis wurden im Rahmen des internationalen "Sardine/Anchovy Recruitment Project" (SARP) die Arbeiten zur Rekrutierung der brasilianischen Sardine und Sardelle auf dem brasilianischen Schelf fortgeführt. Auch in der Saison 1990/91 war der Bestand in einem schlechten Zustand, und es fand nur eine schwache Rekrutierung statt. Im Rahmen eines EG-Projekts zur Rekrutierung clupeider Fische (EUROSARP) wurden Larvenproduktion und Rekrutierung der Sprotte (*Sprattus sprattus*) in der Deutschen Bucht untersucht. Neben biologischen Faktoren wie Nahrungsgrundlage und Ernährungszustand spielen physikalische Umweltparameter wie Schichtung, Temperatur und Verdriftung eine wichtige Rolle für das Überleben der Fischlarven.

Ein theoretisches Modell zur Schätzung der Tagesration von Fischen wurde erweitert und mit anderen Modellen in einem Programm für Mikrocomputer zusammengefaßt. Damit läßt sich die Nahrungskonsumption von Fischen einzelner Größenklassen und von Populationen schätzen. Diese ist ein wichtiger Bestandteil in fischereilichen Mehrarten-Modellen.

Ökologie von Warmblütern

Die Wechselbeziehungen zwischen Robben, Pinguinen, Fischen und Wirbellosen im Weddellmeer standen weiter im Mittelpunkt der Warmblüterforschung. Die Untersuchungen der Ernährung von Weddellrobben und Kaiserpinguinen ergaben eine deutliche Differenz zwischen Nahrungsbedarf und Nahrungsangebot. Die bisherigen Schätzungen der Fischproduktion liegen zu niedrig, um die Robben und Pinguinen ernähren zu können. Die Bedeutung saisonaler Wanderungen von Schwarmfischen wie *Pleuragramma antarcticum* und von Tintenfischen wurde in diesem Zusammenhang bisher vermutlich unterschätzt.

Nach Untersuchungen zum Tauch- und Freßverhalten von Weddellrobben im Drescher-Inlet suchen adulte Robben bevorzugt zwei Tiefenbereiche auf: Tiefen bis 150 m (pelagische Tauchgänge) und den Meeresboden in knapp 500 m Tiefe. In dem dazwischen liegenden Bereich lohnt sich die Nahrungssuche offenbar nicht. Die an den Robben verwendeten Meßsysteme wurden weiterentwickelt und so modifiziert, daß sie auch an Kaiserpinguinen eingesetzt werden können.

Meereis-Lebensgemeinschaften

Das Meereis ist von fein verzweigten Kanälen durchzogen, deren Durchmesser von wenigen Mikrometern bis zu einigen Zentimetern reicht. Mit neu entwickelten Zentrifugationsmethoden wurde die Sole, die die Hohlräume erfüllt, aus dem Eis entfernt, ohne die Struktur zu zerstören. Von der gewonnenen Sole wurden Volumen, Salzgehalt, Chlorophyll, Nährsalze und Besiedlung mit enger räumlicher Auflösung bestimmt. Die räumliche Struktur der Porenräume im Meereis wurde durch eine neue Ausgießtechnik mit Kunststoff dargestellt und analysiert. In einem am AWI neu entwickelten Eistank lassen sich die natürlichen Vorgänge bei der Meereisbildung im Labor simulieren.

Das Meereis ist von einer erstaunlich diversen Lebensgemeinschaft besiedelt. In Packeisproben aus dem Weddellmeer, die im Sommer genommen wurden, bildeten Dinoflagellaten neben Diatomeen einen Großteil der autotrophen Biomasse. Die Artenzusammensetzung deutet auf eine enge biologische Kopplung zwischen Meereis und Pelagial hin.

Die Metazoengemeinschaften des mehrjährigen Packeises der zentralen arktischen Becken waren in ihrer Zusammensetzung völlig verschieden von den bisher im wesentlichen untersuchten Gemeinschaften der Schelfregionen. Auch in der Arktis ergaben sich deutliche Hinweise auf enge Vernetzungen zwischen Plankton und Meereisbiozönose.

Pelagische Lebensgemeinschaften und pelagobenthische Kopplung

Die Arbeiten am Zooplankton des Weddellmeeres konzentrierten sich auf die sehr häufigen, kleinen (< 1 mm) calanoiden Copepoden. Die wichtigste Art, *Microcalanus pygmaeus*, wurde vor allem in größeren Wassertiefen gefunden und trat dort sowohl im Sommer als auch im Spätwinter/Frühjahr in großen Abundanzen auf. Die Art *Ctenocalanus citer* hingegen zeigte deutliche saisonale Unterschiede in der Vertikalverteilung und der Häufigkeit. Die sehr frühen Entwicklungsstadien einer dritten Art, *Stephos longipes*, wurden in hohen Konzentrationen im Meereis gefunden.

Zur Vorbereitung der Untersuchung der pelagischen Lebensgemeinschaft der Nordostwasser-Polynya bei Grönland wurden während zweier Arktis-Expeditionen (ARK VIII/1 und ARK VIII/2 = EPOS II) Pilotstudien durchgeführt. Die Untersuchung der Zooplanktonverteilung an Fronten in der Grönlandsee wurde mit einem hochauflösenden Schnitt über dem zentralen Grönlandwirbel abgeschlossen.

Benthische Lebensgemeinschaften

Die bisherigen Erfolge bei der Untersuchung benthischer Lebensgemeinschaften basieren auf dem Einsatz kombinierter Methoden (Schleppnetz, Mehrfachgreifer, Unterwasser-Video, UW-Fotografie). Optisch dokumentierende Methoden spielen insbesondere bei der Analyse von Verteilung und Vergesellschaftung benthischer Organismen eine wichtige Rolle. Die quantitativen Untersuchungen der Bodentiergemeinschaften des südöstlichen Weddellmeeres wurden fortgeführt und auf den Schelf der Lazarev-See ausgedehnt.

Die Auswertung der Mehrfachgreifer-Proben der Expeditionen ANT VI und ANT IX, 233 Proben von 36 Stationen zwischen Atka-Bucht und Gould Bay, wurden abgeschlossen. Das artenreiche Benthos dieses Gebiets erreicht hohe Abundanzen (bis zu 13000 Ind./m²) und Biomassen (bis zu 1600 g Feuchtgewicht/m²). Die Organismenverteilung ist sowohl regional als auch kleinräumig sehr variabel. Auf dem Schelf wurde keine tiefenabhängige Zonierung gefunden; in den tieferen Bereichen vor dem Schelf waren Abundanz und Biomasse jedoch um mindestens eine Größenordnung niedriger. Schwämme, Seegurken, Seesterne und Polychaeten stellen etwa 75% der Gesamtbiomasse des Benthos, während Asseln und Polychaeten am häufigsten gefunden wurden. Das Benthos des untersuchten Gebietes ließ sich mittels Clusteranalyse in drei Gemeinschaften trennen, die sich in Artenzusammensetzung, Abundanz und Biomasse unterscheiden.

Die Auswertung der Schleppnetzfüge der Expeditionen EPOS I/3 und ANT IX führte zu einer besseren Kenntnis der Molluskenfauna des Weddellmeeres. Mittels einer Multivarianzanalyse dieser Daten konnten die verschiedenen Molluskengemeinschaften mit der Bathymetrie des Weddellmeerschelfs korreliert werden.

Bei verschiedenen Gruppen wurden Schleppnetzfüge mit UW-Aufnahmen verglichen und gemeinsam ausgewertet.

So wurden für verschiedene Arten antarktischer Schwämme die Position am Boden, Form und Größe sowie Vergesellschaftung mit anderen Organismen erstmals auf UW-Fotografien quantitativ erfaßt. Damit wurde eine Kontrolle von Schleppnetz-Ergebnissen möglich. Die drei häufigsten benthischen Garnelenarten, *Chorismus antarcticus*, *Notocrangon antarcticus* und *Nematocarcinus lanceopes*, kommen in "Schwärmen" mit Dichten bis zu 100 Ind./100 m² vor. Schleppnetz und UW-Fotografie ergaben in diesen Fällen Dichten der gleichen Größenordnung, wenn auch die fotografischen Schätzungen stets etwas höher lagen. Die drei Arten besiedeln unterschiedliche Tiefenbereiche und scheinen mit spezifischen Substrattypen assoziiert zu sein. Die zwei im Weddellmeer vorkommenden Arten der Seeigelgat-

tung *Sterechinus* besiedeln verschiedene Tiefenbereiche, *S. neumayeri* bewohnt den flacheren Schelf, während *S. antarcticus* auf dem tiefen Schelf und dem Kontinentalhang häufiger ist. Mit UW-Fotografien konnte gezeigt werden, daß drei Arten von Seegurken, *Elpidia glacialis*, *Achlyonice violaecuspidata* und *Scotoplanes globosa*, deutlich fleckenhaft verteilt sind. Die dichten Aggregate (bis zu 17 Ind./m²) beruhen möglicherweise auf interaktivem Verhalten.

Das Flachwasser-Benthos (bis 100 m) vor der russischen Station Bellingshausen (King George Island) wurde 1990/91 von zwei Wissenschaftlern untersucht. 120 Amphipoden-Arten sowie Polychaeten aus 27 Familien wurden gefunden. Die Polychaeten sind das dominante Taxon des Endobenthos; in geringen Wassertiefen können sie Abundanzen bis zu 28000 Ind./m² erreichen.

Mit den "Polarstern"-Expeditionen ARK VIII/1 und ARK VIII/2 (EPOS II) im Sommer 1991 und einer Expedition mit dem russischen Schiff "Dalnie Zelentsy" wurden die Zoobenthosuntersuchungen in der Arktis aufgenommen. Sie sind eng verbunden mit Untersuchungen im Pelagial (pelagobenthische Kopplung, Primärproduktion, Partikelflüsse), besonders im Bereich starker Umweltgradienten wie an der Polarfront, am Eisrand und am Schelfhang.

Im Jahr 1991 wurden Proben (Makro- und Meiobenthos) in der Barentssee und an 52 Stationen in den hocharktischen Nansen-, Amundsen- und Makarov-Becken sowie auf dem Gakkel- und dem Lomonosov-Rücken gewonnen. Die bisherigen Auswertungen weisen auf eine Abnahme von Artenreichtum und Biomasse von den atlantisch beeinflussten schelfnahen Meeresgebieten zu den nordpolnahen Gebieten des Amundsen-Beckens hin.

Die bisher wenig untersuchte Epifauna steiniger Gründe in der Deutschen Bucht wurde im Rahmen einer Diplomarbeit mit dem kombinierten Einsatz verschiedener Techniken (Bodengreifer, Dredgen, Epifauna-Greifer, UW-Fotografie, Taucher) bearbeitet. Dabei ergab sich, daß Greifer und Dredgen diese Fauna nur unzureichend erfassen.

Die Ökologie des südamerikanischen Auftriebsgebietes

Im Rahmen der Prozeßstudien bei wechselnden Sauerstoffverhältnissen wurden weitere Arbeiten zur Bedeutung des Phänomens "El Niño" (EN) für die Lebensgemeinschaften des Auftriebsgebietes an der südamerikanischen Pazifikküste durchgeführt. Dabei standen vor allem die Normalisierung der benthischen Besiedlung nach dem Abklingen des starken EN 1982/83 und die Effekte des schwachen EN 1986/87 im Vordergrund. Die

Probennahme wurde auch in der Übergangsphase bis zum erneuten EN 1991/92 an zwei Orten fortgeführt. Im Rahmen von zwei Doktorarbeiten wurde ein Vergleich der Fortpflanzungsverhältnisse von Muscheln (Semelidae) sowie von pelagischen Fischen zwischen normalen Verhältnissen und EN-Bedingungen vor Nordchile und Peru begonnen.

Die Saisonalität im peruanischen Auftriebssystem wurde durch eine Gleichgewichts-Modellierung analysiert. Der Schwerpunkt lag dabei auf den wirtschaftlich bedeutsamen Fischarten; das Modell enthielt aber auch andere wichtige Komponenten wie Phytoplankton, Zooplankton, Detritus, Benthos, Seevögel und Robben. Es zeigte, daß sich die Saisonalität im System vor allem in der Biomasse und der Produktivität seiner Komponenten ausdrückt. Außerdem wurde in Zusammenarbeit mit peruanischen Kollegen die erste Fassung eines ökologischen Simulationsmodells des peruanischen Auftriebssystems erstellt. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen sollen in Zukunft auch für die Entwicklung von Modellen im polaren Bereich genutzt werden.

4.2 Biologie II (Botanik und Mikrobiologie)

Untersuchungen zur Ökologie des Pelagials und des Meereses und zum vertikalen Stofftransport stellten den Schwerpunkt der Arbeiten der Sektion dar. Weitere Themen befaßten sich mit Studien zur Autökologie, Taxonomie und Ökophysiologie von Phytoplankton, Makroalgen, barophilen und psychrophilen Bakterien sowie Pilzen. Das Hauptgewicht der Forschungen lag in antarktischen Gewässern, vor allem im Weddellmeer, obwohl Arbeiten im begrenzten Umfang auch in der Arktis durchgeführt wurden.

4.2.1 Forschungsarbeiten in der Antarktis

Planktonökologie und Stoffflüsse

Die ausgeprägt heterogene Verteilung von Planktonblüten im Weddellmeer wird von der Hydrographie einerseits und dem Fraßdruck von verschiedenen Zooplanktern andererseits bestimmt. Die saisonale und regionale Beziehung zwischen Hydrographie und Biomasse sowie Zusammensetzung des Planktons wurde in enger Zusammenarbeit mit den physikalischen Sektionen untersucht. Es konnte gezeigt werden, daß die thermohalin getriebene Vertikalzirkulation in der südlichen Küstenpolynya die zeitige Entwicklung der Frühjahrsblüte verhin-

dert. Erst später im Jahr treten größere Algenbestände auf, deren Biomasse von jährlichen Schwankungen im Eisbedeckungsgrad gesteuert wird. Im Herbst wurde eine üppige Diatomeenblüte im Küstenstrom des nordöstlichen Weddellmeeres angetroffen, die sich erst lange nach der Meereisschmelze und in relativer Abwesenheit vom Zooplankton entwickelt hatte. Am Nordrand des Weddellwirbels treten bereits im Spätwinter hohe Algenbiomassen auf; diese wachsen vermutlich in seichten Deckschichten heran, die an der Front zwischen Weddellmeer und Zirkumpolarstrom vorübergehend entstehen. Wegen ihres frühzeitigen und sporadischen Auftretens entgehen sie dem Fraßdruck, der sich erst später im Jahr stark entwickelt. Dieses Phänomen soll 1992 näher untersucht werden.

Die Zusammensetzung des Planktons – vor allem der Diatomeen – spiegelt Herkunft und Vorgeschichte des Wassers wider. Die Gründe für die besondere Bevorzugung bestimmter Wassermassen läßt sich innerhalb des Südpolarmeeres nicht auf herkömmliche Parameter wie z.B. Temperatur zurückführen. So wird die Verbreitungsgrenze der meisten im Zirkumpolarstrom vorkommenden Arten durch die Subpolare Front und nicht die Konvergenz gesetzt. Diese Arten können im Weddellwirbel zwar vorübergehend wachsen, überleben dort aber nicht lange. Vermutlich spielt die winterliche Meereisdecke die entscheidende Rolle bei der südlichen Verbreitungsgrenze, denn diese Arten überstehen den Einschluf im Eis nicht. Die entscheidende Rolle des Eises als "Vernichtungsstätte" für nicht angepaßte Arten gibt einen Hinweis dafür, daß während der Eisbildung große Wasservolumina vom Eis durchsiebt werden. Dieses Phänomen wird in Feld- aber auch Laborstudien zusammen mit der Sektion Biologie I näher untersucht. Andere Arten sind häufig im Küstenstrom, kommen aber im Weddellwirbel nur spärlich vor; die Gründe sind noch unklar, obwohl vermutet wird, daß das Festeis sowie die Plättcheneisschichten als Herberge für bestimmte Lebensstadien dienen könnten. Die Bevorzugung bestimmter Habitate durch besonders angepaßte Stadien ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Die vorliegenden Daten zur saisonalen Struktur des pelagischen Systems zeigen, daß die Beweidung durch Herbivore durchweg sehr hoch ist. Das Protozooplankton spielt dabei eine entscheidende Rolle, wobei deren Bestände anscheinend stark von Metazoen wie Copepoden und Krill bestimmt werden. Die gezielte Untersuchung der charakteristischen Ausscheidungsprodukte der verschiedenen Herbivoren in der Wassersäule und in Sinkstofffallen läßt Rückschlüsse auf Intensität des Weidedrucks zu. So konnten Zusammenballungen von heilen, allerdings leeren Diatomeenschalen – die sogenannten "Minipellets" – als Endprodukte von Protozoen identifiziert werden (Zusammen-

arbeit mit der University of California/Santa Cruz). Inwieweit diese Pellets den verschiedenen Klassen (Dinoflagellaten, Ciliaten, Radiolarien, Foraminiferen) zugeordnet werden können, ist Gegenstand laufender Arbeiten. Die Verteilung von Copepoden- und Krillkot in der Wassersäule zeigt, daß der größte Teil dieser sonst schnell sinkenden Partikel bereits in den oberen 200 m von Koprophagen genutzt wird. Welche Organismen zu diesem Kreis speziell gehören, ist noch unklar.

Vor Kapp Norvegia wurde mittels einer Verankerung mit Sinkstofffallen und Strommessern eine Sukzession absinkenden, planktischen Materials von Copepodenkotbällen über Eisaigenaggregate und Krillkot zu Minipellets zur Zeit der Eisschmelze und Frühjahrsblüte registriert und der Einfluß von Schelfrandwellen auf das Sedimentationsmuster bestimmt. Der vertikale Kohlenstofffluß in diesem Zeitraum war mit durchschnittlich $100 \text{ mg C m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$ (10 g C m^{-2} im gesamten Frühjahr) vergleichbar den maximalen Sedimentationsraten aus anderen Schelfbereichen der Antarktis.

Während der Reise ANT IX/3 wurden Algenbiomasse und -produktion sowie bakterielle Stoffumsätze im Meereis, in der Wassersäule und im Sediment untersucht. Auf verschiedenen Transekten senkrecht zur Küste und entlang des Küstenstromes folgten bakterielle Biomasse und Wachstum in der Wassersäule dem Verteilungsmuster von Chlorophyll a. Der Kohlenstofffluß konnte während einer üppigen Diatomeenblüte im Küstenstrom der Lazarev See bilanziert werden (s. Kapitel "Ausgewählte Forschungsthemen"). Ein Herbststurm bewirkte das Absinken von ca. 30 g C m^{-2} innerhalb von zwei Wochen. Dieses Ergebnis läßt vermuten, daß durch Sturmereignisse Planktonblüten mehrfach pulsartig auch nach der Frühjahrsblüte zum Export von Kohlenstoff aus der Ozeandeckschicht beitragen.

Meereisökologie

Untersuchungen des Nährsalzhaushalts im Meereis haben gezeigt, daß Stickstoff und Phosphor dort begrenzt regeneriert werden, aber die Kieselschalen von Diatomeen sich kaum auflösen. Somit kann im Meereis eine Silikatlimitierung entstehen, die sich auf die Zusammensetzung der Meereisflora auswirken kann. Auf der amerikanischen McMurdo Station wurde die Eisplättchenschicht unter dem Festeis mit einem speziell angefertigten Gerät untersucht, das die Beprobung des interstitiellen Wassers in hoher vertikaler Auflösung (12 cm) erlaubt. Neben hohen Chlorophyll a Konzentrationen wurden extrem hohe Ammoniumwerte gefunden, deren Herkunft noch unklar ist, zumal sich die übrigen Nährsalze im normalen Rahmen hielten.

Die Beziehung zwischen Algenbiomasse und Eismächtigkeit, Schneebedeckung und anderen Parametern wird anhand sämtlicher Daten, die auf deutschen sowie amerikanischen Expeditionen in das Weddellmeer (1983-1989) gesammelt wurden, in Zusammenarbeit mit der University of Southern California, Los Angeles ausgewertet. Die gleichzeitige Erfassung der Meereisflora und des Phytoplanktons in der darunter liegenden Wassersäule zeigt, daß Eisalgen auch während des Winters ins Wasser gelangen. Algenreiche Schichten können im Frühjahr selektiv herausgeschmolzen werden. Hierdurch wird ein wesentlicher Teil der Eisalgen vor der Entstehung einer stabilisierten Deckschicht ins Wasser abgegeben, weshalb die Rolle der Eisalgen als Saat für Planktonblüten bislang wohl überschätzt worden ist. Die im Meereis verbleibenden Zellen neigen dazu, während des Sommers extrem hohe Lipidgehalte aufzubauen. Die Bedeutung und das Schicksal dieser Öltröpfchen werden experimentell untersucht.

Die bakterielle Aktivität im Eis zeigt eine ausgeprägte räumliche Heterogenität, die mit der Algenbiomasse korreliert ist. In verschiedenen Eistypen wurde nachgewiesen, daß die Aktivität vor allem in der interstitiellen Sole auftritt, und weniger im lose assoziierten Wasser. Der Einfluß eisspezifischer Ökofaktoren auf die bakterielle Schleimbildung hängt von der taxonomischen Zugehörigkeit ab. Die extrazellulären Polysaccharide werden u.a. bei suboptimalen Temperaturen vermehrt ausgeschieden. Die Untersuchung der Temperaturabhängigkeit von Enzymproduktion und -kinetik bei ausgesuchten psychrophilen Bakterien ergab, daß der Abbau partikulärer Substanzen stärker über die Produktion der Enzyme, d.h. über das Wachstum und die Temperaturanpassung des Gesamtorganismus reguliert wird, als über eine extreme Anpassung des Enzyms selbst.

Die Pilzflora des Eises ist ebenfalls sehr heterogen. Im Festeis vor Halley Bay wurden große Mengen von Thraustochytrien gefunden; die Gründe für diese lokale Ansammlung sind noch unklar. Die Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* ist im Meereis des Weddellmeeres sehr häufig und wird während der Meereisbildung eingeschlossen. Vermutlich dient das Meereis als Überwinterungsquartier. Die Biologie dieser Art wird jetzt eingehend studiert.

Tiefseeökologie

Sedimentuntersuchungen wurden in den tiefen Bereichen (> 3000 m) der Lazarev See auf einem Schnitt zum Maud Rise durchgeführt. Aktivität hydrolytischer Enzyme konnte nur in den oberen 3 cm des Sediments nachgewiesen werden. Dies bestätigen die Sauerstoffprofile (Sektion Geologie). Im Vergleich

dazu wurden im gemäßigten Nordatlantik (> 4000 m) Enzymaktivitäten bis zu 6 cm und 9 cm Sedimenttiefe gefunden. Dies wird vermutlich durch die relativ geringen Sedimentationsraten und durch geringere Bioturbation im Weddellmeer hervorgerufen. In einer flockigen, aus Crustaceenkot bestehenden Oberflächenschicht in 4300 m konnten erstmals lebende Amöben beobachtet werden. Ein Xenophyophoride (foraminiferenähnlicher Riesenrhizopode) konnte in einer anderen Probe isoliert und konserviert werden. Wegen des vorzüglichen Erhaltungszustandes des vorliegenden Exemplars ist jetzt eine Revision der Hypothesen zur Ernährungsweise dieser rätselhaften Tiergruppe, die weltweit in der Tiefsee verbreitet ist, möglich geworden (Zusammenarbeit mit Sektion Geologie und der Universität Kopenhagen).

Marine Pilze

Aus dem antarktischen Pelagial konnten inzwischen viele psychrophile und psychrotrophe Pilzstämme, insbesondere Hefen und niedere Pilze (pilzähnliche Protisten) isoliert werden; darunter befinden sich mehrere neue Arten, u.a. aus der interessanten Gruppe der Thraustochytriales. Ein umfangreiches Screening-Programm zur Produktion und Aktivität extrazellulärer Enzyme bei niederen Pilzen ergab, daß antarktische Pilzisolat bei niederen Temperaturen deutlich höhere Enzymaktivitäten aufweisen als vergleichbare Isolate aus gemäßigten und subtropischen Breiten. Unterschiede im Enzymspektrum waren dagegen kaum festzustellen. In Kooperation mit der TU Braunschweig wurden auch Bodenproben und einzelne Moose sowie Flechten auf das Vorkommen vor allem endophytischer Mikropilze hin untersucht. Auch hier zeigen die ersten Ergebnisse eine deutliche Dominanz psychrophiler Hefen.

Bakterien

Die quantitative Erfassung obligat oligotropher Bakterien erfolgte während ANT VIII/6 mit der 14C-MPN-Methode. Aus Anreicherungskulturen, in Dialysekammern in natürlichem Seewasser angelegt, konnten 105 oligotrophe Bakterien isoliert und in Kultur gebracht werden. Eine Reihe dieser Isolate kann Methylin als einzige Kohlenstoffquelle verwerten, und sie gehören somit zur Gruppe der hyphenbildenden (prosthecate) Bakterien der Gattung *Hyphomicrobium*. Zur Strukturanalyse der Bakteriengemeinschaften wurden aus etwa 180 Reinkulturen niedermolekulare RNS-Fractionen (5S rRNS, tRNS) isoliert und elektrophoretisch getrennt. Nach den ersten Ergebnissen zeigte sich keine große Artenvielfalt. Methodische Schwierigkeiten ergaben sich häufig durch die Überlagerung der Nukleinsäuren durch

Bakterienschleime. Hier soll durch säulenchromatographische Verfahren Abhilfe geschaffen werden. Die gewonnenen Daten fließen in eine Datenbank ein, mit deren Hilfe zukünftig Bakterienstämme aus Mischkulturen identifiziert werden können.

4.2.2 Arbeiten in der Arktis

Makroalgen

Die Erforschung arktischer Großalgen wurde 1990 auf der dänischen Arktis-Station auf der Disko-Insel begonnen und 1991 bei der Koldewey-Station auf Spitzbergen fortgesetzt. Auf beiden Reisen wurde der Artenbestand untersucht sowie Kulturen von insgesamt 45 Arten angelegt. Besonders interessant ist der Vergleich der morphologischen und physiologischen Charakteristika bipolar verbreiteter Arten. Zusammen mit einer molekularbiologischen Analyse, die an der Universität Groningen durchgeführt wird, soll ein Beitrag zur globalen Evolution von Kaltwasser-algen gegeben werden. Auf der Koldewey-Station wurde in Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie auch die Bildung volatiler Organohalogenverbindungen in Freilandmakroalgen sowie die Konzentrationen dieser Substanzen im küstennahen Oberflächenwasser ermittelt.

Planktonökologie und Stoffflüsse

Während der Teilnahme an der EPOS II Fahrt (ARK VIII/2), rund um Spitzbergen, wurden Biomasse von Phytoplankton und Protozooplankton, Menge des Zooplanktonkots sowie der vertikale Partikelfluß im Rahmen des Gesamtprogramms untersucht. Auf zwei Nord-Süd Schnitten durch die Barentssee war die Beobachtung einer typischen Eisrandblüte möglich, die sich im Verlauf der Untersuchung mit dem zurückziehenden Eis weit nach Norden verlagerte. Im Süden kamen tiefe Chlorophyll *a* Maxima nahe der Sprungschicht vor und im Norden befand sich die höchste Phytoplanktonbiomasse noch in den oberen Metern der Wassersäule. Westlich von Spitzbergen war die Phytoplanktonbiomasse relativ geringer als in der Barentssee und nahm dann im stark vereisten Norden und Nordosten weiter ab.

An Bord durchgeführte Experimente mit dominanten Copepodenarten zeigten, daß Koprophagie (Fressen von intakten Kotballen) und Koprohexie (durch Fressen bedingtes Zerbrechen von Kotballen) zum "normalen" Freßverhalten von Copepoden gehört. Diese Prozesse sind vermutlich der wichtigste Grund, weshalb nur ein kleiner Teil des Copepodenkots absinkt. Die geringen Mengen sowie die Zusammensetzung der in den Fallen

gesammelten Sinkstoffe deuten auf ein für Sommergemeinschaften typisches Sedimentationsmuster hin. Eine Zweijahres-Verankerung, bei 81° N 30° E in 75 m ausgebracht, soll Aufschluß über die saisonalen Unterschiede der Sedimentation aus der euphotischen Schicht im stark vom Packeis beeinflussten Nord-osten Spitzbergens geben.

Pilze

Untersuchungen des Pilzbesatzes im Wasser, Plankton und Meereis der Grönlandsee und Framstraße zeigten besonders hohe Werte (bis zu 104 pro ml). Das Zooplankton erwies sich darüberhinaus zu einem überraschend hohen Prozentsatz durch Protisten befallen, die zum Teil als pilzähnliche Organismen identifiziert werden konnten. In der Polynya vor NO-Grönland variierten die Bakterien- und Pilzdichten innerhalb weniger Seemeilen außerordentlich stark. Dafür gibt es bisher keine schlüssige Erklärung.

Bakterien

Im Gegensatz zur Antarktis und anderen Tiefseeregionen, wo extrem kälteangepaßte Bakterien mit maximalen Wachstumstemperaturen unter 12° C überwiegen, zeigten die Isolate aus der Framstraße und der Grönlandsee ein breiteres Temperaturspektrum von 1-30° C und erwiesen sich somit als psychrotroph. Obligat psychrophile Bakterien kamen nicht vor. Versuche zur Verwertung organischer Substrate bei 2 und 20° C ergaben fast immer gleich gute Substratabbau-Aktivität bei beiden Temperaturen. Auch obligat oligotrophe Bakterien wurden – im Gegensatz zur Antarktis – nur in einer Wasserprobe nachgewiesen. Insgesamt belegen die Ergebnisse erneut die deutliche Verschiedenheit arktischer Bakterienpopulationen von denen anderer Kälteregeonen.

4.2.3 Arbeiten im Labor, in der Nordsee und anderen Meeresgebieten

Antarktische Makroalgen

Die jahreszeitliche morphologische Entwicklung antarktischer Makroalgen wurden in einem Langzeitversuch unter sinusoidal fluktuierenden antarktischen Tageslängen dargestellt. Die Morphogenese von den drei untersuchten endemisch antarktischen Arten entsprach im Detail den verfügbaren Felddaten. Die saiso-

nale Entwicklung von Arten, über die noch keine Felddaten vorliegen, wird nun untersucht. Diese Arbeiten entstanden teilweise in Zusammenarbeit mit der Monash University Melbourne und der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

Untersuchungen zur Photosynthese endemischer antarktischer Arten ergaben, daß die maximalen Photosyntheseraten – wie auch die Wachstumsraten unter lichtsättigenden Bedingungen – bei einer Untersuchungstemperatur von 0° C ähnlich hoch waren wie bei kalt-gemäßigten Arten gemessen bei höheren Temperaturen. Dies weist auf eine besondere Anpassung des Photosyntheseapparats dieser endemischen Arten an die niedrigen antarktischen Wassertemperaturen hin. Vergleichende methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Photosyntheseaktivität bei niedrigen Temperaturen ergaben eine gute Übereinstimmung zwischen polarographischer, Winkler- und 14C-Methode.

Wie das Licht und die Salinität den Zellmetabolismus antarktischer Grünalgen beeinflussen, wurde zusammen mit der Universität Bremen und der Tierärztlichen Hochschule Hannover untersucht. Dabei ging es darum, die Raten verschiedener Prozesse wie Wachstum, Photosynthese und Atmung zu messen und besonders den Gehalt an β -Dimethylsulphoniumpropionat (DMSP), der Vorstufe des Dimethylsulfids (DMS), zu bestimmen. Die DMSP-Bildung ist positiv mit hohen Lichtbedingungen, hohen Salinitäten des Außenmediums und niedrigen Temperaturen korreliert. Bei Kultur unter den oben erwähnten jahreszeitlich fluktuierenden antarktischen Tageslängen nahm die DMSP-Produktion unter Winterbedingungen ab und stieg unter Sommerbedingungen an. Diese Ergebnisse stimmen mit der jahreszeitlich unterschiedlichen biogenen DMS-Bildung in küstennahem Oberflächenwasser überein.

Organohalogenverbindungen anthropogenen Ursprungs spielen eine bedeutende Rolle in den photochemischen Reaktionen der Atmosphäre. Auch Makroalgen können große Mengen dieser Substanzen produzieren. Die Bildung volatiler Organohalogenverbindungen in antarktischen Makroalgen wurde zusammen mit der Sektion Chemie untersucht. Die Messungen ergaben Abgaberraten bis zu 134 ng Bromoform pro g Algenabtropfgewicht.

Phytoplankton

Fragestellungen zur Ökophysiologie ausgewählter Phytoplankton- und Eisalgenarten, die sich aus den Freilanduntersuchungen ergeben, werden seit 1991 gezielt in eigens für diesen Zweck eingerichteten Kühltruhen bearbeitet. Im einzelnen wurden im vergangenen Jahr an einer *Chaetoceros*-Art Versuche zur Lichtrespiration und an mehreren Diatomeenarten sowie an

der Haptophyceae *Phaeocystis* Experimente zur Freisetzung von DMS, zum Wachstum und zur Photosynthese durchgeführt (s. Kapitel "Ausgewählte Forschungsthemen"). Eine weitere Studie mit radioaktiv markierten Planktonalgen in Fütterungsversuchen hat nachgewiesen, daß der Copepode *Metridia gerlachii* nicht nur Diatomeen, sondern auch *Phaeocystis* beweidet und die angebotene Nahrung je nach Partikelgröße mit unterschiedlicher Effektivität nutzt. Für molekularbiologische Untersuchungen zum Artstatus morphologisch nur schwer zu unterscheidender Arten wie *Phaeocystis* wurden Kulturen arktischer, temperierter und antarktischer Arten angelegt. Letztere Untersuchungen basieren darauf, daß ribosomale RNA-Moleküle die genauesten Anzeiger evolutionärer Veränderungen sind, weil sie in allen Organismen dieselbe Funktion haben und genug Variabilität aufweisen, so daß aufgrund der Sequenzanalysen von rRNA-Genen verwandtschaftliche Beziehungen zu ergründen sind. Mit diesen Untersuchungen konnte bereits eindeutig gezeigt werden, daß es sich bei den in der Kolonieform morphologisch nicht zu unterscheidenden *Phaeocystis*-Isolaten *P. globosa* aus der Nordsee und aus dem Weddellmeer tatsächlich um zwei Arten handelt.

Untersuchungen zur Auflösung von Diatomeenschalen wurden an drei Arten mit unterschiedlich dicken Schalen durchgeführt. Es bestätigte sich die Hypothese, daß aluminiumhaltiges Kulturmedium die Löslichkeit der Kieselschalen herabsetzt. Ein Indiz für einen möglichen bakteriellen Einfluß auf die Schalenauflösung konnte ebenfalls erbracht werden.

Planktonaggregate

Massenaggregationen im Pelagial wurden auf einer Station in der Deutschen Bucht 18 Monate lang mit Unterstützung der Biologischen Anstalt Helgoland aufgezeichnet und in Beziehung zu den an der Station täglich gemessenen Umweltparametern gesetzt. Damit ist es erstmals gelungen, die den Aggregationsprozeß regulierenden Faktoren näher einzugrenzen. Der daraus hervorgegangene Datensatz war die Grundlage für ein numerisches Modell zur Aggregation während Phytoplanktonblüten, das in Zusammenarbeit mit der Sektion Physik II erstellt wurde (s. Kapitel "Ausgewählte Forschungsthemen"). Mit einem am AWI entwickelten in situ-Meßgerät wurde die Aggregatsinkgeschwindigkeit bestimmt. Diese Messungen haben ergeben, daß – entgegen bisheriger Einschätzungen – die Aggregation suspendierter Partikel nicht grundsätzlich mit einer Erhöhung der Partikel-sinkgeschwindigkeit verbunden ist. Durch den Einschluß von Gasblasen können selbst zentimetergroße Aggregate über mehrere Tage schwebend in der Wassersäule verweilen.

In Laborexperimenten wurde die Zellklebrigkeit von Algenkulturen unter unterschiedlichen Kulturbedingungen und in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand der Algen untersucht. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit Technikern des Institutes eine bereits bestehende Rotationsapparatur (siehe Zweijahresbericht 1988/89) in der Weise weiterentwickelt, daß in den rotierenden Containern eine quantifizierbare Scherung erzeugt werden kann, um die Zellklebrigkeit quantitativ zu bestimmen. Erste Ergebnisse zeigen, daß sich die Zellklebrigkeit sowohl von Art zu Art stark unterscheidet als auch innerhalb des Wachstumszyklus einer Art variiert.

Marine Pilze

Eine neue Methode zur direkten Bestimmung niederer Pilze mit Hilfe fluoreszenzmikroskopischer Techniken wurde entwickelt und an Reinkulturen sowie Planktonproben aus der Nordsee erfolgreich erprobt (Zusammenarbeit mit National Institute of Oceanography, Indien). Untersuchungen in der Deutschen Bucht konnten erneut den starken Befall mariner Diatomeen durch parasitische Meerespilze (*Lagenisma coscinodisci*) unter Beweis stellen; im Spätsommer 1991 wurden Befallshäufigkeiten von bis zu 75 % festgestellt.

Bakterien

Die Untersuchungen zur Taxonomie, Phylogenie sowie Ökophysiologie tiefenangepaßter, d.h. barophiler/psychrophiler Bakterien wurden nach Umstellung aller konventionellen taxonomischen Tests auf neue, unter höherem hydrostatischen Druck inkubierbare Mikromethoden erfolgreich fortgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, daß es sich bei den meisten barophilen Isolaten um bisher unbekannte Stämme handelt. Kälteanpassung bei Bakterien bedingt keineswegs gleichzeitig eine Druckanpassung. Andererseits verhalten sich extrem barophile Bakterien bei Atmosphärendruck extrem psychrophil und zeigen Temperatur-optima von unter 0°C. In Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie wurden Vertreter einzelner barophiler Gruppen auf ihr Fettsäuremuster untersucht, wobei Barophile – im Vergleich zu herkömmlichen Prokaryonten – durch den Besitz langkettiger, vielfach ungesättigter Fettsäuren auffielen. Nach ungewöhnlichen Verbindungen aus anderen Stoffklassen wird in Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen (Universität Göttingen; Universität Mühlhausen, Frankreich) gesucht. Die Phylogenie der Barophilen wird mit Hilfe von 16S r RNA-Sequenzanalytik zusammen mit der Universität Queensland, Australien, bearbeitet. Bisher vorliegende Ergebnisse deuten daraufhin, daß sich diese

Tiefseeorganismen auf bisher unbekanntem Entwicklungszweigen befinden. Es gilt nun, die Verbindungsglieder zu bekannten Gruppen zu finden.

Die Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) wurde im Hinblick auf biotechnologisch ausgerichtete Fragestellungen fortgesetzt. In Kooperation mit der Universität Göttingen wurden Untersuchungen über Bildung und Wirkung sekundärer Metabolite von marinen Actinomyceten durchgeführt. Es konnten neue Substanzen gefunden, isoliert und bestimmt werden.

Die extrem psychrophilen *Alteromonas*-Stämme aus der Antarktis, der tropischen Tiefsee und dem nordwestafrikanischen Auftriebsgebiet wurden durch DNS-DNS-Hybridisierungen miteinander verglichen. Enge verwandtschaftliche Beziehungen zeigten sich nur zwischen den Bakterien innerhalb der verschiedenen Regionen, nicht aber zwischen den Organismen unterschiedlicher Meeresgebiete. Eine Reihe häufig im Meer vorkommender *Agrobacterium*-Arten konnten ebenfalls unter Anwendung dieser Methode als eigenständige Gruppe obligat mariner Bakterien definiert werden.

Detritusnahrungskette

Eine Arbeit über Ursachen und Verlauf der Stickstoffanreicherung in Detritus wurde abgeschlossen. Am Beispiel des Modell-Detritus-Substrates Zellulose konnten Argumente gebracht werden, daß in der umfangreichen Schleimhülle, die die zelluloseabbauenden Bakterien entwickeln, Aminosäuren aus dem umgebenden Wasser adsorbiert werden. Diese leicht verfügbaren Stickstoffverbindungen werden als eine wichtige Nahrungsquelle für Detritusfresser angesehen. Die Nematodenbesiedlung sulfidischer Bereiche im Nordsee-Watt, die in letzter Zeit verstärkt auftreten und vermutlich eine Folge der zunehmenden Eutrophierung darstellen, wurden gemeinsam mit der Universität Hamburg untersucht. Unter den hier häufig vorkommenden Nematoden gibt es Arten, die mit chemoautotrophen Bakterien in Symbiose leben und andere, für die die Aufnahme gelöster organischer Substanzen aus dem Sandlückenwasser als Haupternährungsquelle wahrscheinlich ist.

Diatomeen Taxonomie

Der Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatz für Diatomeenkunde wurde 1991 mit Dr. Richard Crawford neubesetzt. Zur Zeit wird die umfangreiche Information zur Sammlung auf Computer übertragen sowie die Taxonomie der im Meereis häufigen kleinen *Chaetoceros*-Arten geklärt.

4.3 Chemie

4.3.1 Forschungsarbeiten in der Arktis

Stratosphärisches Ozon

Im Sommer 1991 wurde die Koldewey-Station auf Spitzbergen ihrer Bestimmung übergeben, an deren Konzeption Wissenschaftler der Sektion Chemie maßgeblich beteiligt waren. Im Rahmen der Ozonforschung in der Arktis wurden dort die stratosphärische Ozonschicht, Aerosole und stratosphärische Spurengase beobachtet (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen).

Die Messungen der arktischen Ozonschicht auf Spitzbergen wurden mit Hilfe eines optischen Radars (Lidar) als Fernerkundungsmethode und mit elektrochemisch arbeitenden Ballonsonden, für die Aufnahme von Höhenprofilen im Bereich von 10-40 km, durchgeführt. Der 1990 und 1991 gewonnene, umfangreiche Datensatz zeigt eine starke Variabilität der arktischen Stratosphäre auf.

Die Beobachtung stratosphärischer Aerosole zielt vor allem auf die Erforschung der Polaren Stratosphärischen Wolken (PCS's), in denen heterogene chemische Reaktionen ablaufen, die das Ozon zerstören. Für die Messungen der optischen Eigenschaften der stratosphärischen Aerosole wurde 1991 die Lidar-Apparatur um einen zweiten Laser und einen Detektor erweitert.

Zur Messung von stratosphärischen Spurengasen, die für die Ozonchemie relevant sind, wurde 1991 ein hochauflösendes mobiles FTIR-Spektrometer in Betrieb genommen. Das Gerät kommt während der EASOE-Kampagne (European Arctic Stratospheric Ozone Experiment) im Winter 1991/92 erstmalig in Spitzbergen zum Einsatz und ergänzt die laufenden Lidar-Ozonsondenmessungen.

Organohalogenverbindungen in Makroalgen

Die laborexperimentellen Arbeiten zur Bildung und Abgabe flüchtiger Organobromverbindungen bei Großalgen wurden durch Felduntersuchungen in Spitzbergen ergänzt (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen). Zusammen mit Biologen haben wir an der Koldewey-Station die Konzentrationen verschiedener Halogenverbindungen in situ im Wasser und an frisch gesammeltem Algenmaterial untersucht. Ziel der Untersuchungen ist es, die Bildungsmechanismen zu erforschen und im Zusammenhang mit luftchemischen Untersuchungen den Einfluss auf die stratosphärische Ozonkonzentration zu erfassen.

Nährstoffe und organisch gebundener Stickstoff

Auf mehreren Arktisexpeditionen wurden Nährstoffmessungen im Zusammenhang mit biologischen und hydrographischen Untersuchungen durchgeführt. Neben der Bestimmung der gelösten freien und gebundenen Aminosäuren ergab die Molekülgrößenfraktionierung, daß ein erheblicher Anteil organischer Stickstoffverbindungen im niederen Molekularbereich bis 3000 D zu finden ist. Größere Unterschiede gab es zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser. Zur weiteren Identifizierung und Quantifizierung wurde der Anteil von Huminstoffen am DON-Pool bestimmt, der nach ersten Ergebnissen ca. 40 % des DON ausmacht. Die Bestimmung von niedermolekularen Stickstoffverbindungen konzentriert sich z.Zt. darauf, freie und gebundene Aminosäuren und deren Assoziation mit Huminstoffen zu identifizieren und zu quantifizieren.

Lipidstoffwechsel arktischer Organismen

Bei den Lipiduntersuchungen in polaren Organismen waren die Speicherlipide des Zooplanktons, wie z.B. die Wachsester, von besonderem Interesse. Daneben standen Untersuchungen über die Verwendung von Fettsäuren als Markersubstanzen, um die Beziehungen zwischen Phytoplankton und Zooplankton in der Nahrungskette zu identifizieren. Hierbei wurden von dem Copepoden *Calanus hyperboreus* bis zu 20% einer ungesättigten Marker-Fettsäure eingebaut.

Spurenmetalle in der Arktis

In der Arktis und im Ostatlantik wurde der Einfluß der gelösten Spurenmetalle Cadmium, Blei, Kupfer und Zink auf marine Zooplanktonorganismen in Abhängigkeit von der Hydrographie und der Nährstoffsituation untersucht. Hochsignifikante Korrelationen zwischen Cadmium und Phosphat mit einem durchschnittlichen $\Delta\text{Cd}:\Delta\text{P}$ -Verhältnis von $1,7 \times 10^{-4}$ und negative Korrelation zwischen Cadmium und Chlorophyll a zeigen, daß Cadmium an den biologischen Kreisläufen teilnimmt und damit eine besondere Stellung innerhalb der hier untersuchten Metalle einnimmt. Für die Elemente Blei, Kupfer und Zink konnte dieses Ergebnis nicht bestätigt werden.

Die Analysen ergaben, daß in der Arktis das Phytoplankton zwischen 60 und 80% des gelösten Cadmiums während der Frühjahrsblüte fixiert. Für Cadmium konnte ein Kreislauf mit vier Phasen beschrieben werden: der Zustand zu Beginn, im fortge-

schriftlichen Stadium und am Ende der Primärproduktion sowie während der Zehrung in der Grönlandsee. Herbivore Organismen nehmen Cadmium primär über die Nahrung auf. Mit Hilfe eines "Zwei Box Modells" wurde die theoretische Cadmiumaufnahme von Copepoden für eine 30-tägige Nahrungsaufnahme berechnet. Sie liegt mit $0,45 \mu\text{g} \times \text{g}^{-1} \text{Cd}$ um den Faktor 6,5 niedriger als die gemessenen Durchschnittskonzentrationen in den Organismen.

4.3.2 Forschungsarbeiten in der Antarktis

Atmosphärische Spurenstoffe/ Georg-von-Neumayer-Station

Schwerpunkt der Messungen am luftchemischen Observatorium der Georg-von-Neumayer-Station sind Spurenstoffe der antarktischen Troposphäre. Im Rahmen des routinemäßigen Programms wurden u.a. die bodennahe Ozon-Konzentration, Kondensationskerne, Methan, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, $^{222}\text{Radon}$, $^{85}\text{Krypton}$, $^{14}\text{CO}_2$ und $^{13}\text{CO}_2$ und das Langzeitverhalten ausgewählter chemischer Komponenten des Aerosols wie Sulfat, Seesalz und Spurenmetalle gemessen. An den Untersuchungen sind mehrere deutsche Institute beteiligt. Die Spurenstoffmessungen an der Georg-von-Neumayer-Station führen die Überwinterer des AWI durch.

Markerfunktion von Fettsäuren in antarktischen Nahrungskettengliedern

Die Erfassung von Gesamtlipiden, der Fettsäurezusammensetzung und von Lipidklassen hat ergeben, daß die typischen Phytoplanktonfettsäuren in herbivoren Copepoden wiederzufinden sind. Die Markerfunktion dieser Fettsäuren geht in höheren Organismen jedoch weitgehend verloren. Zusätzlich wurde festgestellt, daß die untersuchten Phyto- und Zooplankter artspezifische Lipidzusammensetzungen haben.

Calanus propinquus legt seine Speicherlipide vornehmlich in Form von Triacylglyceriden an, während *Metridia gerlachei* und *Calanoides acutus* sowohl Triacylglyceride als auch Wachsester synthetisieren. Untersuchungen mit ^{14}C -markierten Tracern gaben Einblick in den Aufbau der Wachsesterfraktion von Copepoden.

Sekundärmetabolite

In Fortführung der Arbeiten über Inhaltsstoffe, insbesondere Sekundärmetabolite, in Meerestieren wurden 70 Wirbellose mit gaschromatographischen und massenspektrometrischen Methoden untersucht. Der Schwerpunkt lag bei Polychaeten der Bransfieldstraße. Halogenhaltige Substanzen wurden nur in wenigen Tierarten gefunden, darunter in vier Arten der Terebellidae. Da zehn weitere Spezies der Terebellidae von der Antarktischen Halbinsel, der schwedischen Westküste und vom Ärmelkanal keine organischen Halogenverbindungen enthielten, ist das Vorkommen solcher Substanzen nicht spezifisch für diese Polychaetenfamilie. Verbindungen mit pheromontypischen Strukturen konnten in einigen Fällen nachgewiesen werden.

Charakteristisch war das Auftreten von Sesquiterpenen in Gorgonaria und Nudibranchia. Analysen von Wachsestern, Glyceriden und Sterolen sind für das Verständnis der physiologischen Anpassung an tiefe Temperaturen von Bedeutung. In antarktischen Maldanidae wurden im Gegensatz zu anderen Polychaetenfamilien Wachsester in hohen Konzentrationen festgestellt; die Gehalte dieser Verbindungen waren in einer niantarktischen Maldanidenart erheblich geringer. Auffallend war das Vorkommen großer Mengen von Monoglyceriden in den Gattungen *Thelepus*, *Pista* und *Lanice*. Bei der Analyse von Sterolen wurden artspezifische Muster identifiziert. In Laboruntersuchungen wurde die Abgabe von Bromphenolen, die antibakterielle Wirkung besitzen, am Polychaeten *L. conchilega* untersucht.

Umweltchemikalien in Pinguinen

In Ergänzung der Untersuchungen über das Vorkommen und die Verteilung persistenter, anthropogener Stoffe wurden in Pinguinen aus der Atka Bucht das Vorkommen von Organohalogenverbindungen untersucht. Im Mittelpunkt der Arbeiten stand der Nachweis und die Quantifizierung anthropogener Organohalogenverbindungen in jungen Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*).

Den größten Anteil der Schadstoffe stellt Hexachlorbenzol, welches in Konzentrationen von 0,09-4,2 mg/kg im Fett bestimmt werden konnte. Die Hauptkomponente der DDT-Gruppe bildet das p,p'-DDE, das in Konzentrationen bis zu 3,5 mg/kg im Fett vorlag. Die Summe von 16 verschiedenen PCB-Komponenten ergab Gehalte bis 1,3 mg/kg im Fett, wobei die gefundenen PCB-Muster nicht mit denjenigen von technischen Gemischen übereinstimmen. Qualitativ konnten auch Chlordankomponenten identifiziert werden.

4.3.3 Forschungsarbeiten im Atlantik und in der Nordsee

Leichtflüchtige Halogenverbindungen Austausch Ozean/Atmosphäre

Halogenhaltige, leichtflüchtige Verbindungen werden im Ozean von zahlreichen Organismen gebildet. Endprodukte der Metabolisierung sind z.B. Bromoform und Methylbromid, die von den Organismen im Wasser freigesetzt werden und in die Troposphäre gelangen. Horizontale Verteilungsprofile dieser leichtflüchtigen Bromverbindungen wurden auf mehreren Meridionalschnittfahrten der "Polarstern" sowohl über dem Nord- und Südatlantik als auch über dem Weddellmeer gemessen.

Die analytische Methode der Luftprobennahme beruht auf der kryogenen Anreicherung und nachfolgender gaschromatographischer Identifizierung und Quantifizierung. Messungen der Spurenstoffkonzentration im Oberflächenwasser des Atlantiks ergänzten die luftchemischen Daten, um den Austausch halogener Spurenstoffe mit der Hydrosphäre zu untersuchen. Die biogenen bromhaltigen Spurengase dominieren in der marinen Troposphäre. An der Eisrandzone, wo im antarktischen Frühling und Sommer eine hohe biologische Aktivität einsetzt, steigen die Werte für Methylbromid um ein Vielfaches an.

Organische Inhaltsstoffe des Meerwassers

Die Untersuchung von biogenen und anthropogenen Stoffen im Meerwasser soll Aussagen über die Quellen und Kreisläufe dieser Stoffe liefern. Im Oberflächen- und Tiefenwasser des Nord- und Südatlantiks wurden zahlreiche Spurenstoffe, wie Sterole, Heneicosahexaen und Phytol nachgewiesen und eine Abnahme ihrer Konzentrationen längs der Ausbreitungswege des antarktischen Tiefen- und Zwischenwassers festgestellt. In Aerosolen waren polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs) relativ gleichmäßig über den Atlantik verteilt nachweisbar. Im Regenwasser der intertropischen Konvergenzzone wurden neben Hexachlorcyclohexan und PAHs Komponenten terrestrischen Ursprungs festgestellt.

Das Vorkommen von Monoterpenen im Oberflächenwasser weist auf erhebliche Quellstärken dieser photochemisch instabilen Stoffe im Ozean hin. Halogenhaltige Umweltchemikalien, wie Chlortuole, wurden erstmalig auch im atlantischen Tiefenwasser nachgewiesen, ebenso eine Reihe ungesättigter Fettsäuren in den atlantischen Becken.

Verteilung von Schwermetallen

Untersuchungen des biogeochemischen Verhaltens von Spurenmetallen im Ostatlantik ergaben für Cadmium, daß reziproke Verhältnisse zwischen der Konzentration des Metalls in Lösung und in Copepoden vorliegen. Dabei sind die gelösten Cadmiumkonzentrationen im Oberflächenbereich drastisch reduziert. Organismen nehmen Cadmium offensichtlich über die partikuläre Phase, also mit der Nahrung auf, da im Maximum der gelösten Cadmiumkonzentration die Organismen die niedrigsten Cadmiumgehalte aufweisen.

Biotransformation von polychlorierten Biphenylen (PCB)

Für die Beurteilung des Verbleibs Umweltchemikalien in der marinen Umwelt spielt die Kenntnis der Biotransformation organischer Verbindungen eine wichtige Rolle. Der Abbau von PCB wurde mit Enzympräparationen von Fischlebern untersucht, mit denen PCB-Komponenten unterschiedlicher Chlorsubstitution umgesetzt wurden. Das mikrosonale Monooxygenasesystem von Schollen und Klieschen erwies sich als aktiver im Vergleich mit dem aus Kabeljaulebern. Die bei der Umsetzung erzeugten hydroxylierten PCB-Komponenten wurden gaschromatographisch und massenspektrometrisch identifiziert und quantifiziert. Aus den Ergebnissen ließen sich Regeln zur Abhängigkeit der Biotransformation von der Struktur ermitteln.

4.3.4 Laboruntersuchungen

Homogene Gasphasenchemie des Ozons

Mit einem photochemischen Reaktor wird der Einfluß von bromhaltigen Verbindungen auf den Ozonabbau in der Stratosphäre studiert. Die zu untersuchenden Gasgemische werden darin mit UV-Licht bestrahlt und die dabei gebildeten stabilen bzw. transienten Produkte mit Hilfe hochauflösender FTIR-Spektroskopie identifiziert. Die Experimente zeigen eindeutig, daß der bromkatalysierte Ozonabbau wesentlich effektiver als der chlor-katalysierte ist. Die Photooxidation der biogenen Halogenkohlenwasserstoffe führt dabei über die Halocarbonylverbindungen zu den Endprodukten CO, CO₂, HBr, H₂O. In der unteren Stratosphäre dürfte ein Teil der Cl- oder Br-haltigen Carbonylverbindungen direkt mit H₂O zu HCl bzw. HBr reagieren, die dann zumindest teilweise wieder in die Troposphäre gelangen können. Scheinbar hat nur ein bestimmter Teil der in die Stratosphäre eingetragenen biogenen halogenhaltigen Spurengase einen direkten Einfluß auf die Ozonschicht.

Heterogene chemische Reaktionen

Zur Untersuchung chemischer Reaktionen, die für das Auftreten des Ozonlochs mitverantwortlich sind, werden mit einer neu entwickelten Versuchsanordnung Gase auf einen Probenträger kondensiert, der auf stratosphärische Temperaturen gekühlt ist. Die so präparierten Festkörper (Eisfilme) stellen die Oberflächen der sogenannten polaren stratosphärischen Wolken (PSC's) dar, an deren Oberfläche für den Ozonabbau entscheidende Reaktionen ablaufen können. In dieser Matrix wurden die Reaktanten, wie die Hydrate der Salpeter-, Chlorwasserstoff- und Bromwasserstoffsäure mit Ozon unter dem Einfluß von UV-Bestrahlung umgesetzt. Die hierbei stattfindende Abnahme der Ozonkonzentration wird quantitativ bestimmt.

4.4 Geologie

4.4.1 Forschungsarbeiten in der Antarktis

Die Forschungsprojekte in der Antarktis standen im Vordergrund der geowissenschaftlichen Arbeiten, was sich auch in der geowissenschaftlichen Beteiligung an den Antarktisexpeditionen widerspiegelt. Regionale Schwerpunkte bildeten die Gebiete der Polarfrontzone bzw. des Antarktischen Zirkumpolarstromes (ANT-VIII/3, ANT-IX/4) sowie die dem antarktischen Kontinent vorgelagerten ozeanischen Plateaustrukturen des Astrid- und Gunnerus-Rückens sowie der Maud-Kuppe (ANT-VIII/6).

Besonders die Arbeiten im polaren Südatlantik und im Weddellmeer waren Teil des Sonderforschungsbereichs "Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen" (SFB 261), oder standen in engem Zusammenhang mit ihm. Diesen 1989 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft bewilligten SFB betreiben das AWI und die Universität Bremen gemeinsam. Die Geowissenschaften am AWI sind in diesem SFB in zwei Teilprojekten mit paläoklimatischer und paläozeanographischer Thematik wesentlich beteiligt.

Bathymetrie

Um die Navigation und Positionsbestimmung bei den bathymetrischen Vermessungen in hohen Breiten zu verbessern, wurde auf "Polarstern" ein aus drei ASHTECH-GPS-Empfängern bestehendes Navigationssystem installiert.

In den hauptsächlichen Fahrtgebieten von "Polarstern", im Weddellmeer und im Südatlantik, wurde die Datensammlung für

den Aufbau eines Kartenwerkes im Maßstab 1 : 1.000.000 kontinuierlich fortgesetzt. Durch die gezielte Fahrtroutenplanung der An- und Abreisen der "Polarstern" in die Antarktis wird langfristig eine flächenhafte Erfassung angestrebt. Im Verlauf verschiedener geowissenschaftlicher Fahrtabschnitte wurden Übersichtsvermessungen am antarktischen Kontinentalrand im Bereich von Gunnerus-Rücken und Astrid-Rücken durchgeführt. Die Vermessungen im Bereich der Maud-Kuppe und des Wegener Canyons wurden verdichtet bzw. erweitert.

Paläozeanographie und Geschichte der Antarktischen Vereisung

Die isotopengeologischen, mikropaläontologischen und sedimentologischen Arbeiten konzentrierten sich auf die stratigraphische und paläozeanographische Untersuchung quartärer Sedimente aus dem Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstromes (ACC) im östlichen Südatlantik. Zur Rekonstruktion der Geschichte des ACC, seiner Frontensysteme sowie der Verbreitung von Meereis und Hochproduktionsgebieten wurden zunächst die methodischen Grundlagen zur quantitativen Rekonstruktion von Paläoumweltdaten, z.B. Temperatur, Nährstoffe und Meereisverbreitung, mit Hilfe von Mikrofossilvergesellschaftungen erarbeitet. Dazu wurde die Verbreitung von Radiolarien- und Diatomeenvergesellschaftungen, die in den oberflächensedimenten überliefert sind, mit den hydrographischen Parametern und der Ausdehnung des winterlichen und sommerlichen Meereises in Verbindung gebracht. Zusätzlich wurden die Ergebnisse aus Sinkstoff-Fallenmaterial berücksichtigt. Damit stehen wichtige Grundlagen zur Verfügung, Zeitreihenanalysen der Variabilität der ozeanographischen Parameter des ACC-Systems und der Meereisverbreitung zu erstellen, die bislang noch sehr lückenhaft bekannt sind.

Untersuchungen zur Rekonstruktion der paläozeanographischen und paläoklimatischen Entwicklung während des Pliozäns und Quartärs wurden an einem aus 12 Sedimentkernen bestehenden Probenprofil zwischen Südafrika und dem Antarktischen Kontinent begonnen. Bislang vorliegende Ergebnisse der Mikrofossil- und Isotopenanalysen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) sowie von Opalmessungen zeigen, daß sich im atlantischen Sektor des ACC keine bedeutenden Verlagerungen der Frontensysteme im Wechsel quartärer Warm- und Kaltzeiten feststellen lassen. Die Daten deuten aber darauf hin, daß zumindest während der Klimaoptima die Temperaturgradienten an den Fronten verringert waren.

Die Lage der Polarfront als nordwärtige Grenze der antarktischen Zone mit hoher Exportproduktion scheint relativ stabil zu sein. Die südliche Begrenzung des Produktionsgürtels ist offen-

bar im wesentlichen durch die Lage der Meereisverbreitung bestimmt. Während der Glazialzeiten wird der Produktionsgürtel südlich der Polarfront durch nordwärtige Verlagerung der Meereisgrenze eingengt oder verschwindet gänzlich. Allerdings zeigen die Zusammensetzung der kieseligen und kalkigen Mikrofossilgesellschaften, die Opalgehalte und die Zusammensetzung der Kohlenstoffisotope in den kalkigen Gehäusen planktischer und benthischer Foraminiferen, daß während der Glazialzeiten nördlich der Polarfront höhere Produktion als heute stattgefunden hat. Quantitativ ist diese Produktion aber deutlich geringer als in den Warmzeiten. Zusätzlich belegen sedimentologische Untersuchungen und Foraminiferenfaunen am antarktischen Kontinentalrand, daß dort eine relativ hohe rezente Produktion in glazialen und kälteren warmzeitlichen Perioden zum Erliegen kam.

Damit gibt es bislang keine Anzeichen für eine erhöhte biogene Produktion im Südpolarmeer während der Glazialzeiten, mit der die Abnahme des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre – wie er in Luftbläschen der glazialen Abschnitte kontinentaler Eiskerne (Antarktis, Grönland) dokumentiert ist – erklärt werden könnte.

Bestimmte benthische Foraminiferenfaunen sind im Weddellmeer und im östlichen Südatlantik den heute dort vorhandenen Tiefen- und Bodenwassermassen zuzuordnen. Gleichzeitig zeichnen die stabilen Kohlenstoffisotopen-Verhältnisse (¹²C/¹³C) ausgewählter epibenthischer Arten die isotopische Zusammensetzung des im Wasser gelösten CO₂ auf und dienen somit im Südatlantik zur Unterscheidung von nördlichen (NABW) und südlichen (AABW/WSBW) Bodenwassermassen.

Mit Hilfe sedimentologischer Parameter – wie Korn- und Tonmineralverteilung – wurde versucht, die Ausbreitung der Bodenwassermassen im polaren Südatlantik zu rekonstruieren. Erste Ergebnisse weisen für die Glaziale auf einen weit über die heutigen Verbreitungsgebiete südpolarer Bodenwasserkörper hinausgehenden mineralischen Stofftransport durch eine südliche Bodenwassermasse hin; zumindest für Teilgebiete muß dabei eine gegenüber heute geringere Transportgeschwindigkeit angenommen werden.

Glazialmarine Sedimentfazies und Sedimentationsprozesse

Die Bearbeitung eines umfangreichen Probensatzes vom antarktischen Kontinentalrand zwischen Camp Norway und der Atka-Bucht wurde vorläufig abgeschlossen. Elf ausgewählte Sedimentkerne, die mit zwei bis zehn Klimazyklen einen Zeitraum von 300.000 bis etwa 750.000 Jahren repräsentieren, wurden hochauflösend analysiert. Hieraus lassen sich Proxydaten für die

Oszillation der Schelfeise, die biogene Produktion und Meereisverbreitung sowie für Sedimenttransport durch Strömung ableiten. Für die Interpretation der Sedimententwicklung wurden erstmals die zwischen den stratigraphischen Fixpunkten interpolierten Parameter aller Kerne normiert und gestapelt. Die so gewonnenen Aussagen beschränken sich daher nicht auf einzelne Sedimentkerne, sondern erlauben eine Generalisierung über den gesamten 700 km langen Abschnitt des antarktischen Kontinentalrandes.

Mit der Kartierung der regionalen Verteilung feindetritischer mineralischer Sedimentkomponenten im Weddellmeer und polaren Südatlantik wurde begonnen. Erste Ergebnisse aus den Tonmineral-Assoziationen weisen auf deutliche Beziehungen zu unterschiedlichen Liefergebieten (Antarktische Halbinsel, Ostantarktis), zu den glazialmarinen Sedimentationsprozessen sowie zu den Bodenwassermassen des Weddellwirbels und des Zirkumantarktischen Stroms hin.

Die Kartierung des regionalen Verteilungsmusters der Sedimenttypen am antarktischen Kontinentalrand des Weddellmeeres wurde mit dem 1989 auf "Polarstern" installierten hochauflösenden Parasound-Sedimentecholot fortgeführt. Eine Sedimentechotypenkarte, in der bis zu 10 Echotypen mit teilweise hoch aufgelösten Eindringtiefen von < 20 m bis > 70 m dargestellt werden, wurde für das südöstliche Weddellmeer fertiggestellt. In der Tiefsee des Weddellmeeres sind inzwischen verschiedene langgestreckte Erosionsrinnen und Sedimentrücken kartiert, die auf einen kräftigen Sedimenttransport und kräftige -umlagerung, vermutlich durch episodische Trübeströme oder auch kontinuierliche thermohaline Bodenströmungen, hindeuten. Von bodennah in den Rinnen ausgebrachten Strommessern werden Daten erwartet, die Aufschluß geben, ob diese Prozesse rezent ablaufen oder die Rinnen fossile Muster darstellen.

Quartärstratigraphie in südlichen hohen Breiten

Die Methode der stratigraphischen Einstufung von Sedimentabfolgen mit Sauerstoffisotopen (¹⁶O/¹⁸O) wurde routinemäßig weiterverfolgt. Problematisch sind dabei jedoch der primär meist geringe Gehalt an karbonatischen Mikrofossilien sowie die Verfälschungen durch Störprozesse (z.B. Diagenese, Schmelzwasser-einflüsse, Bodenwasserbildung), die zu Abweichungen von der Standard-Isotopenkurve führen und bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen. Erste Ansätze zum Verständnis der Abweichungen der Isotopenkurven des antarktischen Kontinentalrandes von denen der niederen Breiten konnten durch eine Vielzahl von Isotopenuntersuchungen in der Wassersäule gemacht werden.

Im Rahmen von kombinierten isotopengeologischen und mikropaläontologischen Untersuchungen gelang es, Biofluktuationstratigraphien kieseliger Mikrofossilien mit der Standard-Isotopenstratigraphie zu korrelieren und zu eichen. Die Ergebnisse führen zu einer deutlichen Revision der in der Literatur angegebenen zeitlichen Einordnung von Häufigkeitsmustern der Diatomee *Eucampia antarctica*.

Frühdigenese von Opal

Die Untersuchungen zur Akkumulation und zum Abbau von biogenem Opal und organischem Kohlenstoff wurden in Teilaspekten mit der Ermittlung von Fluß- und Abbauraten für das südliche und südöstliche Weddellmeer abgeschlossen. Dabei zeigte sich, daß die Opalgehalte der Oberflächensedimente des Weddellmeeres deutlich niedriger sind als die des Ross-Meeress, so daß die in der Literatur betonte Bedeutung der antarktischen Scheifbereiche für den globalen Silikat-Stoffkreislauf daher relativiert werden muß.

Die Untersuchung geologisch junger (jünger als 600.000 Jahre) Porzellanite, einer Übergangsphase von Opal zu Quarz, wurde erfolgreich weitergeführt. An zwei Positionen an der Maud-Kuppe und am Südwestindischen Rücken konnte Porzellanit im zusammenhängenden Sedimentverband beprobt werden. Die ersten Analysenergebnisse zeigen an beiden Positionen eine deutliche Korrelation zwischen den Porzellanitlagen und einer sehr niedrigen Konzentration von organischem Kohlenstoff. Dies sind erste Hinweise auf die möglichen Zusammenhänge bei der frühdigenetischen Porzellanitgenese, die – in ihren Abläufen noch weitgehend unbekannt – bislang in den Bereich der Spätdigenese bei größeren Versenkungstiefen (> 100 m) und entsprechend höheren Temperaturen eingeordnet wurde.

Radionukleide

Die Untersuchungen zur Verteilung der natürlichen Radionukleide im Sediment und in der Wassersäule wurden während der Expeditionen ANT-VIII/3 und ANT-IX/3 weitergeführt. Hohe ^{210}Pb -Inventare und Sauerstoff-Zehrungsraten in den Sedimenten der Polarfront deuten darauf hin, daß hier das Maximum des organischen Kohlenstoffeintrages erreicht wird. Diese Ergebnisse stimmen überein mit den aus diesen Gebieten bekannten hohen Akkumulationsraten von Opal und bestätigen die hohen Partikelflußraten.

Zur Gewinnung der großvolumigen Wasserproben wurden dabei neue in situ Tauchpumpen eingesetzt. Entgegen den Erwartungen war im Bereich der Polarfront keine Abreicherung

von ^{230}Th oder ^{231}Pa zu beobachten. Dies deutet darauf hin, daß entweder der Auftrieb so rasch abläuft, daß keine Abreicherung entstehen kann, oder daß die Partikelfluß- und Scavengingraten geringer sind als bislang angenommen. Im Weddellmeer kommt es durch diesen Auftrieb und durch niedrige Scavengingraten zu einer starken (dreifachen) Anreicherung von ^{230}Th in der Wassersäule.

4.4.2 Forschungsarbeiten in der Arktis

Die Untersuchungen in der Arktis wurden weiter intensiviert; erste Arbeiten konnten abgeschlossen werden. Im Vordergrund standen die Expeditionen ARK-VII/3 zum Scoresby Sund und zum grönländischen Kontinentalrand und ARK-VIII/3 in den zentralen Arktischen Ozean.

Die bathymetrischen Fächersonarmessungen in der Framstraße wurden, dank der günstigen Eisverhältnisse in den Sommern 1990 und 1991, weitgehend abgeschlossen und auf die Hovgaard-Bruchzone nach Süden erweitert. Die Auswertung der Messungen und Erstellung eines Kartenwerkes wird zur Zeit im Rahmen einiger Diplomarbeiten durchgeführt. Im Grönlandbecken erfolgte eine Detailvermessung der Vesteris-Bank und eine Übersichtsvermessung im Bereich des Kolbeinsey-Rückens.

Die sedimentologischen Untersuchungen am grönländischen Kontinentalrand werden im Rahmen des Projekts "Polar North Atlantic Margins" (Ponam) der "European Science Foundation" (ESF) durchgeführt. Die im Detail verfolgten Fragestellungen der laufenden Arbeiten liegen dabei auf der spätquartären Vereisungsgeschichte Grönlands, dem Verhalten des grönländischen Eisschildes und der küstennahen Meereisdecke während eines Klimazyklusses sowie auf der paläozoozoographischen Rekonstruktion im Bereich des Ostgrönlandstromes.

Die Untersuchung der holozänen Sedimentationsgeschichte im Fjordsystem des Scoresby Sunds konnte im Rahmen einer Dissertation zu einem vorläufigen Abschluß gebracht werden. Während des Hochglazials vor 18.000 Jahren füllte ein Talgletscher den Fjord aus. Die postglazialen Sedimente erreichen eine Mächtigkeit bis zu 20 m und dokumentieren in ihrer Abfolge den Verlauf der holozänen Klimageschichte.

Im Rahmen der Auswertung des Kernmaterials der internationalen ARK-VIII/3 Expedition werden im AWI im wesentlichen sedimentologische Fragestellungen bearbeitet wie etwa die Akkumulation biogener und siliziklastischer Sedimentkomponenten im Wechsel zwischen Glazial und Interglazialzeiten. Erste

Ergebnisse der Komponentenanalyse zeigen eine deutliche Zweigliederung der oberflächennahen Sedimente. Diese ersten Daten weisen auf sehr drastische Änderungen in der terrigenen Sedimentzufuhr, der biogenen Produktion und/oder Karbonatlösung hin, die vermutlich den Übergang vom letzten Glazial zu den heutigen Verhältnissen widerspiegeln.

4.5 Geophysik

Die Arbeiten der Sektion waren gekennzeichnet durch eine starke Ausweitung der Aktivitäten in der Arktis. Durch die Teilnahme an mehreren "Polarstern"-Reisen sowie an Feldarbeiten auf Grönland waren die Mitarbeiter stark beansprucht. Früher begonnene Projekte wurden intensiv fortgeführt und wenige neue Arbeiten in Angriff genommen.

4.5.1 Der Untergrund der polaren Teile des Atlantiks

Die Kenntnis der Strukturen der Erdkruste an den Kontinentalrändern erlaubt die Rekonstruktion der geodynamischen Prozesse, die zur heutigen Verteilung der Kontinente und Ozeane geführt haben. Die sedimentäre Bedeckung der Ozeanböden und der kontinentalen Sockel birgt Information über die Klimageschichte und Paläozeanographie.

Die reflexions- und tiefenseismischen Arbeiten während der "Polarstern"- Expedition ANT VIII/5 im südlichen und südöstlichen Weddellmeer verdichteten mit insgesamt über 5000 Profilkilometern das bestehende Profilnetz und erlauben eine verbesserte Charakterisierung der tektonischen Großstrukturen im Bereich des Kontinentalrandes. Ergänzt wurden die marinen Arbeiten durch ein tiefenseismisches Profil senkrecht zum Streichen der Heimefrontfjella etwa 300 km landeinwärts. Dort zeichnet sich eine markante Zunahme der Mächtigkeit der Erdkruste von etwa 35 auf 45 km ab. Man kann daraus folgern, daß südlich der Heimefrontfjella der ostantarktische Kraton beginnt und nördlich die Kruste in Folge des Aufbrechens von Gondwana durch Dehnung stark beansprucht und ausgedünnt wurde.

Die hochauflösenden reflexionsseismischen Linien ermöglichen es, die Sedimentationsgeschichte im südlichen Weddellmeer zu entschlüsseln und Depositionszentren vorwiegend glaziomariner Schüttung zu lokalisieren.

Methodisch ähnliche Arbeiten wurden während ARK VII/3b vor der Ostgrönländischen Küste und insbesondere im Scoresby Sund durchgeführt (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen). Dort

grenzt sehr junge ozeanische Kruste an alte Kruste vom Schildtyp. Der Übergang zwischen diesen beiden Krustentypen wurde mit kombinierten land-see-seismischen Experimenten in den inneren Fjorden des Scoresby Sunds durchgeführt. Daneben konnten hochauflösende reflexionsseismische Arbeiten einen Beitrag leisten zum Verständnis der quartären Vereisungsgeschichte dieser Region, die früher von einem mächtigen Gletschersystem geprägt war, das Eis aus dem Inneren Grönlands ins Meer transportierte.

Die Erfahrungen der vorangegangenen Reisen mit geschleppten geophysikalischen Systemen im Eis wurden während ARK VIII/3 für die reflexionsseismischen Arbeiten im arktischen Becken erfolgreich umgesetzt. Der dort gewonnene Datensatz von etwa 1200 Profilkilometern Mehrkanal-Seismik ist einmalig und wird wesentlich zu unserem Verständnis der geologischen Entwicklung des arktischen Beckens beitragen.

Die seismischen Arbeiten werden in der Regel begleitet und ergänzt durch Schweremessungen mit Hilfe des auf "Polarstern" installierten See-Gravimeters, fallweise auch durch eine Vermessung des Erdmagnetfeldes. Sowohl Schwere- als auch Magnetfelddaten können zur Interpretation der Strukturen des Untergrundes wichtige Beiträge liefern. Insbesondere im arktischen Becken und im Weddellmeer bilden diese Datensätze eine wichtige Grundlage auch im Hinblick auf die Nutzung der Altimeterdaten des ERS-1 oder der Magnetfeldinformation des MAGSAT.

Die aerogeophysikalischen Arbeiten mit den Polarflugzeugen während der Expedition Ganovex VI der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe waren dagegen weniger erfolgreich. Hier war in Zusammenarbeit mit der BGR und dem USGS eine aeromagnetische Befliegung von Teilgebieten des transarktischen Gebirges geplant und durchgeführt worden. Wegen ungünstiger Wetterbedingungen während des Überflugs und der Meßkampagne kam es zu mehrwöchigen Verzögerungen, so daß nur ein geringer Teil der Meßflüge stattfinden konnte. Gegen Ende der Saison führte eine unglückliche Landung der "Polar 4" zu einer weitgehenden Beschädigung des Flugzeuges, das nicht mehr flugfähig war. Es mußte in Teile zerlegt und per Schiff nach Hause transportiert werden. Dies bedeutet einen gewissen Rückschritt bzw. eine Verzögerung für die geplanten aerogeophysikalischen Programme der Sektion, da der Meßträger "Polar 4" vorerst ausfällt. Dennoch wurden wertvolle Erfahrungen in der Nutzung von magnetischen Gradienten-Meßverfahren in der Luft gewonnen.

Meßeinrichtungen, die mit neuen Methoden die physikalischen Eigenschaften von Sediment- und Eiskernen bestimmen, wurden während verschiedener Expeditionen eingesetzt. So können inzwischen die Parameter P-Wellen, Geschwindigkeit, magneti-

sche Suszeptibilität, elektrische Leitfähigkeit und Dichte an ungeöffneten Sedimentkernen teilautomatisiert gemessen werden, für Eiskerne noch zusätzlich die Wechselstrom-Leitfähigkeit bei verschiedenen Frequenzen (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen). Die genannten Parameter helfen bei der Auswahl von Kernen, die für eine detaillierte sedimentologische Bearbeitung interessant sind. Es hat sich auch gezeigt, daß die genannten Parameter gut zur Korrelation zwischen verschiedenen Kernen verwendet werden können.

4.5.2 Massenhaushalt und Dynamik von Schelf- und Inlandeisen

Die Eisschilde der Antarktis und Grönlands sind wesentliche Faktoren in allen Überlegungen zur Entwicklung des globalen Klimas. Ihre Wechselwirkung mit Atmosphäre und Ozean, hier insbesondere über Prozesse an der Unterseite von Schelfeis, ist vielfältig. Die Arbeiten der Sektion beleuchten Teilaspekte dieser Gesamtproblematik.

Die Arbeiten auf dem Ronne Schelfeis, die im Rahmen des internationalen Filchner Ronne Schelfeis-Programmes koordiniert werden, konzentrierten sich in der Filchner Illa Kampagne (1989/90) neben einem Flachbohrprogramm zur Bestimmung der Akkumulationsverteilung auf eine 250 m tiefe Kernbohrung, die marines Eis förderte, das aus dem Ozean unter dem Schelfeis anfriert und sich anlagert. Die weiterführenden Untersuchungen am Kernmaterial begannen mit der Bestimmung der physikalischen und textuellen Eigenschaften des Eises und werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg, der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und dem Institut für Hydrologie der GSF auf isotopische und chemische Analysen ausgedehnt. Die im marinen Eis eingeschlossenen Schwebstoffe aus der Wassersäule, die eindeutig den marinen Ursprung dieses Eises nachweisen, werden ebenfalls analysiert.

Weitere Feldarbeiten wurden fortlaufend auf dem grönländischen Inlandeis durchgeführt. So ist das AWI an der im europäischen Rahmen durchgeführten Tiefbohrung im Zentrum des grönländischen Inlandeises (Greenland Icecore Project) beteiligt (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen). In dieser Zusammenarbeit untersuchen wir physikalische Eigenschaften des Eiskerns und ihre Veränderung mit sich ändernden klimatischen Bedingungen. Hauptziel dieser Bohrung ist es, aus dem "Archiv" Eis Informationen über das Klima und den Zustand der Atmosphäre während der letzten 200.000 bis 300.000 Jahre zu erhalten. So

zeigt beispielsweise die Variation der Wechselstrom-Leitfähigkeit, die im wesentlichen durch den Gehalt des Eises an Fremdionen bestimmt wird, am Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten eine deutliche Änderung innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Jahren. Daraus läßt sich auf eine markante Änderung im Zustand der Atmosphäre schließen, weil die Fremdionen über die Atmosphäre an den Ort der Ablagerung gelangen.

Ein eigenes Feldprogramm zur Bestimmung von Massenhaushalt und Klimageschichte wurde in Nordost-Grönland (Germanialand) begonnen. Über diesen großen Teil des grönländischen Inlandeises ist nur wenig bekannt und die Beträge von Zutrag und Abtrag sind im wesentlichen geschätzte Größen. Neben paläoklimatischer Information aus einer Beprobung des dort zutage tretenden alten Eises, werden unsere Arbeiten verbesserte Massenbilanzwerte erbringen, die für die Bilanz des gesamten Inlandeises wichtig sind.

Die Veränderlichkeit des grönländischen und antarktischen Inlandeises und ihre Abhängigkeit von sich ändernden klimatischen Bedingungen wurden mit Hilfe theoretischer Modellrechnungen untersucht (s.a. Ausgewählte Forschungsthemen). Hier werden Ergebnisse unserer Feldarbeit genutzt und auch Ansätze für notwendige weiterführende Messungen gefunden.

Untersuchungen zu Bildung, Wachstum und Schmelzen von Meereis wurden während einer Reihe von "Polarstern"-Expeditionen mit umfangreichen Feldstudien in gemeinsamer Arbeit mit verschiedenen ausländischen Gruppen und insbesondere mit Arbeitsgruppen der Biologie und der Fernerkundung aus dem AWI durchgeführt. Im Vordergrund standen die Untersuchung physikalischer und textueller Eigenschaften und ihre Beziehung zur Besiedlung des Meereises mit Organismen, aber auch ihr Einfluß auf für die Fernerkundung wichtige Parameter, wie das Emissionsvermögen in verschiedenen Spektralbereichen.

4.5.3 Langzeitprogramme

Die Arbeiten im geophysikalischen Observatorium der Georg-von-Neumayer-Station wurden im wesentlichen fortgeführt. Das seismologische Netz wurde mit zwei Außenstationen bis zu 80 km südlich der Station auf festem Untergrund erweitert. Dadurch verbesserte sich die Signalqualität gegenüber den auf dem Schelfeis installierten Stationen erheblich. Inzwischen werden Beobachtungsdaten an die entsprechenden internationalen Dienste entweder direkt gemeldet oder als jährliche Datenfiles übergeben. Mit dem Neubau der Neumayer-Station müssen auch die Observatorien neu eingerichtet werden. Die Vorbereitung hierfür nahm erhebliche Zeit in Anspruch.

4.6 Physik des Ozeans und der Atmosphäre I (Feldstudien)

Die Sektion wurde 1990 in die drei Arbeitsgruppen: Physik des Ozeans, Physik der Atmosphäre und Physik des Meereises gegliedert. Letztere befaßt sich gleichgewichtig mit Meßprogrammen und Modellrechnungen und kooperiert besonders eng mit der Sektion Physik II. Die Arbeiten der Sektion Physik I der vergangenen zwei Jahre umfaßten

- die Weiterführung der Weddell-Wirbel-Studie mit einer "Polarstern"-Expedition 1990, bei der zwischen der Antarktischen Halbinsel und Kapp Norvegia u. a. 20 Verankerungen ausgelegt wurden, von denen sechs erstmals mit Eisdickensonaren ausgerüstet sind,
- die Erweiterung der Grönlandseebeobachtungen auf die nordwestliche Barentssee und den zentralen Arktischen Ozean vornehmlich durch ozeanographische und glaziologische Messungen auf zwei "Polarstern"-Abschnitten 1991,
- die erste Mission der umgebauten "Polar 2" zur Untersuchung der turbulenten Impuls- und Energieflüsse sowie der Strahlungsströme über verschiedenen Meereis- und Ozeangebieten in der Umgebung Spitzbergens,
- die Auswertung der ozeanographischen, meteorologischen und glaziologischen Messungen früherer Antarktis- und Arktisexpeditionen,
- die Zusammenstellung und die Erprobung von zwei Strahlungsbasisstationen, die ab 1992 zur Unterstützung des Weltklimaforschungsprogramms an den Stationen Georg von Neumayer und Carl Koldewey betrieben werden sollen,
- den Aufbau meteorologischer und ozeanographischer Datenbanken, in denen alle wichtigen atmosphärischen und ozeanischen Meßwerte griffbereit gespeichert werden und
- die Entwicklung von Verfahren zur Auswertung von Satellitendaten, insbesondere des ERS-1 für Meereisstudien in beiden Polargebieten,
- Optimierung eines Meereismodells für das Weddellmeer durch Vergleich mit Beobachtungsdaten von Expeditionen, Argos-Bojen und Satelliten.

4.6.1 Die Weddell-Wirbel-Studie

Das im Südwinter 1989 begonnene Meßprogramm zur quantitativen Abschätzung der Wassermassenmodifikation im südlichen Weddellmeer sowie der Massen-, Energie-, Salz- und Meereistransporte durch den Weddellwirbel wurde 1990 mit einer Sommerexpedition planmäßig fortgesetzt. Dabei wurden die sie-

ben im Vorjahr ausgelegten Strommesserverankerungen wieder aufgenommen. Diese und die hydrographischen Daten konnten zu einer vorläufigen Berechnung der Transporte genutzt werden. Für die bis Ende 1992 dauernde zentrale Beobachtungsphase wurden auf der Hauptmeßlinie zwischen Antarktischer Halbinsel und Kap Norvegia 20 neue Strommesserverankerungen ausgebracht, von denen sechs erstmals mit aufwärts gerichteten Echoloten zur kontinuierlichen Registrierung der Eisuntergrenze (Dicke) ausgerüstet sind.

Die mit Hilfe des noch spärlichen Datensatzes bestimmten Transporte, Wassermassenänderungen und Gefrierdaten bieten ein konsistentes physikalisches Bild der Prozesse im Weddellwirbel, die auch quantitativ mit neuen Modellrechnungen gut übereinstimmen. Demzufolge erwarten wir nach Abschluß des vollständigen Beobachtungsprogramms verlässliche Werte zur Boden- und Tiefenwasserbildung im südlichen Weddellmeer. Ferner rechnen wir mit ersten Informationen über zeitliche, insbesondere jahreszeitliche Variationen der Wirbeltransporte aus den zweijährigen Verankerungsdaten.

Die atmosphärischen thermischen und kinematischen Randbedingungen werden seit 1989 mit Hilfe mehrerer auf Eisschollen ausgesetzter automatischer Meßbojen über längere Zeitabschnitte (10 Monate) bei relativ kurzen Unterbrechungen kontinuierlich erfaßt. Einige der Meßsysteme waren zusätzlich mit Thermistorketten ausgerüstet, anhand derer an der Universität Hannover die jahreszeitlichen Schwankungen der Vertikalstruktur und des Wärmeinhalts der ozeanischen Deckschicht abgeleitet werden konnten. Schließlich ermöglichen engmaschige Thermistorketten durch das Meereis an einigen der Bojen sowohl die Bestimmung der Eisdickenänderung als auch der Wärmeleitung durch das Meereis.

4.6.2 Grönlandsee, Barentssee und zentraler Arktischer Ozean

Aus den Verankerungen und den hydrographischen Schnitten im Bereich des Ostgrönlandstroms wurde zunächst qualitativ die laterale Vermischung von kaltem arktischen mit warmem atlantischen Tiefenwasser sowie ein deutlicher Jahresgang der vertikalen Vermischung in der Wassersäule nachgewiesen. Mit einer über mehrere Jahre angesetzten Erfassung der Eistransporte im gleichen Stromsystem durch nach oben gerichtete Eisecholote an Verankerungen in der Framstraße und auf zwei südlichen Schnitten senkrecht zur grönländischen Küste wurde in einem gemeinsamen Programm mit der Universität Hamburg sowie

norwegischen, britischen und amerikanischen Arbeitsgruppen begonnen. Unsere Geräte werden 1992 erstmals zum Auslesen der Meßwerte aufgenommen.

Zur Erfassung der Prozesse am Schelfhang der Barentssee, die vermutlich an der Tiefenwasserbildung im zentralen Arktischen Ozean beteiligt sind, wurden 1991 zwei Verankerungen nördlich von Spitzbergen ausgelegt, die 1993 geborgen werden sollen. Im Rahmen einer neuen Prozeßstudie wurden zwei Verankerungen im Storfjord ausgelegt.

Während der "Polarstern"-Reise in den zentralen Arktischen Ozean konnten auf zwei Traversen zwischen der Grönlandsee und dem Nordpol systematische, grobmaschige Beprobungen und fernerkundliche Kartierungen des Meereises aufgrund von Satellitenbildern und durch Hubschrauberbeobachtungen vorgenommen werden.

Besonderes Interesse galt dem Bedeckungsgrad, der Bewegung und der Oberflächenrauigkeit (Höhe und Häufigkeit der Preßeisrücken) des Meereises. Erste Ergebnisse zeigen, daß die mittlere Höhe der Preßeisrücken 1 bis 2 m beträgt. Der Abstand der Preßeisrücken variiert zwischen 20 und 1000 m, wobei die häufigsten Werte unter 100 m liegen. Abschnitte dieser Reise waren durch westliche Winde charakterisiert, die das Meereis weiter in östliche Richtung transportierten als üblich. Dadurch wurde das zentrale Packeis aufgelockert und "Polarstern" konnte ohne größere Schwierigkeiten bis in das Makarow-Becken vordringen.

4.6.3 Energie- und Impulsaustausch zwischen Wasser/Eis und Luft in der Grönlandsee

Das Forschungsflugzeug "Polar 2" wurde 1991 mit den Tragflächen der beschädigten "Polar 4" und den dort installierten Turbulenzapparaturen sowie mit einer Fallsondenanlage ausgerüstet. Nach der Erprobung der Geräte wurde im September/Oktober 1991 von Spitzbergen aus ein Meßprogramm zur Erforschung des Austausches zwischen dem ganz oder teilweise mit Eis bedeckten Ozean und der Atmosphäre durchgeführt. Während 17 etwa fünf Stunden langer Flüge wurden in verschiedenen Höhen der atmosphärischen Grenzschicht oberhalb von 30 m die kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse und die turbulenten vertikalen Wärme-, Wasserdampf- und Impulstransporte gemessen. Ferner wurden mit Infrarotthermometer und Rasterkamera die Oberflächentemperatur des Eises und des Wassers sowie die Eiskonzentration und das Schollengrößenspektrum erfaßt. Neben den Wellenzahlspektren der sto-

chastischen Turbulenz der Atmosphäre konnten in einigen Fällen auch regelmäßig angeordnete Rollen und deren Anteil an den vertikalen Energie- und Impulsflüssen (ca. 30%) vermessen werden.

Die vorläufige Auswertung bestätigt nicht nur, daß der Wärmeaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre durch das Meereis stark reduziert, sondern auch innerhalb des Bewegungsspektrums verlagert wird. Die bisherigen Auswertungen stützen die Hypothese, daß die Oberflächenrauigkeit von Packeisflächen in erster Linie durch die Länge der von Wasser umgebenen Schollenränder pro Einheitsfläche festgelegt werden kann.

Diese Beziehung läßt sich leicht auch aus den SAR-Bildern des ERS-1 für größere Flächen der polaren Meereiszonen ableiten und zur Berechnung des Energie- und Impulsaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre in den Packeisregionen nutzen.

4.6.4 Aufbereitung und wissenschaftliche Analyse früherer Feldprogramme

Aus den automatischen Driftbojen im Weddellmeer konnten unter Hinzunahme der Bodenanalysen des Europäischen Zentrums für Mittelfristvorhersage der atmosphärische Antrieb des Meereises, aber auch Störungen durch Trägheitsschwingungen im Ozean bestimmt werden. Insgesamt überwiegen die Bedingungen der freien Drift. Abweichungen, die besonders bei konvergenter Oberflächengeschwindigkeitsfeldern auftreten, lassen sich anhand empirisch abgeleiteter Korrekturglieder zumindest teilweise berücksichtigen.

Die hydrographischen und kinematischen Messungen vor der Ostküste des Weddellbeckens belegen, daß dort auch bei offenem Wasser vor der Küste und kaltem ablandigen Wind kein Bodenwasser gebildet wird. Ursache für diesen unerwarteten Tatbestand ist die wegen des schmalen Kontinentalschelfs ungehinderte Zufuhr warmen Tiefenwassers, das durch starkes Abschmelzen des Schelfeises und die damit verbundene statische Stabilisierung der Wassersäule den Prozessen an der Meeresoberfläche (Auskühlung und Salzanreicherung bei der Eisbildung) entgegenwirkt.

Die Analyse der detaillierten Messungen des oberflächennahen Stromfeldes (bis ca. 300 m Tiefe) in der Drake-Passage beweisen, daß der Zirkumpolarstrom dort in mehrere Strombänder aufgefächert ist, wie sie auch in dem hochaufgelösten englischen FRAM-Modell beobachtet werden.

4.6.5 Methodische und organisatorische Arbeiten

Die meteorologischen Observatorien der ständig besetzten Georg-von-Neumayer- (Antarktis) und Carl-Koldewey-Stationen (Arktis) sollen ab 1992 in das internationale Netz besonders ausgewiesener Strahlungsmeßanlagen integriert werden. Zu diesem Zweck wurden zwei gleichartige Gerätesysteme beschafft, die aus mehreren Strahlungssensoren, einem spektralen Photometer und einem Wolkenlidar bestehen. In die Datenerfassung werden außerdem die meteorologischen Basisgrößen (Windvektor, Luft- und Oberflächentemperatur, Luftfeuchte) und der tägliche aerologische Aufstieg einbezogen.

Die erste Anlage wurde in Bremerhaven über mehrere Monate erprobt. Sie wird im Januar/Februar 1992 an der neuen Georg-von-Neumayer-Station aufgebaut und in Betrieb genommen. Gleiches ist für die Spitzbergenstation im Sommer 1992 vorgesehen.

Die Meßwerte beider Systeme werden wie alle anderen meteorologischen Daten der Stationen und des FS "Polarstern" nach ihrer systematischen Überprüfung und Korrektur in einer eigens dafür entwickelten Datenbank gespeichert. Der Nutzen dieser Einrichtung hat sich bereits im Laufe des letzten Jahres gezeigt, indem wir eine Reihe von Interessenten mit den von ihnen benötigten Datensätzen zufriedenstellend versorgen konnten.

Die auf "Polarstern" während einer Antarktis(1989)- und einer Arktis(1991)-Reise aufgenommenen Satellitenmessungen im sichtbaren und infraroten Spektralbereich wurden zusammen mit Rasterkameraaufnahmen vom Hubschrauber aus vorrangig zur Entwicklung von Auswertalgorithmen genutzt. Diese ließen sich erfolgreich zur automatischen Ableitung von Bewegungs- und Konzentrationsfeldern des Meereises einsetzen.

Mit den Ergebnisse wurden die unterschiedlichen bereits verfügbaren Algorithmen überprüft, mit denen man die Meereiskonzentration aus Daten passiver Mikrowellensensoren bestimmt. Flugzeugmessungen amerikanischer Gruppen mit aktiven Mikrowellengeräten über der Grönlandsee wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen zur Erstellung von Auswerteprozeduren für die SAR-Daten des ERS-1 verwandt.

Die Analyse von ERS-1 SAR-Daten konnte anhand der ersten Probe-Datensätze, die von der ESA freigegeben wurden, begonnen werden. Parallel dazu wurde die Anwendbarkeit von verschiedenen Radarrückstreumodellen für arktische und antarktische Schnee- und Eischarakterisierung untersucht.

4.7 Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle)

Während der letzten zwei Jahre wurden mehrere neue Aspekte in das Forschungsprogramm der Sektion eingebettet, teilweise bedingt durch den Fort- und Zugang von Mitarbeitern. Die Entwicklung und Anwendung von Zirkulationsmodellen mit thermohalinen Komponenten (PE-Modelle) und von Meereismodellen ist verstärkt betrieben worden, um gekoppelte Ozean-Meereis-Modellierung für das Süd- und Nordpolarmeer zu ermöglichen. Mit der Sektion Biologie II wurde auf dem Gebiet der Aggregation und des Kohlenstoffflusses in der Wassersäule zusammengearbeitet. Einige ältere Projekte – wie die Untersuchungen zur dynamischen Balance des ACC und die Erstellung eines neuen hydrographischen Atlanten für das Südpolarmeer – sind bis zur Abschlußreife vorangetrieben worden. Andere Projekte – wie die Auswirkung von Meereisanomalien auf die atmosphärische Zirkulation – mußten wegen Fortgang von Mitarbeitern eingestellt werden.

4.7.1 Einfluß der Wirbel und der marinen Topographie in der dynamischen Balance des Antarktischen Zirkumpolarstroms

Die dynamische Balance (d.h. die Balance von Energie, Impuls, Vorticity) des ACC wurde mit mehreren Modellen untersucht, die sich in ihrem physikalischen Gehalt unterscheiden. Windgetriebene quasigeostrophische Modelle verschiedener Komplexität (Kanalgeometrie, realistische Geometrie und Topographie, 2 bis 3 Schichten) wurden mit hoher Auflösung betrieben, um die Rolle der mesoskaligen Wirbel zu verstehen.

Die Instabilität zonaler Strömungen mit beliebigen meridionalen und vertikalen Profilen wurde – aus der quasigeostrophischen Dynamik herausgeschält – gesondert untersucht, um die Energetik der mesoskaligen Wirbel in ihrer Entstehungsphase zu ermitteln. Thermohaline Prozesse im Antrieb der Strömung – insbesondere durch Variation der Meereisbedeckung – wurde mit einem PE-Modell (Princeton-Code) untersucht. Als Hilfe zur Interpretation der Modellergebnisse wurden verschiedene, weitgehend analytisch lösbare, niederdimensionale Modelle der Impulsbilanz entwickelt.

Als Synthese ergibt sich ein neues Konzept der dynamischen Balance, in der sowohl die Wirbel als auch die Tiefseetopographie eine hervorragende Rolle spielen. Der Impulseintrag aus der Windschubspannung an der Meeresoberfläche wird durch die

turbulenten Transporte der mesoskaligen Wirbel lateral in einem oder mehreren Jetströmungen (dem ACC) konzentriert (entsprechend einer negativen Viskosität) und vertikal zum Boden transportiert.

Bei Berücksichtigung der Bodentopographie in den Modellen – wie im realen Ozean – ist die Impulsbilanz in sehr guter Näherung reibungsfrei: die Formschubspannung am Boden (bottom form drag, Druckaufnahme an der Topographie) entzieht den Impuls. Die Topographie führt durch Blockierung der geostrophischen Konturen (f/h -Konturen) dazu, daß die Formschubspannung mit einem barotropen Druckgradienten verbunden ist, der dem Windstress entgegenwirkt und ihn nahezu kompensiert. Auch der barokline Druckgradient wird in der vertikal integrierten Balance größtenteils durch den barotropen Gradienten kompensiert und nur ein kleiner Anteil verbleibt als dominierender Antrieb der Strömung. Die mit dem Massentransport verbundene Energie wird durch die Arbeit der windbedingten Strömung am Massenaufbau aus der potentiellen Energie der Schichtung gezogen. In diesem Sinne ist der ACC thermohalin getrieben. Dieser Antrieb wird wesentlich durch thermohaline Bedingungen an der Ozeanoberfläche (z.B. Frieren und Schmelzen von Meereis) beeinflusst.

4.7.2 Wechselwirkung mesoskaliger Turbulenz – allgemeine Zirkulation

Das wirbelauflösende Modell des Südlichen Ozeans wurde eingesetzt, um die relevanten Skalen der Topographie in der obigen Balance zu ermitteln. Es wurden mehrere Modellläufe mit rauhen und weniger rauhen Bodentopographien und unterschiedlichen Antriebsfeldern (Windschubspannung) durchgeführt. Für die Experimente liegen Analysen des Impuls- und Energiehaushaltes vor. Es stellte sich heraus, daß die großskaligen topographischen Hindernisse – die Tiefseerücken – die Formschubspannung am Boden bewerkstelligen, während die kleinen Skalen die räumliche Struktur des Wirbelfeldes beeinflussen. Die Modellergebnisse wurden mit Beobachtungen (z.B. Geosat-Daten) verglichen. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

4.7.3 Kopplung von Ozean und Schelfeis-Wassermassenformation unter dem Filchner-Ronne-Schelfeis

Mit einem zweidimensionalen Modell der thermohalinen Zirkulation unter einem Schelfeis wurden verschiedene Szenarien der

Wassermassenmodifikation durch Unterströmung des Filchner-Ronne-Schelfeises, insbesondere der Umströmung der Berkner-Insel, untersucht. Der Salzgehalt der durch Meereisgefrieren vor dem Schelfeis produzierten und auf dem westlichen Schelf lagernden Wassermasse stellte sich als eine kritische Größe heraus, die die Umströmungsrichtung, Schmelz- und Gefriereraten unter dem Schelfeis sowie die Produktionsrate von Eisschelfwasser kontrolliert.

Um diese Prozesse in höherer Auflösung und ihrer räumlichen Struktur besser beschreiben zu können, wurde mit der Entwicklung eines dreidimensionalen Zirkulationsmodells für den Filchner-Ronne-Bereich begonnen.

4.7.4 Konvektion im offenen Ozean

Zur Untersuchung der Konvektion im offenen Ozean wurde ein kleinskaliges Ozeanmodell entwickelt (horizontale Auflösung kleiner als 1 km, 20 Schichten). Das Modell erlaubt durch Berücksichtigung des nichthydrostatischen Drucks, die aufgrund instabiler Schichtung einsetzenden Konvektionsbewegungen – das Absinken schwerer Wassermassen – explizit zu berechnen. Gegenwärtig wird mit diesem Modell die Bedingung für das Einsetzen konvektiver Ereignisse in realistischer Schichtung aus dem Weddellmeer und der Grönlandsee untersucht.

4.7.5 Entwicklung von gekoppelten Ozean-Meereis-Modellen

Gekoppelte Ozean-Meereis-Modelle entwickeln wir für das Weddellmeer und das Nordpolarmeer. Die oben beschriebenen Studien zur Tiefenkonvektion und zur Unterströmung von Schelfeis ergänzen dieses Projekt. Die Fragestellung umfaßt den Einfluß des Meereises und des Schelfeises auf die ozeanische Zirkulation und die Bildung von Tiefenwasser. Daneben soll der Einfluß des gekoppelten Ozean-Meereis-Systems auf langfristige Klimaschwankungen untersucht werden.

Es wurden umfangreiche Versuchsreihen zum Einfluß verschiedener Antriebsfelder und Modellparameter auf das Eismodell in zwei Konfigurationen (Weddellmeer und Nordpolarmeer) durchgeführt. Das Eismodell für die Arktis wurde darüber hinaus mit einem Deckschichtmodell für den Ozean erprobt. Ein vollständiges Ozeanmodell, das außer dem Nordpolarmeer auch den Nordatlantik umfaßt, befindet sich zur Zeit in der Entwicklung. Es wird ein neuartiges Modell eingesetzt, dessen Koordina-

tensystem der Bodentopographie angepaßt ist. Versuche zur Kopplung des Eis- und des Ozeanmodells wurden für das Weddellmeer begonnen.

4.7.6 Die Zirkulation im atlantischen Sektor des Südlichen Ozeans

Um hydrographische Daten für die quantitative Bestimmung der ozeanischen Zirkulation und Eigenschaften der Wassermassenvermischung zu nutzen, wurde ein neuartiges Inversmodell entwickelt, das auf Geostrophie und Massenerhaltung basiert sowie die Wärme/Salzbilanzen enthält. Die Anwendung des Modells auf die Sammlung hydrographischer Daten von A. Gordon aus dem atlantischen Sektor des Südlichen Ozeans ergab ein detailliertes Bild der Zirkulation und der Wärme- und Frischwasserbilanz. Die turbulenten Flüsse von Wärme und Salz wurden in einer parametrisierten Form berechnet, die an der Geometrie der Isopyknen orientiert ist. Die Berechnungen sind abgeschlossen.

4.7.7 Die hydrographische Datenbank des Südlichen Ozeans

Um die Zirkulation und Wassermassenstrukturen besser auflösen zu können, wird an einer erweiterten Datenbank für Hydrographie des Südlichen Ozeans gearbeitet. Der Atlas von Gordon et al. (1982), der auf ca. 6000 ausgewählten hydrographischen Stationen basiert, wurde mit neueren Daten (ab 1979) und einer Sammlung historischer Daten unserer Kooperationspartner vom Arctic and Antarctic-Research Institute (AARI, St. Petersburg) zusammengeführt.

Die neue Datenbank enthält derzeit über 38.000 Stationen, deren objektive Validierung und Expertenkontrolle mittlerweile abgeschlossen ist. Mittels objektiver Analyse ist außerdem ein neuer Gitterdatensatz für Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffkonzentration erstellt worden. Daraus soll ein neuer Atlas des Südlichen Ozeans hervorgehen (1992). Die validierten hydrographischen Stationen werden auch in digitaler Form zur Verfügung stehen.

4.7.8 Inversion raum-zeitlich variabler Daten (Nutzung von Satellitendaten)

Ziel des Projekts ist die optimale Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Strömungen, abgeleitet aus Satellitendaten. Die

in der Sektion bisher entwickelten Assimilationstechniken werden für die regionale Assimilation von Altimeterdaten auf Zeitskalen von etwa einem Monat eingesetzt. Das Assimilationsverfahren beruht auf der adjungierten Methode und trägt damit der raum-zeitlichen Verteilung der Daten besondere Rechnung. Darüber hinaus lassen sich mit dieser Methode unbekannte Systemparameter wie Diffusion oder die vertikale Dichteschichtung optimal bestimmen. Das Verfahren ist daher insbesondere zur Verbesserung der Parametrisierung der Systemdynamik geeignet und begründet damit seine Bedeutung in der Entwicklung ozeanischer Zirkulationsmodelle. Damit einher geht die Darstellung der nicht direkt beobachteten, tiefen Meeresströmungen für synoptische Zeitskalen.

Das Modell wurde erweitert, um gleichzeitig in situ gemessene Oberflächenströmungen (Drifter) und Altimeterdaten zu berücksichtigen. Ebenfalls ist auf mehrere vertikale Schichten und Bodentopographie erweitert worden. Die Verwendung von offenen Randbedingungen erlaubt einen flexiblen Einsatz. Die spezielle Form der Randbedingungen wird dabei durch die Assimilation aus den Daten selbst bestimmt. Die Untersuchungen werden gegenwärtig in der Golfstromregion des Nordwestatlantiks durchgeführt, da dort eine Validierung durch Drifterdaten möglich ist. Der Einsatz der Verfahren für ausgewählte Regionen im ACC wurde vorbereitet.

4.7.9 Modellierung biologischer Systeme

In Zusammenarbeit mit der Sektion Biologie II wurde ein mathematisches Modell zur Beschreibung der physikalischen Aggregation von Phytoplankton entwickelt. Von Interesse ist hier insbesondere der Transport von photosynthetisch fixiertem Kohlenstoff aus der Deckschicht in den mittleren und tiefen Ozean. In einer Sensitivitätsstudie wurde die Abhängigkeit dieses Transportes von physikalischen und biologischen Parametern untersucht.

4.7.10 Hydrodynamische Modellierung mit Gittergasen

Gittergase (Zellulare Automaten) werden seit Mitte der 80er Jahre zur Lösung von Strömungsproblemen genutzt. In der Sektion wurde ein Gittergasmodell (Paarwechselwirkungsmodell) für zwei und drei Dimensionen entwickelt. Die berechneten Widerstandsbeiwerte für die Umströmung von Zylindern und Kugeln bei verschiedenen Reynoldszahlen zeigen gute Überein-

stimmung mit Meßwerten aus der Literatur. Zellulare Automaten können für mikrophysikalische Prozesse in vielfältiger Weise eingesetzt werden. Gegenwärtig wird an der Strukturbildung von Aggregaten gearbeitet.

4.8 Meeresphysik/ Meßwesen

4.8.1 Wasser-, Wärme- und Stofftransporte in der Grönlandsee

Die Polarstern-Expedition ARK IV zur Untersuchung der Arktik-Front hatte ergeben, daß die Schichtung der Wassermassen in der Grönlandsee auch außerhalb der Frontalzonen ausgeprägte mesoskalige Strukturen im Bereich zwischen 20 und 50 km aufweist. In den Jahren 1989 und 1990 wurden die im Grönlandseeprojekt festgelegten Schnitte durch die zentrale Grönlandsee (75°N) und die Framstraße (78°N) deshalb von Schelf zu Schelf mit einem Stationsabstand von 10 sm vermessen. Sowohl das hohe räumliche Auflösungsvermögen als auch der direkte Vergleich der Daten aus zwei aufeinanderfolgenden Jahren haben neue Einblicke in die Variabilität des thermischen Aufbaus und der Strömungen in der Grönlandsee erbracht.

1989 wurden in der großräumigen Temperaturverteilung teils die aus der Literatur bekannten Verhältnisse angetroffen, u.a. Temperaturen von -1.2°C in den oberen 1200 m Wassertiefe. Kleinräumig deuten Temperaturstrukturen auf Überreste winterlicher Vertikalkonvektion hin. Ein Konvektionskamin konnte anhand von Temperatur- und Nährstoffdaten identifiziert werden. Die winterliche Vertikalkonvektion dürfte bis in Wassertiefen von 2000 m gereicht haben.

Ein Jahr später hatte sich die thermische Struktur grundlegend geändert. Zwischen 500 m und 800 m hatte sich eine "warme" Zwischenschicht von -0.9°C in der zentralen Grönlandsee ausgebildet. In weiten Gebieten gab es Hinweise auf Vertikalkonvektion nur bis in 250 m Wassertiefe. Das Bodenwasser war gegenüber dem Vorjahr um 0.02°C wärmer.

Die auf den Meßstationen mit dem Dopplerstrommesser (ADCP) durchgeführten Stromprofilmessungen zeigen im Atlantikwasser nordwärts wie südwärts setzende, teils nur 15 km breite Strombänder vergleichbarer Stärke. Dies ist ein Hinweis darauf, daß auch die Rezirkulation des Atlantikwassers in der Framstraße durch Wirbel dominiert wird. Der Ostgrönlandstrom wird als schmales Band von nur 35 km Breite auf dem Schelf ange-

troffen. Für beide genannten Schnitte liegen erstmals großräumig Messungen hohen Auflösungsvermögens zum barotropen und baroklinen Wassertransport als Grundlage für weitere Berechnungen von Wärme- und Stofftransporten in den oberen 500 m der Wassersäule vor.

Die Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen, doch zeigen die genannten Befunde aus zwei Momentaufnahmen bereits, daß sich auch in der als homogen geltenden Grönlandsee wichtige Vermischungs- und Transportprozesse im mesoskaligen Bereich abspielen. Dies spricht dafür, die Beobachtungsnetze zukünftiger Meßkampagnen wesentlich enger als bisher zu wählen.

4.8.2 Wasserstandsmessungen im Weddellmeer

Die 1987 begonnene Dauermessung von Wasserstand und Strömung bei Kap Norvegia wurden weitergeführt. Die langfristigen Änderungen des Wasserstands, die nach der Gezeitenanalyse jetzt ermittelt werden, erweisen sich erwartungsgemäß als klein.

Sie erreichen jedoch bei atmosphärischen "Ereignissen" wie z. B. mit starken Luftdruckschwankungen verbundenen Kälteeinbrüchen, Werte in der Größenordnung von 10 - 20 cm. Auf diese Änderungen reagiert die Wassersäule in erster Linie wie ein Zweischichtenmodell: Bei steigendem Luftdruck fällt der Wasserstand, die interne Grenzfläche zum warmen Tiefenwasser wird über die Tiefe des Schelfs angehoben. Das erklärt die dort gelegentlich beobachteten großen Temperaturschwankungen am Meeresboden von über 1°C.

4.8.3 Meeresoptische Untersuchungen

Die Sammlung optischer Eigenschaften des Meerwassers als Basis für die Fernerkundung von Wassermassen- und Phytoplanktonverteilungen wurde weiter vervollständigt.

Herausragendes Ergebnis aus dem Bereich der Grönlandsee ist der Befund, daß die Gelbstoff-Fluoreszenz sich besser als andere Tracer für die Identifizierung von Wasser aus dem Arktischen Becken eignet.

Für das zu erstellende Schiffslidarsystem wurde das Empfangsteleskop erstellt und in den Schiffsboden der "Polarstern" eine Öffnung eingebaut.

4.8.4 Neu- und Weiterentwicklung von Meßsystemen und Sensoren

Automatische Meßstation

Im März 1991 wurde eine automatische Beobachtungsstation fertiggestellt. Sie kann über ein Jahr lang kontinuierlich 5 kW elektrische Leistung zur Verfügung stellen und damit eine Vielzahl von Meßaufgaben übernehmen. Sie wurde von Mitte Februar bis Mitte März 1991 auf dem Gelände der "Esrange" bei Kiruna/Schweden erfolgreich getestet. Aus logistischen Gründen bietet sich im ersten Jahr als Einsatzort das Ekstroem-Schelfeis an. Der Vorteil gegenüber kleinen batteriegespeisten Meßplattformen liegt in der Möglichkeit des Einsatzes konventioneller Laborgeräte in der Station, der Beheizung temperatursensibler Komponenten außerhalb der Station und der Anwendung von Meßverfahren, die bisher an kurzzeitige Expeditionen gebunden waren. Mit dem Projekt verbunden ist der Bau spezieller Sonden zum Einsatz unter dem Schelfeis für die Beobachtungsdauer von einem Jahr.

Für den bidirektionalen Datentransfer zwischen der Station und dem AWI ist der zusammen mit der ERS1 gestartete polumlaufende Kleinsatellit "Tubsat" (TU Berlin) vorgesehen.

Datenerfassungsanlage "Comed"

Für die routinemäßigen Messungen der optischen Größen Chlorophyll-Fluoreszenz, Trübung und Gelbstoff-Fluoreszenz vom fahrenden Schiff wurde die Datenerfassungsanlage "Comed" erstellt, die zugleich Temperatur, Salzgehalt, Nährstoffgehalte und navigatorische Daten speichern kann. Das PC-gesteuerte System, das in einer zweiten Version auch in der automatischen Meßstation eingesetzt wird, ist großzügig mit freien Kanälen für die Erfassung weiterer Meßgrößen ausgelegt. Die Programmierung erfolgte in der Sprache ASYST. Die Auswertungssoftware beruht weitgehend auf dem kommerziellen Programm DADISP.

Mehrfachbodengreifer

Der im Rahmen eines Euromar-Projektes entwickelte Mehrfachbodengreifer mit Unterwasser-Video-Anlage hat sich auf drei Antarktis-Expeditionen hervorragend bewährt. Das System lieferte die ersten quantitativen Daten über Besiedlungsdichten von Schelf-Bodentiergemeinschaften der Hochantarktis. Eine große Variabilität in der Besiedlungsstruktur konnte sowohl durch die simultane Mehrfachbeprobung als auch durch die Video-Aufnah-

men aufgezeigt werden. Die quantitativen Proben sind wichtig, um die Rolle der Bodentiere für den Stoffumsatz dieses Ökosystems abschätzen zu können. Über die Auswertung des Filmmaterials läßt sich klären, wie die Strukturen am Boden aussehen und in welcher Weise unterschiedliche Formen miteinander vergesellschaftet leben.

Influx-Strommesser

In Zusammenarbeit mit zwei Firmen haben wir einen Strommesser entwickelt, der bei einer Betriebszeit von einem Jahr bei stündlichem Abtastintervall neben Strömung, Temperatur, Leitfähigkeit und Druck die Chlorophyll-Fluoreszenz und die Mie-Rückstreuung mißt. Als Beitrag zum SFB 261 (Bremen) werden diese neuen Geräte zusammen mit Sedimentfallen eingesetzt werden und den hochfrequenten Anteil bei Partikelflußstudien liefern.

ADCP-Datenbank

Zur besseren Handhabung der umfangreichen Datensätze, die beim Betrieb eines akustischen Dopplerstrommessers vom fahrenden Schiff anfallen, wurde in Zusammenarbeit mit der Rechnergruppe eine geeignete Datenbank entwickelt.

XBT-Kalibrieranlage

Da XBT-Sonden in großen Stückzahlen preiswert hergestellt und deshalb nicht individuell kalibriert werden, fallen die Fehler-schranken mit ca. $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ viel höher aus, als dies für einen einzelnen Sensor der Fall wäre. Verbesserungen sind mithin möglich. Da in-situ Vergleiche mit anderen Thermometern mit großen Unsicherheiten behaftet sind, wurde eine Kalibrieranlage erstellt, in der eine Sonde kurz vor dem Einsatz an Bord automatisch mit einem Referenzthermometer etwa bei der im Seegebiet herrschenden Oberflächentemperatur verglichen wird. Diese Methode hat sich in der Grönlandsee sehr gut bewährt. Die Genauigkeit der Temperaturangaben konnte auf mindestens $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ gesteigert werden, also auf einen auch für Polargebiete akzeptablen Wert. Ferner wurden fehlerhafte Sensoren bereits vor dem Abwurf angezeigt.

5. Ausgewählte Forschungsthemen

Erste Erkenntnisse zur Lebensweise antarktischer Garnelenlarven durch die Aufzucht im Aquarium

Vertikalwanderung von Ruderfußkrebsen in der Grönlandsee und ihre Bedeutung für den Partikelfluß

Ernährungsstrategien benthischer Crustaceen der Antarktis am Beispiel gammarider Amphipoden

Kunststoffabgüsse von Hohlräumen im Meereis

Das Absinken einer Planktonblüte im Küstenstrom des Lazarevmeeres

Ökophysiologische Untersuchungen an ausgewählten Eis- und Phytoplanktonalgen des Weddellmeeres

Meereis in Eisbergen

Bleigehalte im Oberflächenwasser des Nord- und Südatlantiks

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe aus Makroalgen der Polarregionen

Stratosphärische Ozon- und Aerosolmessungen an der Koldewey-Station auf Spitzbergen

Diatomeen im Meereis der Arktis

Postglaziale Sedimentation und Klimaentwicklung im Scoresby Sund, Ostgrönland

Kohlenstoff- und Opaltransporte durch die Grenzfläche zwischen Sediment und Wasser

Zerstörungsfreie Dichtemessungen an marinen Sedimenten

Modellierung des grönländischen Inlandeises

Das Greenland Icecore Project – GRIP

Geophysikalische Messungen im Scoresby Sund, Ost-Grönland

Zirkulation und Umformung der Wassermassen im Weddellmeer

Das Windfeld über dem Weddellmeer und seine Wirkung auf das Meereis

Bestimmung der Eisbewegung aus Satellitendaten

Ein hydrographischer Atlas des Südlichen Ozeans

Anpassung von Satellitendaten in dynamische Ozeanmodelle

Physikalische Aggregation von Phytoplankton: ein mathematisches Modell

Wassertransporte durch die Framstraße

Messungen des Partikeltransportes in der Wassersäule

Erste Erkenntnisse zur Lebensweise antarktischer Garnelenlarven durch die Aufzucht im Aquarium

Garnelen sind mit insgesamt acht Arten die einzigen dekapoden (zehnfüßigen) Krebse, die im Weddellmeer und in der Lazarevsee leben. Alle anderen, wie die aus Nord- und Ostsee bekannten dekapoden Krabben, Hummer oder Einsiedlerkrebse, fehlen in hochantarktischen Gewässern.

Die antarktischen Garnelen leben bei extrem niedrigen Wassertemperaturen und sind starken saisonalen Schwankungen des Nahrungsangebots ausgesetzt. Nur im Südfrühjahr und Sommer herrscht eine kurze nährstoffreiche Phase, wenn nach dem Abschmelzen der Eisdecke die Planktonblüte einsetzt. Unter diesen Bedingungen wachsen die Garnelen wie die meisten antarktischen Wirbellosen sehr langsam, werden in ihrem Lebenszyklus erst spät geschlechtsreif und legen nur einmal im Jahr – im Südsommer – wenige, aber große, dotterreiche Eier. Nachdem die Weibchen die Eier 10 - 11 Monate unter dem Hinterleib mit sich getragen haben, schlüpfen daraus im folgenden Südfrühjahr Larven, die sich über mehrere Stadien zu kleinen Krebsen entwickeln. Anhand von Planktonfängen, in denen vereinzelt Larven gefunden wurden, konnten morphologische Beschreibungen einzelner Stadien erstellt werden (Abb. 1). Aussagen über deren Dauer und Anzahl waren jedoch nicht möglich.

In Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland gelang es im Oktober 1991 erstmals, die Larven der beiden häufigsten hochantarktischen Garnelenarten, *Notocrangon antarcticus* und *Chorismus antarcticus*, im Aquarium aufzuziehen. Für die Aufzucht ist es wichtig, zunächst die passenden Bedingungen herauszufinden: Futter, Licht sowie Temperatur und Salinität des Wassers. Die Versuche ermöglichen dann Rückschlüsse auf die Lebensweise der Larven in ihrer natürlichen Umwelt.

Im Januar und Februar 1991 haben wir auf einer Expedition der "Polarstern" im Weddellmeer eitragende Weibchen gefangen und in einem gekühlten Laborcontainer nach Bremerhaven und später zur Biologischen Anstalt Helgoland gebracht. Nach dem Schlupf wurden die Garnelenlarven in 0°C kaltem Wasser gehalten, was den Temperaturen im Weddellmeer nahekommt, mit frischgeschlüpfen Larven des Salinenkrebse *Artemia* und Algen gefüttert und unterschiedlichen Lichtverhältnissen ausgesetzt.

Überraschend war zunächst, daß pro Weibchen und Tag nur wenige *Notocrangon antarcticus*-Larven schlüpften: die ersten bereits Ende September, die letzten erst Ende November. Mitte

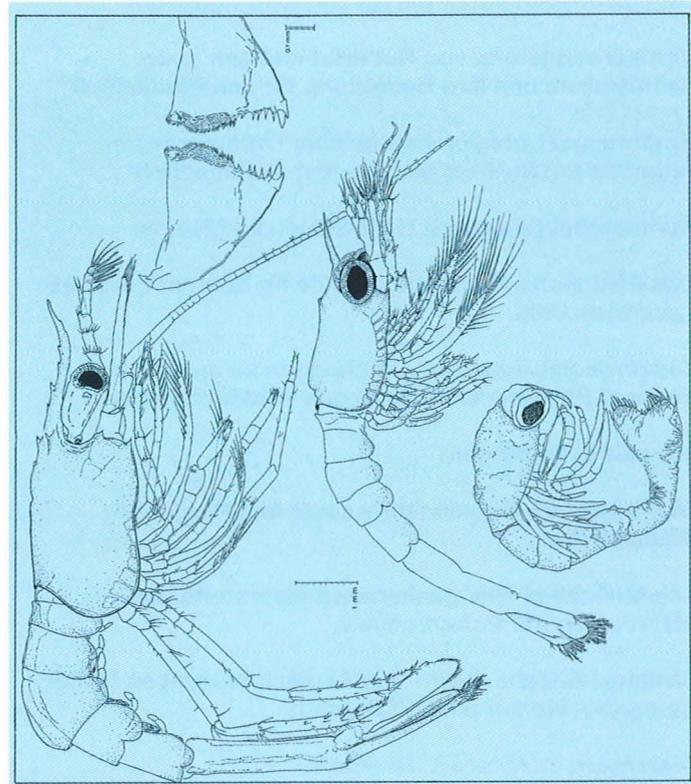


Abb. 1: *Chorismus antarcticus*: Darstellung der ersten drei Larvenstadien und der Mandibeln, des Gebisses der Larven. Die Ausbildung der Zähne im unteren Teil läßt darauf schließen, daß sich die Larven von kleinen Krebsen ernähren, während mit dem oberen Teil Algen gefressen werden können.

November schlüpften dagegen innerhalb weniger Tage alle *Chorismus antarcticus*-Larven, wobei es pro Weibchen nur wenige Stunden dauerte, bis sich alle Larven aus der Eihülle befreit hatten. Dieser Ablauf des Schlüpfens repräsentiert zwei verschiedene Strategien, um den Bestand zu erhalten: Entweder schlüpfen die Larven erst so spät, daß mit Sicherheit ausreichend Nahrung

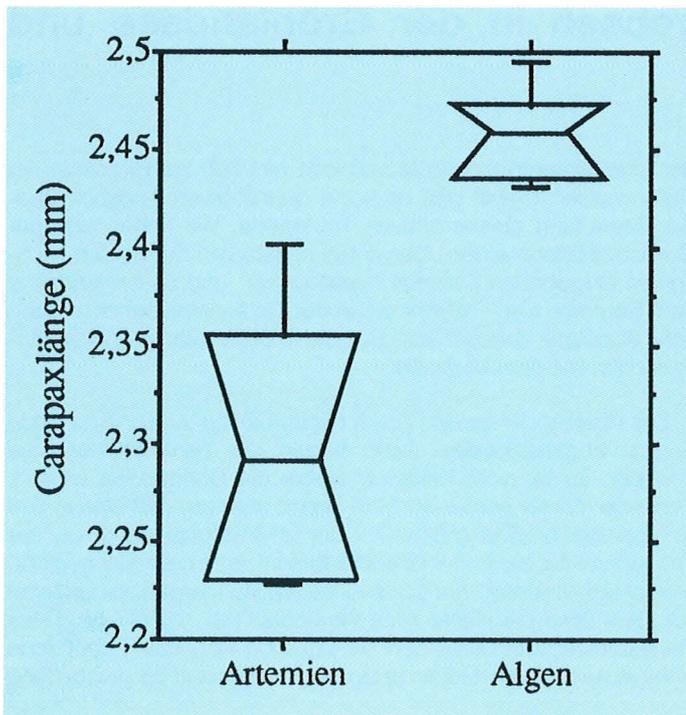


Abb. 2: Durchschnittliche Carapaxlängen im zweiten Larvenstadium von *Chorismus antarcticus* (Zoea II) von jeweils fünf Tieren, die während des ersten Stadiums (Zoea I) mit Artemien und Algen gefüttert wurden. Die mit Algen gefütterten Larven sind deutlich größer, und die individuellen Werte schwanken weniger als bei den mit Artemien gefütterten Tieren.

vorhanden ist (*Chorismus antarcticus*), oder der Schlupf verteilt sich über mehrere Wochen, so daß ein Teil der Larven selbst dann überleben kann, wenn die nahrungsliefernde Planktonblüte spät einsetzt (*Notocrangon antarcticus*).

Anhand der Ausbildung der Mundwerkzeuge der Larven (Abb. 1) ist zu vermuten, daß die *Chorismus antarcticus*-Larven Allesfresser, also auf Phyto- und Zooplankton angewiesen sind. Fütterungsexperimente haben nun bestätigt, daß sowohl Algen als auch kleine Krebslarven (Artemien) gefressen werden. Jedoch erreichten mit Algen gefütterte Tiere schneller das zweite Larvenstadium und wurden auch deutlich größer als die mit *Artemia* gefütterten Larven (Abb. 3).

Versuche bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen zeigten, daß *Notocrangon antarcticus*-Larven, die einer Dauerbeleuch-



Abb. 3: Eier von *Chorismus antarcticus*. Die durchschnittliche Eilänge beträgt 1,74 mm.

tung ausgesetzt waren, in ihrer Entwicklung gestört wurden. Sie halten sich in der Natur offenbar nicht in den oberen Wasserschichten auf. Wann die Larven ganz zum Bodenleben übergehen, wie die ausgewachsenen Tiere, werden weitere Versuche zeigen – eine Aussage dazu war bisher anhand von Netzfängen nicht möglich.

Die ersten Ergebnisse zeigen, daß Versuche im Labor eine notwendige Ergänzung zu Freilandfängen sind. Durch die Aufzucht der Larven wird es möglich, den Lebenszyklus dieser Tiere vollständig zu beschreiben und zuverlässige Aussagen über Wachstum und Alter zu treffen.

Vertikalwanderung von Ruderflußkrebse in der Grönlandsee und ihre Bedeutung für den Partikelfluß

Unter dem Partikelfluß im Meer versteht man das passive Absinken von partikulärer Substanz aus der euphotischen Zone in die Tiefe. Die Absinkrate wird durch Sedimentfallen bestimmt. Daneben gibt es in vielen Gebieten des offenen Ozeans einen aktiven Abwärtstransport im Verlauf der ontogenetischen Vertikalwanderung herbivorer Copepoden (Ruderfußkrebse). Die jungen Entwicklungsstadien bewenden im Frühjahr und Sommer das Phytoplankton in der euphotischen Zone, wachsen heran und bilden große Lipiddepots. Ende des Sommers wandern dann die Überwinterungsstadien aus der Oberflächenschicht in größere Tiefen. Hier verbringen sie 6-8 Monate ohne Nahrungsaufnahme bei stark vermindertem Stoffwechsel und leben von ihren Lipidreserven.

Als Beispiel aus dem zentralen Grönlandseewirbel (Abb. 1) zeigt die Abbildung 2 die Verteilung verschiedener Entwicklungsstadien der dominanten Art *Calanus hyperboreus* im Sommer und Winter. Durch Stoffwechselverluste und Wegfraß während

der Überwinterungsperiode verbleibt ein Teil der Biomasse im Tiefenwasser. Bisher gibt es keine quantitativen Angaben über die Bedeutung dieses aktiven Transports. Wir haben aus der Gewichtsabnahme der Überwinterungsstadien der beiden wichtigsten Copepoden *Calanus hyperboreus* und *C. finmarchicus* vom Sommer zum Frühjahr die in der Tiefe verbleibende organische Substanz abgeschätzt. Sämtliche Daten stammen von Stufenfängen mit dem Multinetz.

Der Abstieg der beiden Arten beginnt Ende Juni und ist Ende August abgeschlossen. Dann haben die Tiere ihr höchstes Gewicht. Es ist nicht bekannt, woher die Copepoden wissen, wann der Winter vorbei ist. Man nimmt aber an, daß eine innere Uhr beteiligt ist. Der größte Teil der Überwinterer steigt vor der Frühlingsblüte, die in der Grönlandsee im April oder Mai beginnt, wieder auf. Während der achtmonatigen Hungerperiode verlieren die Tiere etwa die Hälfte ihres Gewichts (Tab. 1). Während des Ruhestoffwechsels scheiden sie CO_2 und NH_4 aus. Zusätzliche Energie wird bei der Häutung einiger Stadien und der Ausbildung

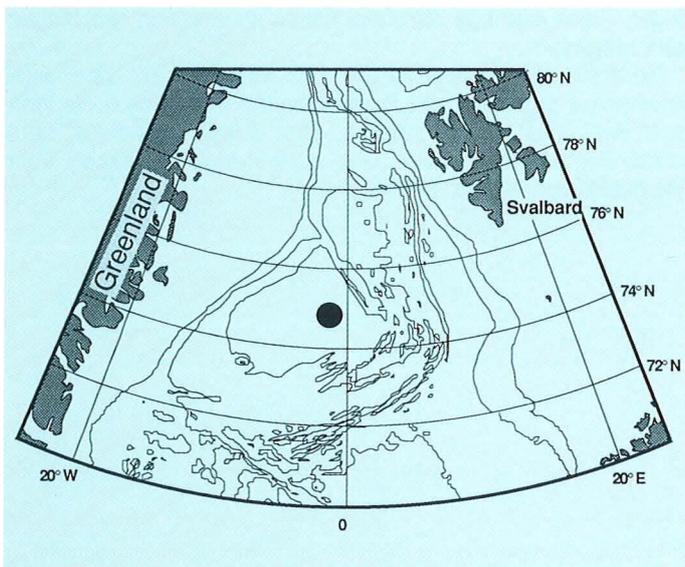


Abb. 1: Lage der Station in der zentralen Grönlandsee.

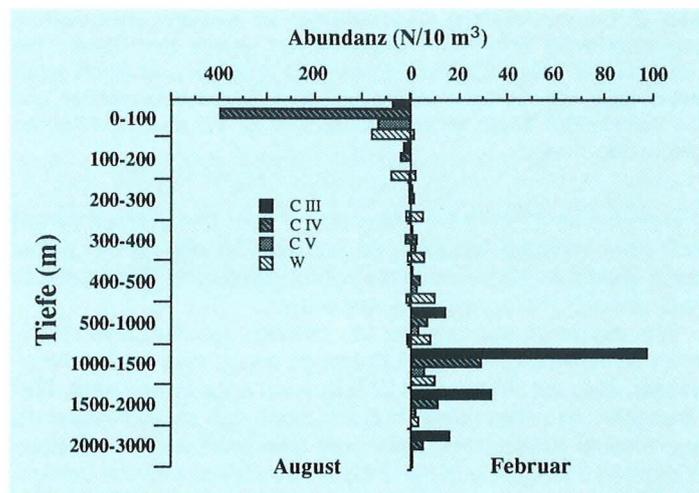


Abb. 2: Vertikalverteilung von drei Entwicklungsstadien (CIII - CV) und adulten Weibchen von *Calanus hyperboreus* in der zentralen Grönlandsee im Sommer und Winter.

	C. hyperboreus				C. finmarchicus			Summe
	CIII	CIV	CV	W	CIV	CV	W	
Abundanz August	6036	5696	1636	1096	296	1800	464	
Abundanz April*	4829	4557	1309	877	237	1440	371	
Tr.gew. August	0,155	0,372	1,830	4,860	0,102	0,502	0,460	
Tr.gew. April	0,084	0,201	0,880	3,020	0,046	0,226	0,207	
Biomasse August	936	2119	2994	5327	30	904	213	12522
Biomasse April	507	1145	1440	3310	14	407	96	5604

Tab. 1. Abundanzen (Anzahl m^{-2}), Trockengewicht (mg pro Individuum) und Biomasse (mg m^{-2}) verschiedener Stadien der Copepoden *Calanus hyperboreus* und *C. finmarchicus* in der zentralen Grönlandsee.

* Annahme von 20% Wegfraß.

der Gonaden bei den Adulten verbraucht. *Calanus hyperboreus* legt von November bis März Eier.

Wegen der wenigen zur Verfügung stehenden Proben wurde darauf verzichtet, den Wegfraß genau zu bestimmen. In der ansonsten futterarmen Tiefsee lauern im Herbst Chaetognathen, Medusen, Ctenophoren, Amphipoden und andere räuberische Krebse auf die zahlreich auftretenden Ruderfußkrebse. Für eine grobe Abschätzung wurden hier 20% Verluste durch Wegfraß angenommen, also $2,5 g m^{-2}$ Trockengewicht. Der Gewichtsunterschied der Überlebenden macht $5,6 g$ aus. Daraus ergibt sich ein Gesamtverlust von $8,1 g m^{-2}$ Trockensubstanz – allerdings meist in gelöster Form und damit Partikelfressern nicht zugänglich. Die Hauptbedeutung liegt deshalb in der Entfernung von

Kohlenstoff und Stickstoff aus den oberflächennahen Wasserschichten und der Speicherung in der Tiefsee.

Für die achtmonatige Überwinterungsperiode ergibt sich ein Fluß von $42 mg m^{-2}d^{-1}$ Trockengewicht. Der höchste in Tiefseesedimentfallen gefundene passive Fluß in der nördlichen Grönlandsee ist $33 mg C m^{-2}d^{-1}$. Bei einer Annahme von 50% Kohlenstoff im Trockengewicht kommt der aktive Abwärtstransport durch die ontogenetische Vertikalwanderung dem passiven sehr nahe. Auf das Jahr bezogen ist der aktive Abwärtstransport sogar etwas größer. Dabei ist zu berücksichtigen, daß noch weitere Zooplankter saisonale Vertikalwanderungen ausführen und damit der hier angegebene Wert nur die untere Grenze des tatsächlichen aktiven Flusses darstellt.

Ernährungsstrategien benthischer Crustaceen der Antarktis am Beispiel gammarider Amphipoden

Um die komplexen Beziehungen in hochantarktischen Bodentiergemeinschaften besser zu verstehen, die Lebensstrategie ausgewählter Arten zu beschreiben und die Artenvielfalt einzelner Gruppen zu erklären, werden seit 1988 verschiedene gammaride Amphipodenarten detailliert untersucht. Diese Flohkrebse sind mit über 600 derzeit bekannten Arten eine hochdiverse Crustaceengruppe des antarktischen Benthos.

An zahlreichen der bisweilen bizzaren und zu erstaunlicher Größe heranwachsenden Gammariden, die in den Kühl Labors des AWI lebend gehalten werden (Abb. 1), wurden Reproduktionsstrategien, Verhaltensweisen und physiologische Leistungen studiert. Die Ergebnisse liefern Hinweise darauf, welche morphologischen, anatomischen und stoffwechselphysiologischen Merkmale es diesen Krebsen ermöglichen, das Südpolarmeer unter den dort vermeintlich lebensfeindlichen Bedingungen so erfolgreich zu besiedeln.

Die Dokumentation und Analyse des Beutesuch- und Freßverhaltens mehrerer Arten in Laborexperimenten ergab, daß die gehäuterten Arten einen Querschnitt mehrerer Ernährungstypen darstellen: Es handelt sich um nekrophage Arten (Aasfresser), spezialisierte und omnivore Räuber und um Sediment- oder Detritusfresser.

Die Aasfresser sind durch zwei Arten der Familie Lysianassidae, *Waldeckia obesa* und *Orchomene plebs*, vertreten. Wird ein großes Beuteobjekt gefunden, fressen diese nekrophagen Gammariden im allgemeinen mit verhältnismäßig geringer Assimilationseffizienz; aufgenommene Nahrung verbleibt nur für wenige Stunden im Magen-Darmtrakt und wird dann ausgeschieden. Verknappt sich die Nahrung im Lauf der Zeit, weil immer mehr Aasfresser durch Hydrodynamikperzeption und Chemorezeption angelockt werden und fressen, beginnen sie, Nahrung zu speichern.

Während ihrer phylogenetischen Entwicklung haben zahlreiche Arten dieser Familie durch anatomische Abwandlungen einen extrem vergrößerten Magen erworben, so daß sie das Zwei- bis Dreifache des normalen Körpervolumens annehmen können. Diese Nahrung bleibt dann für mehrere Wochen im Magen. Nach erfolgreicher Nahrungsaufnahme in der oben beschriebenen Form verteilen sich die Krebse wieder.

Durch ihre Ernährungsweise, ihre Mobilität und hohe Individuendichte sind die Aasfresser ein wichtiges Bindeglied im Nah-



Abb. 1: Verschiedene Arten der Gattung *Epimeria* (Crustacea; Amphipoda; Paramphithoidae).

A: *Epimeria rubrieques*. B: *Epimeria robusta*. C: *Epimeria macrodonta* (Farbvariante 1). D: *Epimeria macrodonta* (Farbvariante 2). E: *Epimeria similis*. F: *Epimeria pulchra*. G: *Epimeria georgiana* (Farbvariante 1 [juveniles Tier in der Hälterung geschlüpft]). H: *Epimeria georgiana* (Farbvariante 2).



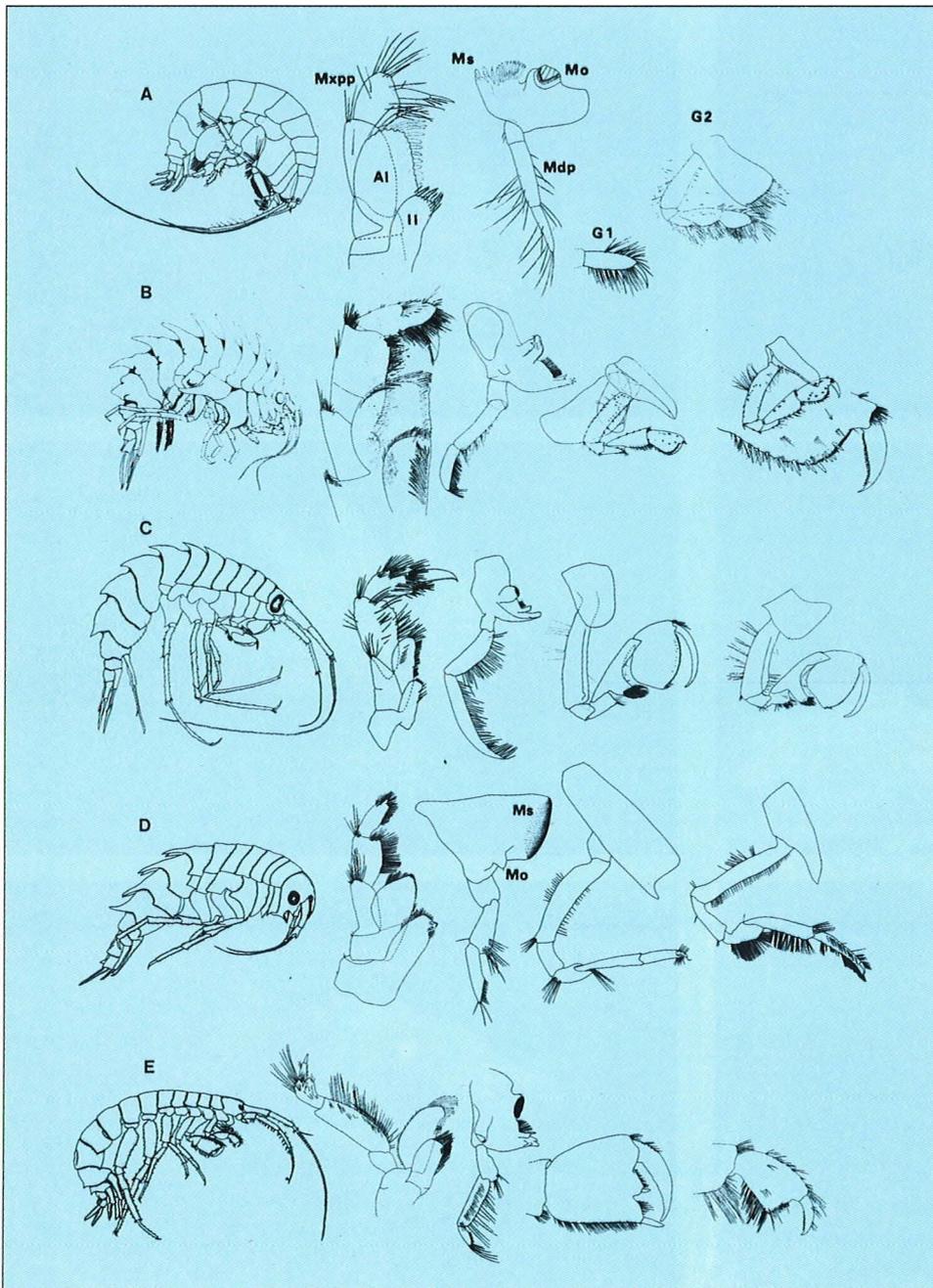


Abb. 2: Habituszeichnung verschiedener untersuchter Arten, linke Hälfte des Maxillipeden, Mandibel, Gnathopod 1, Gnathopod 2 (von links nach rechts).
 A: *Ampelisca richardsoni*. B: *Epimeria rubriques*. C: *Eusirus perdentatus*.
 D: *Gnathiphimedia mandibularis*.
 E: *Paraceradocus gibber*.
 Abkürzungen: Al: Außenlade.
 G1: Gnathopod 1. G2: Gnathopod 2.
 Mdp: Mandibelpalpus. Mo: Molar.
 Ms: Mandibelschneide.
 Mxpp: Maxillipedenpalpus.



Abb. 3: Bruchstück einer im Magen von *Gnathiphimedia mandibularis* gefundenen Bryozoenkolonie.

rungsnetz des antarktischen Benthos: Sie teilen große Nahrungsbrocken in kleinere Portionen auf, verteilen diese über ein größeres Gebiet und werden verhältnismäßig häufig gefressen, da sie aufgrund ihrer Schwimmaktivität für Bodenfische leicht wahrzunehmen sind.

Räuberische Arten wie *Eusirus perdentatus* (Fam. Eusiridae) und verschiedene Arten der Gattung *Epimeria* (Fam. Paramphithoidae) (Abb. 1 A-H) verhalten sich lange Zeit (Stunden bis Tage) extrem lethargisch. Dadurch sind sie für räuberische Bodenfische schwer zu entdecken und vermindern auf diese Weise vermutlich den auf sie wirkenden Freßdruck. Erst die Präsenz und Aktivität von potentiellen Beuteorganismen wie Polychäten, Mollusken oder anderen Crustaceen läßt sie aus ihrer energetisch günstigen Erstarrung in plötzliche, blitzschnelle Aktivität verfallen. Welche physiologischen und biochemischen Anpassungen (Anlage eines ATP-Speichers, Muskelphysiologie, Entwicklung von sensitiven Mechano- und Chemorezeptoren, neuronale Steuerung) für diese – bei den niedrigen Temperaturen erstaunliche – Schnelligkeit entwickelt wurden, müssen zukünftige Arbeiten klären.

Anders sieht das Verhaltensmuster bei *Gnathiphimedia mandibularis* (Fam. Iphimediidae) aus; diese auf Bryozoennahrung spezialisierte Art bewegt sich vergleichsweise langsam auf ihre Beuteorganismen zu. Sie zertrümmert mit ihren kräftigen Mandi-

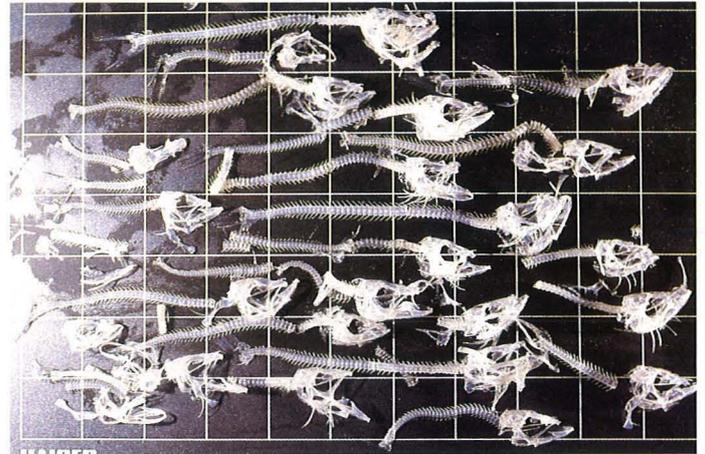


Abb. 4: Skelettreste von Köderfischen (*Pleuragramma antarcticum*) nach dreitägiger Aussetzdauer und Freßaktivität von *Orchomene plebs* in einer Reuse in 400 m Wassertiefe (Raster 3 x 3 cm).

belschneiden die kalkhaltigen Exoskelette der sessilen, koloniebildenden Bryozoen (Nährtiere) und frißt die im Kalkgehäuse sitzenden Individuen.

Untersuchungen der Mundwerkzeuge und Greifextremitäten (Gnathopoden) und ihre funktionsmorphologische Beschreibung geben ergänzende Hinweise, um die Beobachtungen plausibel zu interpretieren. Ein deutlich ausgebildeter Molar in Verbindung mit kräftigen, subchelaten Gnathopoden (Abb. 2 B + C) ist z. B. meist ein Indiz dafür, daß die im Aquarium beobachteten räuberischen Verhaltensweisen sich im natürlichen Lebensraum ähnlich abspielen.

Untersuchungen des Mageninhalts und die Reste ausgelegter Köder zeigen, welche Nahrung aufgenommen wurde bzw. wie schnell sie aufgenommen wurde. Im Fall von *Gnathiphimedia mandibularis* wurden ausschließlich Bruchstücke cheilostomater Bryozoen gefunden (Abb. 3). Die nach drei Tagen Aussetzzeit vorgefundenen Skelettreste von *Pleuragramma antarcticum* (Abb. 4) verdeutlichen, wie schnell etwa 5000 Individuen von *Orchomene plebs* ihre Nahrung gefunden und aufgenommen haben.

Kunststoffabgüsse von Hohlräumen im Meereis

Das Meereis bedeckt als eine vergleichsweise dünne, aber ausgedehnte Schicht bis zu 12 % des Weltozeans. Seewasser gefriert bei Temperaturen unterhalb von $-1,8^{\circ}\text{C}$, wobei sich mit abnehmenden Eistemperaturen eine zunehmend stärker konzentrierte Salzlauge zwischen den Eiskristallen in Kanälchen und Taschen sammelt. Das Meereis ist somit von einem Kanalsystem durchzogen, das den Lebensraum für eine diverse Gemeinschaft von Produzenten und Konsumenten bildet. Die Bedingungen bei der Eisbildung und das Alter des Eises beeinflussen Form und Dimensionen der solegefüllten Hohlräume, ihren Verzweigungsgrad sowie das Auftreten von abgeschlossenen Soletaschen.

Obwohl die Tatsache, daß Meereis von Organismen besiedelt wird, schon seit 150 Jahren bekannt ist, sind die Kenntnisse über die Lebensbedingungen im Eis noch lückenhaft. Ein Grund dafür ist die thermische Instabilität des Meereises. Schon wenige Grade Temperaturunterschied können das Verhältnis von soleerfülltem Porenraum zu Eisvolumen, und als Folge davon die chemischen Bedingungen in der Sole deutlich verändern. Die Mehrzahl der bisherigen Methoden zur Analyse von Meereisproben geht mit einer drastischen Temperaturänderung einher:

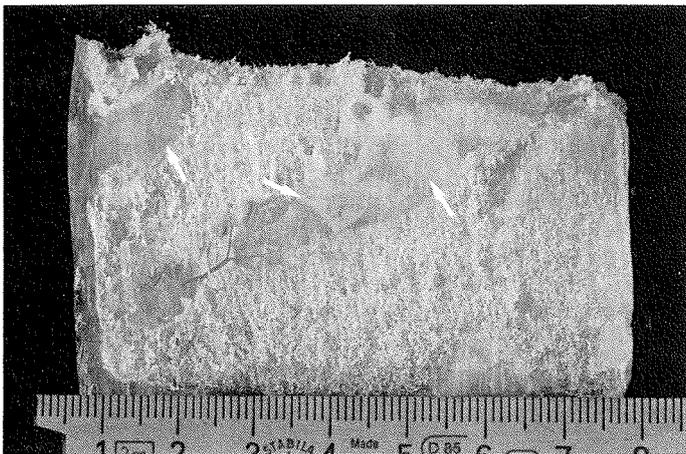


Abb. 1: Lichtoptische Aufnahme eines längs aufgesägten kompletten Eisabgusses. Die Probe stammt aus warmem Sommereis der Antarktis. Die massiven Strukturen (Pfeile) sind fingerdicke Solekanäle, die das im Auftauen befindliche Eis durchziehen. Dazwischen liegt das knotige Netzwerk der feineren Solekanälchen.

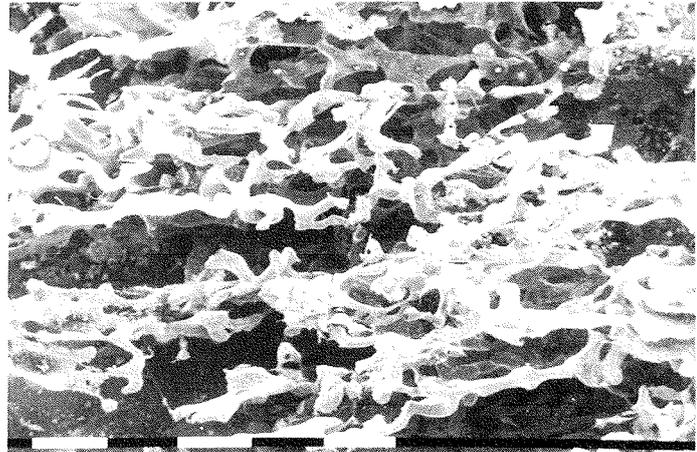


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Eisabgusses aus antarktischem Winterereis. Die Probe stammte aus säulig-körnigem Eis. Der weiße Balken entspricht bei allen elektronenmikroskopischen Bildern einer Länge von 1 mm.

Entweder werden die Proben tiefgefroren, wobei die darin enthaltene Sole erstarrt, oder sie werden aufgetaut, was wiederum die Sole stark verdünnt und die ursprüngliche Struktur zerstört.

Ein Ziel der gegenwärtigen Eisforschung ist es daher, mit neuen Methoden die Zustände innerhalb des Meereises möglichst unverfälscht wiederzugeben. Wir haben einen Weg gefunden, die räumliche Struktur der soleerfüllten Hohlräume darzustellen und die Sole zu messen, ohne das Eis aufzutauen: Kurze Zeit nach der Probenahme werden Eisproben bei Fundorttemperatur zentrifugiert. Die im Eis enthaltene Sole fließt bei ca. 200-facher Erdbeschleunigung zu 80% aus und kann für weitere Analysen verwendet werden, wodurch man weitgehend unverfälschte Messwerte über die Bedingungen innerhalb der Eisscholle erhält. Das nunmehr "trockene" Eis kann bei tiefen Temperaturen bis zur weiteren Verarbeitung gelagert werden, ohne daß sich sein Porenraum durch Gefrierprozesse nennenswert verändert.

Bei der Weiterverarbeitung werden die Eisproben mit einem bei tiefen Temperaturen dünnflüssigen Kunststoffmonomer getränkt, das sich durch Anlegen von Vakuum und anschließendes Belüften in die feinsten Verästelungen des Porensystems

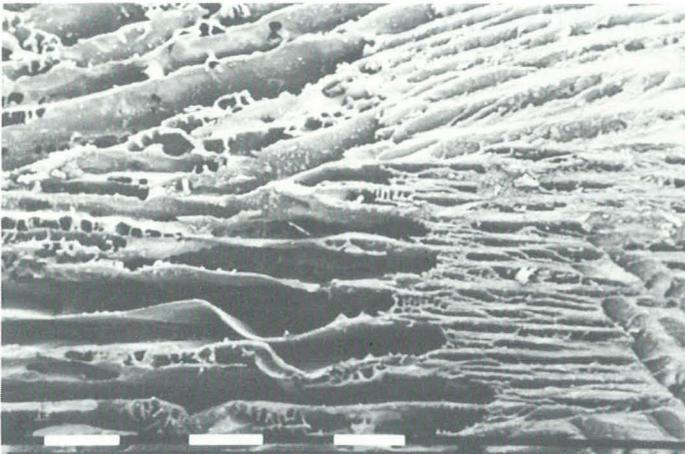


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahme aus künstlich hergestelltem säuligem Eis. Das nur drei Tage alte Eis zeigt ein großes Porenvolumen von vertikalen oder leicht gegen die Längsachse geneigten Platten, die wenig verzweigt sind.

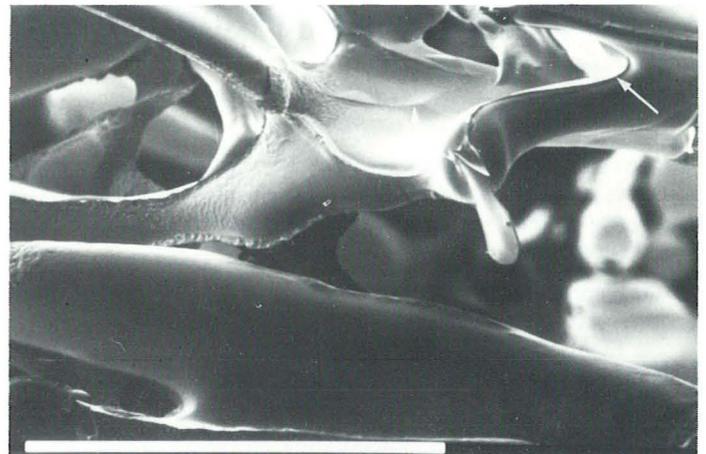


Abb. 4: Diese elektronenmikroskopische Detailaufnahme aus antarktischem Eis zeigt feine Strukturen an der Oberfläche der Eisausgüße (Pfeile), die sich als Korngrenzen zwischen den einzelnen Eiskristallen interpretieren lassen.

verteilt. Unter UV-Licht polymerisiert der Kunststoff aus, so daß nach schonender Entfernung des Eises durch Gefrierdrying ein naturgetreuer Abguß des Porenraumes zurückbleibt. Diese zeitlich und thermisch stabilen Abgüsse erlauben Analyseverfahren, die an den ursprünglichen Eisproben nicht möglich sind. Als sehr aufschlußreich hat sich das Betrachten unter dem Rasterelektronenmikroskop erwiesen. Die Kunststoffabgüsse werden dazu mit einer dünnen Goldschicht bedampft. Die so gewonnenen Bilder zeigen deutlich die Struktur der Porenräume in ihrer dreidimensionalen Anordnung (Abb. 1).

Bisher wurden sowohl Proben von antarktischem Eis aus verschiedenen Gebieten und Jahreszeiten (Abb. 2 und 4) als auch

aus künstlich erzeugtem Eis (Abb. 3) bearbeitet. Die Form der Porenräume spiegelt dabei die Bedingungen bei der Eisbildung wider: Sogenanntes körniges Eis, das unter turbulenten Bedingungen wuchs, weist vielverzweigte, kaum einer Orientierung folgende Porenräume auf. Eiswachstum in ruhigem Wasser führt zu säulenartiger Struktur mit langgestreckten, wenig verzweigten Porenräumen, die überwiegend senkrecht orientiert sind.

Proben aus verschiedenen Eisgefügen, ihr Vergleich untereinander und mit anderen glaziologischen Analysemethoden belegen, daß mit der Technik des Ausgießens, ergänzt durch die Daten der ausgeschleuderten Sole, neue Einblicke in die Ökologie des Meereislebensraumes möglich sind.

Das Absinken einer Planktonblüte im Küstenstrom des Lazarevmeeres

Im Februar 1991 – dem antarktischen Spätsommer – wurde während der "Polarstern"-Expedition ANT IX/3 im Lazarevmeer vor der antarktischen Küste eine ausgedehnte Phytoplanktonblüte untersucht.

Am Eisrand können sich im Sommer aufgrund der Stabilisation der Wassersäule durch Erwärmung und Meereisschmelzen große Planktonblüten ausbilden. Wird diese Biomasse in den oberflächlichen Wasserschichten durch heterotrophe Organismen wieder abgebaut, geht ein großer Teil des vorher fixierten Kohlendioxids wieder in das Wasser über. Nur der Anteil organischen Materials, der sedimentiert, entzieht den oberen Wasser-

schichten Kohlenstoff (die sog. "Biologische Pumpe") und dient der Ernährung des Benthos.

In einem 120 km breiten und mindestens 740 km langen Streifen vor dem Schelfeis, der sich von etwa 8°W bis über 12°O erstreckte fanden wir Algenkonzentrationen von über 4 µg Chlorophyll a l⁻¹, während die mittleren Konzentrationen nur etwa 1-2 µg chl. a l⁻¹ betragen. Im westlichen Abschnitt dieses Streifens, in der Nähe der Georg-von-Neumayer Station (von 8°W bis 1°W), dominierten die Kieselalgen *Eucampia balaustium*, *Synedra reinboldii*, *Chaetoceros dichaeta* und der koloniebildende Flagellat *Phaeocystis spp.* das Artenspektrum. Weiter östlich (ab 1°W)

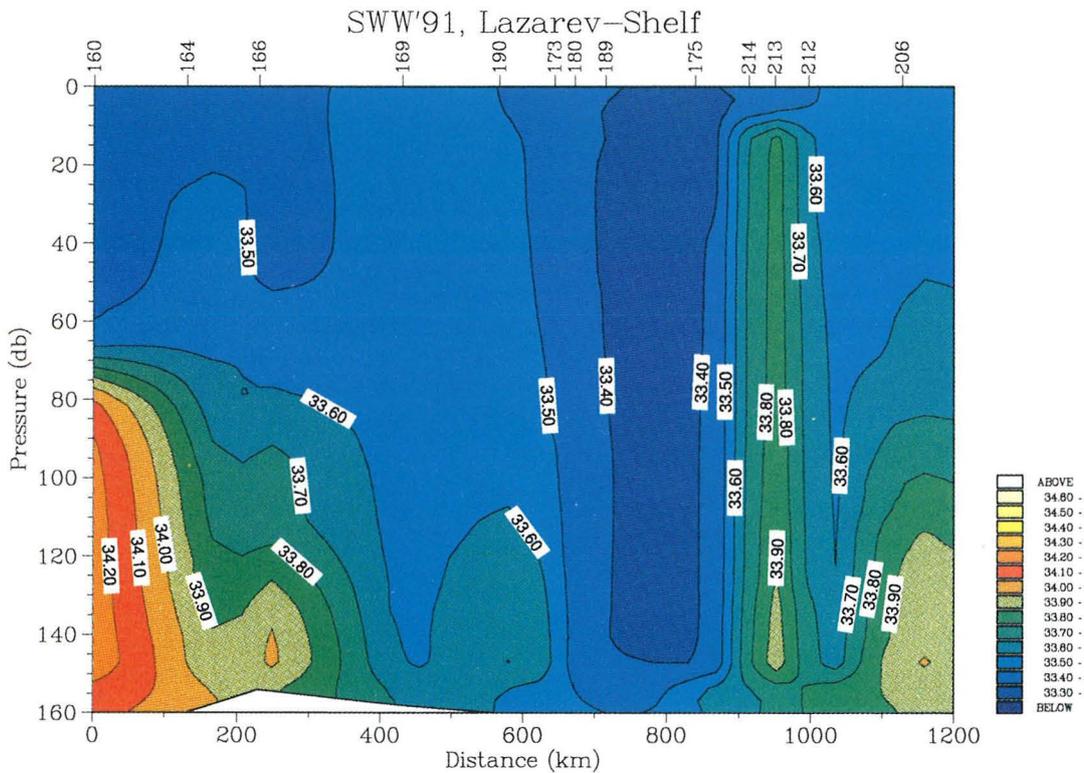


Abb. 1:
Ozeanographischer Schnitt des Salzgehaltes entlang des Küstenstromes mit strom-korrigiertem quasisynoptischen Stationsplots von 8°W (Sta.160) bis 12°O (Sta.175).

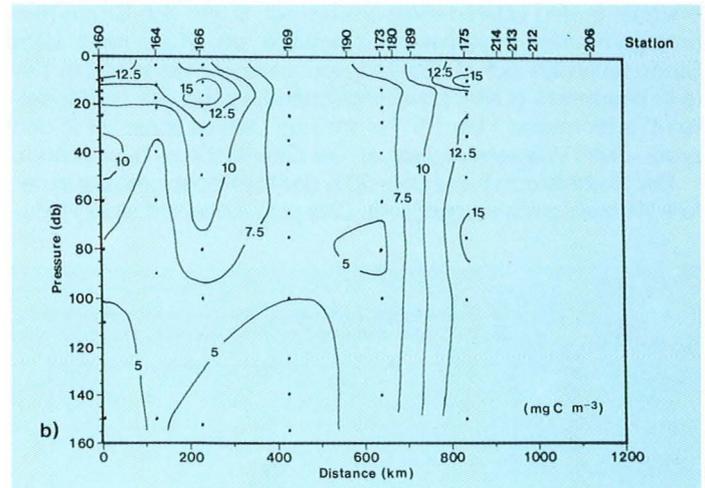
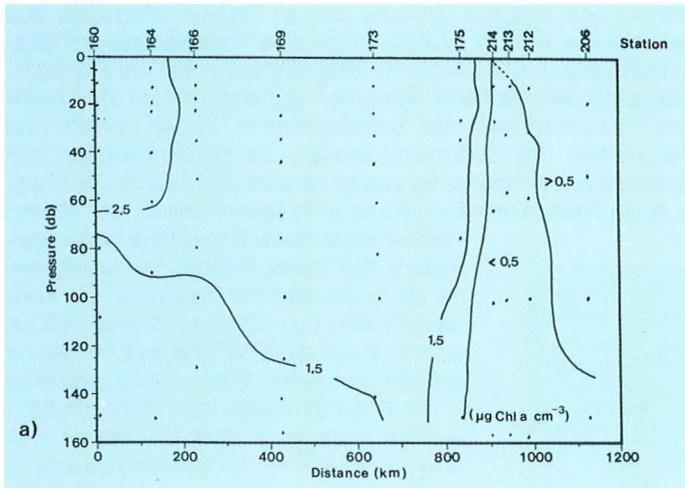
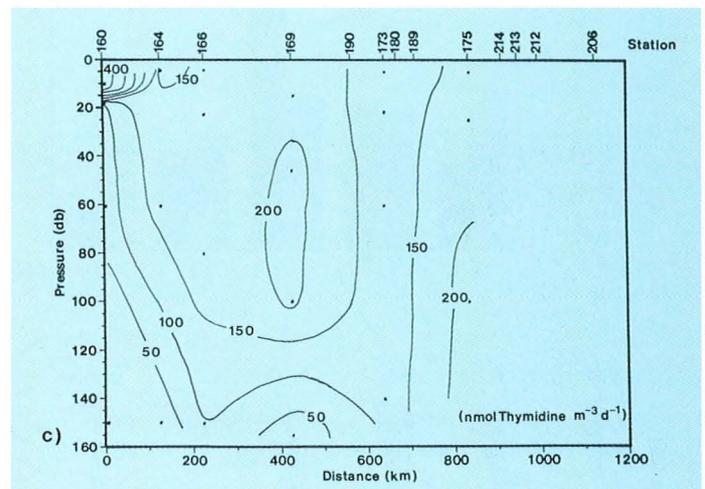


Abb. 2: Vertikalprofile im Küstenstrom von a) Chlorophyll a, b) Bakterienbiomasse und c) bakteriellem Einbau von Thymidin.

jedoch kam der koloniebildende, sich heterotroph von Bakterien ernährende Flagellat *Parvicorbicula socialis* neu als dominante Art hinzu. Von 6° E bis zur östlichsten Station in der Nähe der Georg-Forster-Station bei 12°E vergrößerte *Phaeocystis* seinen relativen Anteil am Gesamtphytoplankton erheblich.

Diese Küstenblüte bestand offenbar aus mehreren Gesellschaften, die sich zuvor in verschiedenen Wassermassen entwickelt hatten. Die physikalischen und chemischen Parameter des Wassers bestätigen diese Annahme und deuten auf ein heterogenes Strömungsfeld im östlichen Teil des Lazarevmeeres hin. Dort vermischt sich offenbar der westwärts strömende antarktische Küstenstrom mit nördlicheren Wassermassen. Im Oberflächenwasser des östlichen Gebietes lagen die Konzentrationen der Algennährsalze Nitrat: 18 μM , Phosphat: 1,4 μM und Silikat: 48 μM deutlich höher als weiter im Westen (Nitrat: 16 μM , Phosphat: 1,1 μM , Silikat: 38 μM), wo wir geschichtetes wärmeres und salzigeres Oberflächenwasser antrafen (Abb. 1), in dem das Pflanzenwachstum begünstigt wird.

Ein heftiger Sturm beendete das weitere Wachstum der Blüte im Küstenstrom am 17. Februar (nach Station 164) in dem er die Wassersäule bis zum Boden in über 250 m Tiefe durchmischte. Dies ist deutlich an der vertikalen Vermischung des Chlorophyll a und der Bakterienbiomasse zu erkennen (Abb. 2a,b). Die Primärproduktion im Küstenstrom betrug durchschnittlich 0,4 g C m⁻²



Tag⁻¹ und verringerte sich durch den Sturm kurzfristig auf etwa die Hälfte.

Die Produktion von bakterieller Biomasse regte der Sturm dagegen an: Bis in tiefe Wasserschichten konnte anhand der Reduktion der Nukleinsäure Thymidin in DNS hohe bakterielle Produktion festgestellt werden (Abb. 2c). Sie stieg, in Kohlenstoffäquivalenten ausgedrückt, in der gesamten Wassersäule von 0,9 g C m⁻² Tag⁻¹ auf maximal 1,9 g C m⁻² Tag⁻¹ und überschritt somit die Primärproduktion erheblich. Die Bakterien bauten

offenbar in den tieferen Wasserschichten durch den Sturm heruntergemischte Phytoplanktonbiomasse ab. Kurz nach dem Sturm befanden sich die Bakterienpopulationen bis in 100 m Tiefe in besonders gutem physiologischen Zustand, sie verdoppelten ihre Biomasse 1 bis 1,5 mal am Tag. Dies ist sonst nur in den produktiven Wasserschichten an der Oberfläche zu beobachten.

Der Herbststurm hatte über 90% der Planktonbiomasse in tiefere Wasserschichten gemischt. Dies ging einher mit einer Redu-

zierung des Isotopes Th-234, das an Partikel angelagert aus dem Wasser entfernt wurde und zu einer Reduzierung des Mutternukleides U-234 um bis zu 28% führte. Ein Teil der Planktonbiomasse sedimentierte vermutlich auf den dichten Bryozoen- und Hydrozoenrasen des Schelfsediments. In den oberen zwei Zentimetern des Sediments stiegen die Konzentrationen von Chlorophyll und Lipiden kurzzeitig stark an (Abb. 3a,b). Die Anteile hochungesättigter Fettsäuren entsprachen denen der oberen Wassersäule. Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß relativ frisches Planktonmaterial ins obere Sediment gelangte. Die Konzentrationen von Chlorophyll und Lipiden sanken nach einer Woche jedoch wieder auf ihre "normalen" Werte; Phaeopigmente – die Abbauprodukte der Chlorophylle – wurden noch nach zwei Wochen in den oberen Schichten der Schelfsedimente in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen.

Der Kohlenstofffluß aus den oberen Wasserschichten des Küstenstromes in die Tiefe läßt sich aus den gemessenen Prozessen abschätzen: Über 93% des Kohlenstoffs der Küstenblüte waren nach dem Sturm aus den oberen Wasserschichten verschwunden; 4,4% gelangten ins Sediment – berechnet anhand der dort gemessenen Chlorophyllkonzentrationen – wo sie innerhalb einer Woche abgebaut wurden. Ein wesentlicher Anteil der abgesunkenen Planktonblüte muß demnach vom Makrozoobenthos gefressen und/ oder den Schelfhang hinab in die Tiefsee transportiert worden sein. Auf dem Sediment des dem Schelf vorgelagerten Tiefseegebiets fanden wir in über 3000 m Tiefe noch Phytodetritus. Im Küstenstrom des Lazarevmeeres wurden demnach 1991 im Februar 30 g C m⁻² durch die biologische Pumpe entfernt. Dies ist natürlich nur ein Teil des saisonalen Exports, da das gemessene CO₂-Defizit im Wasser (110 bis 140 g C m⁻²) auf einen größeren Verlust an anorganischem Kohlenstoff schließen läßt. Dieses plötzliche Sedimentationsereignis hat auch einen erheblichen Einfluß auf die benthischen Lebensgemeinschaften.

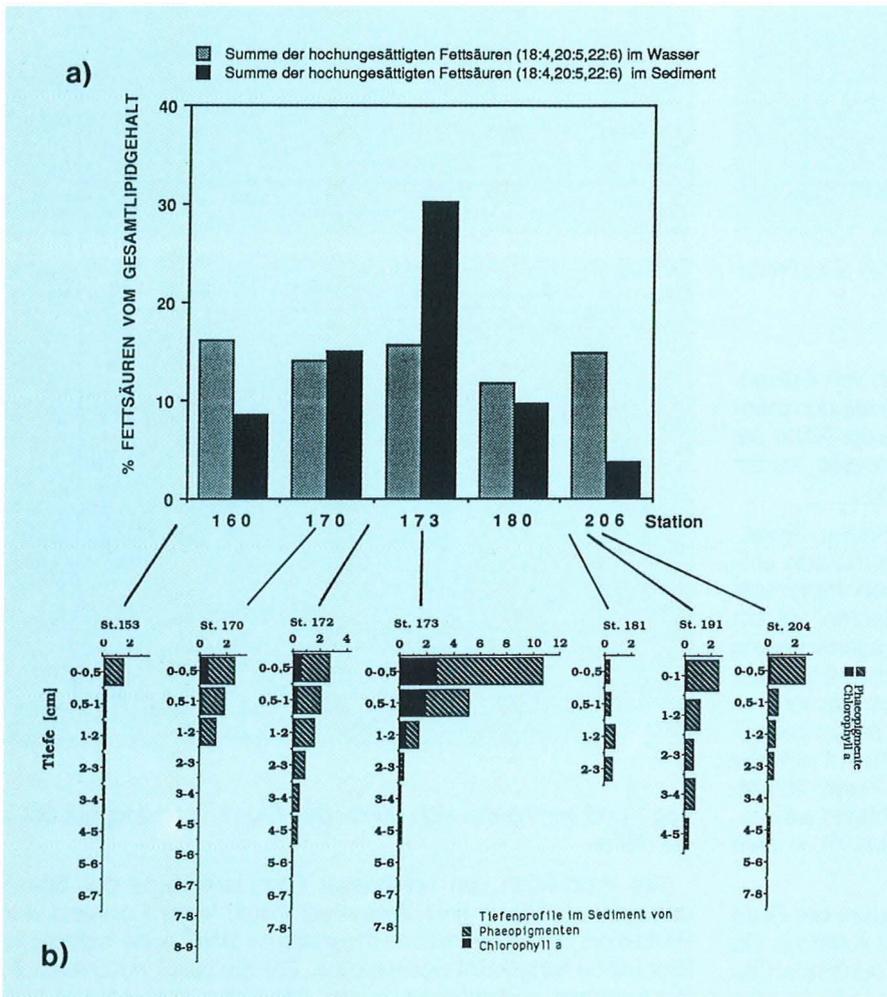


Abb. 3: Profile der oberen Zentimeter im Sediment an Stationen im Küstenstrom von a) Lipiden und b) Chlorophyll.

Ökophysiologische Untersuchungen an ausgewählten Eis- und Phytoplanktonalgen des Weddellmeeres

Dimethylsulfid-Freisetzung bei antarktischen Phytoplanktern

Die globalen Schwefelemissionen in Form von Dimethylsulfid (DMS) durch das Phytoplankton betragen nach jüngeren Schätzungen ca. 40 Mio Tonnen jährlich, was etwa der Hälfte der anthropogenen Schwefelabgabe entspricht, die vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger anfällt. Die DMS-Emissionen des Phytoplankton schwanken saisonal, da sie mit dem Auftreten von Planktonblüten verknüpft sind. Das Meerwasser enthält im Winter ca. 4 ng l^{-1} DMS und im Sommer ca. 220 ng l^{-1} .

Diese hohe pflanzliche Schwefelemission ist heute unbestritten, doch sind die Gründe für die DMS-Freisetzung noch weitgehend unklar. Deshalb haben wir an sechs Phytoplanktonalgen, die während der Antarktisexpedition ANT IX/2 ins Weddellmeer isoliert wurden, die Abgabe von Dimethylsulfid (DMS) unter verschiedenen Umweltbedingungen gemessen. Die fünf Diatomeen *Thalassiosira sp.*, *Nitzschia curta*, *Porosira glacialis*, *Rhizosolenia alata* und *Chaetoceros socialis* sowie die Haptophyceae *Phaeocystis sp.* zeigten dabei signifikante Unterschiede (Abb. 1). Erwartungsgemäß wies *Phaeocystis* unter allen Bedingungen die höchsten Werte auf. Die Freisetzungsraten der *Chaetoceros socialis*, die ebenfalls schleimige Kolonien bildet, lagen allerdings nur unwesentlich darunter.

Wir vermuten, daß schleimbildende Algen das DMS im Kolonieschleim zwischenlagern und erst bei der Zersetzung des Koloniematerials, etwa beim Zusammenbrechen der Blüten, freisetzen. Die anderen untersuchten Arten produzierten wieder erwarten ebenfalls viel DMS, möglicherweise geben sie es aber mehr oder weniger kontinuierlich ins Wasser ab, die Unterschiede in der DMS-Abgabe bei einigen Arten können noch nicht erklärt werden. Die DMS-Produktion hängt scheinbar vom physiologischen Zustand der Algen ab, denn unsere Ergebnisse weisen darauf hin, daß DMS bevorzugt unter physiologischem Stress abgegeben wird, d.h., wenn die Zellen Temperatur- und Lichtbedingungen ausgesetzt sind, die nicht ihrem Akklimationszustand entsprechen.

Reduzierte Respiration bei Temperaturen unter 0°C

Polares Phytoplankton und Meereisalgen wachsen speziell bei niedrigen Temperaturen gut. Möglicherweise ist diese Fähigkeit

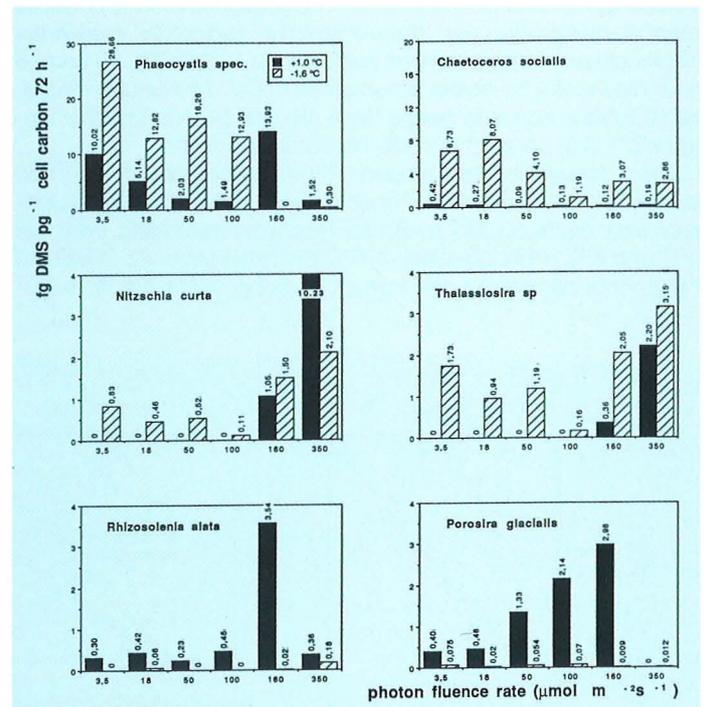


Abb. 1: Dimethylsulfid (DMS)-Produktion pro Zellkohlenstoff (beachte die unterschiedlichen Skalen) nach 72 h bei sechs verschiedenen Quantenstromdichten und zwei Temperaturen, schwarze Balken 1°C, gestreifte Balken -1.6°C. Vorkultur bei 1°C und $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Die schleimkoloniebildenden Algen *Phaeocystis sp.* und *Chaetoceros socialis* produzieren mehr DMS als die übrigen Diatomeen. Die DMS-Bildung ist, von Ausnahmen abgesehen, da am höchsten, wo sich die Versuchsbedingungen am meisten von den Vorbedingungen unterscheiden. Offensichtlich läßt sich die DMS-Freisetzung als Antwort auf physiologischen Stress interpretieren.

auf eine relativ zur Photosyntheserate reduzierte Respiration zurückzuführen. Um diese Hypothese zu prüfen, haben wir eine kleine solitäre *Chaetoceros*-Art untersucht, die während einer Antarktisexpedition aus dem Plankton des Weddellmeeres isoliert werden konnte. Diese Art kommt sowohl im Wasser als auch

im Eis recht häufig vor. In vergleichenden Messungen der Kohlenstoffassimilation während Lang- und Kurzzeitinkubationen zwischen $-1,5$ bis 4°C bei jeweils zwei Quantenstromdichten (5 und $55 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) blieb trotz großer Unterschiede in der Teilungsrate der Zuwachs an Biomasse pro Generationszeit in allen Versuchsansätzen gleich. Bei der Langzeitinkubation (LT) wurde allen Parallelproben zu Versuchsbeginn radioaktiv markiertes Kohlendioxid zugegeben und nach jeweils 3, 6, 9, 12, 15 und 18 h für die Produktionsbestimmung filtriert. Bei der Kurzzeitinkubation (CUM) wurde eine zweite Serie alle drei Stunden nacheinander mit $^{14}\text{CO}_2$ versetzt und alle drei Stunden filtriert.

Beim Vergleich der beiden Photosyntheseraten aus den kumulativen Kurzzeitinkubationen mit denen der Langzeitinkubation wird deutlich, daß meßbare Respirationsverluste zwar bei 0°C und 4°C , nicht aber bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ auftraten (Abb. 2). In keinem Fall konnte der Verlust gelösten organischen Kohlenstoffs nach-

gewiesen werden. Offensichtlich geht ein Anstieg der Kohlenstoffassimilation bei höheren Temperaturen zu Lasten der Effektivität des Kohlenstoffmetabolismus.

Die Untersuchung der Lichtanpassungsfähigkeit dieser *Chaetoceros*-Art über ein Quantenstromspektrum von 0 bis $160 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ließ eine hohe Akklimatisationskapazität, unabhängig von der Temperatur, erkennen (Abb. 3). Wenngleich sich die maximalen Photosyntheseraten, bezogen auf das Chlorophyll, deutlich unterscheiden (Abb. 3, obere Reihe), so ist doch die einzelne Zelle, ob schatten- oder lichtaklimatisiert, hinsichtlich der maximalen Photosyntheseleistung gleich effektiv (Abb. 3, untere Reihe), da die schattenangepassten Zellen entsprechend mehr Chlorophyll aufgebaut haben. Lediglich im lichtlimitierten Bereich der Photosynthese-Lichtkurve ergeben sich Unterschiede, die ebenfalls auf den unterschiedlichen Chlorophyllgehalt zurückzuführen sind: Die schattenaklimatisierten Zellen mit ihrer erhöh-

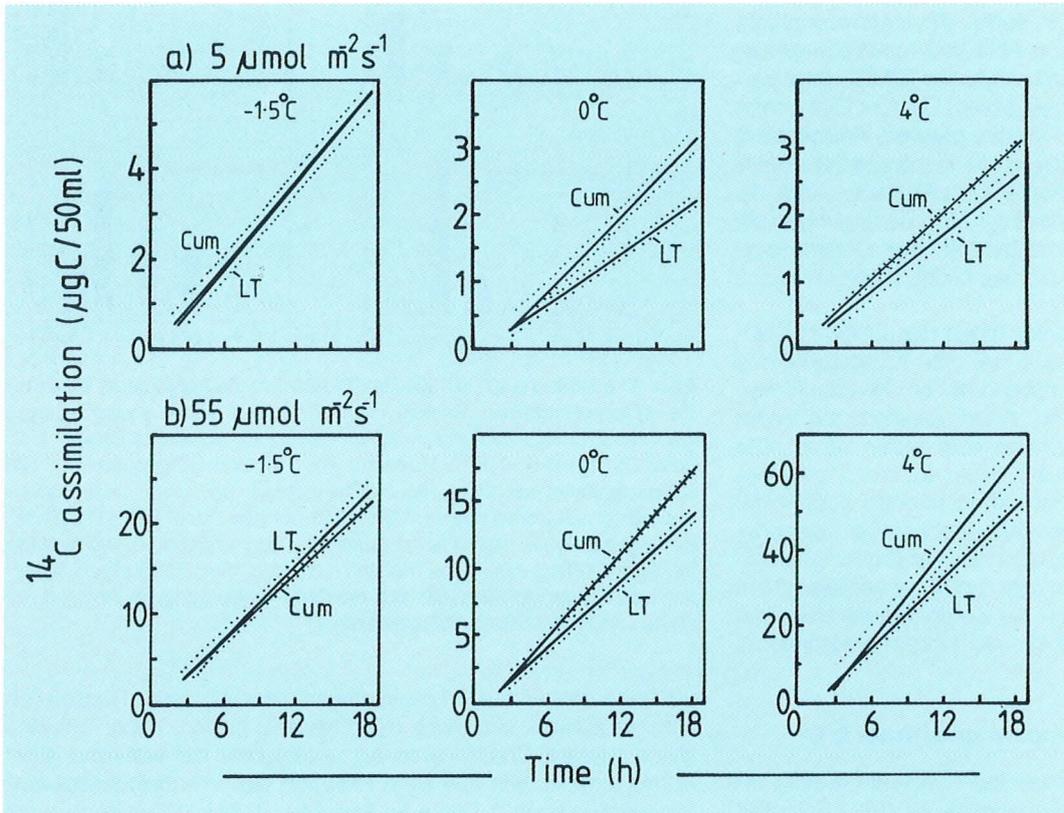
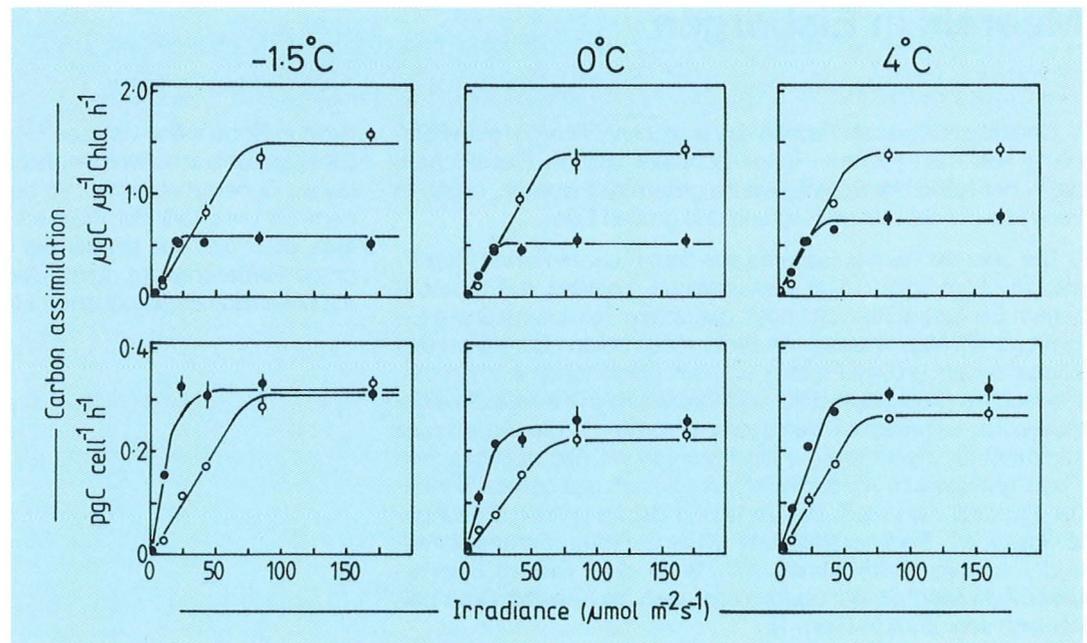


Abb. 2: Vergleich der Photosyntheseraten von *Chaetoceros* sp. aus kumulativer Kurzzeitinkubation (Cum) und Langzeitinkubation (LT). Die Unterschiede im Anstieg der Kurven bei 0 und 4°C sind auf Respiration zurückzuführen, bei $-1,5^{\circ}\text{C}$ ließ sich keine Respiration feststellen (beachte die unterschiedlichen Skalen).

Abb. 3: Photosynthese-Lichtkurven von *Chaetoceros* sp.; offene Symbole: Vorkultur bei $55 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, geschlossene Symbole: Vorkultur bei $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Chlorophyllbezogene (obere Diagrammreihe) und zellbezogene (untere Reihe) Photosyntheseraten zeigen bei den jeweiligen drei Temperaturen untereinander gute Übereinstimmungen, woraus man auf die gute Akklimatisationsfähigkeit der Alge sowohl auf die Temperatur als auch auf das Licht schließen kann.



ten Pigmentmenge sind gegenüber den lichtangepassten Zellen im Vorteil. Interessanterweise spielt die Temperatur in diesem Zusammenhang offensichtlich keine entscheidende Rolle.

Die Fähigkeit, auf Veränderungen im Lichtangebot und in der Temperatur hinsichtlich Photoakklimatisation und Effizienz in der Kohlenstoffassimilation zu reagieren, wirken sich auf die Verteilung der untersuchten Art im offenen Wasser und im Packeis aus. Zwar ändert sich die Temperatur in antarktischem Oberflächenwasser im allgemeinen nicht, doch bei Neueisbildung und

dem damit verbundenen Einschluß von Algen sinkt die Temperatur in der Umgebung der Algen von über 0°C bis unter den Gefrierpunkt. Die Fähigkeit, unter diesen Bedingungen eine positive Kohlenstoffbilanz zu erhalten, d.h. zu "wachsen", ist mit den hier beschriebenen Befunden zu erklären. Die bei verschiedenen Algen möglicherweise unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeit zur Reduktion der Respiration bei Temperaturen unter 0°C beantwortet die Frage, warum manche Algen im Eis wachsen und andere nicht.

Meereis in Eisbergen

Untersuchungen an Proben eines grünen Eisbergs, eines Eiskerns aus dem Filchner-Rønne-Schelfeis und an Eisplättchen, die in der Nähe der Schelfeiskante gesammelt wurden, ergaben Hinweise auf die marine Herkunft des grünen Eises.

Der oberste Teil des Eiskerns aus dem Filchner-Rønne-Schelfeis, 152,8 m von 215 m Gesamtlänge, bestand aus meteorischem Eis (gepreßtem Schnee), der untere Teil aus marinem Eis (gefrorenem Meerwasser). An Proben aus beiden Bereichen des Eiskerns, dem grünen Eisberg und den Eisplättchen wurden stabile Isotope (Sauerstoff-d¹⁸O und Deuterium-dD) sowie die elektrolytische Leitfähigkeit gemessen (Tabelle 1). Die Ergebnisse stimmten für alle Proben, ausgenommen die des meteorischen Eises, gut überein. Wir schließen daraus, daß das grüne Eis mariner Herkunft sein muß. Die Verteilung der im grünen Eis eingeschlossenen Sedimentpartikeln (Quartzkörner, Foraminiferen- und Kieselalgenteile) stimmt mit der in dem Eiskern marinen Ursprungs ebenfalls gut überein und auch die Kristallstruktur beider sind sehr ähnlich (Abb. 1).

Aus diesen Beobachtungen begründen wir die Hypothese, daß grüne Eisberge aus marinem Eis entstehen, das über mehrere hundert Jahre an der Unterseite des Schelfeises zunächst in Form von Eisplättchen anfriert. Die Eisplättchen bilden sich in der Wassersäule und treiben gegen die Unterseite des Schelfeises, wo sie sich mit der Zeit zu einer soliden Schicht verdichten. Wir vermuten, daß freischwebende oder aufgewirbelte Sedimentpar-

tikeln in Bodennähe von den Eisplättchen mitgerissen und in das Eis eingeschlossen werden. Brechen Stücke des Schelfeises ab, die als Eisberge verdriften, so befindet sich die Schicht aus marinem Eis unterhalb der Wasserlinie. Wenn solche Eisberge kentern, erscheint das marine Eis über der Wasseroberfläche, die grüne Farbe entsteht durch Streuung des Sonnenlichts in dem mit Mineralien angereicherten Eis.

Parameter	Grüner Eisberg	Eiskern		Eisplättchen
		Marines Eis	Meteorisches Eis	
d18O [‰]	+1.6 - +2.5	+1.7 - +2.6	-25 - -38	+1.6 - +2.2
dD [‰]	+13 - +18	+14 - +18	-200 - -300	+14 - +20
s [µS/cm]	45 - 115	30 - 200	2 - 20

Tab. 1: Stabile Isotope (als Abweichung vom "standard mean ocean water" VSMOW) und elektrolytische Leitfähigkeit eines grünen Eisbergs, eines Eiskerns aus dem Filchner-Rønne-Schelfeis sowie von Eisplättchen aus der Atka-Bucht (Ekström-Eisschelf) und der Gould Bay (Filchner-Eisschelf).

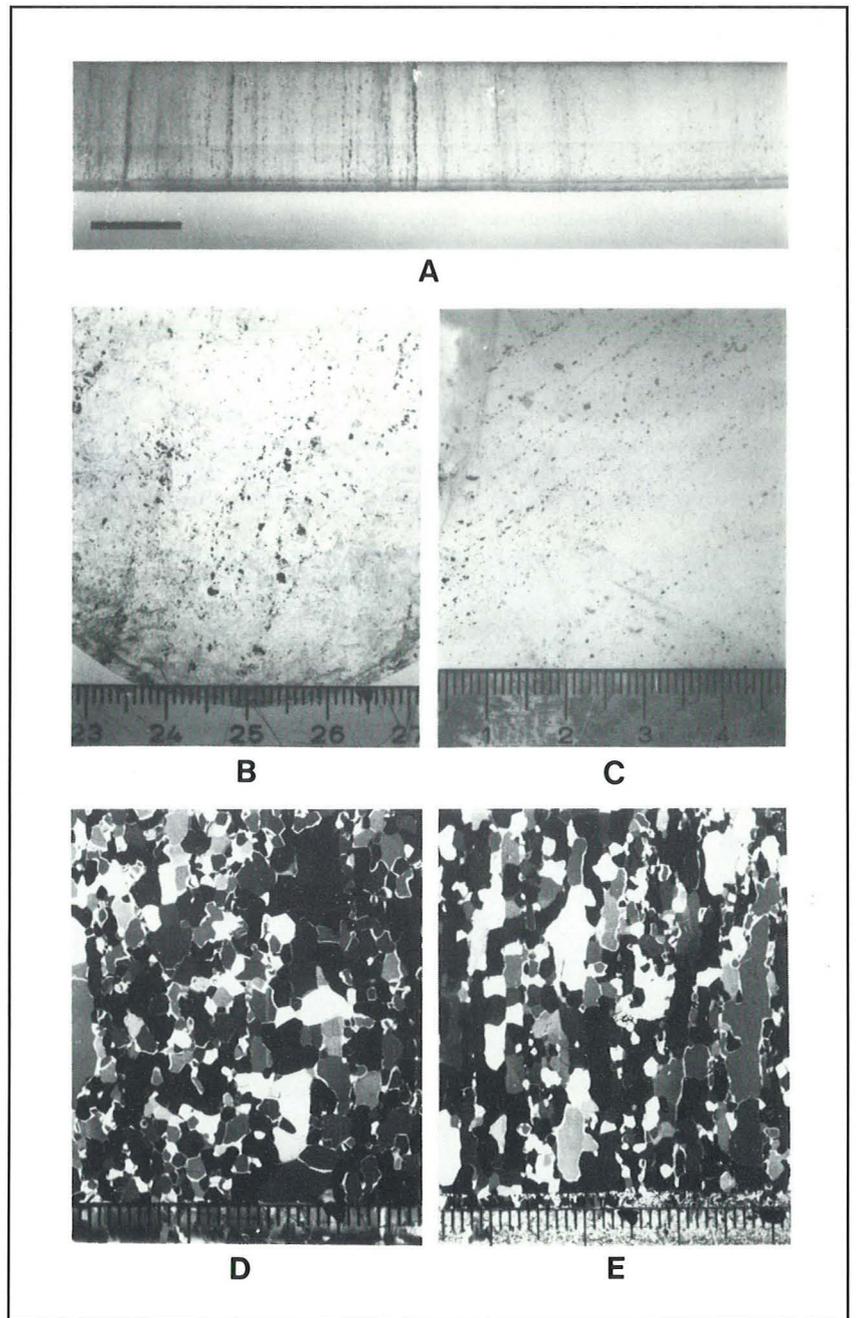


Abb. 1:
 Fotografien der Verteilung
 und Schichtung
 von Sedimenteinschlüssen
 in einem Teil des Eiskerns
 aus dem
 Filchner-Rønne-Schelfeis (A)
 sowie in einem Dickschnitt
 des grünen Eisbergs (B)
 und des Eiskerns (C).
 D und E zeigen,
 an Dünnschnitten unter
 polarisiertem Licht fotografiert,
 das Kristallgefüge des grünen
 Eisbergs und des Eiskerns.

Bleigehalte im Oberflächenwasser des Nord- und Südatlantiks

Die Verteilung und das Verhalten des Spurenmetalls Blei im Meerwasser sind in der anorganischen Meereschemie seit Jahren Themen besonderen wissenschaftlichen Interesses. Das liegt an den vielfältigen Reaktionen des Bleis mit Meerwasser und Schwebstoffen, den zeitweise sehr hohen anthropogenen Einträgen und der Toxizität in höheren Konzentrationen. Blei ist außerdem ein günstiger Markierungsstoff für Untersuchungen im Sediment, im Wasser oder im Eis. Die großräumige Verteilung von Blei im Meerwasser kennt man jedoch nur unzureichend, da die Analyse problematisch ist.

Die Installation eines kontaminationsfrei und kontinuierlich arbeitenden Probennahmesystems auf dem Forschungsschiff "Polarstern" und die nachfolgende Ultraspurenanalytik unter Reinraumbedingungen hat es uns ermöglicht, die Verteilung von

Blei über weite Bereiche des Atlantiks in hoher horizontaler Auflösung zu erfassen. Auf zwei Fahrten von "Polarstern" wurden zwischen 50°S und 50°N über 250 Oberflächenwasserproben gewonnen (Abb. 1) und nachfolgend mittels differentieller anodischer Inversvoltammetrie (DPASV) auf ihre Bleigehalte analysiert.

Die gemessenen Bleigehalte im Nord- und Südatlantik schwanken stark (Abb. 2), da Blei überwiegend aus der Luft in das Oberflächenwasser eingetragen wird. Ein Großteil des atmosphärischen Bleis stammt aus anthropogenen Quellen, so

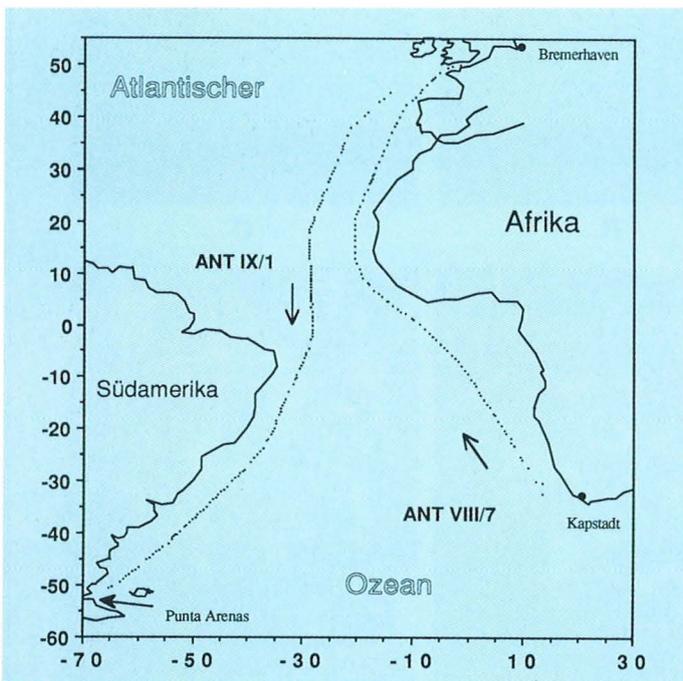


Abb. 1: Positionen der Probennahme von Oberflächenwasser auf den Expeditionen ANT VIII/7 (Mai 1990) und ANT IX/1 (Oktober/November 1990).

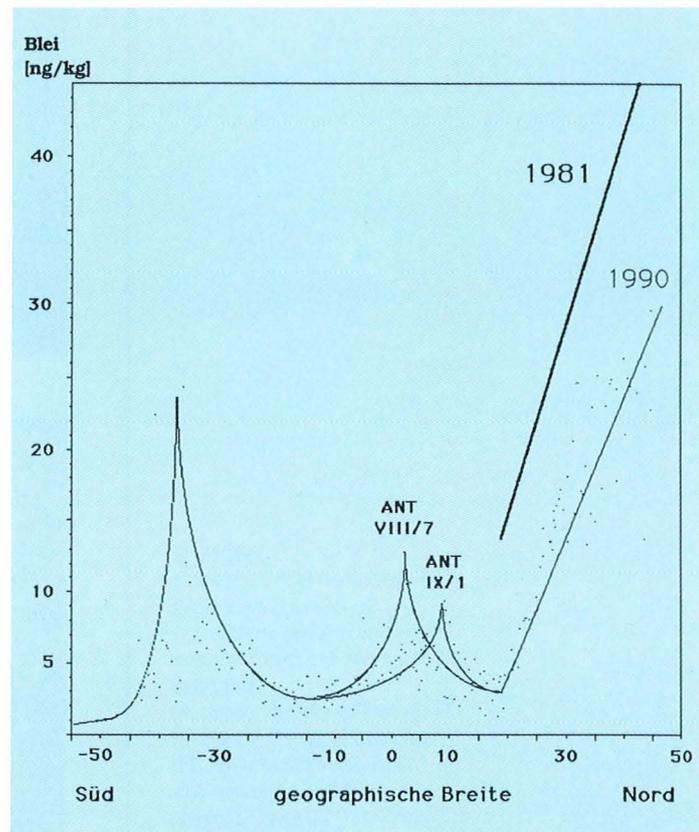
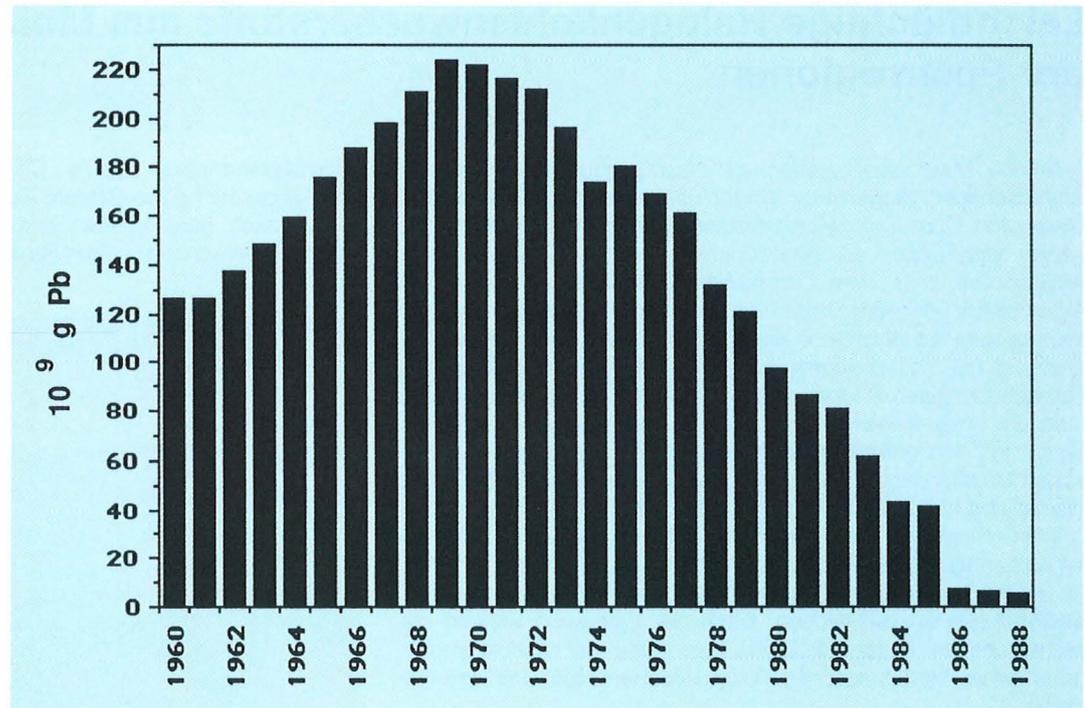


Abb. 2: Idealisierte Darstellung der Bleigehalte im Oberflächenwasser des Nord- und Südatlantiks 1990 (Expeditionen ANT VIII/7 und ANT IX/1) und 1981 (FS METEOR).

Abb. 3: Bleiverbrauch in den USA als Bleialkyle im Benzin (1960 - 1988).



daß erwartungsgemäß im Nordatlantik (nördlich 20°N) und im westlichen Südatlantik (um 35°S) erhöhte Bleiwerte auftreten.

Der Vergleich mit anderen Stoffen, wie Aluminium, weist auch auf erhöhte Bleikonzentrationen im offenen Ozean durch terrigene Einträge hin: Die im tropischen Atlantik um den Faktor 10 höheren Konzentrationen (5°S bis 15°N) werden offensichtlich durch Naßeintrag verursacht, denn in der "Intertropischen Konvergenzzone" (ITCZ) regnet es viel. Quelle der hier im Regen gefundenen hohen Metallkonzentrationen ist vermutlich die Sahara.

Die Untersuchungen machten zudem interessante zeitliche Schwankungen deutlich: Ein Vergleich mit Bleikonzentrationen, die 1981 auf einer Fahrt des Forschungsschiffs "Meteor" im gleichen Untersuchungsgebiet gemessen wurden, ergab, daß der Bleigehalt im nordostatlantischen Oberflächenwasser seitdem um die Hälfte abgenommen hat (Abb. 2). Die Hauptquelle für Blei über dem Nordatlantik ist das in Nordamerika verwendete verbleite Benzin, dessen Verbrennungsprodukte zum großen Teil mit der Luft nach Osten in den Nordatlantik eingetragen werden.

Die Emissionen aus dieser Quelle haben sich seit 1969 stark verringert (Abb. 3). Schätzt man anhand der bekannten Emissionen die Bleigehalte im Oberflächenwasser des Atlantiks ab, so stimmen diese Werte überzeugend mit dem im Nordostatlantik gemessenen Rückgang überein.

In der ITCZ ändern sich die Bleigehalte jahreszeitlich. Die Maxima der Messungen während der Polarsternreisen ANT VIII/7 und ANT IX/1 folgen in ihrer geographischen Lage der jahreszeitlichen Wanderung der ITCZ recht genau (Abb. 2). Damit wird nachgewiesen, daß der Regen einen hohen Anteil am Eintrag der Spurenmetalle in den äquatorialen Atlantik hat.

Die transatlantischen Fahrtabschnitte der "Polarstern" eignen sich, wie hier am Beispiel von Blei dargestellt, hervorragend zur Beprobung unterschiedlicher Wasserkörper, und sie ergeben einen repräsentativen Überblick über die Verteilung anorganischer Spurenstoffe im Ozean.

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe aus Makroalgen der Polarregionen

Marine Makroalgen gelten als Hauptproduzenten biogener leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe, die, neben den bekannten Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen (FCKW) anthropogenen Ursprungs, an photochemischen Reaktionen in der Atmosphäre, z. B. dem Ozonabbau, beteiligt sind. Warum die Algen diese, vor allem Brom und Jod enthaltenden, Substanzen produzieren, ist noch unbekannt. Vermutlich desinfizieren sie Wunden bei Verletzungen des Algenkörpers oder dienen als Fraßschutz gegen Räuber. Die Alge bildet sie über einen enzymatisch kontrollierten Mechanismus. Die entstehenden, nur Brom und Jod enthaltenden, Verbindungen reagieren im alkalischen Umfeld der Alge mit im Seewasser vorhandenen Chloridionen und können mischhalogenierte Verbindungen bilden.

Wir untersuchen Makroalgen aus polaren Meeren an im Institut kultivierten Algen (Abb. 1) und an Freilandalgen vor Ort (Abb. 2), um die Substanzabgabe der Algen unter Kultur- und Freilandbedingungen zu vergleichen. Nach der Extraktion werden die leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe mit gaschromatographischen und massenspektrometrischen Methoden identifiziert.

Kultivierte Braun- und Rotalgen aus der Antarktis gaben neben Bromoform die Verbindungen Dibromchlormethan und

Bromdichlormethan sowie Chlorjodmethan im Bereich von 10^{-12} g bis 10^{-9} g pro Gramm Algenfeuchtgewicht und Tag ab.

Bei frisch gesammelten arktischen Freilandmakroalgen aus Spitzbergen konnten neben Bromoform und den daraus resultie-



Abb. 1: Kulturen antarktischer Makroalgen im Alfred-Wegener-Institut.

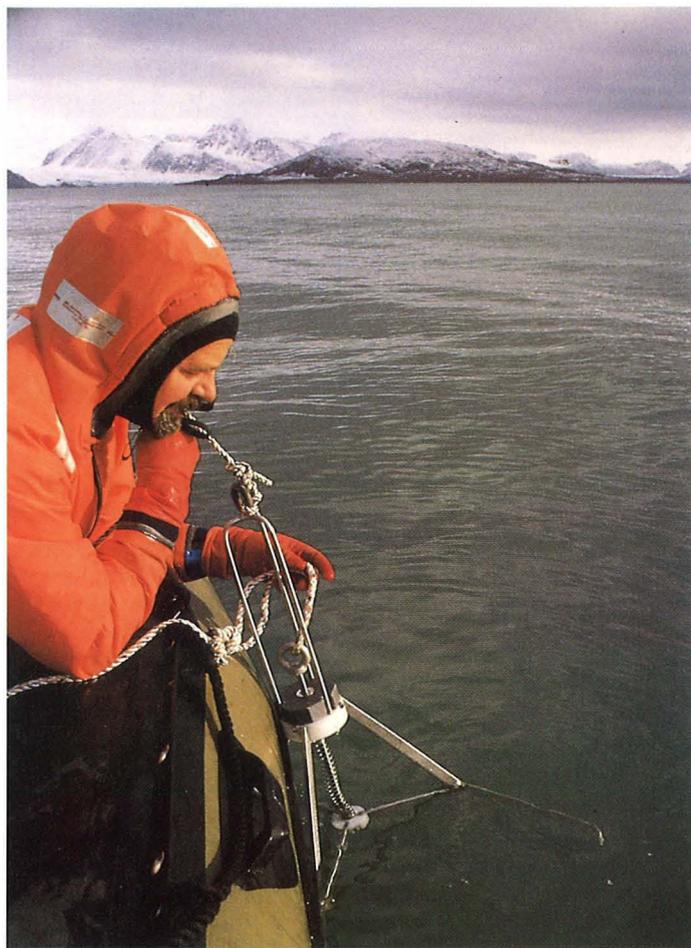


Abb. 2: Sammlung von Makroalgen auf Spitzbergen mit Hilfe eines Algengreifers aus Tiefen bis zu 12 m.

renden Brom-Chlor-Verbindungen auch Dibrommethan und Jodverbindungen, wie Dijodmethan und Chlorjodmethan im Bereich von 10^{-12} g bis 10^{-9} g pro Gramm Frischalge und Tag nachgewiesen werden (Abb. 3).

Die Abgaberraten von Halogenkohlenwasserstoffen waren bei den frisch gesammelten arktischen Grün- und Braunalgen im Vergleich zu den Rotalgen bis tausendmal höher. Bei den antarktischen Kulturaigen hingegen gibt es sowohl Braun- als auch Rotalgenarten, die keine oder nur geringe Mengen an Halogenkohlenwasserstoffen freisetzen.

Durch Untersuchungen verschiedener Algenteile wie Stiel, Blattunterteil und -oberteil ließen sich keine signifikanten Bildungsorte ermitteln, vielmehr zeigte sich eine nahezu gleichmäßige Abgabe von Halogenkohlenwasserstoffen aus allen Teilen der Pflanze. Diese Ergebnisse bestärken die Vermutung, daß die Halogenkohlenwasserstoffe ein Wund- und Fraßschutz sind.

Die bei Spitzbergen gefundenen Grün- und Rotalgen werden in der Regel 5 - 20 cm lang und kommen in den Uferzonen bis 1 m Wassertiefe vor. Die Braunalgen wachsen im Bereich von 1 - 12 m Wassertiefe, wobei einige Arten bis zu 8 m lang werden können.

Aus den Biomassen einzelner arktischer Freilandalgen folgt, daß die in großen Mengen vorkommenden Braunalgen auch

hohe Konzentrationen an Halogenkohlenwasserstoffen freisetzen. So gibt z. B. eine 1 kg schwere Pflanze der in Tiefen zwischen 3 bis 12 m vorkommenden Braunalge *Laminaria saccharina* (Abb. 4) bis zu $150 \mu\text{g}$ Bromoform pro Tag an das Seewasser ab. Die weniger Halogenkohlenwasserstoffe freisetzenden Rot- und Grünalgen spielen wegen ihrer geringen Biomasse eine untergeordnete Rolle.

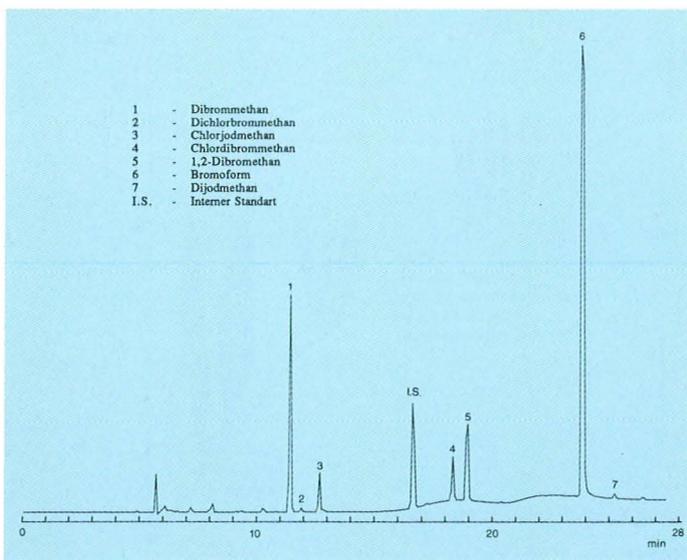


Abb. 3: Gaschromatogramm eines Extraktes der auf Spitzbergen vorkommenden Braunalge *Dictyosiphon foenissulacaeus*.



Abb. 4: 2 m langes Exemplar einer auf Spitzbergen gesammelten Braunalge *Laminaria saccharina* (ca. 3 Jahre alt).

5. Ausgewählte Forschungsthemen

Das in den Wasserkreislauf gelangende Bromoform (Abb. 5) hat aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit und der damit verbundenen längeren Aufenthaltsdauer im Seewasser kaum Bedeutung bei photochemischen Reaktionen in der Atmosphäre. Es kann eher als Indikator bei der Untersuchung von Meeresströmungen und der Bildung von Tiefenwasser genutzt werden.

Die durch Halogenaustausch aus Bromoform gebildeten, in Wasser schlechter löslichen und leichter flüchtigen Bromchlorverbindungen können dagegen aufgrund ihrer kürzeren Verweilzeit im Seewasser bei photochemischen Atmosphärenreaktionen von Bedeutung sein.

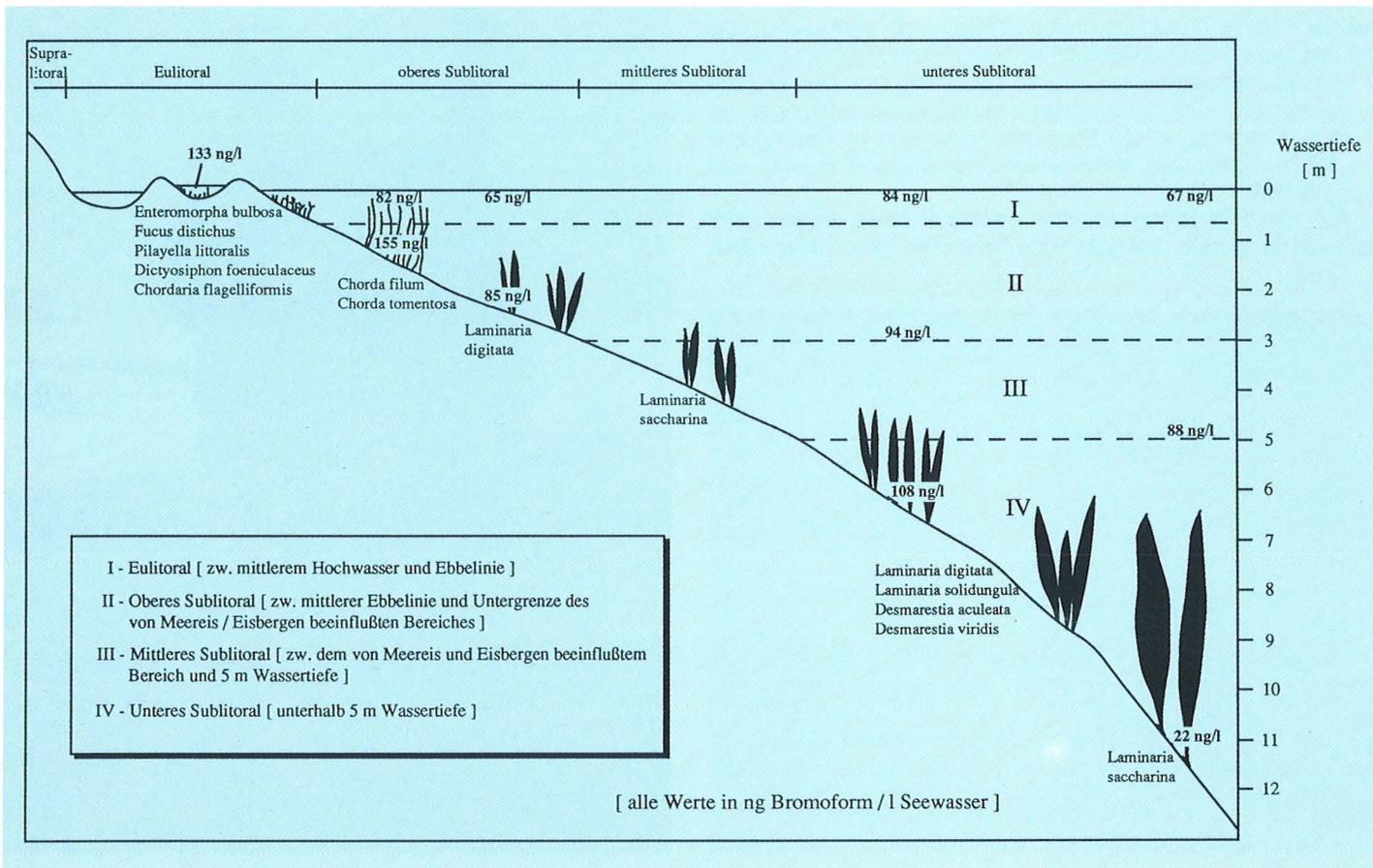


Abb. 5: Querschnitt über Algenverteilung und Bromoformkonzentration im Kongsfjord auf Spitzbergen.

Stratosphärische Ozon- und Aerosolmessungen an der Koldewey-Station auf Spitzbergen

Seit Sommer 1988 werden in Ny-Ålesund/Spitzbergen stratosphärische Ozonmessungen durchgeführt, für die zwei unterschiedliche Meßmethoden zur Verfügung stehen: ein "Lidar" und eine Ballonsonden-Anlage. Mit dem "Lidar" werden die Ozonkonzentration zwischen 10 und 40 km bestimmt und Aerosole in diesem Höhenbereich beobachtet. Im Oktober 1990 nahm die deutsche Arktis-Station (Koldewey-Station) auf Spitzbergen ihren Betrieb auf. Seitdem werden dort regelmäßig Ozonsonden und täglich meteorologische Sonden gestartet.

Ozon-Messungen

Die Messungen in den ersten drei Monaten des Jahres 1990 zeigten eine ruhige Entwicklung der Ozonschicht, da sich die winterliche polare Zirkulation erst sehr spät auflöste. Im Vergleich dazu waren die ersten drei Monate der Jahre 1989 und 1991 bewegter. So fand 1989 eine kräftige stratosphärische Erwärmung in der zweiten Februarhälfte statt, bei der die polare Zirkulation zusammenbrach und warme, ozonreiche Luftmassen in den Polarraum eindrangen. Das Jahr 1991 war sogar durch mehrere solcher stratosphärischer Erwärmungen geprägt. Die Konzentrationen lagen 1989 vor der Stratosphärenerwärmung leicht über den entsprechenden des Jahres 1990, aber unter denen von 1991. Diese Ergebnisse machen deutlich, daß Aussagen über einen Trend nur anhand längerer Zeitreihen getroffen werden können.

Aerosol-Messungen

Mit dem "Lidar" wird auch die Vertikalverteilung von Aerosolen in der mittleren Atmosphäre bestimmt. Dabei sind die in der kalten winterlichen Stratosphäre auftretenden Polaren Stratosphärischen Wolken (PSW) interessant, die für einen schnellen Ozonabbau notwendig sind. Auch vulkanische Aerosole stehen im Verdacht, die Ozonschicht zu schädigen. Für diese Beobachtungen wurde die "Lidar"-Apparatur im letzten Jahr erheblich erweitert. Mit einem zweiten Laser und einem neuen Detektor werden die optischen Eigenschaften der Aerosole untersucht.

Ein Beispiel für die "Lidar"-Messungen einer winterlichen Stratosphärenwolke zusammen mit dem Temperaturprofil eines gleichzeitigen Sondaufstiegs zeigt die Abbildung 1. Man

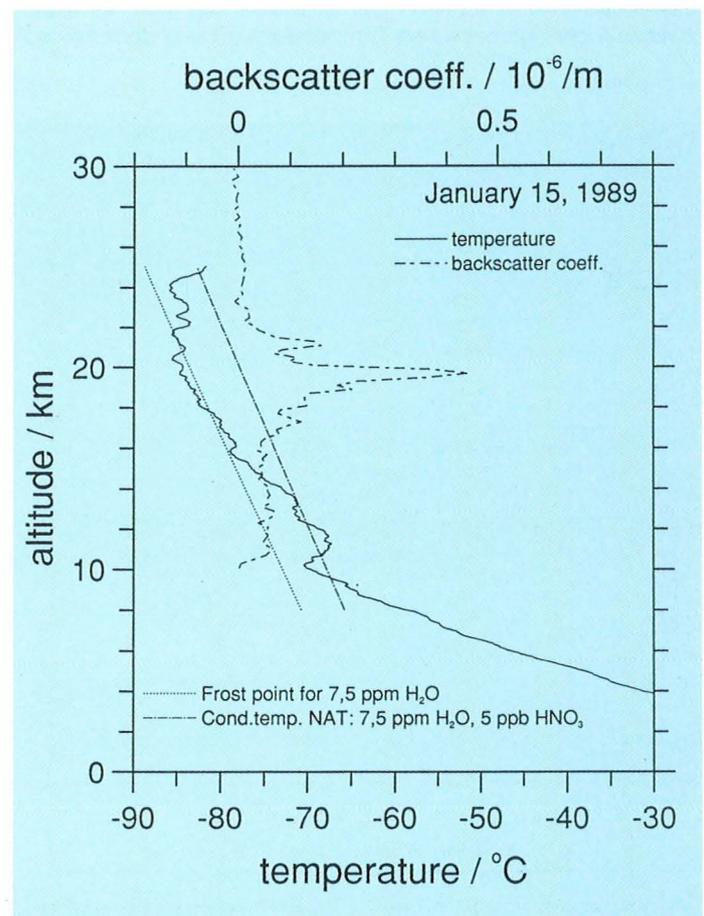


Abb. 1: Eine polare Stratosphärenwolke, wie sie vom "Lidar" gesehen wird. Der Rückstreuungskoeffizient (backscatter coeff., gestrichelte Linie) zeigt das Auftreten zwischen 16 und 22 km Höhe. In diesem Höhenbereich liegt die mit einem Wetterballon gemessene Atmosphärentemperatur (durchgezogene Linie) immer unter der Existenztemperatur von Salpetersäuretrinitrat (strich-gepunktete Linie). Die höchsten Rückstreuwerte werden zwischen 18 und 20 km Höhe erreicht, dort wo der Gefrierpunkt von Wasserdampf (gepunktete Linie) unterschritten wird.

erkennt die Struktur der PSW, die durch den Rückstreukoeffizienten angezeigt wird. In der Abbildung ist auch der Höhenverlauf des Gefrierpunkts von Wasser sowie der von Salpetersäuretrinitrat gezeigt, einer Mischung aus Wasser und dem Spurengas Salpetersäure (HNO_3). Bei Atmosphärentemperaturen unterhalb dieser Grenzwerte können PSW existieren. Die gute Korrelation zwischen dem gemessenen Temperaturprofil und dem Aerosol-

gehalt stützt die Annahme, daß die PSW aus diesen Wasser-Salpetersäure-Aerosolen bestehen.

Die Abbildung 2 zeigt eine Messung vom August 1991, etwa zwei Monate nach dem Ausbruch des Vulkans Pinatubo. Eine Aerosolschicht ist in der untersten Stratosphäre deutlich sichtbar. Bemerkenswert ist, daß sie nur zwischen 11 und 15 km in einem Höhenbereich direkt über der Tropopause beobachtet wurde und nicht auch in größeren Höhen, die der Vulkanausbruch ebenfalls erreichte.

Die Aerosol- und Ozonmessungen im Winter 1991/92 sind ein Beitrag zum Europäischen Arktischen Stratosphärischen Ozon-Experiment (EASOE). Für diese internationale Kampagne ist die Koldewey-Station mit ihrer guten Instrumentierung eine der nördlichsten Beobachtungsstationen.

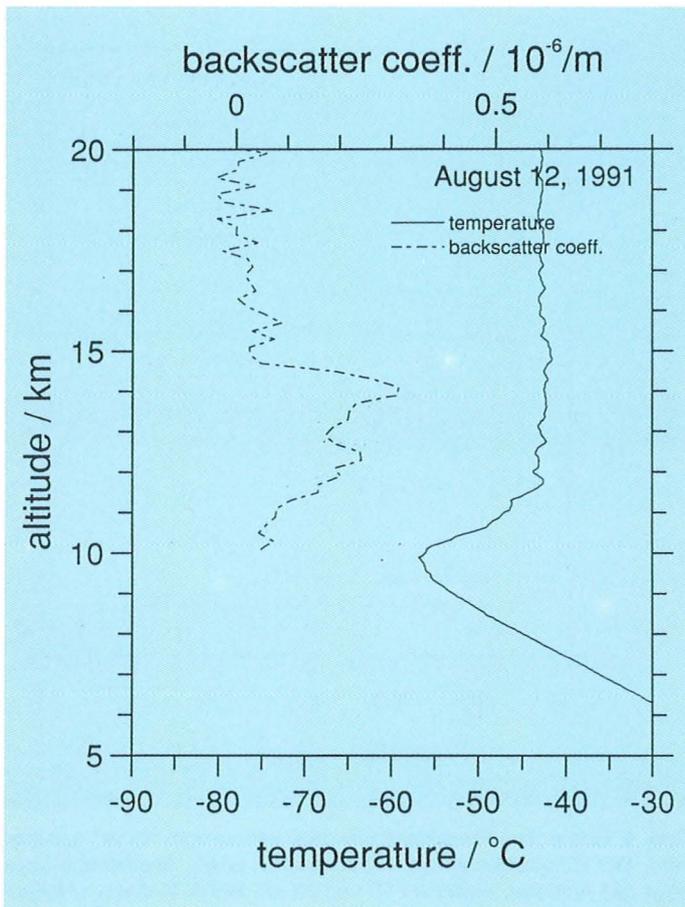


Abb. 2: Eine Aerosolschicht in der untersten Stratosphäre, gegeben durch ihren Rückstreukoeffizienten (gestrichelte Linie). Im Gegensatz zu Abb. 1 sind die sommerlichen Temperaturen der Stratosphäre (durchgezogene Linie) zu warm, um eine Kondensation von Spurengasen zu erlauben.

Diatomeen im Meereis der Arktis

Der zentrale Arktische Ozean ist – im Gegensatz zum Südpolarmeer – das ganze Jahr über mit Eis bedeckt. Rund neunzig Prozent des arktischen Meereises sind mehr als ein Jahr alt und seine Mächtigkeit erreicht mehrere Meter. Ein großer Teil dieses Meereises entsteht in den flachen Schelfgebieten, die den Arktischen Ozean umranden (z. B. vor der sibirischen Küste), während das antarktische Meereis überwiegend in Gebieten mit großen Wassertiefen gebildet wird und im wesentlichen nur ein Jahr alt und relativ dünn ist. Aufgrund der unterschiedlichen Bildungsbedingungen findet man in arktischem Meereis hohe Gehalte an sedimenthaltigem Material, das überwiegend während der Eisentstehung auf den Schelfen eingeschlossen wird.

1987 wurde während der Polarstern Expedition ARK IV/3 auf zwei Nord-Süd-Profilen im arktischen Becken beobachtet, daß

zwischen 84° und 86°N die Meereisoberfläche fast zur Hälfte mit Sedimentteilchen bedeckt war (Abb. 1). Dieses Gebiet liegt im Transpolaren Eisdriftstrom (Abb. 2), der innerhalb von zwei bis drei Jahren das auf dem sibirischen Schelf gebildete Meereis über den Arktischen Ozean bis in die Framstraße transportiert. Die Konzentration des sedimenthaltigen Materials an der Meereisoberfläche läßt sich durch wechselnde, intensive Schmelz- und Anfrierungsprozesse erklären. Im Untersuchungssektor südlich 84°N, der nicht mehr in der Transpolaren Drift liegt, sind lediglich zehn Prozent der Meereisoberfläche mit Material bedeckt, das zu 80% aus lithogenen und zu 20% aus biogenen Anteilen, hauptsächlich Diatomeen (Kieselalgen), besteht.

Beobachtungen von Diatomeen in, an und auf dem arktischen Meereis gehen bis in das letzte Jahrhundert zurück. So wurden bereits Ende des 19. Jahrhunderts über 100 Diatomeenarten



Abb. 1:
Sedimenthaltiges Meereis
im Arktischen Ozean
(Foto: Wollenburg).

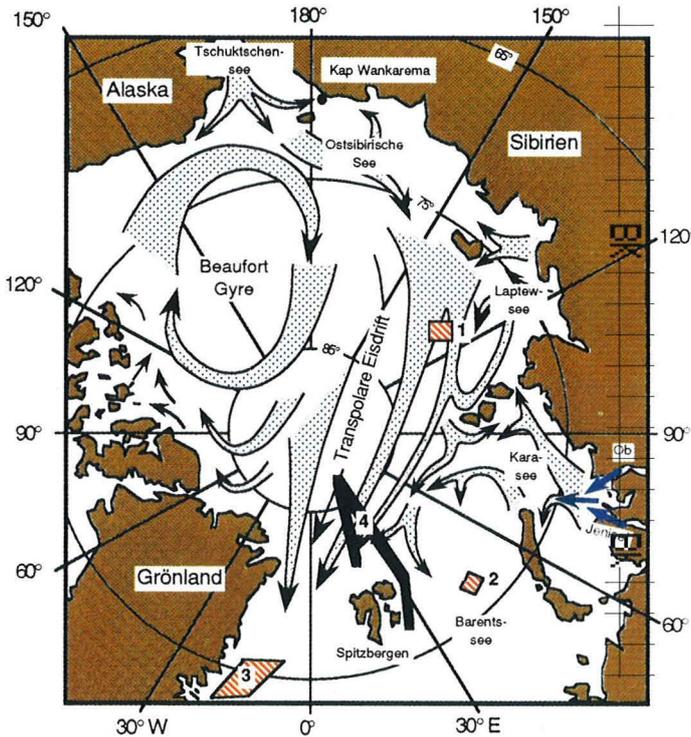


Abb. 2: Schematische Darstellung der Eisdrift-Strömungen im Arktischen Ozean (nach Gordienko und Laktionov, 1969) und Herkunftsgebiete von Diatomeenproben aus arktischem Meereis (Kap Wankarema, "Vega"-Expedition; 1, 2: Probennahmegebiete der "Fram"-Expedition; 3: Probennahmegebiet der von Ryder (1891) durchgeführten Expedition; 4: untersuchte Probenprofile der "Polarstern"-Expeditionen.

aus Meereisproben beschrieben, die während Nordenskjöld's "Vega"-Expedition (1878/80) vor der ostsibirischen Küste nahe Kap Wankarema (Abb. 2) gesammelt worden waren. Da Diatomeenvergesellschaftungen, die wenige Jahre später in Meereis aus der östlichen Grönlandsee (Abb. 2) gefunden wurden, deutliche Ähnlichkeiten mit denen aus dem ostsibirischen Eis aufwiesen, postulierte Cleve 1896 einen Eisdriftstrom quer über den Arktischen Ozean. Diese Hypothese und Funde von sibirischem Treibholz und Wrackteilen vor der ostgrönländischen Küste waren Grundlage für Nansens Vorstellungen zur Transpolaren Eisdrift und seine Planung der Nordpolarexpedition mit der

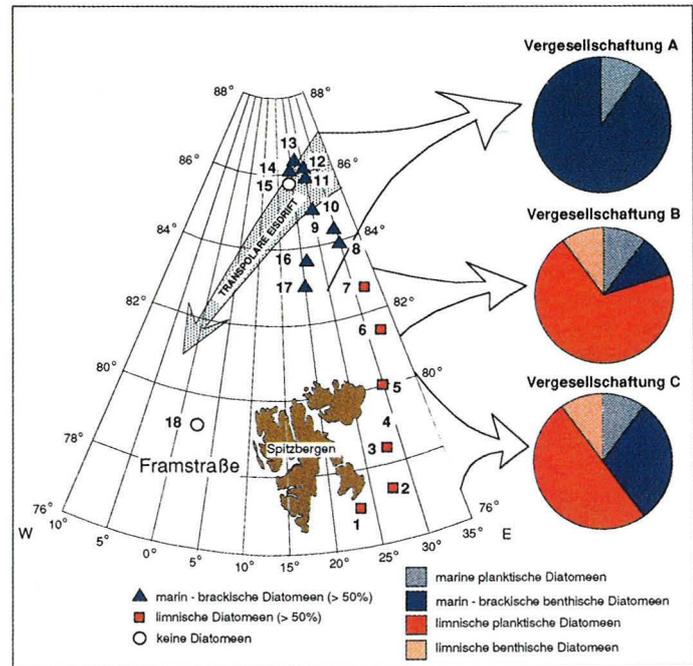


Abb. 3: Verbreitung der unterschiedlichen Diatomeenvergesellschaftungen in arktischem Meereis.

"Fram" (1893/96). Während dieser Expedition wurden erste Meereisproben aus dem arktischen Becken und der Barentssee gesammelt (Abb. 2). Ihre Untersuchung ergab, daß auch sie Diatomeen enthielten, die mit denen der ostsibirischen Küste vergleichbar waren und damit die Theorie von Cleve stützten.

Während zweier Expeditionen mit FS "Polarstern" in die Arktis (Abb. 2) wurden sedimenthaltige Meereisproben gesammelt und auf ihren Diatomeengehalt untersucht: auf Schnitten zwischen dem äußeren Barentsschelf (81°N) und dem zentralen Arktischen Ozean (ARK IV/3, 1987) sowie in der westlichen Barentssee (ARK VI/1, 1989).

Die höchsten Diatomeenkonzentrationen haben wir nahe der Oberfläche in mehrjährigem Eis aus der Transpolaren Eisdrift zwischen 83° und 86°N gefunden (Abb. 2). Dagegen kommen im Meereis südlich 83°N geringe Diatomeenkonzentrationen in fleckenhafter Verbreitung vor. In Abhängigkeit von der Häufigkeitsverteilung und der Artenzusammensetzung können drei Ver-

gesellschaften unterschieden werden, die durch marine und limnische Arten charakterisiert sind.

Vergesellschaftung A (Abb. 3), zwischen 84° und 86°N, ist sehr artenreich und durch gut erhaltene Diatomeen charakterisiert, die überwiegend (90%) aus marin-brackischen benthischen Arten bestehen. Diese Vergesellschaftung hat große Ähnlichkeit mit den bisher von den ostsibirischen Schelfgebieten beschriebenen Artengemeinschaften. Daraus kann gefolgert werden, daß diese Diatomeen aus den Flachwasserbereichen der sibirischen Schelfe stammen, wo sie im Herbst während der Neueisbildung in das Meereis eingeschlossen wurden.

Aus Untersuchungen an Meereisbiota folgt, daß Diatomeen, die in Ruhestadien im Eis überwintert haben, sich im Frühjahr in den untersten Zentimetern des Meereises konzentrieren, wohin sie durch kleine vertikale Schmelzwasserkanäle gelangen, und sich mit zunehmender Lichtintensität vermehren.

Während der mehrjährigen Drift des Eises über den Arktischen Ozean hinweg werden diese ursprünglich an der Unterseite des Eises angesiedelten Diatomeen durch Anfrieren neuen Eises im Meereis eingeschlossen und schließlich durch sommerliche Schmelzprozesse an der Eisoberfläche angereichert. Neben den marin-brackischen benthischen Diatomeen kommen auch marine planktische Arten (Abb. 4) in geringeren Anteilen (10%) vor,

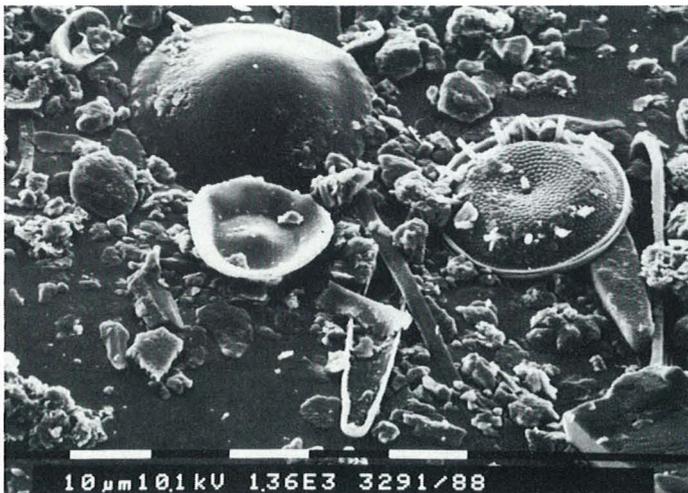


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Diatomeen in sedimenthaltigem Meereis (Foto: Abelmann).

die vermutlich bei der Eisneubildung im Herbst in das Meereis eingeschlossen werden.

Im Untersuchungssektor südlich 83°N bestehen die Diatomeenvergesellschaftungen überwiegend aus limnischen Arten, wobei zwei Vergesellschaftungen unterschieden werden können (Abb. 3). In der Vergesellschaftung B aus dem Gebiet zwischen ca. 81° und 83°N dominieren planktische Süßwasserarten (90%).

Vergesellschaftung C aus der Barentssee setzt sich dagegen hauptsächlich aus planktischen und benthischen Süßwasserarten zusammen. Daneben kommen hier, in wechselnden Anteilen (20 - 40% der Vergesellschaftungen), auch marin-brackische benthische Arten vor. Marine planktische Arten sind an beiden Vergesellschaftungen mit ca. 10% beteiligt (Abb. 3). Die limnischen Diatomeen beider Vergesellschaftungen stammen vermutlich aus dem Bereich der großen sibirischen Flußsysteme (Ob, Jenisej), die in die Karasee münden. Dort in Fluß- oder Meereis eingeschlossen, können sie über kleinere Eisströme in den südlichen Bereich des Untersuchungssektors eingebracht worden sein (Abb. 2).

Die marin-brackischen benthischen Diatomeen der Vergesellschaftung C stammen vermutlich aus dem Küstengebiet Spitzbergens.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß sedimenthaltiges Meereis im Untersuchungssektor nördlich und östlich von Spitzbergen vor allem zwei Ursprungsgebieten zuzuordnen ist: den ostsibirischen Schelfgebieten sowie der Karasee. Dies läßt sich mit den bisher bekannten arktischen Eisdriftströmen gut vereinbaren (Abb. 2).

Wir wissen jedoch wenig über die Biologie der arktischen Diatomeen in und auf dem Meereis und die Kenntnis der Diatomeenvergesellschaftungen vom sibirischen Schelf ist noch auf wenige Probennahmepunkte beschränkt.

Postglaziale Sedimentation und Klimaentwicklung im Scoresby Sund, Ostgrönland

Sedimente aus Fjordsystemen eignen sich gut, um Klimaänderungen der jüngeren geologischen Vergangenheit zu rekonstruieren. Die im Vergleich zum offenen Meer hohen Sedimentationsraten in Fjorden ermöglichen eine hohe zeitliche Auflösung. Die postglaziale Sedimentation und die daraus abzuleitende Rekonstruktion des postglazialen Klimas in Grönland wurde im zentralen Teil des Scoresby Sunds anhand von Großkastengreifer- und Schwerelotproben der Polarsternfahrten ARK V/3b und ARK VII/3b umfassend untersucht (Abb. 1).

Da im Scoresby Sund vorwiegend der Eintrag durch Gletscher die Sedimentation bestimmt, sind die Kerne abwechslungsreich. Wechsel biogener und abiotischer Sedimentgefüge, die an Röntgenaufnahmen der Kerne untersucht wurden, weisen auf verän-

derte Sedimentationsbedingungen und Besiedlung hin. Ebenso geben die fossilen biogenen Komponenten Aufschluß über Variationen der Umwelt- und Lebensbedingungen von Benthos und Plankton. Die mineralische Zusammensetzung der terrigenen Komponenten zeigt die Hauptliefergebiete der Sedimente. Anhand von Korngrößenverteilungen ist es möglich, Veränderungen der Sedimentationsbedingungen wie Strömungsgeschwindigkeit, -richtung und Eistransport nachzuweisen und spezifische Sedimentfazies zu unterscheiden. Der Wechsel des Sedimenteintrages durch Eisberge oder die langfristige Bedeckung des Fjords durch Meereis sind hieraus abzuleiten.

Im Maximum des Weichselglazials vor ca. 18.000 Jahren füllte ein Talgletscher die Fjorde des Scoresby Sunds aus, der ältere

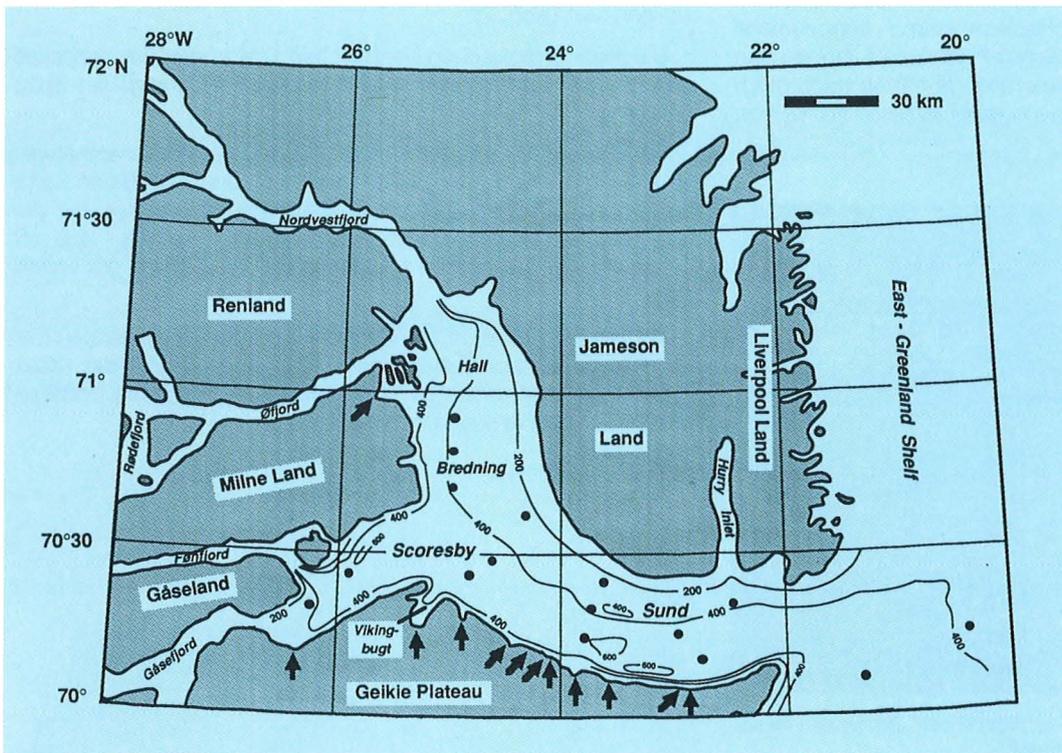


Abb. 1:
Der Scoresby Sund an der Ostküste Grönlands. Für den östlichen Fjordbereich sind die 200, 400 und 600 m-Tiefenlinien dargestellt. Punkte markieren die Probenstationen, Pfeile kennzeichnen die heute in den Fjord mündenden Gletscher.

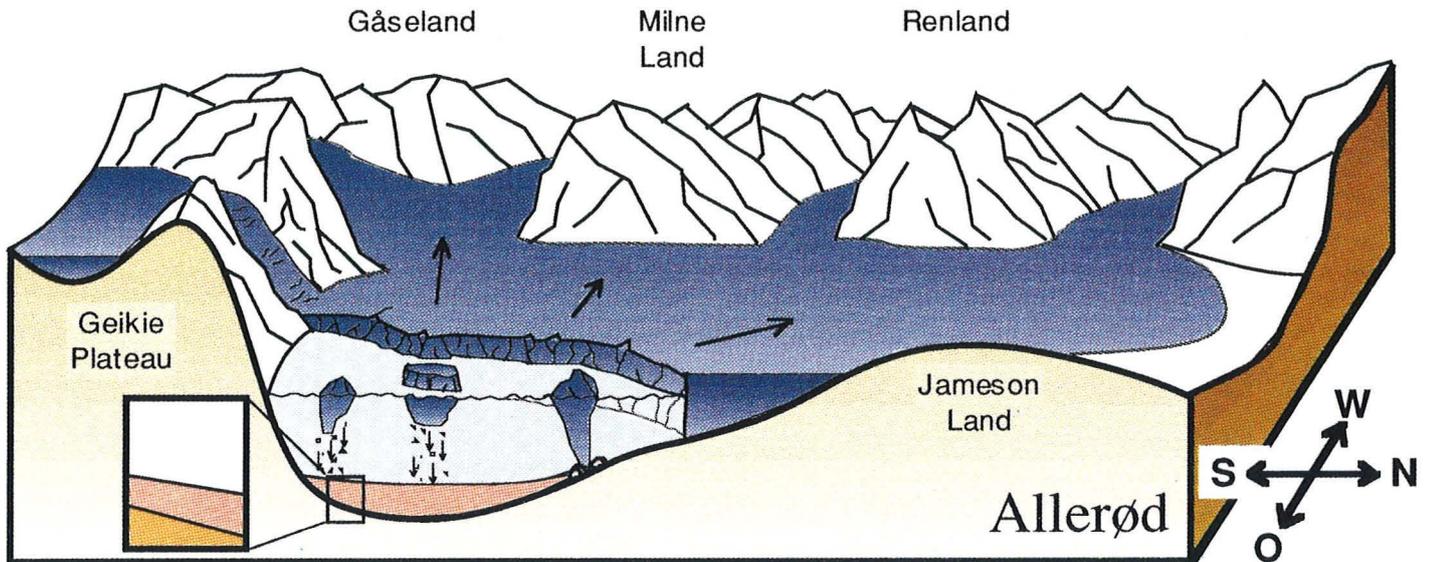


Abb. 2: Sedimentationsverhältnisse während des Allerød-Stadiums (12.500-11.000 J.v.h.). In dieser Phase ziehen sich mit dem Anstieg des Meeresspiegels die Gletscher aus Scoresby Sund und Hall Bredning nach Westen zurück. Sedimentation und Sedimentaufarbeitung erfolgt durch treibende Eisberge. Der Einfluß des Geikie Plateaus auf die Sedimentation im Fjord ist gering.

Sedimente erodierte. Im Fjord gibt es also nur postglaziale Sedimente, die im östlichen Teil nach seismischen Untersuchungen bis zu 20 m mächtig sind. Deutliche Veränderungen in der Sedimentabfolge ermöglichen es, die postglaziale Abschmelzgeschichte in vier Phasen einzuteilen.

Allerød

Vom Allerød, der ersten Phase des Eisrückzugs, bis zum Beginn der Jüngeren Dryas (12.500 bis 11.000 J.v.h. = Jahre vor heute) wich die Front des Talgletschers nach Westen bis an die Mündungen vom Nordvestfjord, Øfjord, Fønffjord und Gåsefjord in den Scoresby Sund und die Hall Bredning zurück. Die zahlreichen dabei freigesetzten Eisberge enthalten vorwiegend Sediment aus der westlichen Fjordregion (Abb. 2). Es lagerten sich glazialmarine Sedimente ab, die keine biogenen Komponenten enthalten.

Dieses kann auf intensive Erosion und Verwühlung des Untergrundes durch Eisberge oder auf ungünstige hydrographische Verhältnisse durch starken Schmelzwassereintrag zurückgeführt werden. Das Allerød ist in dieser Region um etwa 11.000 J.v.h. abgeschlossen.

Jüngere Dryas

Der Temperaturrückgang zur Kaltphase der Jüngeren Dryas (11.000 bis 10.000 J.v.h.) erfolgte sehr schnell. Während der Jüngeren Dryas verharrten die Gletscherfronten an den topographisch günstigen Positionen der Mündungen von Nordvestfjord, Øfjord, Fønffjord und Gåsefjord. Im Scoresby Sund und Hall Bredning bildete sich Meereis, das die Drift der Eisberge im Fjord und die Sedimentation groben Materials stark einschränkte. Die Ablagerung geschichteter Sedimente mit noch relativ hohem Anteil groben, eistransportierten Materials wird dieser Phase zugeordnet.

Durch zunehmende Abkühlung war der Fjord lange Zeit von dichtem Meereis bedeckt. Die erneute Ausdehnung des arktischen Hochdruckgebietes über Grönland nach Süden während der Kaltphase reduzierte die Niederschläge und damit den Gletscherfluß und die Kalbung von Eisbergen. Zusätzlich stabilisierte die geschlossene Meereisdecke die Gletscherfront. Unter diesen Bedingungen lagerten sich laminierte, fossilfreie Sedimente ab, die nahezu frei von grobem, eistransportiertem Material waren (Abb. 3).

Wie zu Beginn, kam auch am Ende der Jüngerer Dryas der Klimaumschwung relativ schnell. In den Sedimentkernen ist das an einem abrupten Wechsel von laminierten zu homogenen, glazialmarinen Sedimenten, die viele grobe, eistransportierte Komponenten enthalten, zu erkennen.

Präboreal und Boreal

Am Ende der Jüngerer Dryas im Präboreal und Boreal (10.000 bis 8000 J.v.h.) wechselten die Sedimentationsverhältnisse deutlich. Auf die Bildung feinkörniger Laminiten folgte die Ablagerung schlecht sortierter, homogener Sedimente, da sich die Gletscher der westlichen Fjordregion schnell zurückzogen. Der Klimaumschwung führte zu intensiver Eisbergkalbung und -drift. Deswegen lagerten sich zunächst besonders grobe Sedimente ab, die nachfolgend in dem Maße abnahmen, wie die Gletscherfronten zurückwichen und der Scoresby Sund nicht mehr in proximaler Position relativ zu den Gletschern lag.

Mit dem Beginn des Präboreal veränderten sich die Ausdehnung und Lage des arktischen Hochdruckgebietes und die Bewegungsbahnen der west-ost ziehenden Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik und es trat eine Erwärmung ein. Der Ein-

fluß der Tiefdruckgebiete mit beträchtlichen Niederschlägen breitete sich an der Ostküste Grönlands weiter nach Norden aus. So ist die lokale Eiskappe des Geikie Plateaus mit ihren zahlreichen, kleineren und mittleren in den Scoresby Sund mündenden Gletschern erst im weiteren Verlauf des Holozäns stärker angewachsen. Dieser Vorgang spiegelt sich in den Fjordsedimenten durch einen plötzlich recht hohen Anteil basaltischer Gesteinsbruchstücke mit dem Beginn des Präboreal um 10.000 J.v.h. wider (Abb. 4).

Die klimatischen Veränderungen am Übergang von der Jüngerer Dryas zum Präboreal beeinflussen auch den Biogenanteil der Sedimente. An Land, vor allem auf dem sanft ansteigenden Jameson Land, nahm die Vegetationsdichte und die Zahl der Pflanzenarten zu. Der Nährstoffeintrag in den Fjord erhöhte sich und verbesserte damit die Lebensbedingungen der marinen Bodenorganismen. Die stärkere Besiedlung der Fjordsedimente ist durch eine intensivere Bioturbation belegt.

Atlantikum

Mit Beginn des Atlantikum (8000 J.v.h.) trugen Eisberge wieder grobes Material ein. Dabei trat das Geikie Plateau als Liefer-

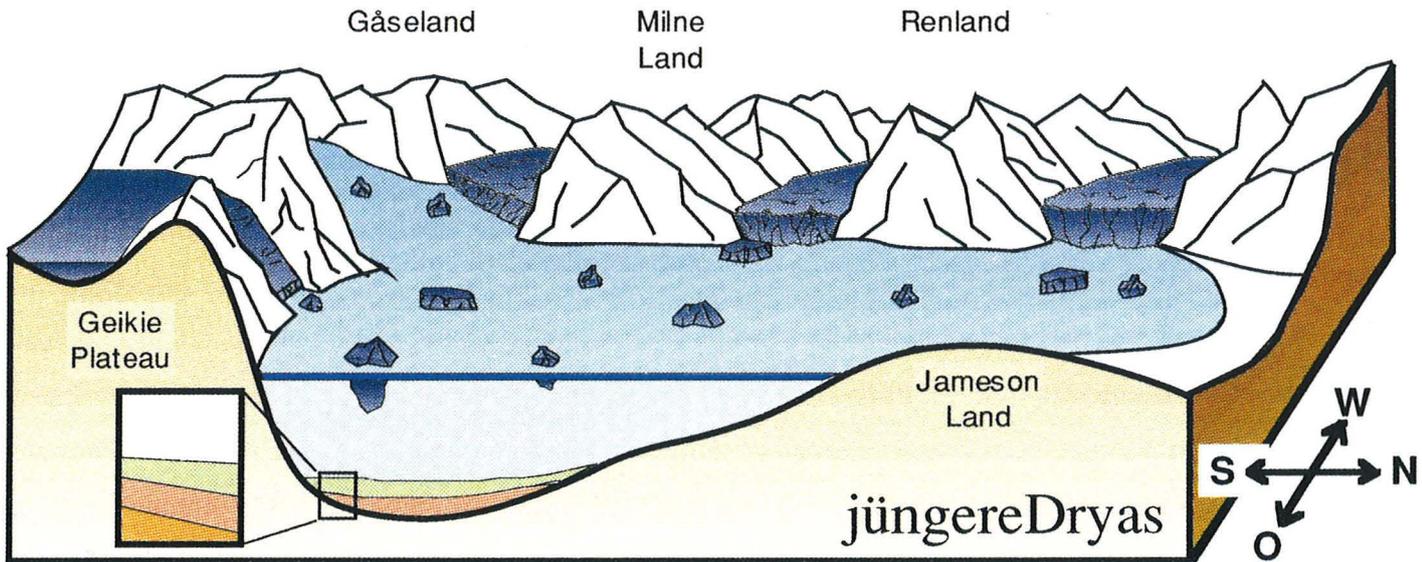


Abb. 3: Sedimentationsverhältnisse während der Jüngerer Dryas (11.000-10.000 J.v.h.). Die Gletscher enden an den Mündungen der Fjorde der westlichen Fjordregion. Scoresby Sund und Hall Bredning sind von Meereis bedeckt, die Kalbung und Drift von Eisbergen und damit Sedimentation von eistransportiertem Material eingeschränkt.

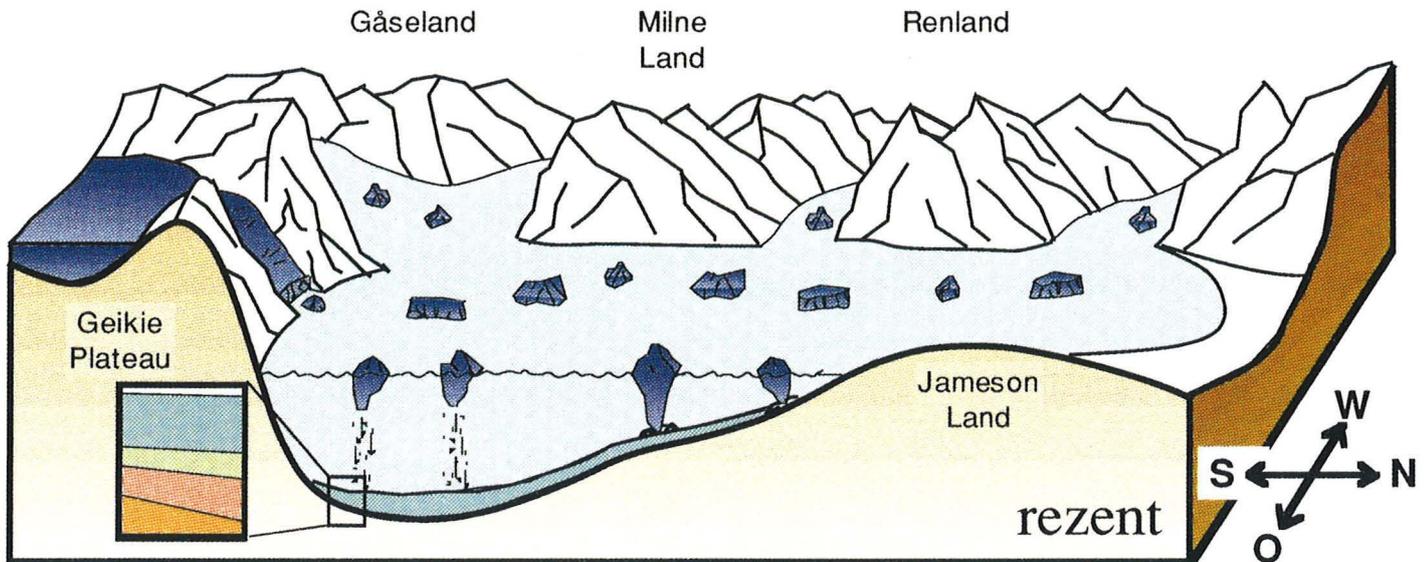


Abb. 4: Sedimentationsverhältnisse vom Ende der Jüngeren Dryas (10.000 J.v.h.) bis heute. Die Fjorde der westlichen Fjordregion sind frei von Gletschern. Sedimentation, aber auch Sedimentaufarbeitung, erfolgt durch driftende Eisberge. Von dem in dieser Zeit stärker vergletscherten Geikie Plateau münden zahlreiche Gletscher in den Scoresby Sund.

gebiet stärker hervor. Gleichzeitig verschlechterten sich die Lebensbedingungen für das Benthos. Der Anteil an Mikrofossilien im Sediment ist erheblich geringer, zudem sind die Sedimente weniger durchwühlt. Zur gleichen Zeit breitete sich die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) bis in den Scoresby Sund aus. Ihr Auftreten, das bis etwa 5000 J.v.h. andauerte, deutet auf wärmeres Klima hin. Diese Veränderungen verursachten eine erneute Nordverschiebung der Hoch- und Tiefdruckgebiete über Grönland und dem Nordatlantik. Die Eiskappe über dem Geikie Plateau wuchs aufgrund der höheren Niederschläge an der Küste. Folglich kalbten die in den Scoresby Sund mündenden Gletscher stärker. Die größere Zahl von Eisbergen transportierte mehr Sediment in den Fjord und verschlechterte damit wiederum die Lebensbedingungen am Boden.

Von 8000 J.v.h. bis heute nahm der Einfluß des Geikie Plateaus auf die Sedimentation im Scoresby Sund weiter zu. Derzeit münden etwa 20 mittlere und kleine Gletscher des Geikie Plateaus in den Fjord (Abb. 1). In den flachen Fjordteilen bis etwa 400 m Tiefe wird das Sediment von tiefreichenden Eisbergen weitgehend aufgearbeitet. Sedimentation und Sedimentaufarbeitung erfolgen auch unter den heutigen warmzeitlichen Bedingun-

gen nur während einer drei- bis viermonatigen Periode im Sommer. Die übrige Zeit des Jahres bedeckt Meereis den Fjord.

Die marin-geologischen Untersuchungen im Scoresby Sund, auf dem ostgrönländischen Schelf und am Kontinentalhang sind Teil des von der European Science Foundation initiierten PONAM-Projekts (Polar North Atlantic Margins). In diesem Rahmen untersuchen Geowissenschaftler aus sieben europäischen Ländern die Umweltveränderungen an den Kontinentalrändern des polaren Nordatlantiks während der letzten 5 Millionen Jahre mit unterschiedlicher Zeitauflösung. Die PONAM-Arbeiten des AWI werden in den nächsten Jahren am grönländischen Kontinentalrand verstärkt weitergeführt.

Kohlenstoff- und Opaltransporte durch die Grenzfläche zwischen Sediment und Wasser

Der Teilchenfluß durch die Grenzfläche zwischen Sediment und Wasser kontrolliert das Nahrungsangebot für das Benthos sowie die Akkumulationsrate des Sediments. Teilweise werden mehr als 90% der partikulären biogenen Stoffmenge im Bereich des Meeresbodens durch mikrobielle Prozesse oder Minerallösung abgebaut und in gelöster Form in das Bodenwasser rückgeführt. Die Gehalte an Opal und organischem Kohlenstoff im Sediment können mit relativ wenig Aufwand in vielen Proben bestimmt werden. Sie gelten häufig als Indikatoren für die

Primärproduktion, sind jedoch stark von dem beschriebenen, anfänglichen Abbau geprägt.

Eine gute Abschätzung des Flusses, z.B. von partikulärem organischem Kohlenstoff (C_{org}) und Opal, durch die Grenzfläche ermöglicht die chemische Analyse der im Porenwasser des Sediments gelösten Komponenten. Um die Frage zu beantworten, wie gut die Opal- und C_{org} -Gehalte des Sedimentes mit dem Eintrag von Opal und C_{org} in den Meeresboden korrelieren, haben wir während der "Polarstern"-Expeditionen ANT V/4 und

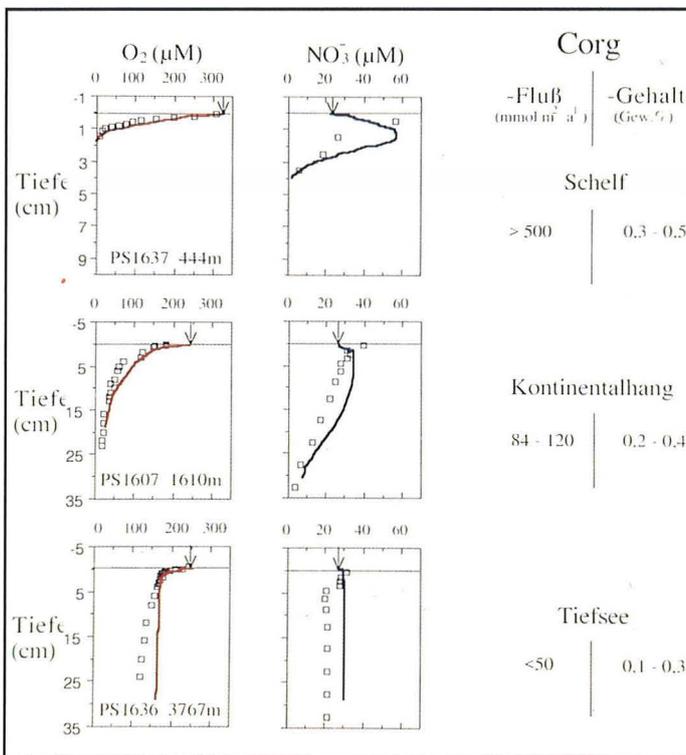


Abb. 1: Tiefenverteilung der Sauerstoff- und Nitrat-Konzentrationen im Porenwasser von Sedimenten im Weddellmeer und der daraus berechnete Eintrag von organischem Kohlenstoff in den Meeresboden des Schelfs, des Kontinentalhangs und der Tiefsee.

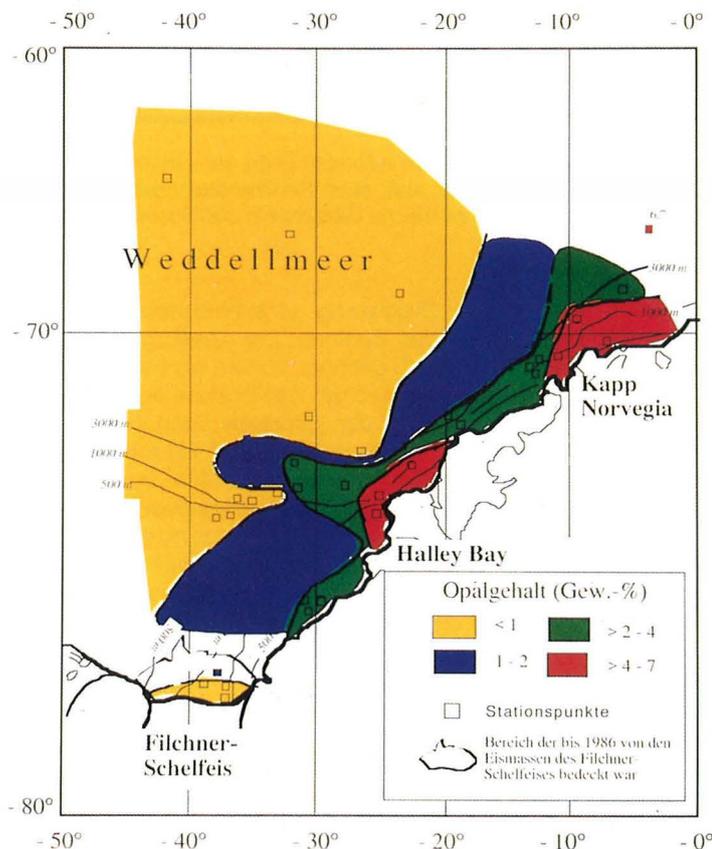


Abb. 2: Opalgehalte in Oberflächensedimenten des Weddellmeeres.

ANT VI/3 (östliches und südliches Weddellmeer) Porenwasser analysiert und zu den Opal- bzw. C_{org} -Konzentrationen des Oberflächensediments (0-1 cm) in Beziehung gesetzt.

Die Konzentrationsgradienten von Sauerstoff und Nitrat an der Grenzfläche Sediment/Wasser nehmen mit zunehmender Wassertiefe stark ab (Abb. 1). Der berechnete Eintrag von C_{org} in den Meeresboden ist auf dem Schelf mehr als 10 mal höher als in der Tiefsee.

Der Opalgehalt im Oberflächensediment ist regional ähnlich verteilt (Abb. 2). In Bereichen mit hohen Opalgehalten, wie auf dem Schelf und am Kontinentalhang vor Halley Bay, sind die C_{org} -Flußraten ebenfalls hoch. Die östlichen Schelfsedimente haben mit 4-7 Gew.% die höchsten Opalgehalten im Weddellmeer. Diese sind jedoch deutlich niedriger als die der Oberflächensedimente des Rossmeeres. Obwohl für Oberflächensedimente des Weddellmeeres bisher wenige Akkumulationsraten bestimmt wurden, vermuten wir, daß die aus den Daten des Rossmeeres abgeleitete herausragende Bedeutung der Antarktischen Schelfsedimente für den globalen Silikatkreislauf revisionsbedürftig ist.

Die Opalgehalte im zentralen Weddellmeer sind im Vergleich zum Schelf und Kontinentalhang deutlich niedriger. Der Fluß von gelöstem Silikat durch die Grenzfläche Sediment/Wasser, berechnet aus Porenwassermessungen, nimmt ebenfalls mit der Wassertiefe stark ab. Unsere Bilanzierung dieses Stoff-Flusses ergibt, daß das zentrale Weddellmeer nicht, wie bisher angenommen, das Hauptgebiet für die Anreicherung des Antarktischen Bodenwassers mit gelöstem Silikat ist.

Die regionale Verteilung von C_{org} ist nicht so eindeutig (Abb. 3). Zwar sind vor Halley Bay hohe C_{org} -Gehalte zu finden, dies gilt aber auch für die südliche Filchner-Rinne, die vermutlich mehrere Jahrzehnte bis 1986 vom Schelfeis bedeckt und von der Primärproduktion abgeschlossen war. Im Gegensatz zur

C_{org} -Konzentration spiegeln sowohl die Opalgehalte als auch die berechneten C_{org} -Flußraten diese Abtrennung von der Primärproduktion wider. Auch im zentralen Weddellmeer sind die C_{org} -Konzentrationen vergleichsweise hoch – im Gegensatz zu den Opalgehalten. Im Vergleich zur Opalverteilung bildet die regionale Verteilung des C_{org} -Gehaltes im Oberflächensediment den C_{org} -Fluß nicht deutlich ab.

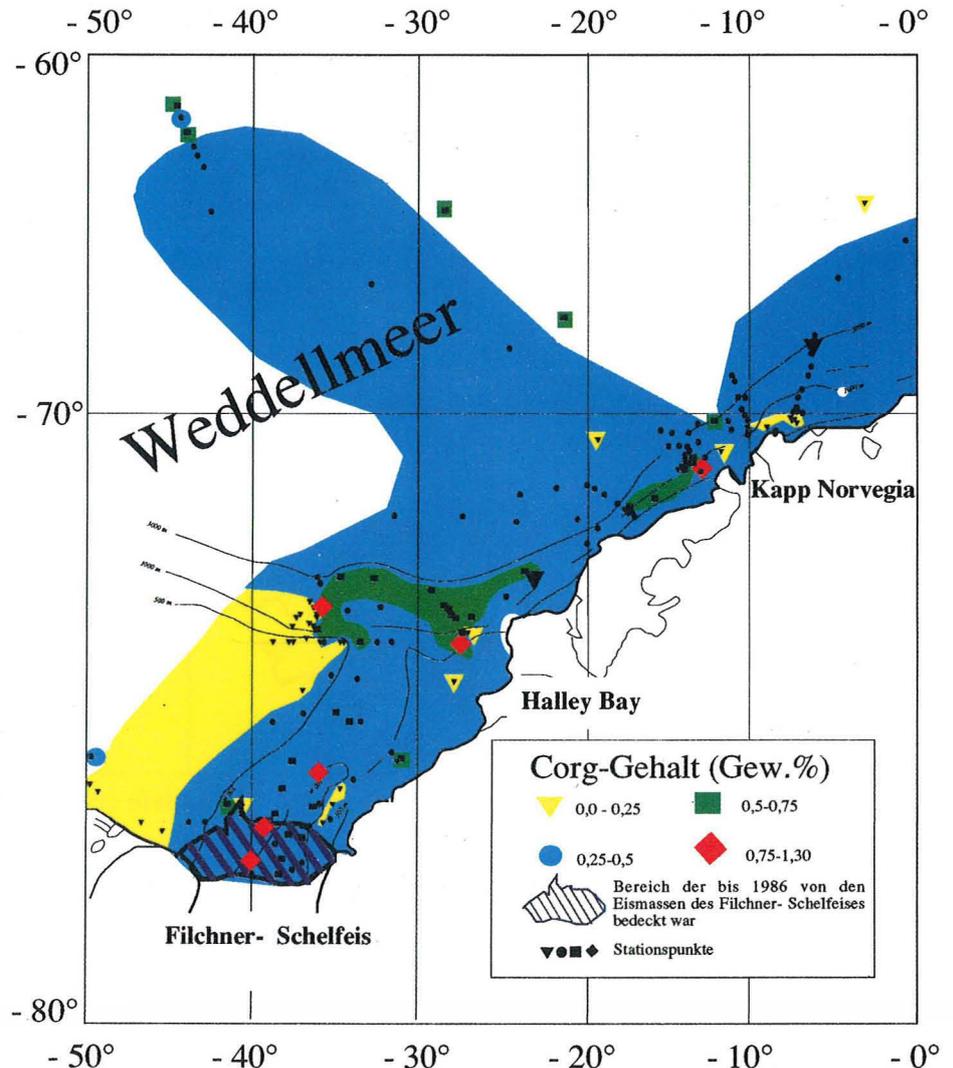


Abb. 3: C_{org} -Gehalte in Oberflächensedimenten des Weddellmeeres.

5. Ausgewählte Forschungsthemen

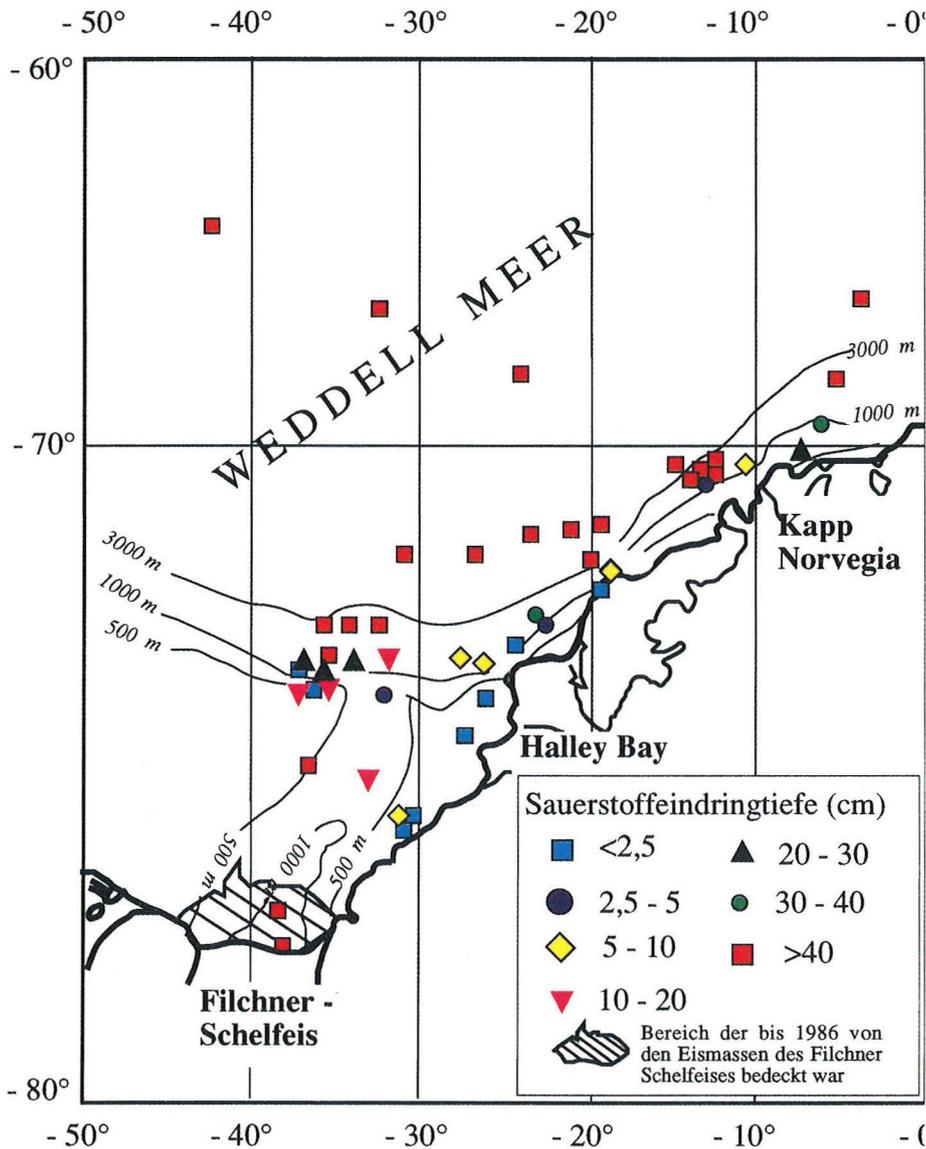


Abb. 4: Sauerstoffeindringtiefe in Sedimenten des Weddellmeeres.

Aus der Relation zwischen der Primärproduktion und der C_{org} -Flußrate durch die Wassersäule läßt sich ein frühdiagenetisches Modell entwickeln, mit dem die Sauerstoffeindringtiefe (Dicke des oxischen Sedimentbereiches) u.a. als Funktion der Wassertiefe berechnet werden kann. Mit abnehmendem C_{org} -Fluß, und deshalb im allgemeinen mit der Wassertiefe, nimmt diese Eindringtiefe deutlich zu (Abb. 4).

Abweichungen von dieser Korrelation, wie z.B. vor dem Filchner Schelfeis und auf dem Kontinentalhang vor Halley Bay, deuten auf einen vergleichsweise niedrigen bzw. hohen C_{org} -Eintrag hin. Diese regionalen Unterschiede in der Sauerstoffeindringtiefe stehen dabei in guter Relation zur Opalverteilung (Abb. 2).

Zerstörungsfreie Dichtemessungen an marinen Sedimenten

Aus den Sedimenten am Meeresboden kann man Änderungen des Klimas und der ozeanischen Verhältnisse in der Vergangenheit rekonstruieren. Bei Sedimentuntersuchungen sind die physikalischen Eigenschaften ein wichtiges Element, insbesondere dann, wenn sie zerstörungsfrei, hochauflösend und schnell zu messen sind. Ein Schlüsselparameter ist die Sedimentdichte (Gewicht pro Volumeneinheit), da von ihr eine Vielzahl physikalischer Eigenschaften abhängig sind.

Zur zerstörungsfreien hochauflösenden Dichtebestimmung haben wir ein automatisches Meßsystem aufgebaut, das auf der Absorption von Gammastrahlen beruht, die von einer radioaktiven Quelle ausgestrahlt werden. Beim Durchgang durch ein Medium wird der Strahl in Abhängigkeit von der Dichte des Mediums geschwächt (Compton-Effekt). Wird nun die restliche, hinter dem Medium ankommende Strahlung gemessen und zu der ungeschwächten Strahlung in Beziehung gesetzt, kann man auf die Dichte der durchstrahlten Substanz schließen. Das Meßsystem (Abb. 1 und 2) enthält einen Gammastrahler (Cs^{137} , Akti-

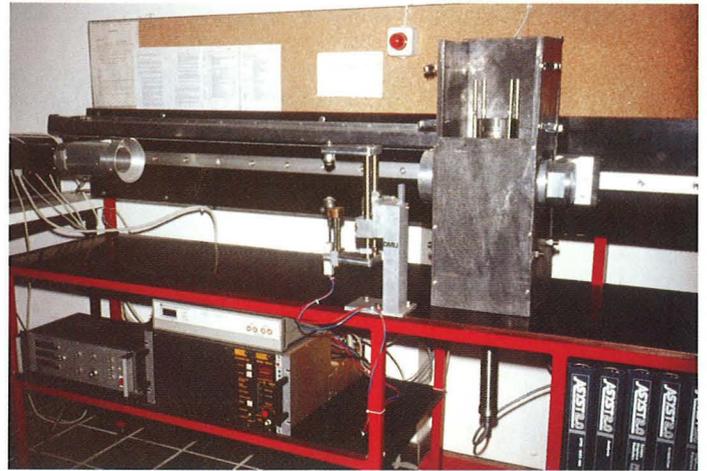


Abb. 1: Das Dichtemeßsystem im sedimentphysikalischen Labor.

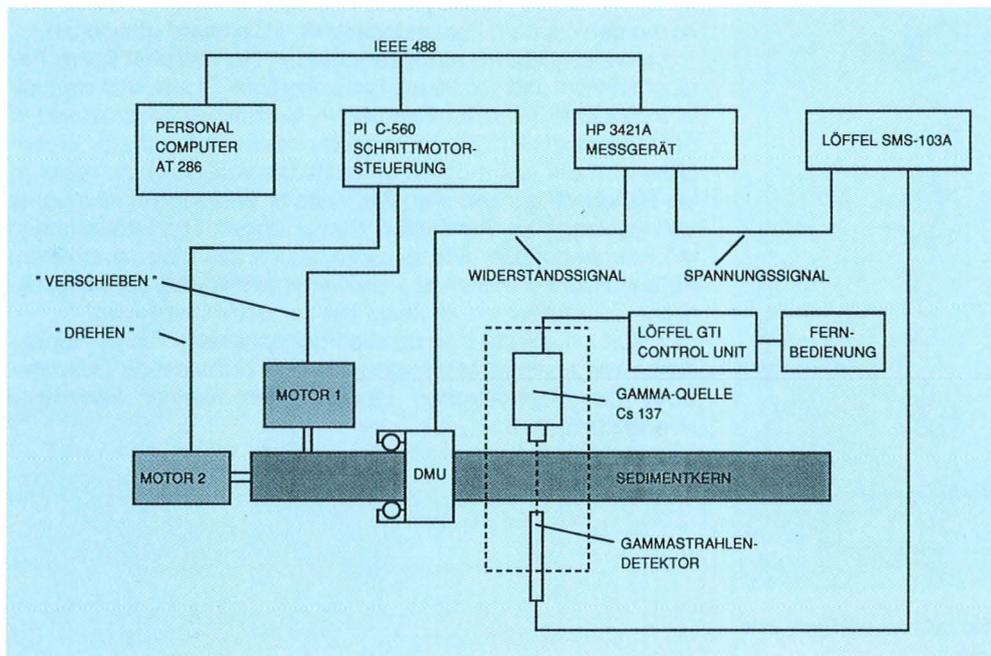


Abb. 2: Schematischer Aufbau des Dichtemeßsystems.

vität 0.7 Ci) und einen Detektor, zwei Schrittmotoren und Führungen zum Kerntransport, eine Durchmessermeßeinheit (DMU), ein Meßgerät zur Spannungs- und Widerstandsmessung (HP3421A) sowie einen Arbeitsplatzrechner (AT 286) zur Steuerung, Meßwerterfassung und Auswertung der Meßdaten. Die

Messung kann sowohl tiefen- als auch richtungsabhängig in Horizontalebene (Kerndrehung) durchgeführt werden. Ein Meßpunktabstand von 5 mm (Tiefenachse) ermöglicht, ausgehend von der Strahlbreite von 4 mm, eine quasi-kontinuierliche, hochauflösende Dichtebestimmung.

Für die Messung wird das Sedimentkernsegment in die Halterungen der Meßbank eingesetzt, so daß es von den beiden Schrittmotoren bewegt werden kann. Ein Datenerfassungsprogramm koordiniert die einzelnen Arbeitsschritte. Nach der Kerndurchmesserbestimmung wird die Gammastrahlenabsorption gemessen. Das Spannungssignal, proportional zur Intensität des Gammastrahls, wird über ein Meßgerät digitalisiert und an den Rechner weitergegeben. Derzeit sind mit der beschriebenen Anordnung Dichtemessungen mit einer Relativgenauigkeit besser als 1% möglich. Ein großer Vorteil der Methode ist die hohe Geschwindigkeit (5 Sekunden pro Messung) im Vergleich zu üblichen Dichtemeßmethoden. Nach der Dichtemessung stehen die Proben unverändert für weitere Untersuchungen zur Verfügung.

Die Abbildung 3 zeigt als Beispiel die Ergebnisse zweier Sedimentuntersuchungen (Dichte in Abhängigkeit von der Kerntiefe). Der Kern PS 1725-2 stammt aus der Arktis (Nordatlantischer Kontinentalhang vor dem Scoresby Sund, Grönland, Wassertiefe 879 m), der Kern PS 2007-1 aus der Antarktis (Polarstern-Sea-mount, östliches Weddellmeer, Wassertiefe 4225 m). Beide Kerne wurden mit dem Forschungsschiff "Polarstern" gewonnen.

Kernabschnitte mit stark variierenden Dichten über kurze Tiefenabschnitte und solche mit fast konstanter Dichte sind wertvolle Indikatoren für charakteristische Sedimentationsprozesse in der Vergangenheit. Die geologische Interpretation dieser Ergebnisse ist meist erst möglich unter Berücksichtigung der regionalen Randbedingungen mit Hilfe weiterer sedimentphysikalischer und geologischer Parameter. Ferner zeigen Dichtemessungen mit Kerndrehungen, wieviel eistransportiertes Material in einem Tiefenhorizont enthalten ist – ein wertvoller Hinweis auf die klimatischen Verhältnisse zum Zeitpunkt der Sedimentbildung.

In Zukunft soll die Kombination der ermittelten Dichteinformationen mit anderen Meßmethoden eine umfassende Beschreibung der physikalischen Eigenschaften mariner Sedimente ermöglichen.

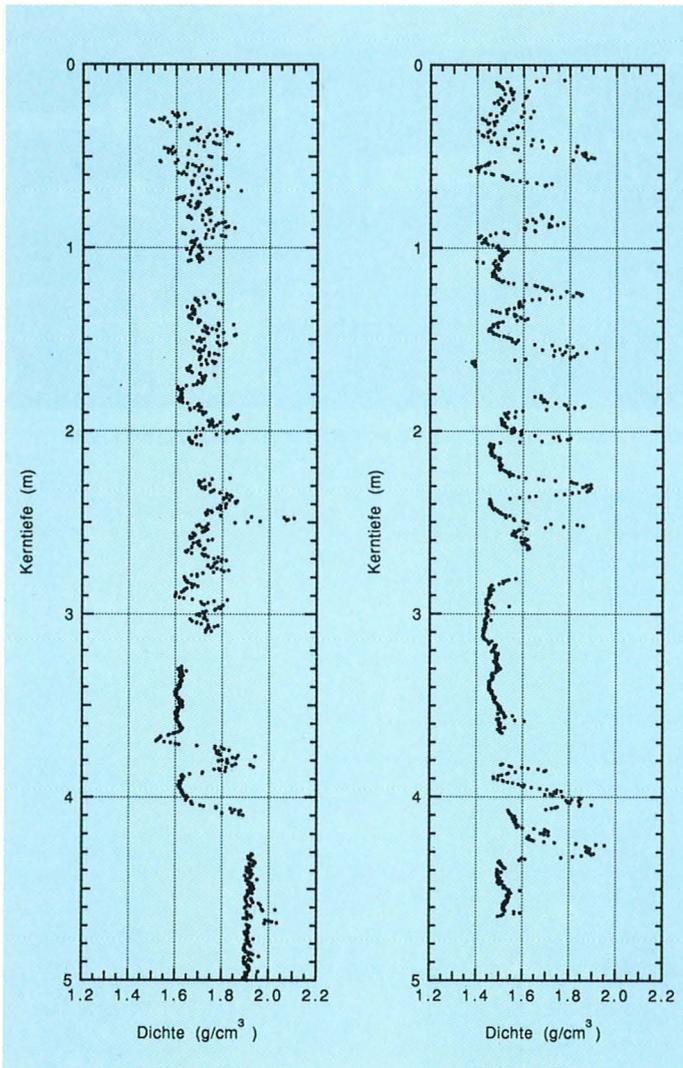


Abb. 3: Die Dichte in Abhängigkeit von der Kerntiefe für die Sedimentkerne PS 1725-2 (links) und PS 2007-1 (rechts).

Modellierung des grönländischen Inlandeises

Das grönländische Inlandeis ist die größte Eismasse der nördlichen Hemisphäre und nach der Antarktis die zweitgrößte der Erde. Mit etwa 2,8 Millionen km³ enthält es 9,5% des globalen Süßwasservorrats. Wenn das grönländische Inlandeis schmelzen würde, stiege weltweit der Meeresspiegel um 7 m an. Im Gegensatz zur Antarktis, wo wegen der tiefen Temperaturen zur Zeit kein Eis schmilzt, ist in Grönland während der warmen Jah-

reszeit ein erhebliches Abschmelzen zu beobachten. Im Norden schmilzt unterhalb von 1000 m und im Süden unterhalb von 1700 m Höhe jährlich mehr Eis ab als Niederschlag fällt.

Daher reagiert das grönländische Inlandeis empfindlich auf ein wärmeres Klima. Bei höheren Temperaturen würde die Ablationszone größer, das Abschmelzen stärker und das Inlandeis kleiner. Es wäre auch niedriger und ein prozentual größerer Anteil

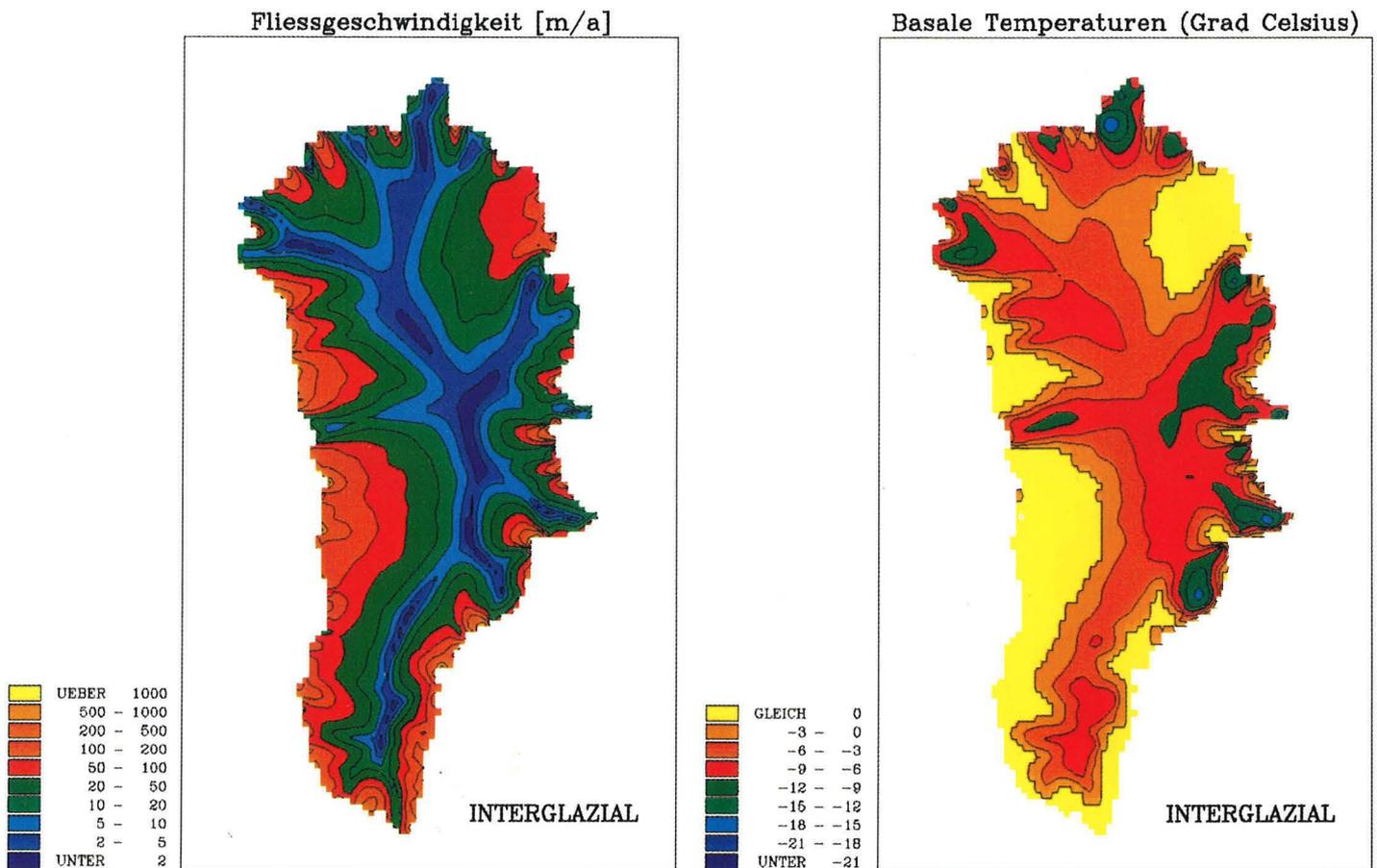


Abb. 1: Fließgeschwindigkeiten des Eises, gemittelt über die Eisdicke und Temperaturen am Felsbett, berechnet für die gegenwärtigen klimatischen Bedingungen. Die gelben Flächen im linken Teil der Abbildung sind Gebiete, in denen das Eis an der Unterseite am Druckschmelzpunkt liegt und basales Gleiten erfolgt.

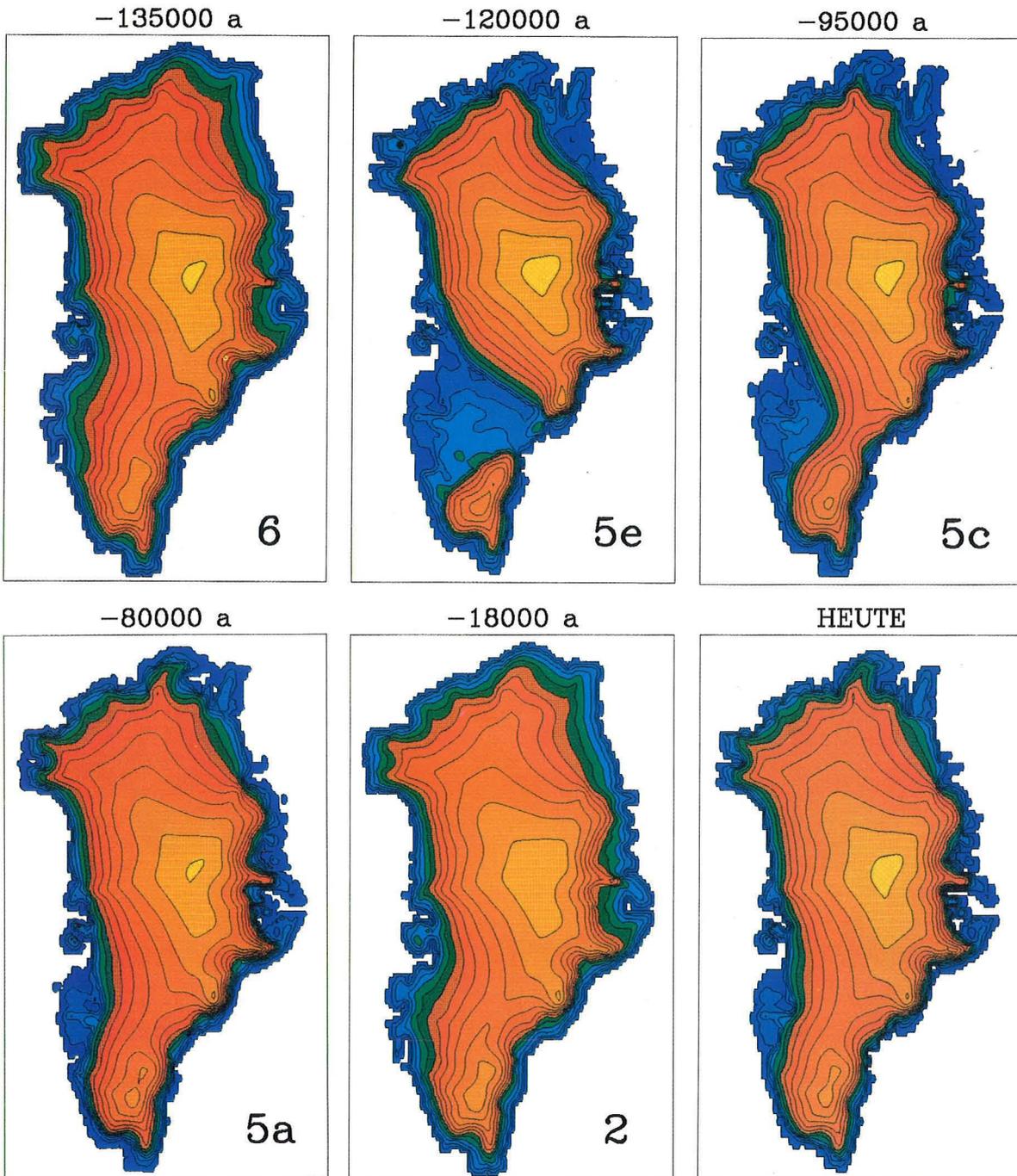


Abb. 2: Ausdehnung und Oberflächen-topographie des grönländischen Inlandeises zu ausgewählten Zeiten während der letzten 135.000 Jahre. Die Zahlen in den unteren rechten Ecken sind die entsprechenden Isotopenstadien nach Emiliani. Nach den Modell-rechnungen über-dauerten die inneren Regionen des Inlandeises die warmen Perioden nahezu ohne Abnahme der Höhe gegenüber heute. Das Schichtlinien-intervall beträgt 250 m, die unterste Höhenlinie stellt das Meeresniveau dar.

würde zur Ablationszone werden – eine positive Rückkopplung, die schließlich zu vollständigem Abschmelzen führen würde. Um eine derartige Hypothese zu überprüfen eignen sich numerische Simulationen mit einem dynamischen Eismodell.

Ein hochaufgelöstes numerisches Modell für das Inlandeis

Den Massenverlust des grönländischen Inlandeis durch Abschmelzen und das Kalben von Eisbergen kompensiert der Schneezutrag in Zentralgrönland. In dieser Akkumulationszone oberhalb der Gleichgewichtslinie, an der Zutrag und Abschmelzen sich die Waage halten, sind die Temperaturen niedrig, die Schmelzvorgänge vernachlässigbar und der Niederschlag fällt als Schnee. Die jährlichen Schneeschichten sinken tiefer und werden zu Eis umgewandelt, das unter dem Einfluß der Schwerkraft zum Rand des Inlandeis abfließt.

Das Fließen des Eises läßt sich durch eine empirische Beziehung zwischen den Spannungen, die aus der Schwerkraft resultieren und den entstehenden Deformationen beschreiben. In dem numerischen Modell für das grönländische Inlandeis werden die miteinander gekoppelten Geschwindigkeits- und Temperaturfelder sowie die geographische Verteilung der Eismassen zeitabhängig berechnet. Berücksichtigt wird ferner die isostatische Ausgleichsbewegung des Felsbettes unter dem Eis infolge der wechselnden Eislast.

Die maximale laterale Ausdehnung ergibt sich durch die jeweilige, von der Isostasie abhängige Küstenlinie: Es wird angenommen, daß das Eis außerhalb der Küstenlinie abbricht. Dies ist die einzige Randbedingung für die Geometrie. Alles andere wird im Modell frei berechnet.

Den größten Einfluß auf den Zustand des Inlandeis hat die klimaabhängige Massenbilanz, die an jedem Punkt über empirische Beziehungen für den Zutrag und das Abschmelzen in Abhängigkeit von der vorzulegenden Temperatur berechnet wird. Natürlich sind in den Randbedingungen Vereinfachungen enthalten. So wird z. B. immer vom gleichen Typ der Großzirkulation ausgegangen, und der jeweilige Abschmelzbetrag wird proportional zur Anzahl der Tage mit positiven Temperaturen gesetzt. Dennoch scheint diese Art der Parametrisierung die realen Verhältnisse gut zu simulieren.

Alle Rechnungen werden für ein Gitter mit einer Maschenweite von 20 km in horizontaler Richtung durchgeführt. In der Vertikalen wird der Eiskörper in 26 Schichten zerlegt, und weitere fünf Schichten werden im Untergrund angesetzt. Für diese insgesamt über 300.000 Gitterpunkte werden die Gleichungen für das Fließen, die thermodynamischen Prozesse und die Wärmeleitung

aus dem Untergrund numerisch gelöst. Zur Zeit ist dieses Modell auf der CRAY 2 des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg implementiert. Es benötigt als reine Rechenzeit für die Integration über den letzten vollständigen Glazial-Interglazial Zyklus (135.000 Jahre) etwa sechs Stunden CPU-Zeit. Die graphische Darstellung wird auf den Rechnern in Bremerhaven vorgenommen.

Ein Ergebnis derartiger Modellrechnungen sind die Fließgeschwindigkeiten und Temperaturen der gegenwärtigen klimatischen Bedingungen für das grönländische Inlandeis, wie sie in der Abbildung 1 dargestellt sind. Ein Vergleich mit gemessenen Werten zeigt eine befriedigende Übereinstimmung und bestätigt den gewählten Ansatz und die Gültigkeit der Annahmen über die treibenden Faktoren.

Das grönländische Inlandeis während des letzten Glazial-Interglazial Zyklus

Seit langem wird die Möglichkeit diskutiert, daß Grönland während früherer Interglazialzeiten, die wärmer als die gegenwärtige waren, eisfrei gewesen sein könnte. Die Abbildung 2 zeigt Ergebnisse einer Simulation des Inlandeis über den letzten Glazial-Interglazial-Zyklus. Die Massenbilanz wurde nach einer Klimareihe berechnet, die mindestens 135.000 Jahre zurückreicht und aus der Oberflächenbeprobung des Eisrandes stammt. Die Simulation ergibt, daß das Inlandeis einen erheblichen Massenverlust während der wärmeren Perioden des sogenannten Isotopenstadiums 5 erlitt. Das zunächst geschlossene Inlandeis wird dünner und zerfällt in zwei Teile, doch scheint gewiß, daß es nicht ganz verschwindet. Das mag daran liegen, daß die verringerte Eislast für eine isostatische Hebung sorgt und dadurch das Abschmelzen reduziert wird.

Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, daß während des letzten glazialen Zyklus das Eis in der Nähe des Untergrundes nie geschmolzen ist, so daß die zur Zeit in Grönland laufende Tiefbohrung vermutlich eine lange Klimazeitreihe gewinnen kann. Die aus der Veränderung der Eismassen resultierende Meeresspiegelschwankung betrug etwa +/- 2 m für die minimale bzw. maximale Vereisung.

Die Reaktion auf einen künftigen verstärkten Treibhauseffekt

Die Simulationsmethode erlaubt auch Vorhersagen. Die Abbildung 3 zeigt die Reaktion des Modells auf zwei unterschiedliche Szenarien für eine mögliche künftige Erwärmung. Diese Szenarien

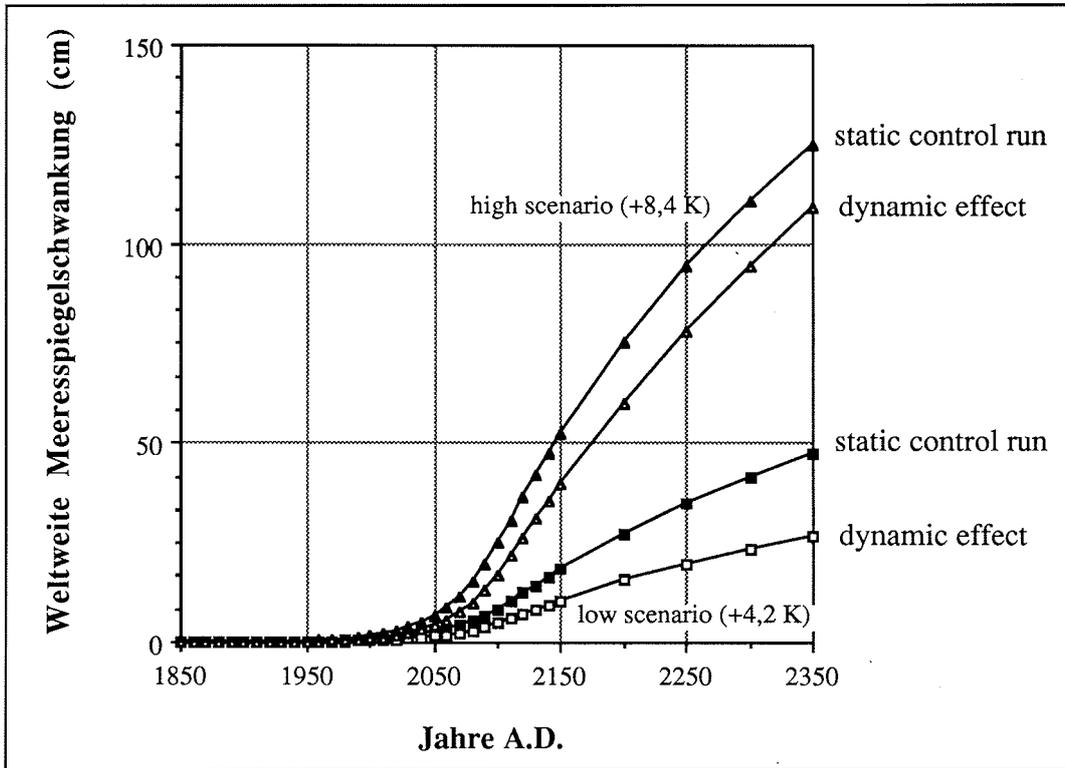


Abb. 3: Änderung des globalen Meeresspiegels als Folge der Änderungen des grönländischen Eisvolumens. Die mit "low scenario" bezeichneten Kurven geben die Folgen der vorhergesagten mittleren globalen Temperaturerhöhungen wieder, die "high scenario"-Kurven zeigen die Folgen einer doppelt so hohen Temperaturzunahme. Die "static control run"-Kurven geben die Änderung ohne Berücksichtigung dynamischer Änderungen wieder, die physikalisch realistischeren "dynamic effect"-Kurven zeigen eine geringere Meeresspiegelerhöhung.

rien beruhen auf allgemeinen globalen Zirkulationsmodellen, die für das Jahr 2100 weltweit eine mittlere Temperaturerhöhung um 4,2 Grad vorhersagen, wobei die Erhöhung in polaren Breiten sogar 8,4 Grad erreichen kann. Die Modellsimulation mit beiden Werten der Temperaturerhöhung liefert einen Meeresspiegelanstieg zwischen 5 und 17 cm bis zum Jahr 2100 und zwischen 25 und 110 cm nach weiteren 500 Jahren seit dem Beginn der Erwärmung, wenn die wärmeren Temperaturen nach dem Jahr 2100 konstant bleiben. Diese Modellläufe haben einen weiteren

interessanten Effekt aufgezeigt: Wenn das Eisvolumen sich verringert, wird der Eisrand dünner und folglich der Massenverlust durch Kalbung von Eisbergen geringer. Andererseits steigt die Oberflächenneigung, so daß der Massenfluß aus dem Inneren des Kontinents wächst. Beide Mechanismen verringern die Fläche auf der Schmelzen erfolgen kann. Die Simulation zeigt auch, daß es bei einer Erhöhung der Lufttemperatur um etwa 8 Grad mindestens 4.000 Jahre dauert, bis das grönländische Inlandeis abgeschmolzen ist.

Das Greenland Icecore Project - GRIP

Die großen Eisschilde in Grönland und in der Antarktis sind nicht nur mit dem Klima unserer Erde eng verknüpft, sondern stellen auch ein einzigartiges Archiv für Klima- und Paläoumweltdaten dar, das über den letzten Vereisungszyklus hinaus Zeiträume von mehreren hunderttausend Jahren überdeckt.

Seit 1989 laufen auf dem höchsten Punkt des grönländischen Inlandeises, dem "Summit", zwei Projekte, um das etwa 3100 m dicke Inlandeis zu durchbohren: das europäische "Greenland Icecore Project" (GRIP), an dem acht europäische Nationen beteiligt sind, und das amerikanische "Greenland Ice Sheet Project Two" (GISP2). Die Eisproben dieser Bohrungen sollen ein möglichst umfassendes Bild des Klimas und der Umweltbedingungen der vergangenen 100.000 bis 500.000 Jahre liefern. Die über 3200 m hohe Gipfelregion wurde für die Bohrungen ausgewählt, da man dort das älteste Eis mit der einfachsten Depositionsgeschichte erwartet.

GRIP begann im Sommer 1989 mit der Errichtung des Bohrlagers. Am Ende der ersten Bohrsaison, 1990, war eine Tiefe von 770 m, ein Jahr später 2321 m Tiefe erreicht. Gebohrt wird mit dem dänisch-schweizerischen ISTUK-Bohrer, der schon vor zehn Jahren bei der Bohrung Dye3 erfolgreich eingesetzt wurde. Der wöchentliche Bohrfortschritt liegt bei etwa 150 m. Die Länge der einzelnen Kernabschnitte schwankt zwischen 2 und 2,5 m, sie haben einen Durchmesser von 10 cm.

Das AWI beteiligt sich an der Analyse des Bohrkerns mit Gefügeuntersuchungen und zerstörungsfreien Messungen physikalischer und mechanischer Eigenschaften. Eine Eiskernanalysebank mißt gleichzeitig die Dichte über Gammaabsorption, die Ultraschall-Laufzeit und die Wechselstromleitfähigkeit. Letztere wird mit einer Auflösung von 3 mm auf 10 Frequenzen im Bereich zwischen 20 Hz und 1 MHz erfaßt. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Ausschnitte aus diesen Registrierungen.

Das in der Abbildung 1 dargestellte Signal dokumentiert eine Zeitreihe der Schneeakkumulation, wobei die Wellenlänge von 15 bis 30 cm in dieser Tiefe einem jährlichen Schneezutrag von 20 bis 25 cm/a entspricht. Signale dieser Art sind charakteristisch für die hochfrequente Leitfähigkeit über 50 kHz, und lassen sich bis in über 2000 m Tiefe finden.

Die niederfrequente Leitfähigkeit (unter 1 kHz) ist im Gegensatz dazu von einzelnen Ereignissen wie Vulkanausbrüchen geprägt. Außerdem eignet sie sich zur Unterscheidung von Kalt- und Warmzeiten. Die Abbildung 2 zeigt das 470 Hz-Signal am Übergang vom Präboreal zum jüngeren Dryas am Ende der letz-

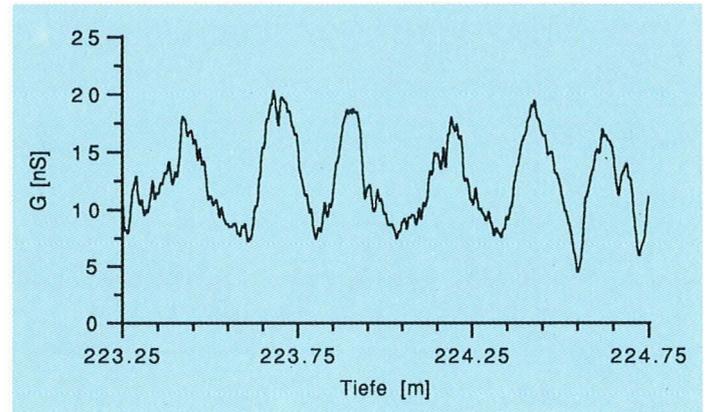


Abb. 1: Saisonale Zyklen in der hochfrequenten Leitfähigkeit (250 kHz) liefern Anhaltspunkte über die jährliche Akkumulation.

ten Eiszeit vor etwa 11.000 Jahren. Charakteristisch sind die relativ großen Schwankungen während wärmerer Perioden (unter 1624 m) und der fast vollständige Zusammenbruch des Signals in Kaltzeiten (über 1624 m). Die Spitze bei 1624,5 m Tiefe markiert einen Vulkanausbruch. Erwähnenswert ist, daß sich der Übergang von der Warm- zur Kaltzeit in der hochfrequenten Leitfähigkeit kaum bemerkbar macht.

Die im Eis eingelagerten Spurenstoffe bestimmen seine elektrische Leitfähigkeit. Die frequenzabhängig gemessene Leitfähigkeit liefert damit ein Bild von den vergangenen atmosphärischen Bedingungen und ihren Änderungen. Der Übergang von der letzten Kalt- zur jetzigen Warmzeit, dokumentiert in einem Kernmeter (Abb. 2), scheint dementsprechend in wenigen Jahrzehnten erfolgt zu sein. Diese Aussage bestätigt die Schlußfolgerungen aus der Dye3-Bohrung.

Die elektrische Leitfähigkeit und kontinuierliche Spurenstoffmessungen (flow injection analysis) liefern unabhängig voneinander bis in große Tiefen Angaben über die jährliche Schneeakkumulation. Die verschiedenen Verfahren erlauben bereits im Feld eine grobe Datierung des Kerns. Das Alter des Eises wird in 2320 m Tiefe auf etwa 38.000 Jahre geschätzt. Der Übergang vom Holozän zum jüngeren Dryas (11.000 v. Chr.) liegt in 1624 m Tiefe. Leitfähigkeitsanomalien in 738 m, 455 m und 255 m Tiefe lassen sich den Vulkanausbrüchen von Santorini um 1645 v.

Geophysikalische Messungen im Scoresby Sund, Ost-Grönland

Das größte Fjordsystem der Erde, der Scoresby Sund, liegt an der ost-grönländischen Küste zwischen 70°N und 72°N sowie 20°W und 28°W. Er umfaßt die flachen Gebiete Scoresby Sund (sensu stricto) und Hall Bredning und eine Anzahl von engen, sehr tiefen Fjorden im Westen, die weit in den Kontinent hineinreichen (Abb. 1).

Drei geologische Einheiten umgeben das Fjordsystem: Der westliche Block umfaßt präkambrische und kaledonische Metamorphite, die den größten Teil Milne Lands, Renlands und Stauning Alpers bilden. Während einer Riftphase im Mesozoikum (Perm bis Jura) entstand ein Sedimentbecken (Jameson Land), das von den östlichen (Liverpool Land) und westlichen Metamorphiten durch ein Störungssystem getrennt ist. Es wird vermutet, daß sich das westliche NNE-SSW streichende Störungssystem in den Hall Bredning fortsetzt.

Der Scoresby Sund stellt geophysikalisch ein besonders interessantes Gebiet dar: Zum einen ist an der Oberfläche ein abrupter Übergang der tektonischen Einheiten unterschiedlichen Alters zu beobachten, an dem man den Verlauf der Kruste-Mantel-Grenze verfolgen kann. Zum anderen interessiert, ob an der

westlichen Begrenzung des mesozoischen Riftbeckens Jameson Land die Sedimentverteilung von den tektonischen Vorgängen beeinflusst wurde. Weiterhin ist der Scoresby Sund Mündungsort vieler mächtiger Gletscher. Darum kann untersucht werden, wie sich die Eiszeiten und Zwischeneiszeiten hier abbilden und welche Ausdehnung die Gletscher erreichten?

Zu diesem Zweck wurde das gesamte Gebiet in relativ kurzer Zeit mit marin-geophysikalischen Untersuchungen eng vermessen. Hierzu wurde 1990 ein kombiniertes reflexions-refraktionsseismisches Land-See-Experiment durchgeführt.

Für den refraktionsseismischen Teil der Untersuchungen, der Aussagen über die Krustenstruktur ermöglichen sollte, wurden entlang der Fjorde und auf Jameson Land Registrierstationen ausgebracht (Abb. 2), die teilweise automatisch arbeiteten. Die reflexionsseismischen Signale wurden über einen 800 m langen

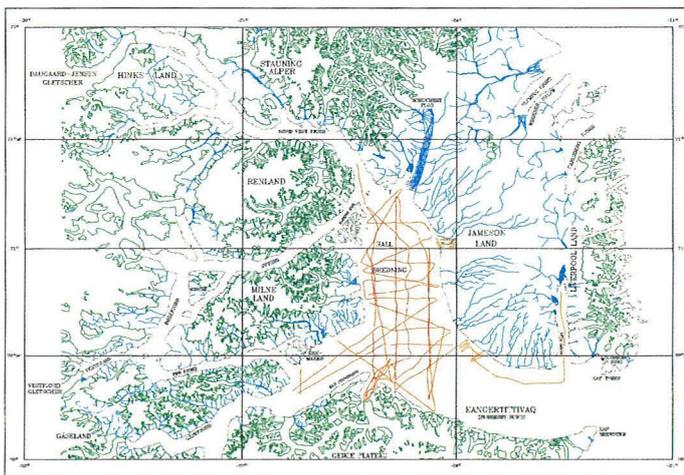


Abb. 1: Karte vom Scoresby Sund. In rot sind die im Hall Bredning vermessenen reflexions-refraktionsseismischen Profile markiert. Zusätzlich ist das refraktionsseismische Profil im Gåsefjord eingezeichnet.



Abb. 2: Eine bemannte Registrierstation am Gåsefjord.

5. Ausgewählte Forschungsthemen

Streamer registriert. Als Schallquelle diente jeweils eine 32 l-Preßluftkanone (Refraktion, Abb. 3), ein Netz aus drei oder acht Luftkanonen (Gesamtvolumen 5 bzw. 20 l, Reflexion) und eine 0,5 l Wasserkanone. Die verwendeten Quellen ermöglichten, Schichten, die mächtiger als 6 m sind, aufzulösen.

Als ein wichtiges Ergebnis fanden wir, daß im Hall Bredning und Scoresby Sund (*sensu stricto*) die unverfestigten, quartären Sedimente sehr dünn sind. Das Profil AWI-90550 (Abb. 4), das Hall Bredning von West nach Ost überquert, ist ein Datenbeispiel. Im westlichen Teil befindet sich ein Nord-Süd streichender Kanal, der einige hundert Meter tiefer liegt als der ihn umgebende Meeresboden. Man erkennt einen starken Reflektor, der überwiegend den Meeresboden bildet, an einigen Stellen aber deutlich darüber liegt. Wir nehmen an, daß dieser Reflektor die Oberkante der mesozoischen Sedimentgesteine ist, die nur wenig interne Strukturen zeigen. Dies deutet darauf, daß das Material stark verfestigt und konsolidiert ist. Die beobachteten internen Reflektoren fallen generell nach Südosten ein.

Die westliche Flanke des Nord-Süd streichenden Kanals erscheint wesentlich steiler als die östliche (Abb. 4). Es könnte sich hierbei um Anzeichen einer Störung handeln, die das Jameson Land-Sedimentbecken nach Westen begrenzt. Eine ähnliche Situation findet man im Scoresby Sund (*sensu stricto*). Dort geben die seismischen Profile Hinweise auf die südliche Begrenzung des mesozoischen Riftbeckens durch eine tiefreichende Störung.

Eine kontinuierliche Schicht über dem mesozoischen Reflektor wurde nicht entdeckt und Ablagerungen jüngerer Sedimente nur



Abb. 3: Die 32 l-Airgun als seismische Quelle.

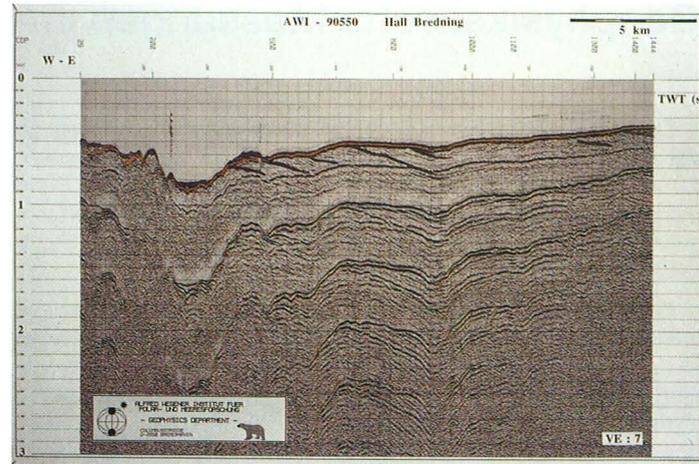


Abb. 4: Profil AWI-90550 als Beispiel für die reflexionsseismischen Daten.

an einigen Stellen beobachtet. Diese Taschen haben eine Dicke, die einer Doppellaufzeit von 50 m/s entspricht. Sie befinden sich hauptsächlich im Kanal und westlich davon. Geologische Beprobungen haben gezeigt, daß es sich hier um holozäne Sedimente handelt. Darüber hinaus zeigen allerdings geschützte Gebiete vor Gletschern, z. B. Vikingebugt, deutliche Sequenzen quartärer Sedimente. Hier lassen sich Folgen von aufeinanderliegenden Endmoränen finden (Abb. 5), die unterschiedliche Vorstöße der Gletscher dokumentieren.

Die Abwesenheit tertiärer und pleistozäner Sedimentgesteine läßt vermuten, daß sich bei jedem Eisvorstoß große aufliegende Gletscher ausbildeten, die den Scoresby Sund nahezu völlig ausgeräumt haben. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu geologischen Untersuchungen an Land und der bisher vorherrschenden Theorie eines schwimmenden Gletschers während der späten Weichsel-Vereisung.

Die refraktionsseismischen Daten interpretiert man über eine Modellierung der Strahlenwege und erhält so ein Modell über die Krustenstruktur. Mit dieser Methode entwickelten wir zunächst über den südlichen Teil des Arbeitsgebiets ein erstes Modell, das einen guten Überblick über die Krustenstruktur gibt (Abb. 6). Es zeigt, daß die Kruste im südlichen Scoresby Sund (westlicher Gåsefjord) maximal 47 km mächtig ist. Unter dem östlichen Gåsefjord beginnt bereits der Anstieg der Kruste-Mantel-Grenze, hauptsächlich verbunden mit einer Ausdünnung der Unterkruste. Das mesozoische Sedimentbecken setzt im zentralen Teil

des südwestlichen Hall Brednings ein. Es ist zunächst relativ flach und wird erst beim Übergang in den Hauptteil Hall Brednings abrupt tiefer. In diesem Gebiet könnte sich die Lokation der N-S streichenden Störung befinden. Unter dem flachen Teil des Sedimentbeckens zeigt die Unterkruste eine starke Ausdünnung und die Kruste-Mantel-Grenze steigt deutlich an.

Wie bereits erwähnt, ist das Jameson Land-Becken eine Folge mesozoischer Dehnung. Nun hat das Krustenmodell gezeigt, daß das Sedimentbecken sehr weit im Westen einsetzt; weiter, als bisher angenommen. Ist also das östliche Milne Land ebenfalls von Dehnungsstrukturen unterlegt? Um dies zu beantworten, müssen die Refraktionsdaten aus den nördlichen Fjorden und Hall Bredning ausgewertet und interpretiert werden.

Eine Fortsetzung der Interpretation der reflexionsseismischen Daten wird ebenfalls zur Klärung beitragen.

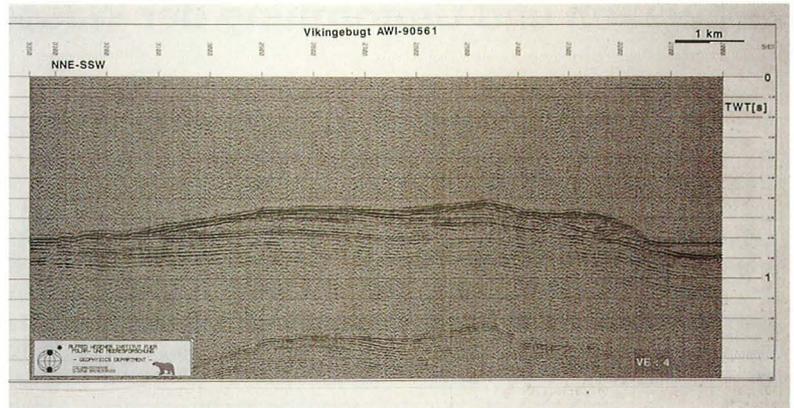


Abb. 5: Profil AWI-90561 zeigt deutlich gestapelte Endmoränen aus quartären Sedimenten in der Vikingebugt.

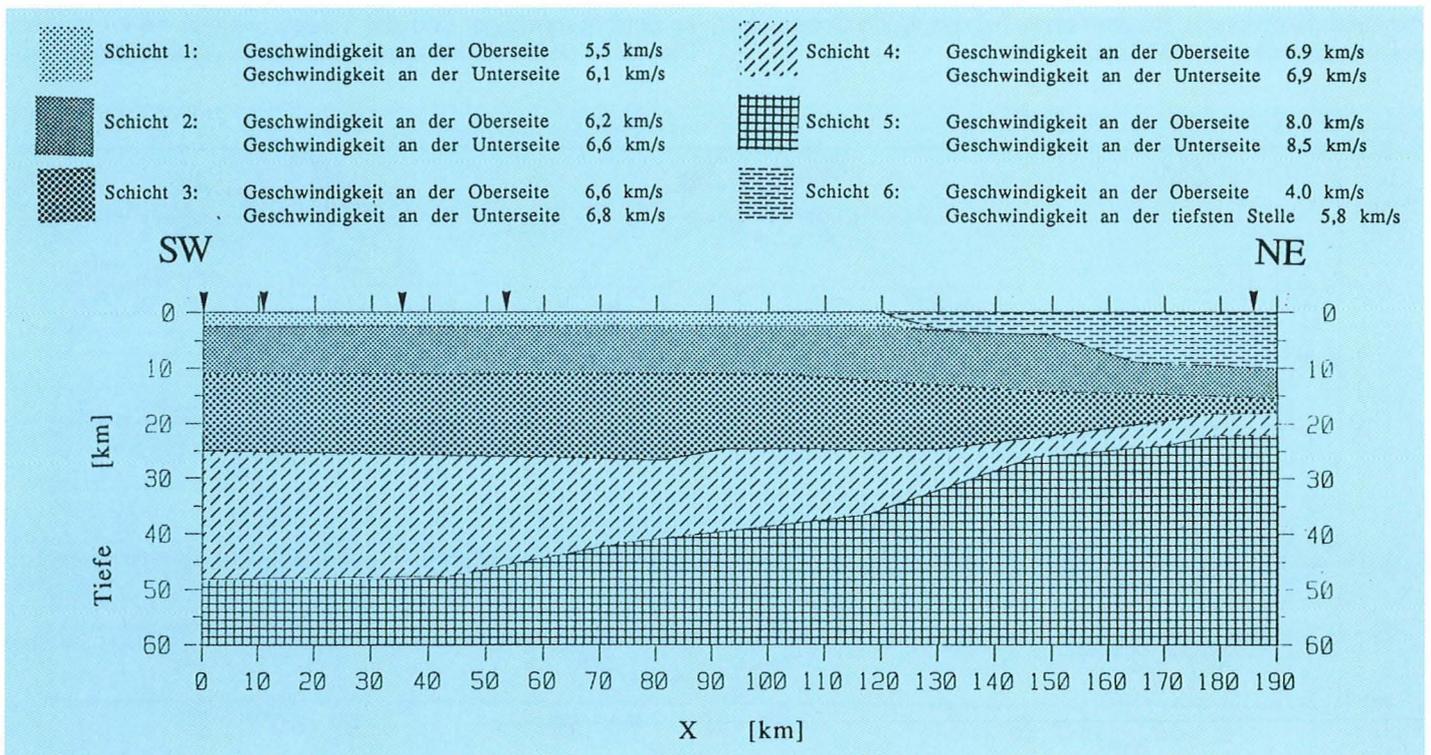


Abb. 6: Aus refraktionsseismischen Daten ermitteltes Krustenmodell für den südlichen Teil des Arbeitsgebietes (Gåsefjord). Die Pfeile markieren die verschiedenen Registrierstationen.

Zirkulation und Umformung der Wassermassen im Weddellmeer

Das Antarktische Bodenwasser füllt das "tiefste Stockwerk" des Weltmeeres und nimmt etwa dreißig Prozent seines Volumens ein (Abb.1). Es erhält seine Eigenschaften, wie Temperatur und Salzgehalt, in der Antarktis. Dies geschieht durch die Vermischung mehrerer Wassermassen, die zum Teil von Norden in die Antarktis einströmen und zum Teil lokal im Kontakt mit der Atmosphäre sowie dem Meer- und Schelfeis umgeformt werden. Im Weddellmeer entsteht so das Weddellmeer-Bodenwasser, das als eine Zunge besonders kalten Wassers nach Norden in den Antarktischen Zirkumpolarstrom ausströmt und die Eigenschaften von siebenzig Prozent des Antarktischen Bodenwassers bestimmt. Um die Zirkulation und Umformung der Wassermassen im Weddellmeer zu messen und entsprechende Modellrechnungen zu unterstützen, führt das AWI die "Weddell-Wirbel-Studie 1989-1993" durch. Sie stellt einen Teil des World Ocean Circulation Experiments (WOCE) dar.

Den Anfang machte "Polarstern" 1989 mit einem hydrographischen Schnitt quer durch das Weddellmeer. Dabei wurden 46 Vertikalprofile der Temperatur und des Salzgehalts im Abstand von 20 bis 60 Kilometern von der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel bis nach Kapp Norvegia aufgezeichnet (Abb. 2). Kaltes Winterwasser mit Temperaturen unter $-1,8^{\circ}\text{C}$ bildet die oberflächennahe Deckschicht (Abb. 3), die im Innern 50 bis 100 Meter dick ist und deren Mächtigkeit zu den Rändern hin deutlich zunimmt. Die Vertiefung in der Küstenzone entsteht durch küstenwärtigen Ekmantransport und Konvektion in der Küstenpolynya. Unter der kalten Deckschicht befindet sich das Temperaturmaximum im Warmen Tiefenwasser mit Temperaturen über 0°C . Das Warme Tiefenwasser bewegt sich im zyklonalen Weddellwirbel im Uhrzeigersinn. An den Rändern des Wirbels ist diese Schicht mächtiger und das Wasser wärmer als im Inneren. Dies ist im Osten stärker ausgeprägt als im Westen. Die boden-

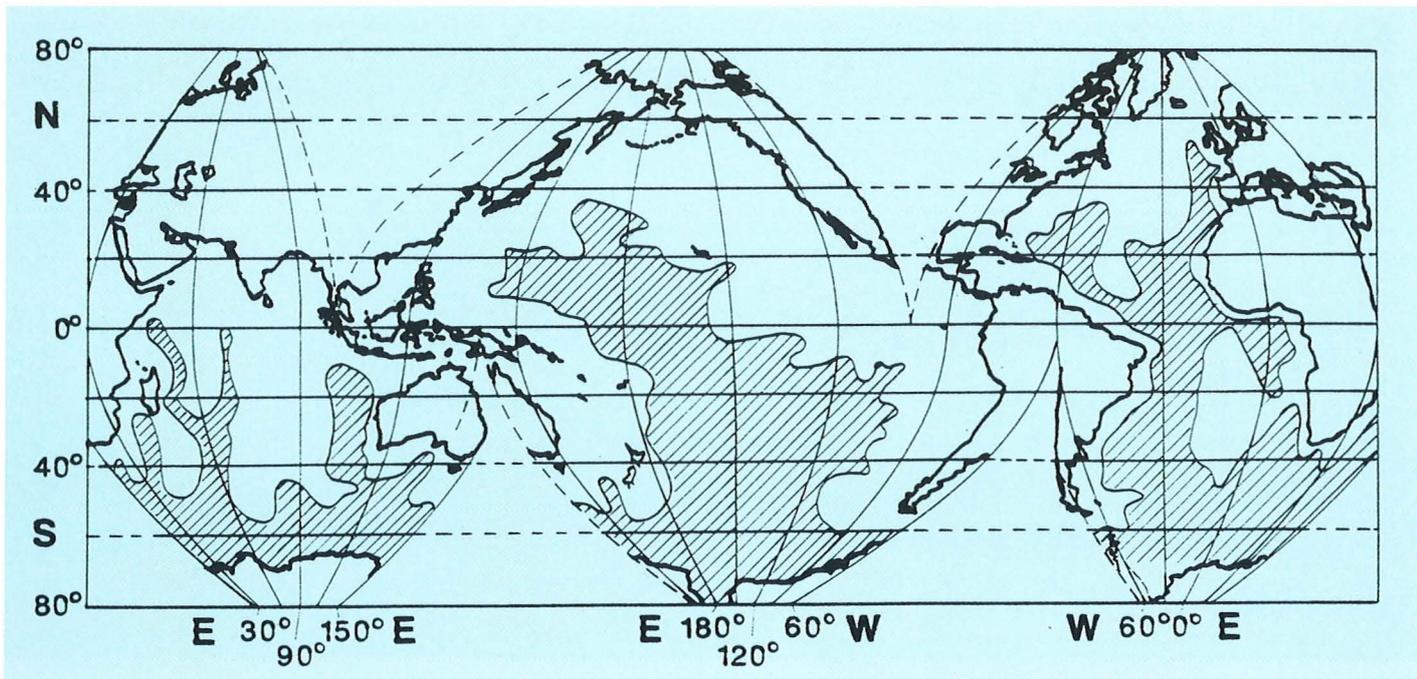


Abb. 1: Die Ausbreitung des Antarktischen Bodenwassers (schraffiert) in der Tiefsee. Nach Emery und Meincke, 1986

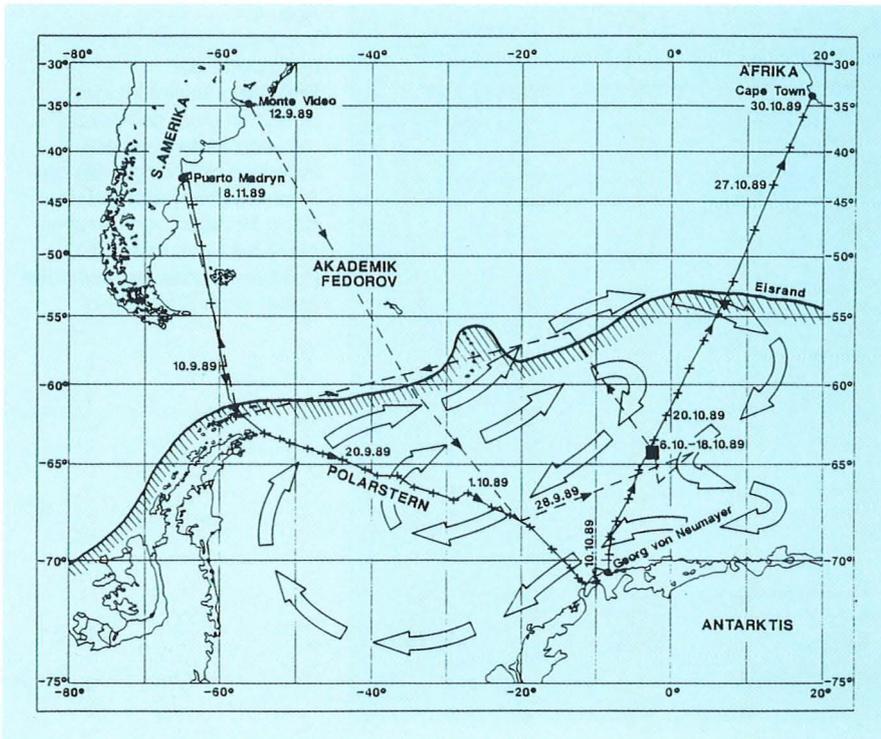
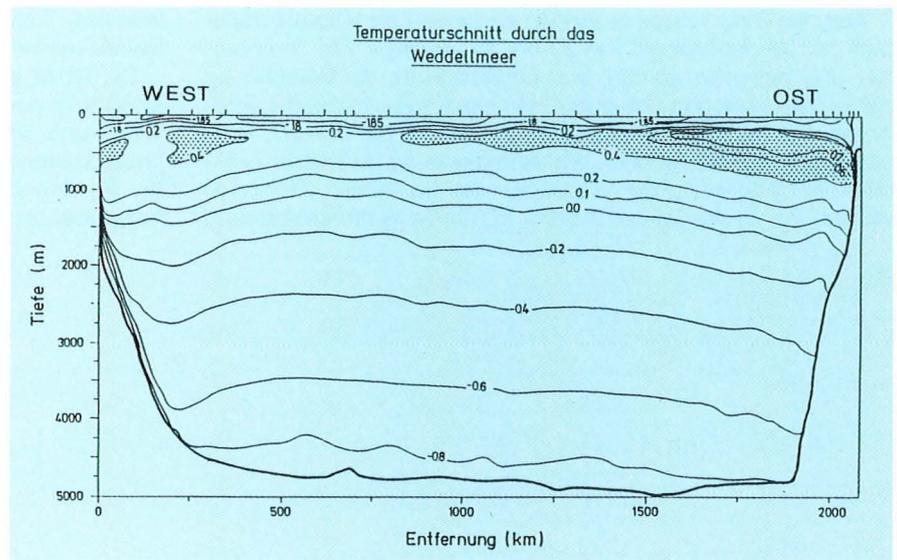


Abb. 2:
Schematische Darstellung der
Meeresströmung des Weddellwirbels und die
Fahrtroute der Forschungsschiffe "Akademik
Fedorov" und "Polarstern" während der
"Winter Weddell Gyre Study 1989."
Der nordwärtige Rand der Meereisbedeckung
ist schraffiert gekennzeichnet.

nahe Schicht besteht im Westen aus neugebildetem Weddellmeer-Bodenwasser mit Temperaturen unter $-0,8^{\circ}\text{C}$. Den größten Teil der Wassersäule nimmt im Weddellwirbel zirkulierendes Antarktisches Bodenwasser mit Temperaturen zwischen 0 und $-0,8^{\circ}\text{C}$ ein. Es entsteht teilweise durch Vermischung benachbarter Wassermassen und teilweise durch tiefe Konvektion im offenen Weddellmeer.

Die großräumigen Strömungen wurden mit 27 Strömungsmessern in sieben Verankerungen von Oktober 1989 bis November 1990 registriert. Die Jahresmittelwerte der Strömung senkrecht zu unserem Schnitt durch den Wirbel (Abb. 4) zeigen klar die ausgeprägten Randströme. Die Strukturen im Inneren konnten wegen der geringen Anzahl der Geräte und der niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten nicht überall sicher erfaßt werden. Der östliche Randstrom ist stärker als der westliche. Er hat seinen Kern in den oberflächennahen Schichten, der westliche dagegen in größeren Tiefen. Im Inneren betragen die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten weniger als ein cm/s.

Abb. 3:
Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur
in $^{\circ}\text{C}$ durch das Weddellmeer von
der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel
nach Kapp Norvegia, der während der
"Winter Weddell Gyre Study 1989"
aufgenommen wurde.
Das Temperaturmaximum des Warmen
Tiefenwassers ist schraffiert gekennzeichnet.



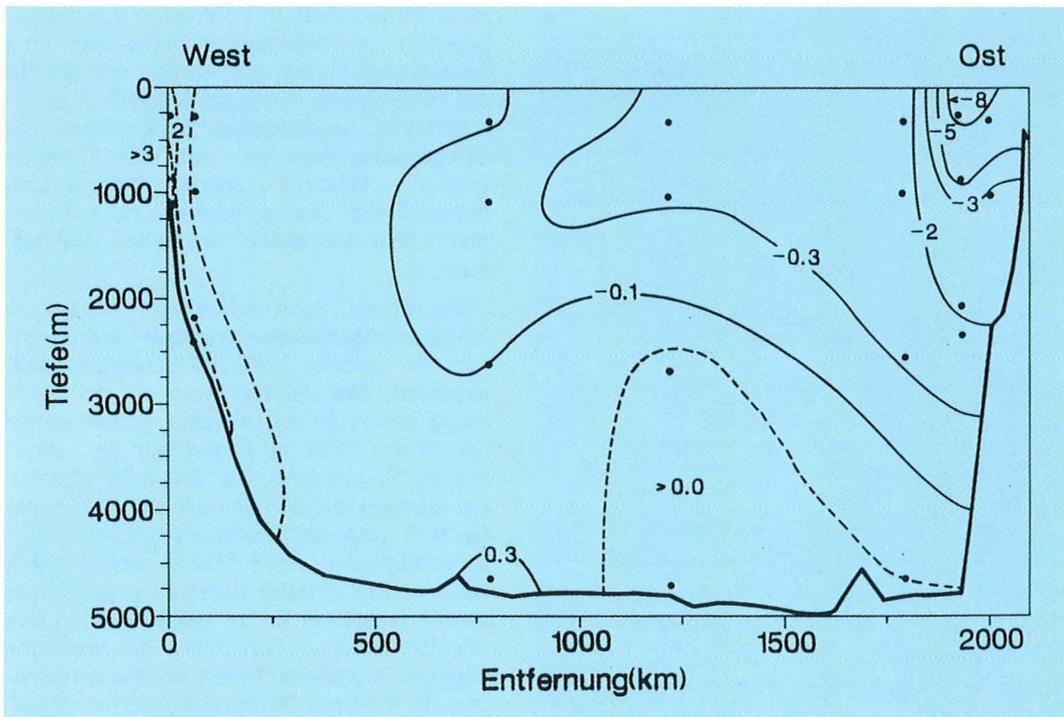


Abb. 4:
Vertikalschnitt der Jahresmittelwerte der Strömung senkrecht zum Schnitt in cm/s gemessen mit verankerten Geräten zwischen der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel und Kapp Norvegia von Oktober 1989 bis November 1990. Positives Vorzeichen bedeutet Strom nach Südwesten.

Aus den Strömungsmessungen ergibt sich ein Volumentransport des Weddellwirbels von 20 bis 30 Mio m^3/s . Die Temperatur- und Salzgehaltsprofile sind Grundlage für die Berechnung der geostrophischen Scherung, des baroklinen Anteils der Strömung. Aus den Strömungsprofilen lassen sich der Ein- und Ausstrom der unterschiedlichen Wassermassen und aus deren Differenz die Umformung der Wassermassen berechnen. Demnach werden im Weddellwirbel 2 bis 5 Mio m^3/s Winterwasser und

Warmes Tiefenwasser in Weddellmeer- und Antarktisches Bodenwasser umgeformt.

Der damit verbundene Wärme- und Salztransport läßt sich in einen Wärmeverlust durch die Meeresoberfläche von 3 bis 9 W/m^2 und einen Süßwasserverlust durch Eisbildung von 20 cm/a umrechnen. Diese Werte stellen ein langfristiges Mittel dar, da die Verweildauer der Wassermassen im südlichen Weddellmeer über ein Jahr beträgt.

Das Windfeld über dem Weddellmeer und seine Wirkung auf das Meereis

Großräumige zyklonale Wirbel bestimmen die mittleren Felder des Windes, der Meereisbewegung und der Meeresströmung im Weddellmeergebiet. Seit 1986 untersuchen wir in Zusammenarbeit mit den Meteorologischen Instituten der Universitäten Hannover und Hamburg sowie einigen ausländischen Institutionen den Zusammenhang zwischen dem atmosphärischen Antrieb, der Meereisentwicklung und der Vorgänge in der ozeanischen Deckschicht mit automatischen Bojen auf Eischollen im Weddellmeer. Die satellitengeorteten Bojen erfassen den Windvektor, die Temperatur und den Luftdruck. Aus ihrer Verdriftung läßt sich die Eisbewegung berechnen. Diese und ähnliche Meßdaten ausländischer Institutionen werden seit 1990 am AWI archiviert und ausgewertet. 1991 wurden sechs weitere Bojen im südöstlichen Weddellmeer für langfristige Messungen der Temperaturstruktur des Meereises, der ozeanischen Deckschicht und des Schneezutragts ausgebracht.

Die in der Abbildung 1 dargestellten Meßdaten zeigen einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen dem Windvektor und

der Eisbewegung selbst bei kurzfristigen Schwankungen. Eine quantitative Auswertung von vier Bojen über 15 Monate ergab, daß sich das Eis im Mittel mit einer Geschwindigkeit von 3,5% der Windgeschwindigkeit (in 3 m Höhe gemessen) bewegt und dabei unter dem Einfluß der Corioliskraft um 25° nach links von der Windrichtung abgelenkt wird.

Ein linearer Zusammenhang zwischen Eis- und Windgeschwindigkeit erklärt ca. 80% der Varianz der Eisbewegung. Die Schubspannung an der Eisoberfläche läßt sich gut aus der geostrophischen Windgeschwindigkeit ableiten, die aus Druckfeldanalysen gewonnen wird. Lokale direkte Windmessungen mit den Bojen waren aufgrund vereisungsbedingter Meßfehler häufig nicht nutzbar. Nichtlineare Effekte zwischen Luft- und Eisbewegung sind durch interne Spannungen im Eis, vor allem durch Staueffekte in Küstennähe oder durch Ozeanbewegungen zu erklären.

Auch für Monatsmittelwerte besteht eine hohe lineare Korrelation zwischen Luft- und Eisbewegungen. Dies ist aufgrund der

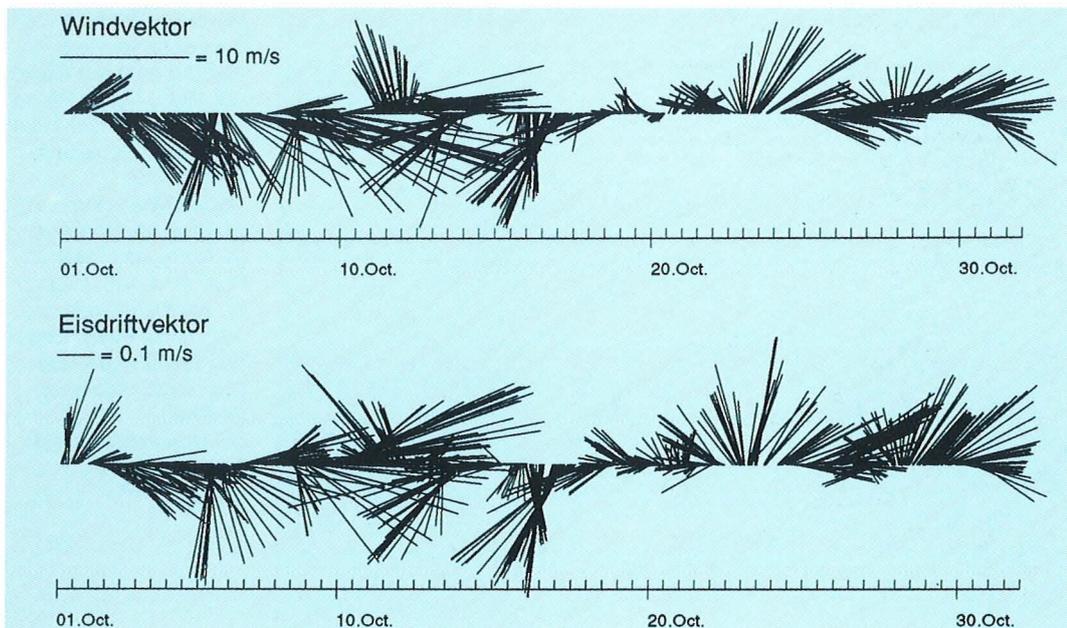


Abb. 1:
Vektorzeitreihen des in 3 m Höhe gemessenen Windes und der aus Positionsdaten abgeleiteten Eisbewegung im Oktober 1989 im zentralen Weddellmeer.

engen Kopplung zwischen dem Windvektor und der Eisdrift verständlich. Hohe Windgeschwindigkeiten treten vor allem beim Durchzug von Tiefdruckgebieten auf, die sich an der Antarktischen Halbinsel in der Eisrandzone und an der Antarktisküste bilden und auf bevorzugten Bahnen bewegen. Trotz der vielen kurzperiodischen Änderungen durch die Tiefdruckgebiete zeigt deshalb das mittlere Windfeld die Struktur eines großräumigen atmosphärischen Wirbels.

Die Temperaturmessungen der Bojen im Jahre 1991 und die gleichzeitigen Satellitenbeobachtungen der Eisbedeckung zeigen, daß vor allem die Zufuhr kontinentaler Kaltluft über dem Weddellmeer hohe Gefrierraten in der Eisrandzone nach sich zieht. Das Eis dehnt sich dann sowohl durch die Drift als auch durch das Gefrieren rasch nach Norden aus. Solche Kaltluftausbrüche sind regelmäßig auf der Rückseite der Tiefdruckgebiete zu beobachten.

Die Abbildung 2 zeigt Geschwindigkeiten des Eises als Monatsmittelwerte auf der Grundlage aller bisher eingesetzten Bojen. Die hervorgehobenen Pfeile entsprechen den von 1989 bis 1991 betriebenen Bojen im Vergleich mit den älteren Daten (schwache Signatur). Der großräumige Wirbel der Eisbewegung tritt deutlich zutage. Nur in Küstennähe des östlichen Weddell-

meers wird das Eis in einem schmalen Bereich nach Westen geführt. Im südwestlichen Weddellmeer überwiegt die nordwärts gerichtete Komponente der Eisbewegung. Die Messungen der Jahre 1989 und 1990 dokumentierten die geringe mittlere Eisdrift im zentralen Bereich des Wirbels bei ca. 25°W, 67,5°S. Nördlich von 65°S wird das Eis unter dem Einfluß der Westwindzone rasch nach Osten transportiert. Die Bojendaten geben keinen Aufschluß darüber, ob der Wirbel im östlichen Weddellmeer geschlossen ist.

Die großräumige Eisbewegung vom Gefrier- zum Schmelzgebiet bewirkt einen horizontalen Süßwassertransport im Ozean. Die Abhängigkeit dieses Effektes vom Windantrieb stellt einen wichtigen Einfluß des Windes auf die Dichteverteilung und den geostrophischen Strom im Ozean dar.

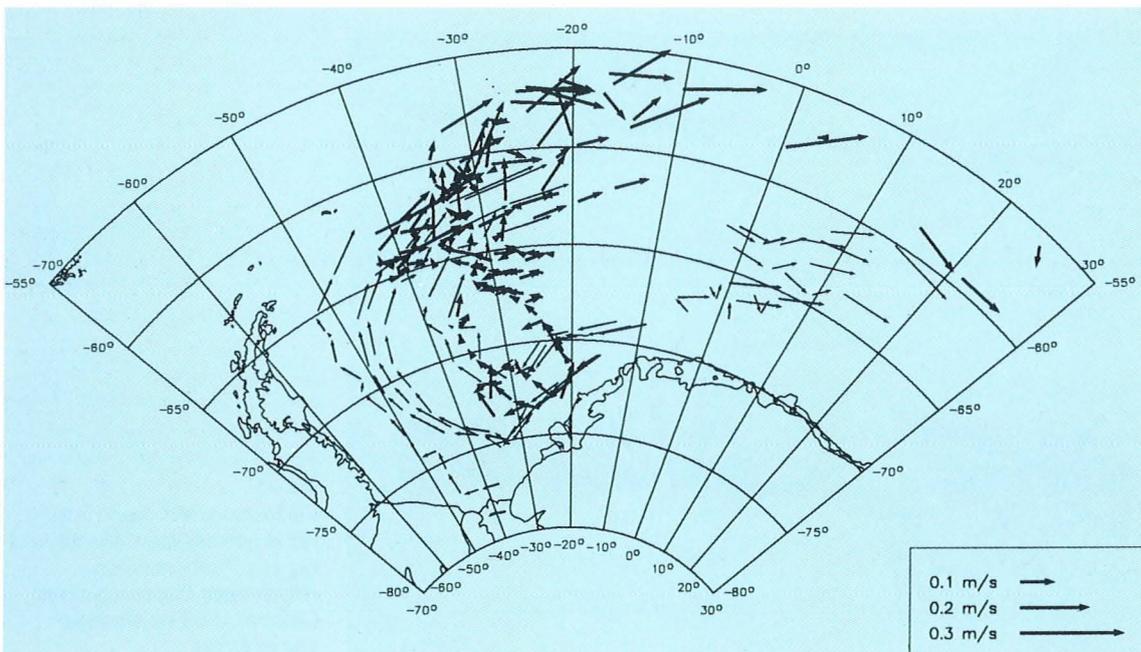


Abb. 2: Mittlere monatliche Bojenverlagerungen im Weddellmeer aus Daten seit 1986. Dünne Pfeile: Daten des WWSP 1986 der Meteorologischen Institute der Universitäten Hamburg (H. Hoerber), Hannover (R. Roth), des Scott Polar Research Institute (P. Wadhams) und des AWI; dicke Pfeile: Daten des WWGS 1989 der Universität Hannover (R. Roth), der Universität Helsinki (M. Launiainen) und des AWI.

Bestimmung der Eisbewegung aus Satellitendaten

Zur Modellierung des Meereises müssen neben der Eisdicke die Eisausdehnung und Eiskonzentration sowie die Eisbewegung bekannt sein. Ausdehnung, Konzentration und Bewegung können inzwischen mit satellitengetragenen Fernerkundungssensoren bestimmt werden. Für die Eisbewegung nutzt man im wesentlichen die Daten des "Advanced Very High Resolution Radiometer" (AVHRR), das auf den polarumlaufenden Satelliten der NOAA-Serie geflogen wird. Diese Daten werden an Bord von "Polarstern" mit einer Satellitenempfangsanlage aufgezeichnet und analysiert (Abb. 1). Ein Nebenprodukt des Direktempfanges an Bord ist die Eisberatung der Schiffsführung.

Das AVHRR-Instrument hat fünf Spektralkanäle, die im sichtbaren Spektralbereich sowie in den atmosphärischen Fensterbereichen des Infrarot liegen und eine geometrische Auflösung von 1.1 km im Nadir besitzen. Für die Bestimmung der Eisbewegung werden im Sommer die Kanäle für sichtbares Licht (Notwendigkeit der solaren Einstrahlung) und im Winter die Infrarot-Kanäle verwendet. Das größte Hindernis bildet die Wolkenbedeckung,

die alle Signale von der Erdoberfläche absorbiert. Die Daten werden radiometrisch kalibriert und in unabhängige Kartenprojektionen übertragen, um einen direkten Vergleich zwischen den Überflügen zu ermöglichen. Eine Schwierigkeit bei der geographischen Anpassung sind die wegen der Wolkenbedeckung oder der Maskierung durch Schelfeis oftmals fehlenden Kontrollpunkte. Mögliche Inkonsistenzen, hervorgerufen durch mangelnde Genauigkeit der verfügbaren Bahnparameter, werden minimiert, indem man nur Bildpaare von gleichorientierten Überflügen (aufsteigend oder absteigend) verwendet.

Zur Bestimmung der Eisbewegung wird mit einer Korrelationsmethode für kleine Untergebiete eines AVHRR-Bildpaares (Abb. 2) die maximale Korrelation gesucht. Dabei wird nur die Translationsbewegung erfaßt, die im Packeis des zentralen Weddellmeeres die Hauptkomponente der Geschwindigkeit bildet. Um das dynamische Verhalten der Schollen, nicht jedoch das der Rinnen offenen Wassers zu berücksichtigen, werden nur Bildpunkte verwendet, die heller (bzw. kälter) sind als ein vorgegebener

Schwellenwert. Vorausgesetzt wird hierbei eine ausreichende Variabilität in der Reflektivität (im Sichtbaren) oder der Oberflächentemperatur (im Infraroten), um auch noch im inneren Packeis zwischen einzelnen Schollen unterscheiden zu können. Die resultierenden Verschiebungsvektoren werden durch unterschiedliche Filterverfahren auf ihre Güte geprüft.

Eine Eisbewegungsanalyse für das zentrale Weddellmeer im September 1989 zeigt, wie stark sich das Meereis verändert hat – im wesentlichen durch den Wind gesteuert. Die aus der Abbildung 2 abgeleiteten divergenten Eisbewegungen (Abb. 3) mit einem ausgeprägten östlichen Zweig mit Geschwindigkeiten bis zu 0,3 m/s und einem norwestlich gerichteten Zweig westlich von 40 Grad korrespondieren mit den Bodendruckverteilungen (1000 hPa) während der beiden den Aufnahmen vorangegangenen Tage.

Diese großräumigen, genauen Beobachtungen sind bei Wolkenbedeckung unmöglich und eignen sich daher nur

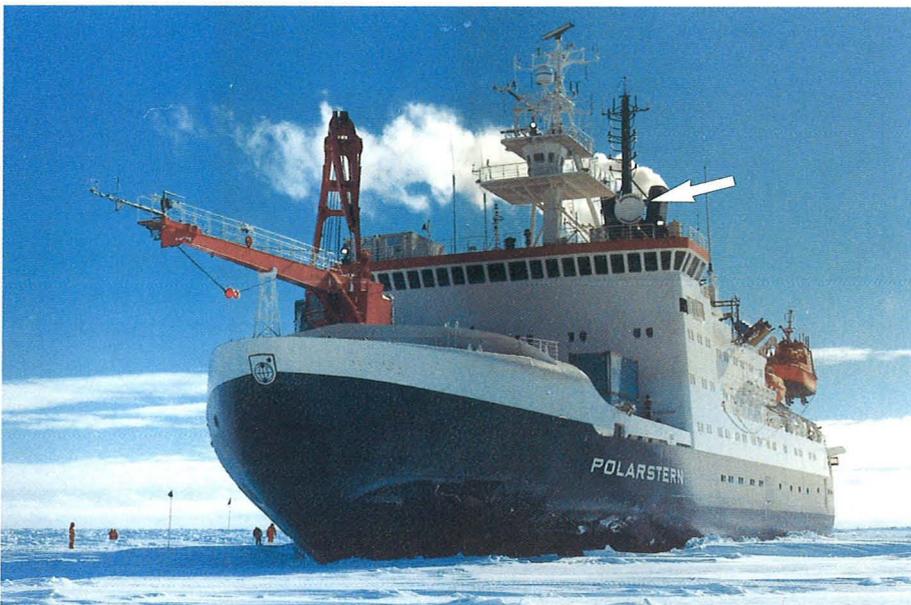


Abb. 1: Parabolantenne der NOAA-HRPT Empfangsanlage (Pfeil) an Bord von "Polarstern".

5. Ausgewählte Forschungsthemen

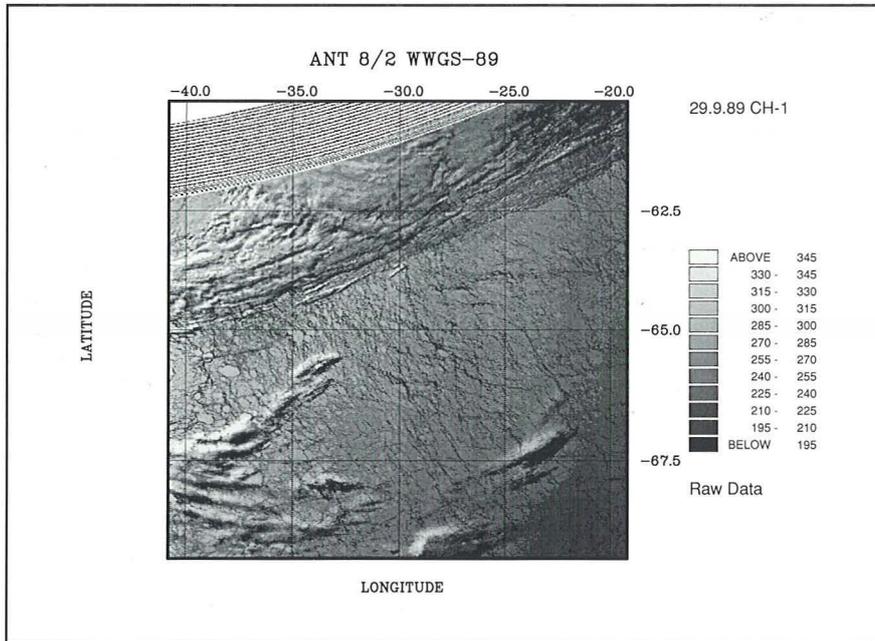
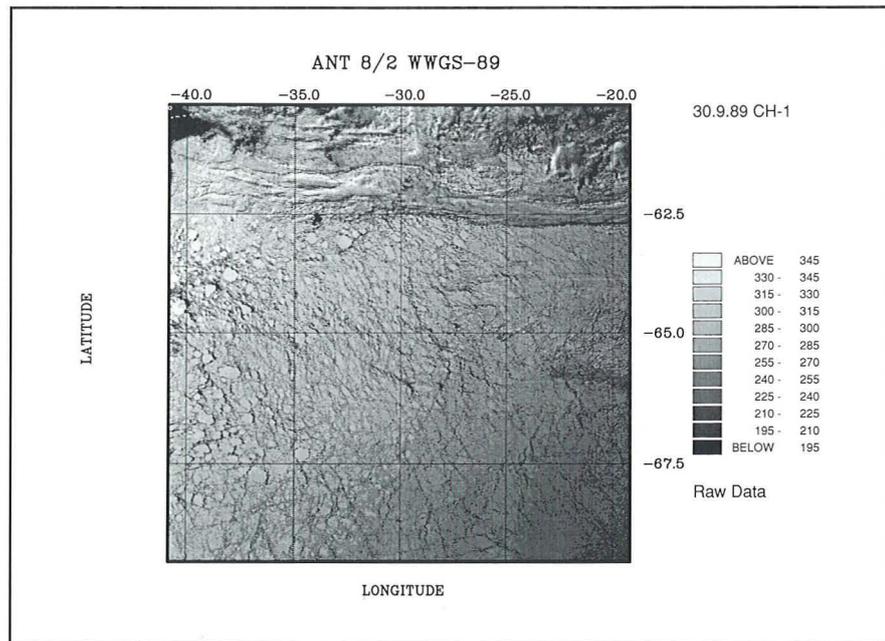


Abb. 2:
AVHRR Kanal-1 Daten (sichtbarer
Spektralbereich) für den
29.9.1989 16:47 GMT (a) und für den
30.9.1989 16:36 GMT (b).

Helle Werte repräsentieren Flächen mit hohem Reflexionsvermögen, wie sie für Eis und Wolken typisch sind; dunkle Flächen charakterisieren niedrige Reflexion, wie sie für offene Wasserflächen und Nilas typisch sind. Deutlich erkennbar sind Rinnensysteme, einzelne Schollen und wolkenbedeckte Gebiete.



begrenzt für eine kontinuierliche Analyse der Bewegungen des Meereises. Sie tragen jedoch zur Überprüfung der Trajektorien von automatisch registrierenden, auf Eisschollen ausgesetzten Bojen bei. Sie lassen ferner Rückschlüsse auf die physikalischen Prozesse zu, die zu Änderungen in der großräumigen Eiskonzentration führen, wie sie aus den Daten passiver Mikrowellensensoren, z.B. des SSMI (Special Sensor Microwave Imager) operationell gewonnen werden. Das SSMI liefert täglich weitgehend wetterunabhängig Eiskonzentrationen für die polaren Gebiete. Allerdings liegt die Auflösung nur bei ca. 25 km.

Die Kombination von AVHRR- und SSMI-Daten erlaubt Aussagen über die physikalischen Prozesse, die für kurzzeitige (tägliche) Schwankungen in der Eiskonzentration und Ausdehnung verantwortlich sind. So beruht die Änderung der Eiskonzentra-

tion zwischen den beiden Tagen, für die die Eisbewegung aus AVHRR-Daten berechnet wurde, im wesentlichen auf Eisbewegungen und nicht auf Gefrier/Schmelzprozessen. In der Abbildung 4 ist die Änderung der aus SSMI-Daten abgeleiteten Eiskonzentration vom 29.9. zum 30.9. 1989 für das zentrale Weddellmeer dargestellt. Die Gebiete deutlicher Zunahme der Eiskonzentration mit Zuwachsraten von 3-10 % pro Tag korrespondieren mit den Gebieten konvergenter Eisbewegung in der Abbildung 3, während divergente Eisbewegungen (bei 40 Grad West) mit abnehmenden oder zumindest gleichbleibenden Eiskonzentrationen zusammenfallen.

Die aufbereiteten Daten dienen schließlich als Kontroll- und Eingabegrößen für großskalige Zirkulationsmodelle. Die Synthese von wetterunabhängigen und hochauflösenden Fernerkun-

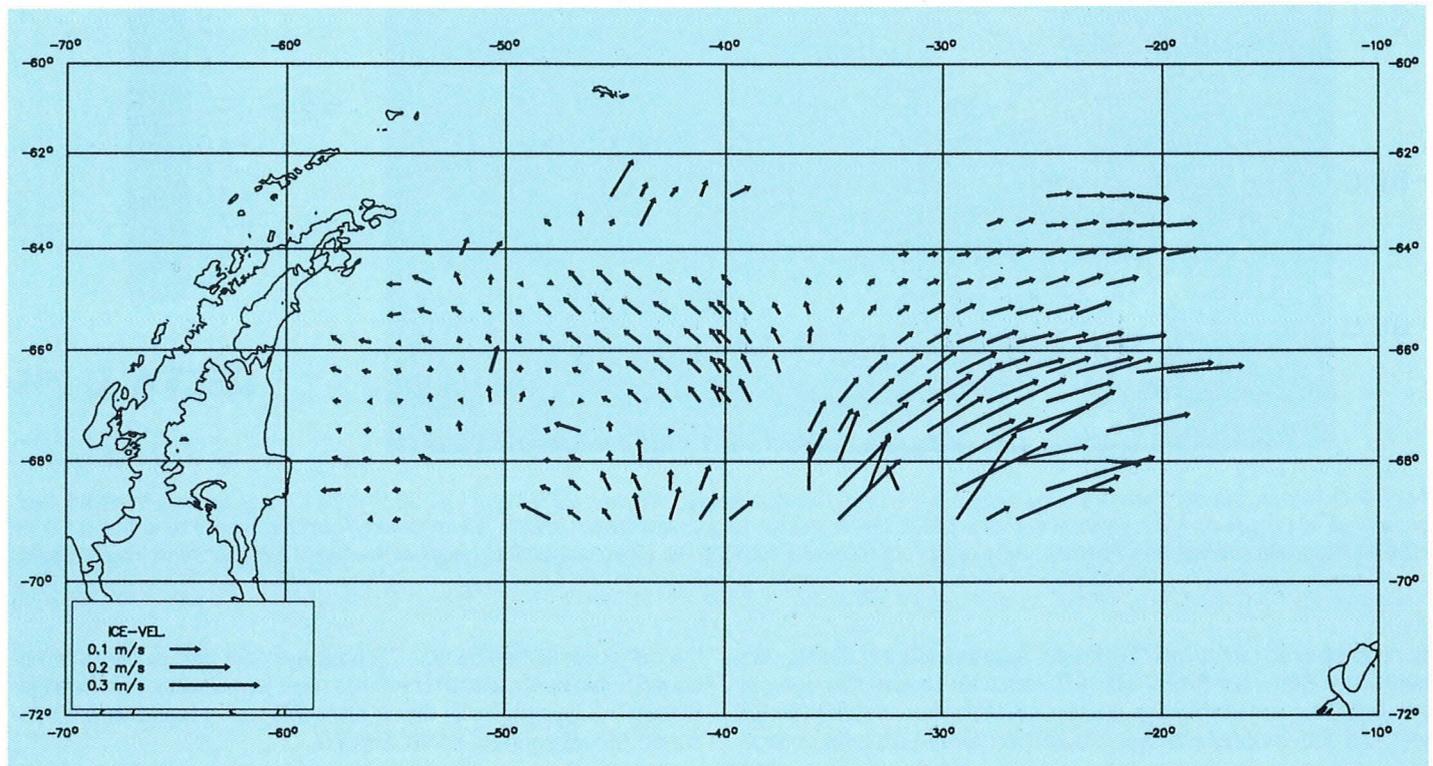


Abb. 3: Meereisgeschwindigkeiten im zentralen Weddellmeer für den 29.9. und 30.9.1989. Die Verlagerungsvektoren für den östlichen Teil des Bildes (östl. von 40 West) wurden aus den in Abb. 2 dargestellten Szenen berechnet.

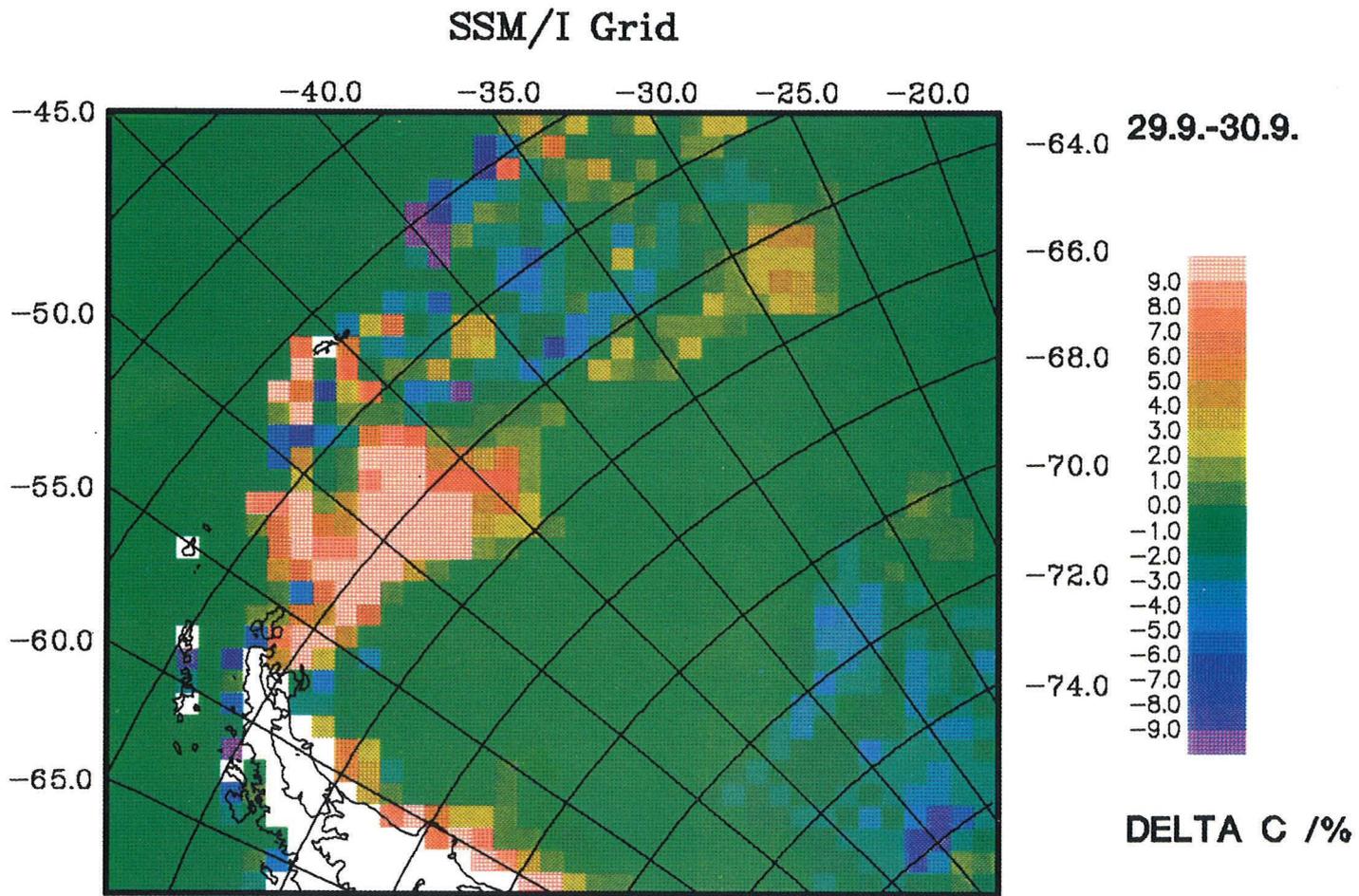


Abb. 4: Differenzen in der Meereiskonzentration (in Prozent Eisbedeckung) zwischen 29.9.1989 und 30.9.1989 für das zentrale Weddellmeer, berechnet aus passiven Mikrowellendaten des SSM/I. Die einzelnen Bildpunkte stellen jeweils die mittleren Konzentrationsunterschiede für ein 50 x 50 km großes Gebiet dar. Positive Werte entsprechen einer Erhöhung der Eiskonzentration, negative Werte entsprechen einer Erniedrigung.

dungsverfahren bietet das "Synthetic Aperture Radar" (SAR), das nach dem Start des ERS-1 ab 1992 auch für Untersuchungen in der Antarktis zur Verfügung stehen wird. Voraussetzung hierfür war die Inbetriebnahme der deutschen SAR-Empfangsanlage

bei der chilenischen Station O'Higgins an der Spitze der antarktischen Halbinsel. Zusammen mit der japanischen Empfangsanlage bei Syowa kann damit etwa 2/3 des gesamten antarktischen Meereisgürtels erfaßt werden.

Ein hydrographischer Atlas des Südlichen Ozeans

Im Projekt Datenbank "Südlicher Ozean" stellen wir zusammen mit dem Arctic and Antarctic Research Institute (AARI) in St. Petersburg einen neuen hydrographischen Atlas des Südlichen Ozeans her. Er beruht in erster Linie auf dem Datensatz von Gordon et. al., den das Lamont Doherty Geological Observatory (LDGO) zur Verfügung stellte (6.318 Stationen) und dem des AARI (ca. 28.000 Stationen). Weitere Daten verdanken wir dem AARI, dem DGO, der Texas A&M University, der Tokyo University of Fisheries, dem Argentine Oceanographic Data Centre, dem National Museum of Natural History, der Universität Bremen,

dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und dem Science Application International Corporation. Alle Meßwerte haben wir zusammen mit den Daten des AWI in einer SYBASE™-Datenbank auf der VAX-Rechenanlage archiviert. Die Datenbank umfaßt heute über 39.000 Stationen, die Abbildung 1 zeigt ihre Verteilung.

Die Stationsdaten werden zunächst überprüft, dann ein auf ein reguläres Gitter interpoliert, sowie in einer PC-Datenbank gespeichert. Schließlich wird ein Atlas mit Karten der Größen Temperatur, Salzgehalt und gelöster Sauerstoff für Standard-

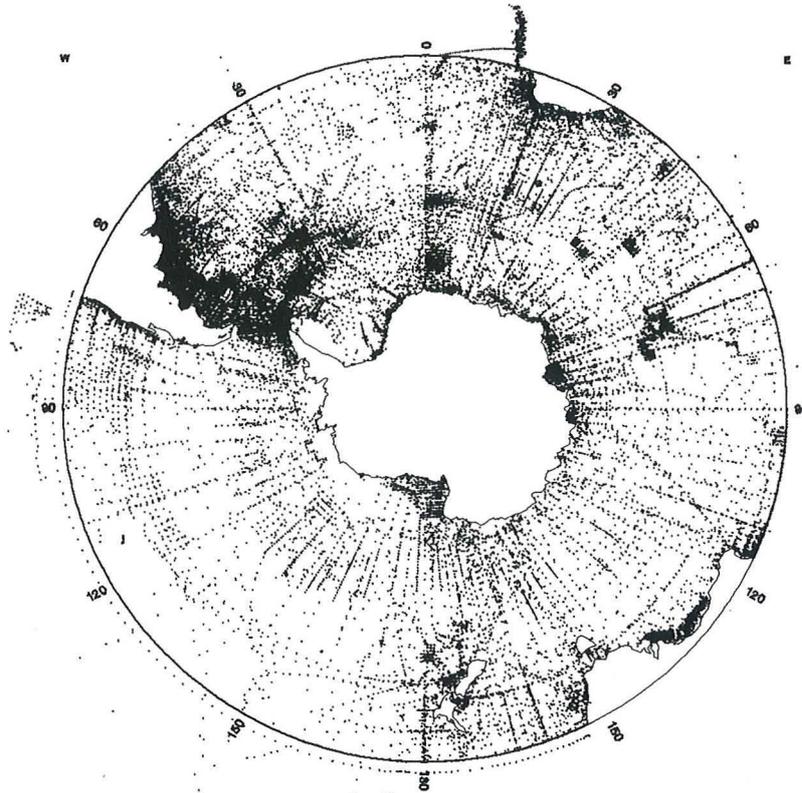


Abb. 1: Die räumliche Verteilung der Stationen der Datenbank "Südlicher Ozean". Die Stationsdichte nimmt mit der Tiefe ab. Es werden alle Stationen gezeigt, ohne Rücksicht auf die Qualität der Daten.

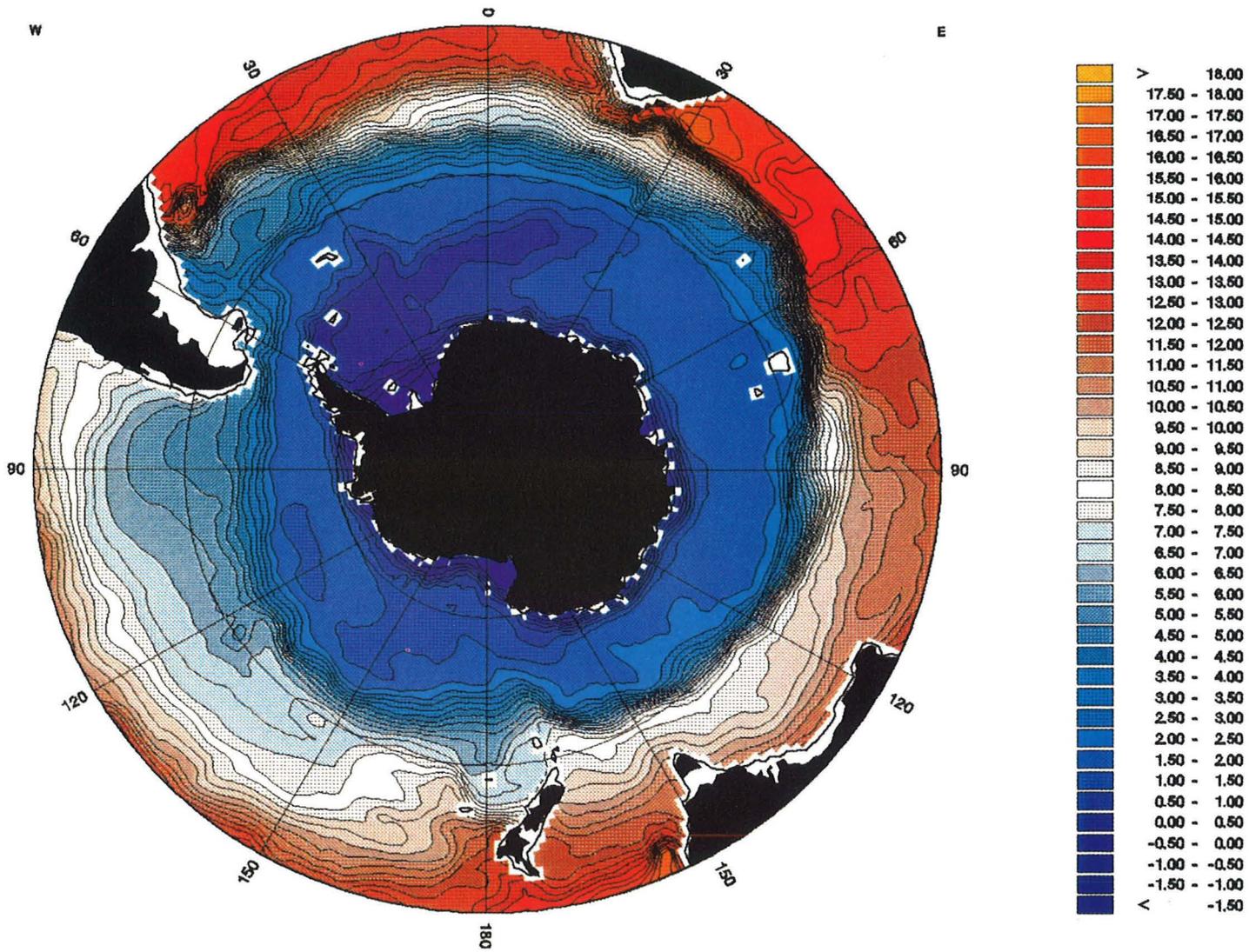


Abb. 2: Karte der objektiv interpolierten potentiellen Temperatur in 300 m Tiefe. Die Farbwerte entsprechen Temperaturen der nebenstehenden Farbskala.

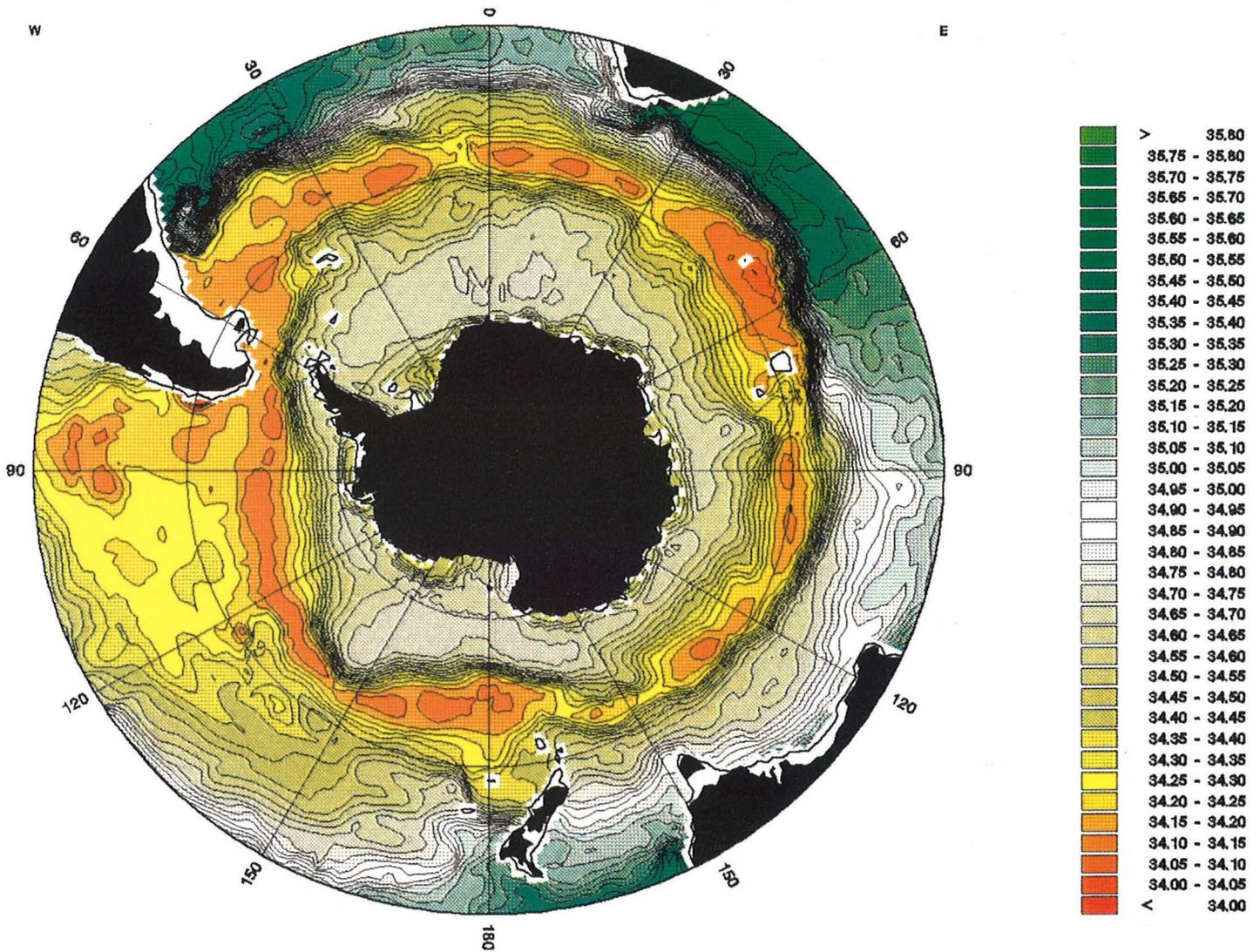


Abb. 3: Karte des objektiv interpolierten Salzgehaltes in 300 m Tiefe. Die Farbwerte entsprechen Salzgehalten der nebenstehenden Farbskala.

Tiefen und Dichteoberflächen gedruckt. Einige abgeleitete Größen sollen ebenfalls dargestellt werden.

Unterschiedliche Meßgenauigkeiten und Beobachtungsfehler sowie Fehler durch Datentransfer erforderten die sorgfältige Validierung der Daten. Sie mußten mehrere objektive und subjektive Filter passieren: die Überprüfung des physikalischen Bereichs, statistische Analysen innerhalb geographischer Quadrate, einen T-S-Diagramm-Test, die Analyse der Vertikalprofile und die Kontrolle der statischen Stabilität.

Die Karten (siehe Abb. 2 und 3) wurden mit einem Verfahren der Objektiven Interpolation konstruiert. Wir haben dafür ein Pro-

gramm von P. de Mey (Toulouse) auf unsere Gegebenheiten angepaßt. Das Verfahren berechnet einen Schätzwert für die hydrographischen Parameter nach der "Methode der kleinsten Quadrate", zusammen mit dem zugehörigen relativen quadratischen Fehler. So entsteht ein interpolierter Datensatz für Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff als Grundlage für die Karten.

Der Atlas bildet eine wertvolle Orientierung bei der Bewertung von Modellrechnungen und liefert nützliche Informationen für laufende und zukünftige Forschungsvorhaben. Da die Datenbank leicht zu erweitern ist, können zukünftige Messungen leicht integriert werden.

Anpassung von Satellitendaten in dynamische Ozeanmodelle

Intensive Meeresströmungen wie der Golfstrom oder der Antarktische Zirkumpolarstrom erreichen eine Länge von vielen tausend Kilometern bei einer engen Bündelung auf eine Breite von etwa hundert Kilometern. Sie haben hohe Geschwindigkeiten von ca. 1 m/s und ändern sich zeitlich und räumlich stark. So schwankt die Stromachse um mehrere hundert Kilometer und das Stromband mäandriert. Dabei schnüren sich gelegentlich einzelne Stromschlingen ab und leben als Stromringe mit einer eigenen Dynamik weiter, bis sie sich wieder mit der Hauptströmung vereinigen oder durch Reibung auflösen. Die mit diesen Strömungen und Wirbeln transportierte Wärme macht einen großen Teil des polwärtigen Wärmetransports des Ozeans aus.

Die Transporte durch die Wirbel sind schwer abzuschätzen. Hierzu müßte man zunächst die Strömungen in allen Einzelheiten, wie auf einer "Wetterkarte des Ozeans", darstellen. Mit Hilfe einer zeitlichen Serie von Karten ließe sich dann der Wärmetransport im Ozean berechnen. Da man von Schiffen aus nur Stichproben der veränderlichen Verhältnisse im Meer messen kann, sind die gewonnenen Daten hierfür unzureichend. Fernerkundungsmethoden helfen jedoch weiter: Im offenen Ozean bewirken Meeresströmungen eine geringe, aber meßbare Schrägstellung der Oberfläche. Die Neigung ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit im Wasser. Von Satelliten aus wird die Neigung beobachtet und damit indirekt die Strömung gemessen.

Messungen mit einem Radar-Höhenmesser (Altimeter) wurden Ende der achtziger Jahre vom amerikanischen Satelliten GEOSAT und werden zur Zeit vom ersten europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 durchgeführt. Der Höhenmesser durchdringt mit seinen elektromagnetischen Wellen die Wolken und mißt wetterunabhängig die Höhendifferenzen der Meer-

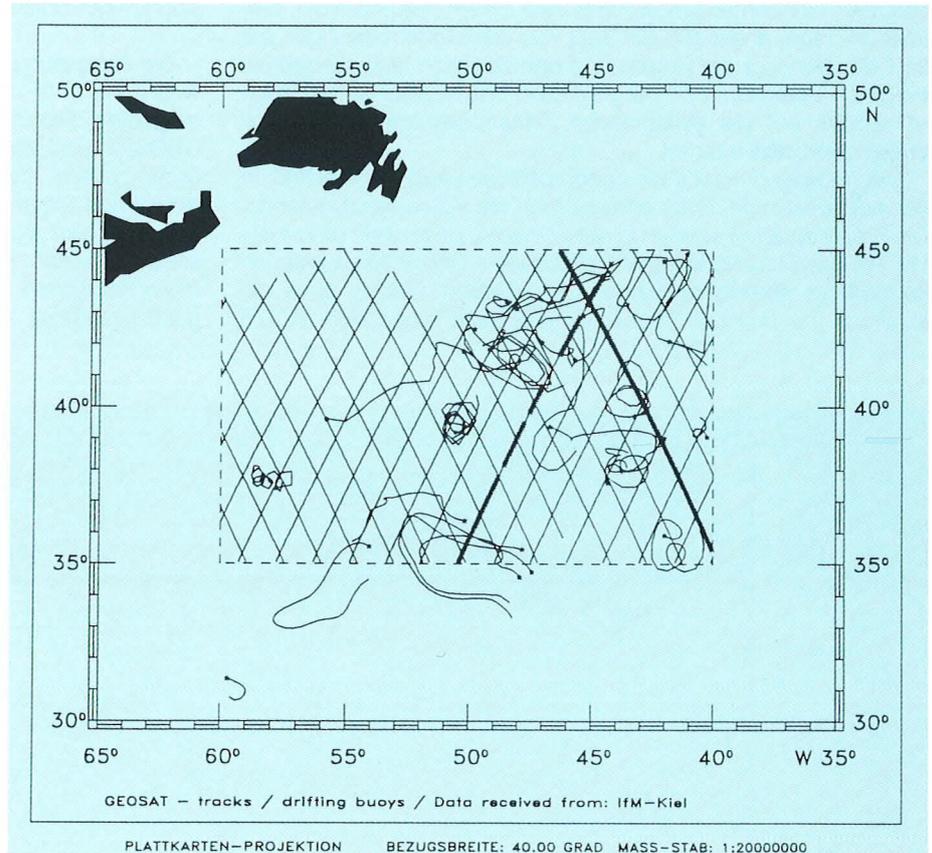


Abb. 1: Geographische Lage des Modells. GEOSAT-Daten werden entlang der leicht gekrümmten Satellitenbahnen im inneren Modellgebiet angepaßt. Die mit einem Stern beginnenden Linien zeigen Bahnen von Driftbojen, die zum Vergleich benutzt werden.

resoberfläche auf wenige Zentimeter genau. Diese Beobachtungen überdecken die Erde in wenigen Tagen.

Um Karten zu erstellen, müssen die Werte zwischen den Satellitenbahnen räumlich und zeitlich interpoliert werden. Dazu werden die Daten in ein dynamisches, zeitabhängiges Ozeanmodell so eingepaßt, daß seine modellierte Oberflächentopographie über einen längeren Zeitraum die Meßdaten optimal wiedergibt.

Zur Anpassung wird das sogenannte "adjungierte Verfahren" benutzt, das die Modelldynamik berücksichtigt. Zunächst wenden wir die Methode mit einem einfachen quasigeostrophischen Ozeanmodell zur Erprobung auf den Golfstrom an. Dazu werden GEOSAT Höhenmessungen über zwei Zyklen des Satelliten, d.h. über 34 Tage, angepaßt. Ein Satz von Vergleichsmessungen mit 31 Driftbojen legt die Region und den Zeitraum fest, so daß ein Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messungen möglich ist. Später soll der Antarktische Zirkumpolarstrom in gleicher Weise bearbeitet werden.

Die Abbildung 1 zeigt die geographische Lage des Modells: In der nordwestlichen Ecke erkennt man die Küste Neufundlands. Die Satellitendaten werden in dem inneren, gestrichelt umrandeten Teil des Modells angepaßt, das äußere Gebiet liefert lediglich konsistente Randbedingungen. Im inneren Gebiet sind die schwach gekrümmten Bahnen des GEOSAT eingezeichnet. Die

Positionen von einzelnen Messungen sind mit Kreuzen auf zwei Bahnen gekennzeichnet. Die gezeigte Überdeckung wird vom Satelliten alle 17 Tage wiederholt. Ferner enthält die Abbildung die Bahnen von 31 driftenden Bojen über 34 Tage. Die Startpositionen der Bojenbahnen sind mit einem Stern markiert.

Die Anpassung des Modells an die Satellitendaten wird in der Abbildung 2 für die GEOSAT-Spur Nr. 131 vom 23. Mai 1987 dargestellt. Die Sterne bezeichnen die einzelnen Meßwerte vom GEOSAT und die durchgezogene Linie die Wiedergabe der Daten durch das Modell. Ebenfalls eingezeichnet ist der langjährige Mittelwert (als gepunktete Linie). Das starke Signal bei 40° Nord verursacht ein Ring mit großen Strömungsgeschwindigkeiten. Der Golfstrom liegt bei 44° Nord und ist durch einen deutlichen Abfall der Topographie der Meeresoberfläche gekennzeichnet.

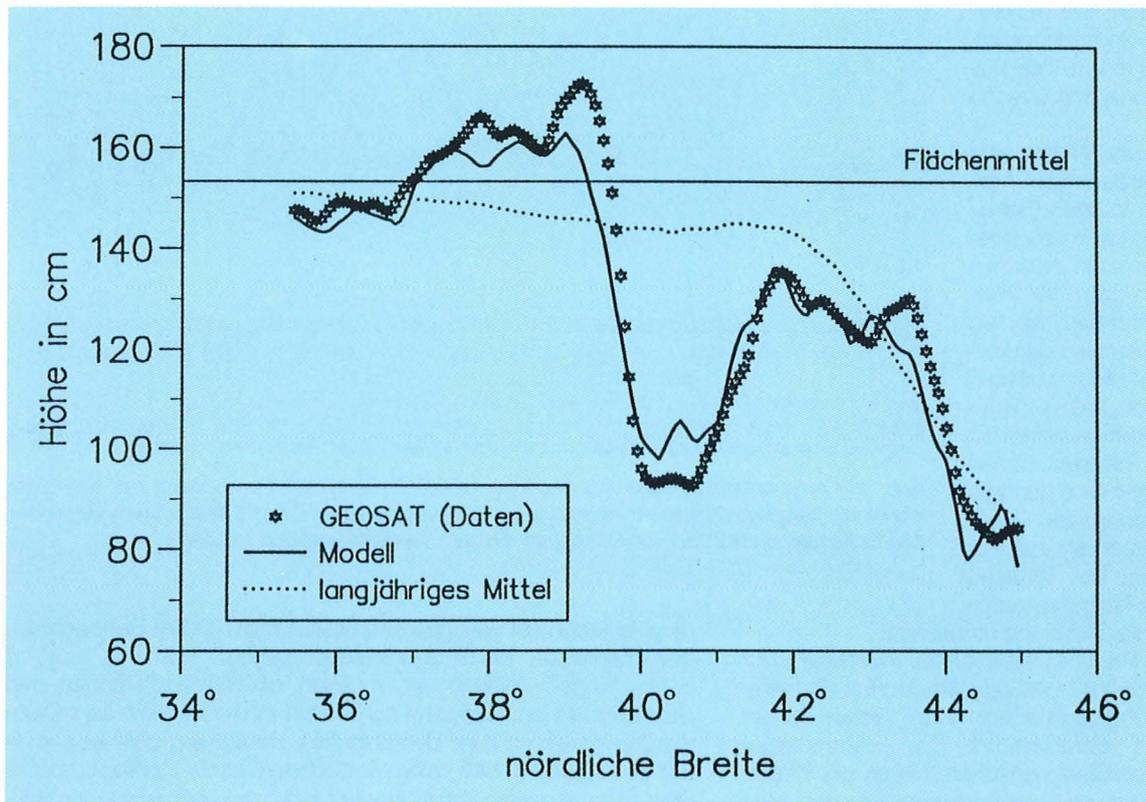


Abb. 2:
Meeresoberfläche
längs der
GEOSAT-Bahn
Nr. 131 vom
23. 5. 1987.
Bei 40° Nord liegt ein
kräftiger Wirbel.
Der Golfstrom ist an
dem steilen
Höhenabfall bei
44° Nord erkennbar.

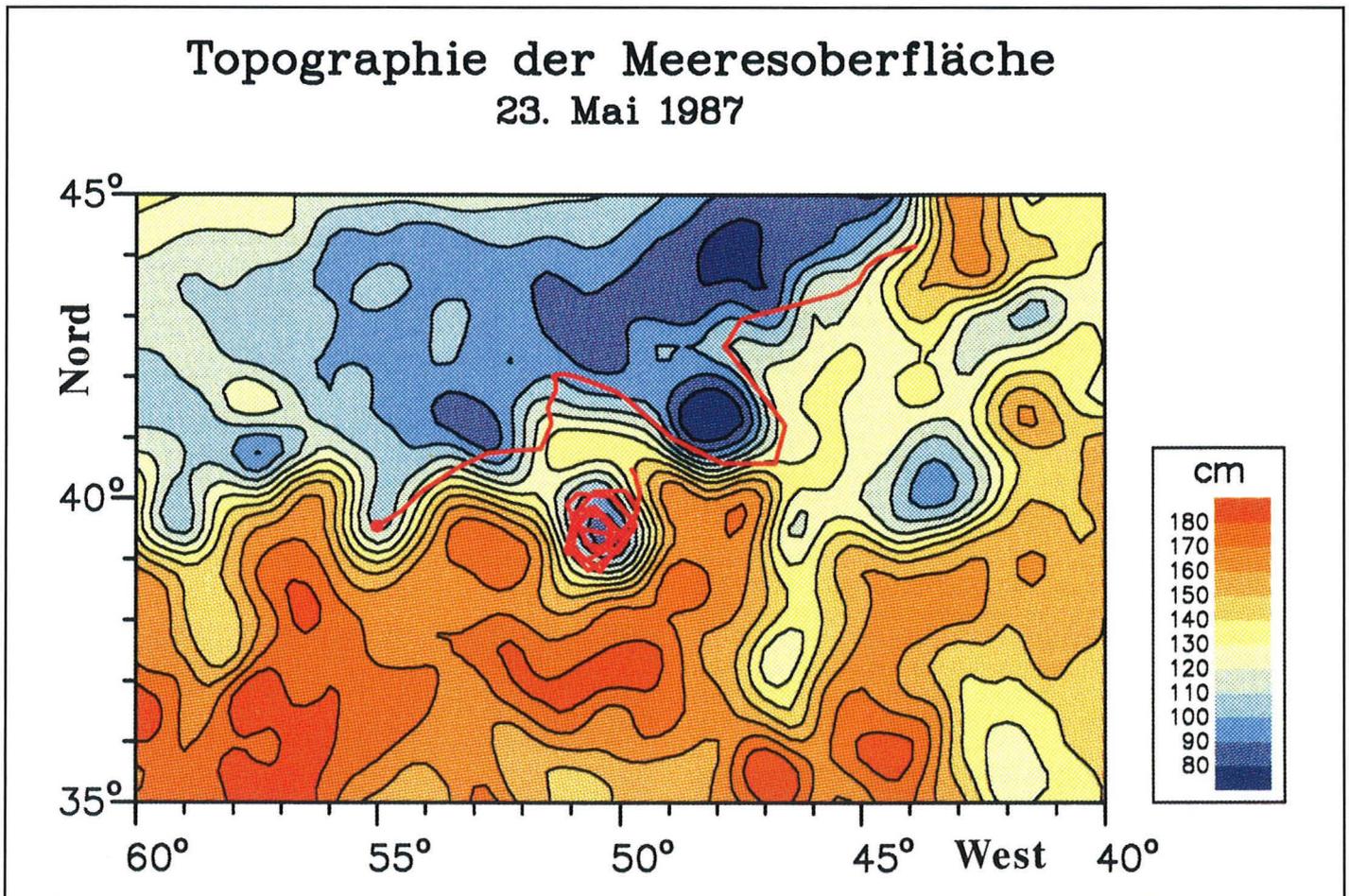


Abb. 3: Die Höhe der Meeresoberfläche im Anpassungsgebiet am 23. 5. 1987. Rot eingezeichnet sind zwei Bahnen von Driftbojen über 34 Tage.

Eine synoptische Darstellung der Meeresoberfläche für den 23. Mai 1987 zeigt die Abbildung 3. Die Strömung fließt parallel zu den Höhenlinien. Zwei Bahnen von Driftbojen über 34 Tage sind in Rot eingezeichnet. Die nördliche folgt der Achse des Golfstroms, während die südliche in einem Ring gefangen ist. Ebenfalls erkennbar ist der in der Abbildung 2 erwähnte Ring bei 45°

West, 40° Nord. Der mittlere Höhenfehler zwischen Daten und Modell beträgt weniger als fünf Zentimeter, auch der Vergleich mit den Strömungen der Driftbojen ist befriedigend.

Dieser Erfolg ermutigt uns, die Datenanpassung über längere Zeiträume als 34 Tage und mit komplexeren Ozeanmodellen fortzusetzen.

Physikalische Aggregation von Phytoplankton: ein mathematisches Modell

Die "biologische Pumpe", d.h. der Transport photosynthetisch gebundenen Kohlenstoffs aus der lichtdurchfluteten Deckschicht in die Tiefe des Ozeans, stellt einen wesentlichen Prozeß des globalen Kohlenstoffkreislaufs dar. Dieser Fluß organischen Kohlenstoffs ist nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt. Die Sedimentation findet in kurzfristigen Ereignissen statt und steht in Zusammenhang mit Phytoplanktonblüten, d.h. der raschen Zunahme der Algenkonzentration in der Deckschicht. Während einer Algenblüte bilden sich Algenaggregate (Abb. 1), indem einzelne Planktonalgen oder kleine Aggregate durch Scherung oder unterschiedliches Sinken zusammenstoßen und aneinander haften bleiben. Mit zunehmender Aggregatgröße steigt die Sinkgeschwindigkeit, von weniger als einem Meter am Tag für einzelne Algenzellen auf bis zu hundert Meter am Tag für größere Aggregate.

In welcher Tiefe die organische Materie abgebaut wird, ist entscheidend für die Effizienz der "biologischen Pumpe": Nur der Teil des Kohlenstoffes, der in schnell sinkenden Aggregaten die permanente Pyknokline (Dichtesprung) durchdringt, ist über einige hundert bis tausend Jahre vom Austausch mit der Atmosphäre ausgeschlossen. Langsam sinkende Partikel, deren organische Materie bereits in der oberen Schicht abgebaut wird, tragen nur

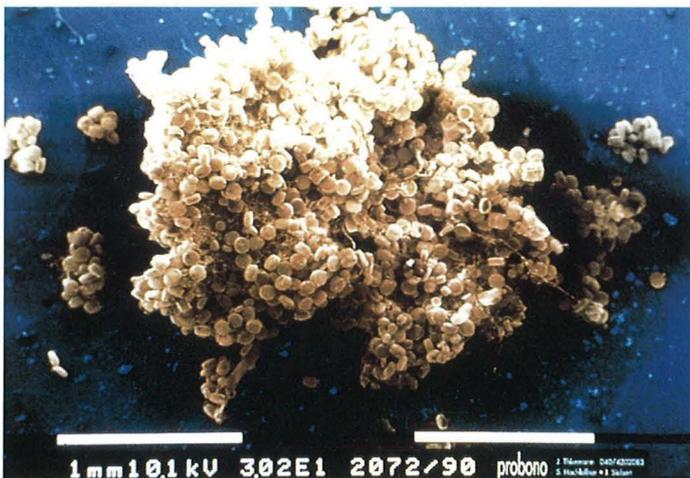


Abb. 1: Kieselalgenaggregat (Durchmesser ca. 2 mm).

kurzfristig zum vertikalen Kohlenstofftransport bei. Der oberhalb der permanenten Pyknokline remineralisierte Kohlenstoff erreicht bei der Durchmischung der Schichten durch die Winterstürme wieder die Deckschicht und steht in direktem Austausch mit der Atmosphäre. Die Dynamik der Partikelaggregation hat so direkten Einfluß auf den globalen Kohlenstoffkreislauf.

Ein numerisches Aggregationsmodell

Wir haben ein mathematisches Modell entworfen, um die Größenverteilung der Aggregate in der Deckschicht und die Sedimentationsflüsse durch die permanente Pyknokline zu beschreiben. Das Modell umfaßt drei Schichten mit unterschiedlicher Dynamik (Abb. 2). Die Aggregatkonzentrationen in der Deckschicht (DS) beschreibt ein Differentialgleichungssystem, das die Aggregation durch differentielles Partikelsinken und lami-

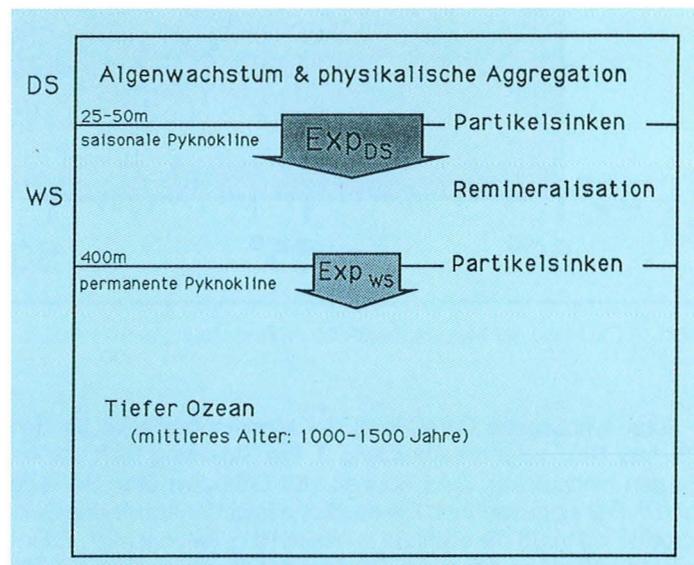


Abb. 2: Modellkonzept (DS = Deckschicht, WS = winterdurchmischte Schicht, Exp_{DS} = Export organischer Materie aus der Deckschicht, Exp_{WS} = Export aus der winterdurchmischten Schicht).

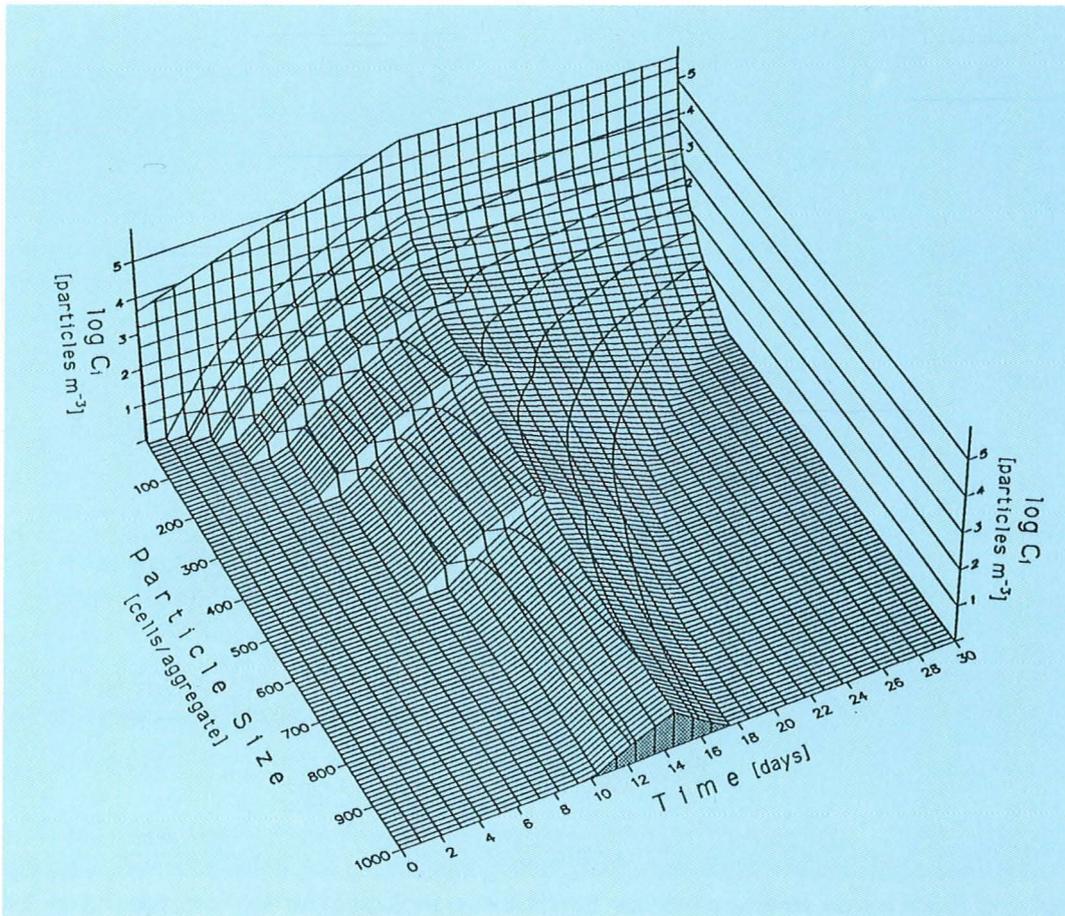


Abb. 3 a):
Logarithmus der Aggregatkon-
zentration (C_i) aufgetragen
gegen die Aggregatgröße und
die Zeit im Verlauf einer
simulierten
Phytoplanktonblüte.

nare Scherung, das Algenwachstum, die Sedimentation und die Begrenzung des Wachstums durch Nährstoffzehrung berücksichtigt. Zur Simulation einer Algenblüte wurde das Gleichungssystem über 30 Tage auf einem Vektorcomputer des AWI integriert.

Die Ergebnisse eines solchen Experimentes zeigt die Abbildung 3a. Zu Beginn der Blüte sind nur einzelne Algen vorhanden. Durch fortwährende Zellteilung steigt ihre Konzentration zunächst exponentiell an (in der logarithmischen Darstellung entspricht dem eine Gerade) bis ein kritischer Wert erreicht ist und sich Aggregate bilden. Für diesen Zeitraum kann das komplizierte Gleichungssystem auf eine logistische Gleichung reduziert

werden. Danach bilden sich durch Aggregation sehr schnell auch größere Partikel. Nach etwa 12 Tagen sind die Nährstoffe aufgezehrt und die Algen wachsen nicht mehr. Da große Aggregate am schnellsten sinken, nimmt deren Konzentration stark ab, während sich die Anzahl der einzelnen Algen nur langsam vermindert.

Die Abbauprozesse in der Schicht, die im Winter durchmischt wird (WS), umfassen wenige Wochen. Sie sind im Modell durch einen exponentiellen Abfall der Partikelflüsse berücksichtigt. Für die in der Abbildung 3a dargestellte Simulation einer Algenblüte ergibt sich der in der Abbildung 3b gezeigte Partikelfluß durch die permanente Pyknokline (Exp_{WS}). Große, schnell sinkende

Aggregate erreichen diese als erste, fast zeitgleich mit dem Maximum der Algenblüten in der Deckschicht. Im weiteren Verlauf nehmen sowohl die Größe als auch die Menge der sedimentierenden Aggregate schnell ab. Kleine, langsam sinkende Partikel (weniger als 50 Zellen pro Aggregat) werden bereits in der winterdurchmischten Schicht vollständig abgebaut und erreichen die permanente Pyknokline nicht.

Sensitivitätsstudie

Um die Rolle physikalischer und biologischer Parameter in der Aggregationsdynamik während Phytoplanktonblüten zu ermitteln, wurde der Einfluß der Durchmischungstiefe der Deckschicht, des Nährstoffangebotes, der Primärproduktion, der Biomassekonzentration, sowie einiger algenspezifischer Eigenschaften wie Zellgröße, Zellklebrigkeit und der Wechsel von einzelligen zu kettenbildenden Algen untersucht. Diese Sensitivitätsanalyse ergab, daß algenspezifische Eigenschaften den mit Abstand stärksten Einfluß auf die Aggregationsdynamik und damit auf den vertikalen Partikelfluß haben. Eine Verdoppelung der Zellklebrigkeit führt beispielsweise zu einem siebenfach höheren Kohlenstofffluß. Der Wechsel von einzelligen zu kettenbildenden Algen bei sonst unveränderten Ausgangsparametern bewirkt sogar einen fast dreißigfach höheren Fluß.

Diese Ergebnisse können helfen, die Sedimentationsdaten aus Messungen mit Sinkstoffallen besser zu bewerten: Unterschiede in den Sedimentationsraten von Jahr zu Jahr könnten eher auf Veränderungen der Artenzusammensetzung im Phytoplankton als auf Variation der Gesamtprimärproduktion zurückzuführen

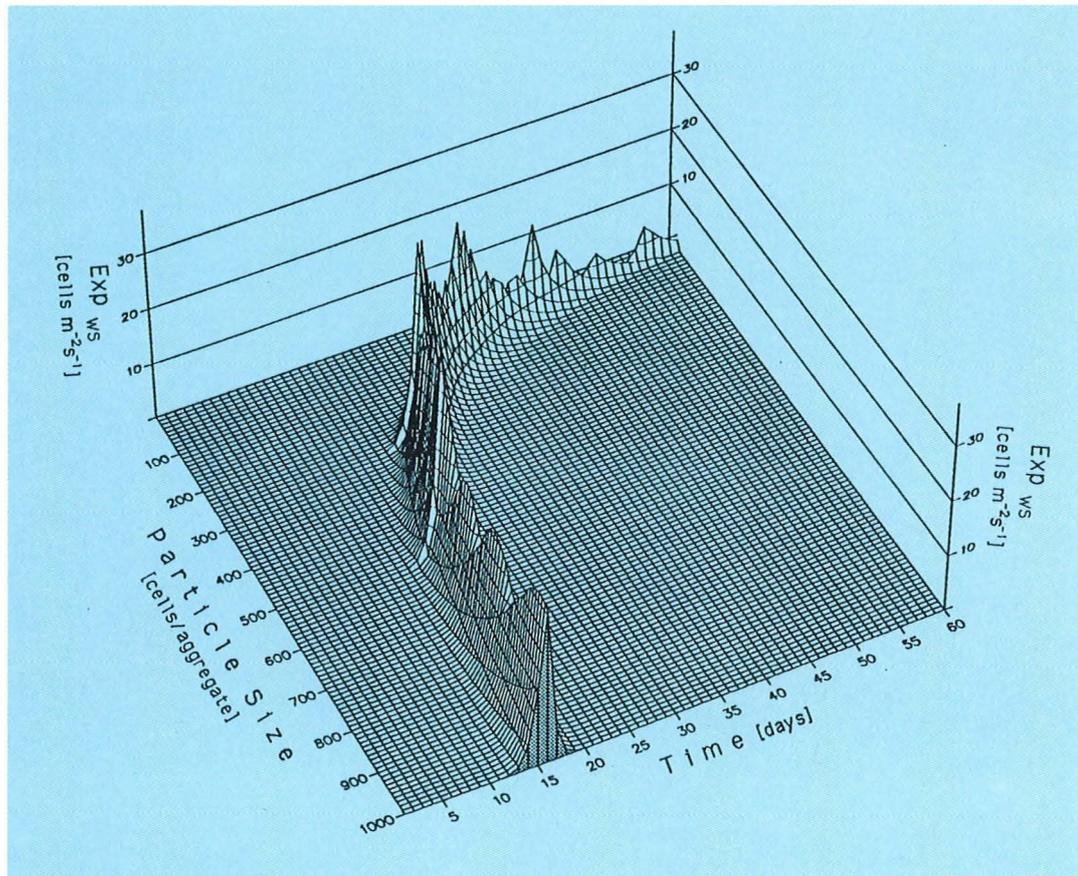


Abb. 3 b): Export aus der winterdurchmischten Schicht (Exp_{ws}) als Funktion der Aggregatgröße und der Zeit während der simulierten Phytoplanktonblüte.

sein – die Qualität der Primärproduktion zählt also mehr als ihre Quantität. Großräumige Veränderungen der Zusammensetzung des Phytoplanktons zwischen Glazial- und Interglazialzeiten könnten erhebliche Schwankungen in der Effizienz der "biologischen Pumpe" verursachen und den Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre beeinflussen.

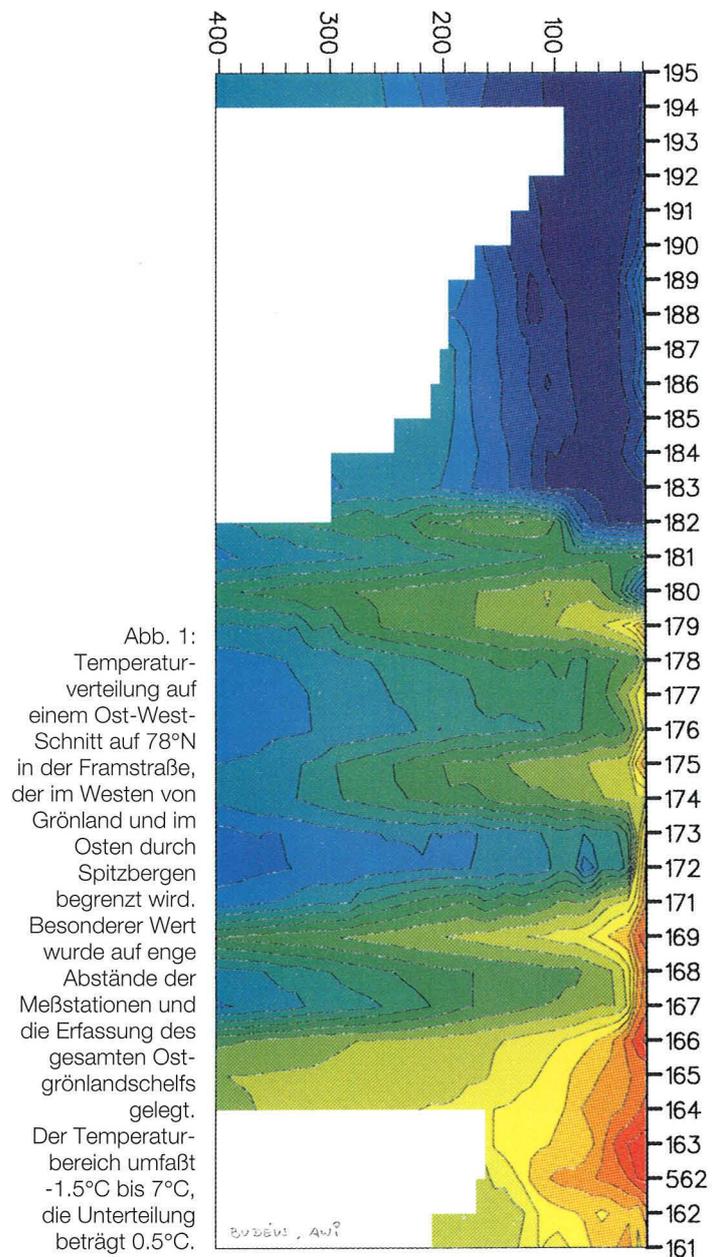
Wassertransporte durch die Framstraße

Im System der nordpolaren Meere spielt die Framstraße eine wesentliche Rolle, da durch sie der größte Teil des Massen- und Wärmeaustauschs zwischen dem arktischen Mittelmeer und dem Weltozean stattfindet. Die Austauschprozesse in den oberen Wasserschichten werden durch drei Wassermassen dominiert: warmes Atlantikwasser fließt im Westspitzbergenstrom nordwärts, kaltes Polarwasser im Ostgrönlandstrom nach Süden und rezirkulierendes mit anderen Wassermassen vermisches Wasser atlantischen Ursprungs fließt ebenfalls südwärts, vom Polarwasser durch die Polarfront getrennt. Diese drei Wassermassen sind im Temperaturschnitt auf 78°N (Abb. 1) gut zu erkennen.

Transportabschätzungen werden gewöhnlich mit Hilfe von Verankerungen gewonnen, bei denen in einigen Tiefen Strömungen und hydrographische Parameter gemessen werden. Solche Verankerungen können jedoch nur an wenigen Stellen gleichzeitig ausgelegt werden, so daß für Transportberechnungen über große Gebiete extrapoliert werden muß. Die damit verbundenen Unsicherheiten kommen dadurch zum Ausdruck, daß in der Literatur sehr unterschiedliche Wassertransportwerte zu finden sind. Berechnungen der Wassergeschwindigkeiten aus dem Dichtefeld haben den Nachteil, daß sie lediglich Angaben über die vertikalen Gradienten der Strömung rechtwinklig zum hydrographischen Schnitt liefern.

Mit einem schiffsgestützten "Acoustic Doppler Current Profiler" (das Gerät liefert vertikale Profile der Horizontalgeschwindigkeit des Wassers bis in etwa 400 Meter Tiefe) lassen sich die oben genannten Nachteile vermeiden. Im Sommer 1990 ("Polarstern"-Reise ARK 7/2) wurde das ADCP auf einem Ost-West-Schnitt auf 78° N in der Framstraße eingesetzt und lieferte einen quasi-synoptischen Strömungsschnitt. Zusammen mit Temperaturmessungen lassen sich die zugehörigen Massen- und Wärmeflüsse berechnen.

Die besonders interessante Nord-Süd-Komponente der Strömung ist in der Abbildung 2 dargestellt. Man erkennt das kräftige Stromband der Polarfront mit Maximalgeschwindigkeiten um 50 cm/s (Station 182, 183), in dem die Geschwindigkeit mit der Tiefe zwar zunächst rasch abnimmt, jedoch unterhalb von 200 Meter fast keine Vertikalscherung mehr aufweist. Auf dem eisbedeckten Schelf sind die meridionalen Strömungsgeschwindigkeiten klein, und sie wechseln sogar das Vorzeichen. Der Westspitzbergenstrom transportiert das Atlantikwasser mit bis zu 45 cm/s nordwärts, wobei die Geschwindigkeit bis in 400 Meter Tie-



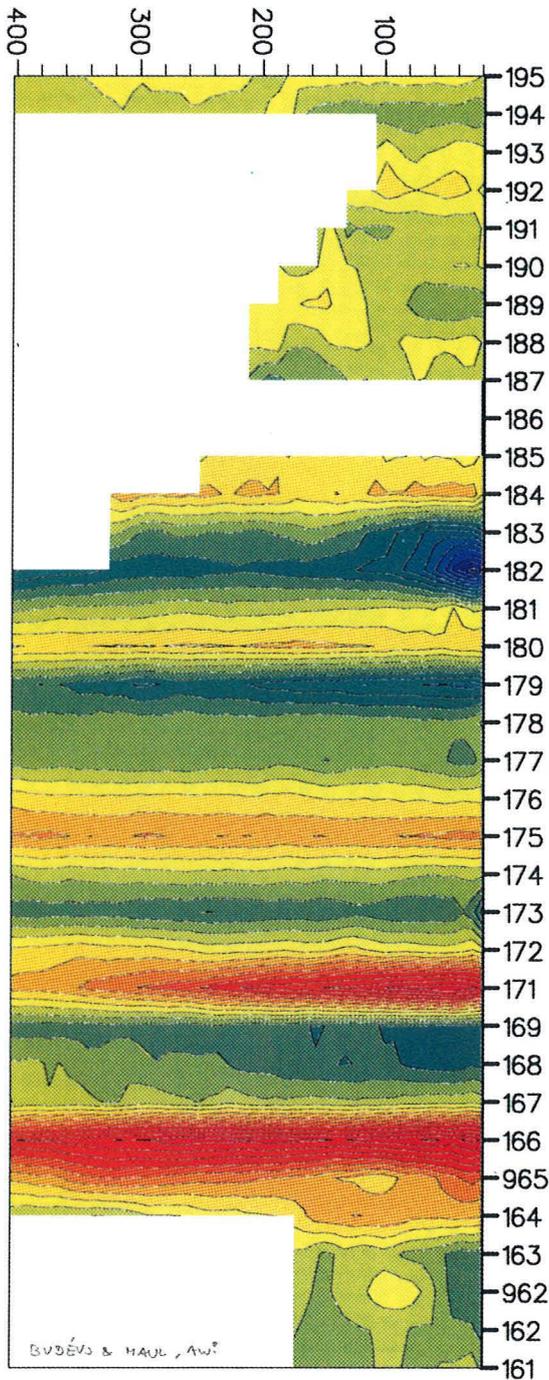


Abb. 2:
 Nord-Süd-Komponente der Wassergeschwindigkeit auf demselben Schnitt wie Abb. 1. Flächen mit Rotanteil zeigen Strömungen nach Norden, die mit Grünanteil Strömungen nach Süden. Bereich von 50 cm/s südwärts bis 45 cm/s nordwärts, Unterteilung 5 cm/s. Die fast barotropen Strukturen in der zentralen Framstraße deuten darauf hin, daß die Rezirkulation von Atlantikwasser durch westwärts wandernde Mäander dominiert wird.

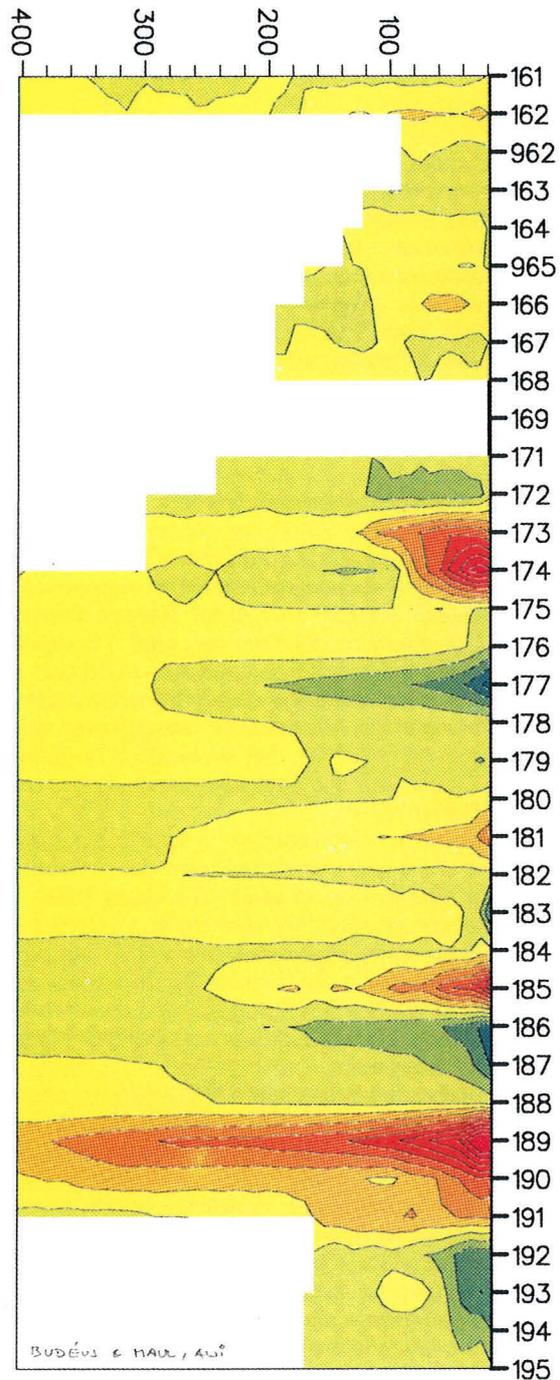


Abb. 3:
 Meridionaler Wärmetransport über 78°N nordwärts, relativ zur mittleren Temperatur auf dem Schnitt, in 10^6 W/m². Farbdarstellung mit Rotanteil für positive, mit Grünanteil für negative Werte. Bereich -7.0 bis 8.0 $\times 10^6$ W/m², Unterteilung 1×10^6 W/m². Der Wärmegegewinn des Meeres nördlich des Schnittes setzt sich aus dem Einstrom überdurchschnittlich warmen und dem Ausstrom überdurchschnittlich kalten Wassers zusammen.

Messungen des Partikeltransports in der Wassersäule

Die Transportraten von Chlorophyll und Partikeln haben eine bedeutende Rolle im Kohlenstoffkreislauf. Wichtige Informationen über die in der Wassersäule stattfindenden Prozesse liefern die zeitlichen Änderungen dieser Größen, insbesondere die Vertikalkomponente des Partikeltransports. Deswegen haben wir diese Größen aus der Vielzahl der auf See zu messenden Variablen ausgewählt.

Die Vertikalkomponente des Partikeltransports kann man nicht direkt messen, weil die Sinkgeschwindigkeit für übliche Meßgeräte zu klein ist. Der Sinkwinkel gegen die Horizontale ist im allgemeinen kleiner als 2° . Solche Winkel mit einem verankerten Meßgerät zu bestimmen, ist zur Zeit unmöglich. Die genannte Winkelabschätzung stammt aus Literaturangaben. Partikel und Organismen ohne Eigenbewegung folgen der Strömung. Der Sinkwinkel für lebendes Phytoplankton ist kaum von Null verschieden, er bleibt für totes Phytoplankton und Kotpillen bei typischen Strömungsgeschwindigkeiten unter 2° und erreicht nur bei "schweren" Foraminiferen Werte von 20° .

Um die längerfristigen Änderungen des Partikeltransports zu erfassen, haben sich Sedimentfallen bewährt. Sie können Proben speichern und ermöglichen die spätere Analyse des sedimentierten Materials. Nachteilig ist ihre geringe zeitliche Auflösung: Sie liefern Mittelwerte über ein bis vier Wochen und erfassen daher wichtige "Sedimentationsereignisse", z. B. infolge abgestorbener Planktonblüten unzureichend.

In einem neuen Ansatz gehen wir deshalb von der Stoffkonzentration aus, die mit Rückstreumeßgeräten und Fluorometern mit hoher zeitlicher Auflösung gemessen werden kann. Mithilfe gleichzeitiger Strömungsmessungen im gleichen Zeitraster (nach Richtung und Intensität) erhalten wir den horizontalen Stofftransport. Der vertikale Transport läßt sich dann unter der Vorgabe einer Sinkrate abschätzen.

Die optischen Geräte werden zusammen mit einer Sedimentfalle direkt übereinander verankert, da man die optischen Eigenschaften der Partikel in den Proben kennen muß, um die erfaßten Streusignale in Konzentrationen umzurechnen. Ziel ist die Gewinnung langer Zeitserien bei hoher Abtastrate, z. B. stündliche Werte über 13 Monate. Ein räumlich ausgedehntes Netz solcher Geräteverankerungen wird es dann gestatten, die Vertikalgeschwindigkeit zu bestimmen, insbesondere wenn "Sedimentationsereignisse" stattfinden.

Mit diesen Zielvorgaben haben wir zusammen mit einigen Firmen den Prototyp eines INFLUX-Strommessers (Integrated Flux

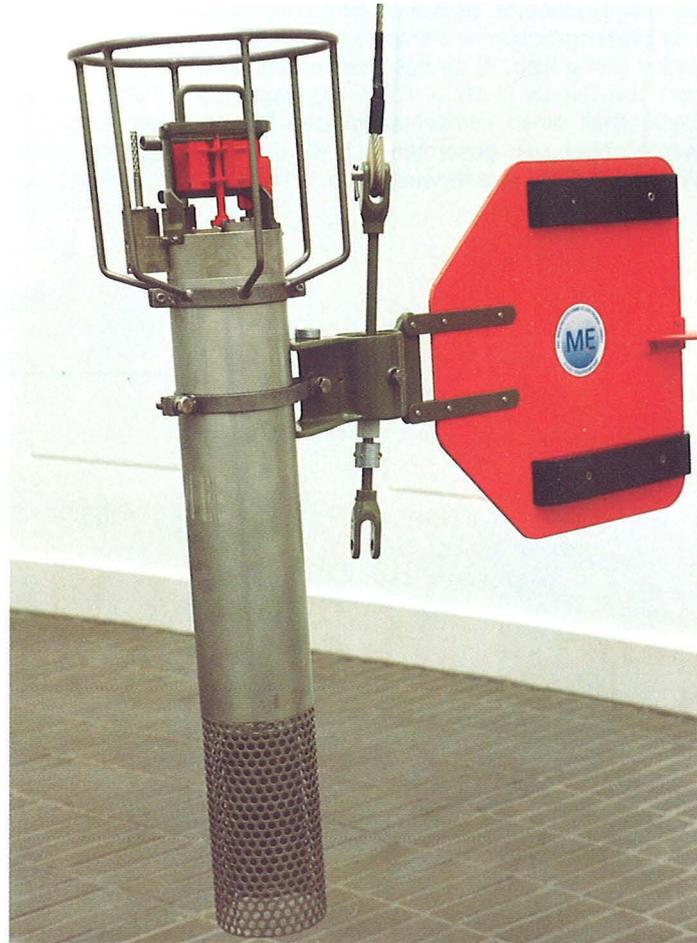


Abb. 1: INFLUX-Strommesser.

Meter) entwickelt (Abb. 1). Er gleicht äußerlich einem Aanderaa-Strommesser: Aufhängung, Stromfahne und Strömungssensor wurden als bewährte Teile übernommen. Neben den optischen Instrumenten im unteren Teil enthält das Gerät Sensoren für Temperatur, Leitfähigkeit und Druck. Die Spezifikationen sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Spezifikationen des INFLUX-Strommessers

Sensor	Bereich	Genauigkeit
Geschwindigkeit	1.5 - 200 cm/s	2 %
Richtung	0 - 360°	1.5°
Druck	0 - 400 bar	0.25 % FS
Temperatur	-5 - 35°C	0.01°C
Leitfähigkeit	0 - 65 mS/cm	0.02 mS/cm
Chlorophyll	0 - 10 mg/m ³	<0.02 mg/m ³
Rückstreuung	0 - 1 %	res. <0.001 %
Speicherkapazität	960 kB (48 000 Werte)	

Abb. 2: Spezifikationen des INFLUX-Strommessers.

	Partikel im Wasser	Schneeflocke
Sinkgeschwindigkeit	50 m/Tag	0.5 m/s
Horizontalgeschw.	8640 m/Tag (10 cm/s)	28 m/s (Bft. 10-11)
Sinkwinkel	1 °	1 °

Sinkwinkel im Vergleich Ozean - Atmosphäre.

Anzahl der Meßgrößen:	8		
	Burst		
Einsatzdauer (Monate)	Abtastintervall (Minuten)	Mittelwertbildung (Anzahl d.Werte.)	Zahl der Werte
1	10		
12	10		
16	60		

Das Gerät wurde während einer sich entwickelnden Planktonblüte im Frühjahr 1991 bei Helgoland getestet. Ein Rohdatensatz (Abb. 3) soll demonstrieren, welche Informationen gewonnen werden können: Die Registrierung der Chlorophyll-Fluoreszenz mit ihren kurzzeitigen Schwankungen zeigt bereits die Problematik einfacher Probennahme auf. Es ist für zukünftige präzisere Trendanalysen sicher notwendig, parallel zur Probengewinnung solche hochauflösenden Zeitserien über große Zeiträume zu erfassen, die gleichzeitig einen neuen Skalenbereich bei Partikelflußstudien erschließen.

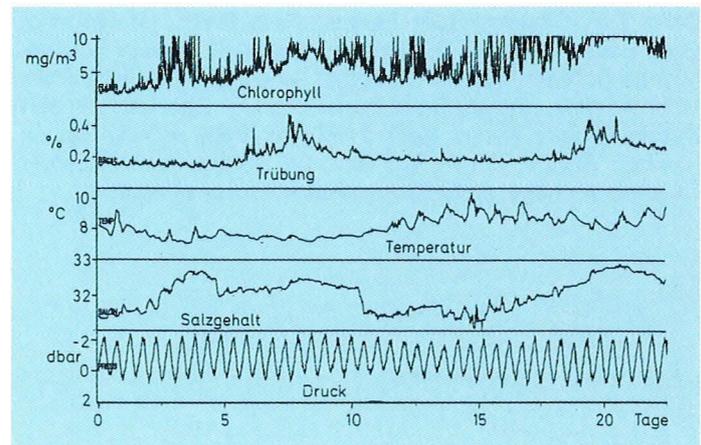


Abb. 3 Testregistrierung bei Helgoland. Da der Chlorophyll-Meßbereich auf die Verhältnisse im offenen Ozean abgestimmt ist, konnten Werte > 10 mg/m³ nicht angezeigt werden. Beginn der Registrierung: 24.06.1991, Ende: 17.05.1991. Abtastintervall: 10 min. Das Gerät war aus Sicherheitsgründen an einem Pfahl befestigt, deshalb wurde die Strömung nicht gemessen.

Die Autoren der Ausgewählten Forschungsthemen:

Andrea Abelmann, Ulrich Bathmann, Marcus Baumann, Frederico Brandini, Tatjana Bruns, Gereon Budéus, Gerhard Dieckmann, Wolfgang Ernst, K. Fahl, Eberhard Fahrbach, Sebastian Gerland, Markus Gleitz, Matthias Gorny, Victor Gouretski, W. Graf, Hannes Grobe, Sönke Großmann, Eckard Helmers, Hans-Jürgen Hirche, Hans-Wolfgang Hubberten, Philippe Huybrechts, Wilfried Jokat, Sepp Kipfstuhl, Michael Klages, Christoph Kottmeier, Gunther Krause, Gerhard Kuhn, Frank Larnus, Anne Letreguilly, Karin Lochte, Holger Mandler, Peter Marienfeld, Heinz Miller, Seungil Nam, Roland Neuber, Hans Oerter, Klaus Ohm, Dirk Olbers, Rainer Plugge, Niels Reeh, Ulf Riebesell, Gerd Rohardt, Michiel Rutgers van der Loeff, Renate Scharek, Michael Schlüter, Michael Schröder, Jens Schröter, Ulrike Seiler, Guntram Seiß, Rüdiger Stein, David Thomas, Gabi Uenzelmann-Neben, Thomas Viehoff, Heinrich Villinger, Peter von der Gathen, Manfred Wenzel, Dieter Wolf-Gladrow, Jürgen Weissenberger, Christian Wiencke, Stefan Wellershaus, Andreas Wisotzki.

6. Logistik

Die logistischen Aktivitäten konzentrierten sich im wesentlichen auf die Versorgung und Unterstützung von Land- und Schiffsexpeditionen in der Arktis und Antarktis. Diese sind im Lauf der letzten Jahre erheblich gewachsen: 15 Fahrtabschnitte des FS "Polarstern" wurden versorgt und betreut. Unabhängig von der "Polarstern" unterstützte die Logistik sieben Arktisexpeditionen des AWI sowie 32 Polarunternehmungen anderer deutscher Institutionen im Rahmen des Kooperationsabkommens mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Derartige Leistungen gehören mittlerweile zur Routine des logistischen Bereichs. Demgegenüber stellen die Planung und Entwicklung neuer Polarstationen sowie die Erprobung neuer Technologien zur Unterstützung der Arbeiten in den Polargebieten eine neue Herausforderung dar. Mitarbeiter der Logistik beteiligen sich ferner regelmäßig an nationalen und internationalen Planungsgesprächen und an der Beratung der Bundesregierung im Rahmen internationaler Absprachen und Verträge in den Polargebieten sowie den damit verbundenen Umweltschutzmaßnahmen.

6.1 Polarstationen

Das Alfred-Wegener-Institut betreibt oder baut derzeit sechs Polarstationen: fünf in der Antarktis, eine auf Spitzbergen. Die Antarktisstation "Georg-von-Neumayer" sowie die Koldewey-Station auf Spitzbergen sind Überwinterungsstationen, die als wissenschaftliche Observatorien ganzjährig betrieben werden.

6.1.1 Antarktisstation "Georg-von-Neumayer" (GvN)

Die GvN dient als Observatorium für Geophysik, Meteorologie und Luftchemie. Im Berichtszeitraum arbeiteten dort die zehnte und elfte Überwinterungsgruppe, die die Meßprogramme weiterführten. Für die zehnte Überwinterung waren erstmalig neun Frauen eingesetzt – ein Novum für die Antarktis. Die GvN diente während der vergangenen Südsommer kleineren glaziologischen Programmen auf dem Ekström Schelfeis sowie 89/90 der geowissenschaftlichen Expedition in die Kottas Berge als logistische Basis.

Nach der elften Überwinterung wird die bisherige Stationsanlage wegen der starken Verformungen der Röhren aufgegeben. Die Verformungen sind eine Folge der großen inneren Deforma-

tion des Schelfeises und nicht so sehr der mittlerweile über acht Meter dicken Schneelast. Diese konnten durch Sanierungsmaßnahmen während des Berichtszeitraumes nicht mehr ausgeglichen werden.

An der Nachfolgestation, ebenfalls auf dem Ekström Schelfeis, werden die Meßreihen der Observatorien lückenlos fortgesetzt und neue Meßprogramme (z.B. Ozon) kommen dazu. Die Anlage wird an einer Stelle geringerer Deformation des Schelfeises



Windkraftanlage bei der Georg-von-Neumayer-Station.

gebaut, so daß mit einer Lebensdauer von mehr als 11 Jahren gerechnet werden kann. Die Planung führte das AWI gemeinsam mit einem Bremerhavener Ingenieurunternehmen durch. Im Frühjahr 1991 erhielt ein Bremerhavener und Hamburger Firmenkonsortium den Bauauftrag. Die Vorfertigung der gesamten Station erfolgte bis Mitte November 1991. Für den Transport des Baumaterials (2200 t, 7000 cbm) charterte das AWI das eisverstärkte Frachtschiff "Icecrystal" einer schwedischen Reederei. Das Schiff lief am 15.11.1991 von Bremerhaven aus und erreichte Ende Dezember die Atka Bucht vor dem Ekström Schelfeis. Die Montage wurde im Südsommer 1991/92 ausgeführt. Da die Bauteile vorgefertigt wurden, konnte die 47köpfige Baumannschaft die Montage in neun Wochen abschließen.

Die neue Station ist wieder eine Röhrenkonstruktion mit zusätzlichen Laboratorien für Biologie und Chemie und Platz für insgesamt elf Überwinterer. Dadurch können auch Gastwissenschaftler mit zeitlich begrenzten Programmen an der Station über Winter arbeiten. Um die Sommerunternehmungen besser betreuen zu können, wurde außerdem der Servicebereich erweitert.

Bei der Konzipierung des Neubaus wurden die Auflagen des Umweltprotokolls zum Antarktisvertrag berücksichtigt: zu diesen gehören u.a. die Verwendung von umweltneutralen Materialien, Katalysatoren für die Dieselgeneratoren und Auffangeinrichtungen für die Öltanks. Die Nutzung von Windenergie soll in Zukunft erweitert werden.

6.1.2 Drescher-Station

Die Drescher-Station, eine kleine Sommerstation auf dem Riiser-Lansen Schelfeis, wurde 1989/90 abgebaut. Zur Weiterführung der biologischen und meteorologischen Studien an dieser tierreichen Bucht wurden sowohl 1989/90 als auch 1990/91 kleine mobile Kunststoffmodule als Wohn- und Arbeitsunterkünfte genutzt. Feldstationen dieser Art können mit Hubschrauberunterstützung in wenigen Stunden aufgebaut, eingerichtet und wieder abgebaut werden.

6.1.3 Filchner-Station

Die Filchner-Station war im Sommer 1989/90 wieder logistische Basis für die dritte Phase des Filchner Schelfeisprogrammes. Dabei wurde die Stelzenplattform um zwei Meter aufgestockt und die Station technisch überholt. 1990/91 fanden keine Arbeiten auf dem Filchner Schelfeis statt. Die vierte Phase des

glaziologischen Filchnerprogrammes (Filchner IV) ist für das Frühjahr 1992 geplant.

6.1.4 ERS/VLBI-Bodenstation

Die ERS/MLBI-Bodenstation im Norden der Antarktischen Halbinsel an der chilenischen Station O'Higgins wurde im Berichtszeitraum fertiggestellt; sie hat Ende 1991 ihre Arbeit aufgenommen. Der Bau der Anlage ist ein Gemeinschaftsprojekt



Die ERS-1 Empfangsstation bei der chilenischen Antarktisstation O'Higgins.

von AWI, DLR und IFAG. Der Betrieb erfolgt in Kooperation mit dem chilenischen Antarktisinstitut (INACH). Mit der Bauausführung und den Transport des Baumaterials waren Industrieunternehmen beauftragt, ferner wurde das Unternehmen von Chile logistisch unterstützt. Die Station dient dem Empfang von SAR (Synthetic Aperture Radar) Daten des europäischen Satelliten ERS-1 und ähnlicher Nachfolgesatelliten zum Studium der Dynamik des Packeises im Weddellmeer und der angrenzenden Schelf- und Inlandeise. Sie ist ferner mit einer VLBI (Very Long Baseline Interferometry) Einrichtung ausgerüstet, um die Kontinentaldrift und Meeresspiegelschwankungen zu vermessen. Die Station wird nur während etwa zweimonatiger Meßphasen betrieben. Sie wurde an eine chilenische Überwinterungsstation angelehnt, um an deren Infrastruktur zu partizipieren. Dies reduziert nicht nur die Kosten, sondern auch die Umweltbelastung, die eine autarke Station verursachen würde.

6.1.5 Jubany

Um dem Bedarf der Biologen und Geowissenschaftler nach Forschungsarbeiten in eisfreien Gebieten gerecht zu werden, ist eine Annexstation zur argentinischen Station Jubany auf King George Island vorgesehen. Wie bei der ERS/VLBI Station wird auch hier mit einer existierenden Überwinterungsstation kooperiert. Mit dem Bau wurde 1991 begonnen, seine Fertigstellung ist Anfang 1993 zu erwarten. Die Station wird zwei Laboratorien, Infrastrukturräume sowie Quartiere für zwölf Personen umfassen. Dazu kommen Taucheinrichtungen, ein Aquariencontainer sowie ein kleines Boot für küstennahe Untersuchungen und Probenahmen. Arbeiten sind nur während des antarktischen Sommers vorgesehen. Die Nutzung wird vom Instituto Antartico Argentino, Buenos Aires, und dem AWI gemeinsam koordiniert. Die logistische Zusammenarbeit sieht vor, daß Argentinien Betrieb und Transport sicherstellt, während das AWI für die gesamte Hardware sorgt. Die Station soll auch deutsche Programme unterstützen, die bisher in Kooperation mit anderen Nationen an deren Einrichtungen durchgeführt wurden, was sich wegen der logistischen Randbedingungen wiederholt recht schwierig gestaltete.

6.1.6 Georg-Forster-Station

Die Georg-Forster-Station, die Überwinterungsstation der ehemaligen DDR in der Schirmacher Oase, wird seit der Wiedervereinigung durch das AWI betreut. 1990 fand dort die letzte DDR-Überwinterung statt; für die Rückreise der Überwinterer

Anfang 1991 sorgte bereits das AWI. Die Zukunft der Station ist noch ungewiß. Wichtige Langzeitmessungen werden an der Neumayer Station fortgesetzt. Die seismischen Registrierungen sollen in Kooperation mit den Stationen anderer Nationen in der Schirmacher Oase weitergeführt werden. Die Überwinterung von vier Wissenschaftlern 1991 betreuten das AWI und das Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam gemeinsam. Ein geowissenschaftliches Sommerprogramm, an dem sich 1991/92 14 Wissenschaftler und Techniker beteiligten und bei dem die Georg-Forster-Station genutzt wurde, wurde in Kooperation mit dem russischen Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, durchgeführt.

6.1.7 Koldewey-Station in der Arktis

Die Koldewey-Station auf Spitzbergen in der norwegischen Siedlung Ny Ålesund, dient als Observatorium für Geophysik, Biologie und Atmosphärische Wissenschaften. Sie wurde am 10. August 1991 von den Direktoren des AWI und Norsk Polarinstitut und dem Parlamentarischen Staatssekretär im BMFT, Herrn B. Neumann, offiziell eröffnet. Sie besteht aus dem "Blauen Haus", in dem Unterkünfte, Laboratorien und Lager eingerichtet sind sowie einem geophysikalischen und chemischen Laboratorium, die in anderen Gebäuden untergebracht sind. Die Station bietet Platz für maximal acht Personen. Sie besitzt eine Fahrzeuggarage, Fahrzeuge und ein kleines Boot. Die Gebäude und der Laborplatz wurden von der King Bay Kull Company angemietet und 1990 bzw. 1991 umgebaut. Die logistischen Dienst-



Die Koldewey-Station in Ny Ålesund.

leistungen übernimmt ebenfalls die Kull Company, die für die kleine Siedlung verantwortlich ist, so daß auf weitere eigene Einrichtungen verzichtet werden konnte. Der Transport von und zur Station erfolgt im wesentlichen mit kommerziellen Flug- und Schiffslinien.

Für die atmosphärischen Wissenschaften (Meteorologie, Luftchemie, Ozon, etc.) wurde der ganzjährige Betrieb 1990 aufgenommen. Die weiteren Programme befinden sich noch im Aufbau.

Die Anlage steht auch anderen Forschergruppen, wie 1991 denen der Universitäten Bremen, Leipzig oder Heidelberg für Forschungsprogramme zur Verfügung. Im Sommer 1991 haben Wissenschaftler des AWI biochemische und Spurenstoff-Untersuchungen in der Region um Ny Alesund ausgeführt und dafür das biologische Laboratorium des Norsk Polarinstitut in Ny Ålesund mitbenutzt. Diese Zusammenarbeit soll auch in Zukunft weitergeführt werden.

6.2 FS "Polarstern" und FK "Victor Hensen"

6.2.1 FS "Polarstern"

1990 und 1991 hat FS "Polarstern" neun Fahrtabschnitte in der Antarktis und sechs in der Arktis absolviert. In diese Zeit fallen 22 Hafentage zum Bunkern und Umschlag von Expeditionsgütern und zum Personalaustausch. Vier Werftaufenthalte in Bremerhaven zur Reparatur, Umrüstung, Ver- und Entsorgung nahmen insgesamt 80 Tage in Anspruch. So war "Polarstern" in den beiden Jahren an 628 Tagen auf See.

Der Berichtszeitraum beginnt mit der Reise ANT VIII/5, bei der die Neumayer Station versorgt und die Überwinterungsmannschaft ausgetauscht wurde. Ferner wurden Landuntersuchungen in den Kottasbergen, auf dem Filchner Schelfeis sowie an der Drescher-Station unterstützt. Während der Wertzeit im Mai in Bremerhaven wurden Wartungs- und Reparaturarbeiten am Schiff ausgeführt, sowie die Ausrüstung für die kommenden Arktisfahrten vorgenommen.

Im September/Oktober 1990 wurde neben routinemäßigen Reparatur- und Wartungsarbeiten ein neuer wissenschaftlicher Bordrechner eingebaut und in Betrieb genommen.

Die Versorgung der Neumayer-Station und der Austausch der Überwinterer fand während des Fahrtabschnitts ANT IX/3 statt. Die Arbeiten waren durch schwere Herbststürme behindert, so daß Schäden am Außenschiff nicht zu vermeiden waren.

Erstmalig wurde auf diesem Abschnitt die Leningrad Bucht angelaufen, um die zehn Überwinterer der Georg-Forster-Station

aufzunehmen und die Station bei ihrer Ver- und Entsorgung zu unterstützen.

Die Wertzeit in Bremerhaven nach Rückkehr aus der Antarktis am 13.05.1991 diente hauptsächlich technischen und logistischen Routinearbeiten. Es folgte eine lange Arktisreise mit Überquerung des Nordpols.

Während der anschließenden Wertzeit vom 15.10. bis 13.11.1991 in Bremerhaven wurden umfangreiche Reparaturen sowie die Klassearbeiten ausgeführt, wozu das Schiff eingedockt werden mußte. Im wissenschaftlichen Bereich sind zu erwähnen: der Ausbau der Sea Beam-Anlage und des Panorama-Lotes sowie der Einbau eines LIDAR-Systems, eines zweiten Themosalinographen, einer GPS-Workstation und einer NOAA-HRPT Empfangsanlage. Der Brunnenschacht wurde überholt und neue Verkabelungen vorgenommen.

Mitte November 1991 verließ "Polarstern". Bremerhaven mit Kurs auf Puerto Madryn und die Antarktische Halbinsel. Neben dem wissenschaftlichen Programm auf See wurden Landunternehmungen an der polnischen Station Arctowski, der argentinischen Station Jubany und der ERS/VLBI Station bei O'Higgins unterstützt.

6.2.2 FK "Victor Hensen"

Nach der Winterauftriegszeit vom 09.11.89 bis 20.02.1990 wurden mit FK "Victor Hensen" bis zum 31.07.1990 insgesamt 26 Fahrten in der Deutschen Bucht durchgeführt, wobei das Schiff 81 Tage im Einsatz war. Sechs dieser Fahrten fanden mit internationaler Beteiligung statt; sie dienten Langzeituntersuchungen des Nordseebenthos sowie dem Sammeln von Pro-



FK "Viktor Hensen".

benmaterial für einen ICES/IOC Workshop. Auch wurden wieder Praktikumsfahrten und Exkursionen für die Universitäten Bremen und Oldenburg durchgeführt.

Im August 1990 wurde das Schiff für einen Einsatz in Brasilien mit einer neuen Wasseraufbereitungsanlage, einer Satelliten-Navigations- und Kommunikationsanlage sowie einer neuen Klimaanlage ausgerüstet. Von September 1990 bis März 1991 führte "Victor Hensen" in einer deutsch-brasilianischen Kooperation auf acht Fahrtabschnitten entlang der Küste Brasiliens biologische, ozeanographische und sedimentologische Untersuchungen durch. Nach der Rückkehr am 03.04.1991 mußten die Aquarientanks überholt werden; steuerbordseitig achtern wurde ein Schleppbaum für Planktonfänge eingebaut.

Ab Mai 1991 nahm das Schiff seine Arbeiten in der Deutschen Bucht wieder auf, wobei das internationale Fischereiforschungsprogramm "Eurosarp" einen Schwerpunkt bildete. Bis zum Beginn der Winterauftriebszeit am 16.12.1991 war "Victor Hensen" während insgesamt 98 Tage zu Forschungsfahrten auf See.

6.3 Polarflugzeuge und Hubschrauber

Die Polarflugzeuge wurden während des Berichtszeitraums in der Antarktis, der Arktis und in Europa eingesetzt.

Im Südsommer 1989/90 flogen beide Maschinen Meßflüge für Geophysik und Meteorologie und logistische Unterstützung auf dem Filchner Schelfeis (Filchner III). Während dieser Kampagne waren zwei Krankentransportflüge nötig: ein verletzter deutscher Wissenschaftler wurde aus den Kottasbergen zurückgeholt und ein auf "Polarstern" operierender indischer Kollege wurde zur Südpolstation gebracht und von dort mit amerikanischer Unterstützung zur Nachbehandlung ausgeflogen. Nach Rückkehr aus der Antarktis und der üblichen Wartung führten beide Flugzeuge im Mai 1990 ein geophysikalisches Projekt im Bodenseegebiet durch. Im nachfolgenden geophysikalischen Flugmeßprogramm, das im wesentlichen die Universität Münster trug, wurden beide Maschinen bis Ende Juli 1991 in Grönland eingesetzt.

Vergleichsflüge der "Polar 4" mit der "Falcon" der DLR sowie Überflüge einer Bodenstation im September 1991 dienten der Zuverlässigkeitsprüfung meteorologischer Daten von verschiedenen Plattformen.

Am 10. Oktober 1990 flogen beide Maschinen im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes zwischen dem AWI und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in die Antarktis zum Ross-Schelfeis und nach Südviktorialand. Die Überquerung des antarktischen Kontinents war mit langen Wartezeiten infolge schlechten Wetters verbunden. Hier zeigte sich deutlich, daß sol-

che kontinentalen Überführungen an die Leistungsgrenze der Flugzeuge stoßen.

Am 15.01.1991 erlitt "Polar 4" bei einer Landung schwere Beschädigungen, ohne daß Menschen verletzt wurden. Die Maschine wurde vor Ort zerlegt und mit dem gecharterten Expeditionsschiff "Polar Queen" nach Bremerhaven zurückgebracht. "Polar 2" flog über den antarktischen Kontinent und Südamerika zurück nach Deutschland. "Polar 4" kann erst 1992 repariert werden.

1991 wurde die Einsatzmöglichkeit der "Polar 2" für meteorologische Meßflüge mit dem Einbau einer Fallsondenanlage, einer neuen Navigationsanlage (GPS), eines Strahlungsthermometers (KT4) und einer Linescan-Kamera wesentlich erweitert. Ihre Reichweite wurde durch die Umrüstung mit dem Flügel der "Polar 4" (eingebaute Tanks) erhöht. Im Mai/Juni flog die Maschine in Zentralgrönland geophysikalische Meßeinsätze und im Oktober/November 1991 führte sie atmosphärische Grenzschicht- und Meereisuntersuchungen von Spitzbergen aus durch.

Auf nahezu allen Fahrten der "Polarstern" haben sich die Hubschrauber vom Typ BO 105 für die Meereis erkundung, für Transportaufgaben sowie zur Unterstützung wissenschaftlicher Meßtrupps auf dem Eis als unentbehrlich erwiesen. Als Besonderheit während des Berichtszeitraums ist eine Rettungsaktion zu erwähnen, bei der im Februar 1991 die Mannschaft eines havarierten südafrikanischen Hubschraubers aus dem Hochgebirge Neuschwabenlandes zurückgeholt wurde. Dabei wurde einer der "Polarstern"-Hubschrauber flugunfähig, der später von südafrikanischen Technikern repariert und wieder an Bord gebracht wurde.

Die Bereederung der AWI-eigenen Polarflugzeuge wechselte im Flugbetrieb von Hapag-Lloyd Flug zur DLR. Die Hubschrauber wurden wie in den Vorjahren von der Firma Wasserthal gechartert.

6.4 Ingenieurprojekte

Der Transport von Treibstoffen in die Antarktis ist teuer und die Nutzung fossiler Energie belastet das empfindliche antarktische Ökosystem. Darum wurden immer wieder Versuche unternommen, Windenergie für den Stationsbetrieb zu nutzen, da in weiten Teilen der Antarktis hohe Durchschnittswindgeschwindigkeiten angetroffen werden.

In den Vorjahren waren kleinere Anlagen mit Nennleistungen von einem Kilowatt für den Betrieb automatischer Meßstationen und kleinerer Feldstationen entwickelt worden. Schließlich konnte 1991 der Bau eines 20-kW-Windgenerators durchgeführt wer-

den, der Strom in die zentrale Energieversorgung der Neumayer-Station einspeist und beträchtlich zur Reduzierung des Dieselverbrauchs und zur Minderung der Gasemission beiträgt. Diese Anlage mit einer vertikalen Rotorachse entwickelte das AWI in Kooperation mit der Firma "Heidelberg-Motor" in Starnberg, der Hochschule Bremerhaven und dem Germanischen Lloyd, Hamburg. Sie läuft seit ihrer Installierung problemlos und hat alle Winterstürme ohne Schäden überstanden. Soweit bekannt, ist sie die erste Anlage dieser Größe in der Antarktis, die zur Energieversorgung einer Überwinterungsstation beiträgt. Es ist geplant, dieses Energieverbundsystem in den kommenden Jahren auszubauen.

Für das glaziologische Forschungsprogramm wurde ein elektromechanischer Eiskernbohrer gebaut, der 1991/92 im Filchner-Schelfeisprogramm eingesetzt wird. Er ist auf eine Bohrtiefe von 400 Meter ausgelegt und hat im Vergleich zu früheren Systemen einen erheblich größeren Bohrkerndurchmesser (ca. zehn Zentimetern).

Außerdem wurde 1991 ein Heißwasserbohrer entwickelt, der auf eine Bohrtiefe von 550 Meter mit einem Bohrlochdurchmesser von ca. 16 Zentimeter ausgelegt ist. Im Vergleich zu Kernbohrern können Heißwasserbohrer schnell tiefe Löcher bohren, in denen man glaziologische Daten gewinnen kann. Gegenüber bisherigen Systemen hat dieser Bohrer einen zugkontrollierten Vorschub, um den Schmelzprozeß und den Vorschub der Schmelzlanze zu optimieren. Eine automatische Umsteuerung der Heißwasserströmung an der Lanzenspitze, die vom Zug abhängig ist, soll das Einfrieren des Bohrers verhindern. Auch dieses Gerät wird 1991/92 auf dem Filchner-Eisschelf erprobt.

Um Ölunfälle bei der Stationsversorgung zu bekämpfen, wurde für die Schnittstelle See-Land gemeinsam mit Hapag-Lloyd Transport und Service eine mobile, containerisierte Ölunfallbekämpfungsanlage entwickelt, die ab 1992 auf "Polarstern" verfügbar sein wird. Die Anlage umfaßt u. a. Eindämmungs- und

Absorptionsvorrichtungen sowie eine Absaugeinheit (Skimmer) mit Auffangwannen. Zusammen mit dem Absauger wird eine ungiftige Polymersubstanz in geringen Konzentrationen auf das Öl aufgesprüht, die ein schnelles Auseinanderfließen verhindert und die Absaugung optimiert.

6.5 Allgemeine Logistik

Mit den neun Antarktis- und sechs Arktisexpeditionen waren jeweils Ein- und Umrüstungen auf "Polarstern" verbunden. Ferner mußte Expeditionsgut von und zu den Umschlaghäfen in Argentinien, Chile, Südafrika und Nordeuropa verfrachtet und der Personalaustausch organisiert werden. Sieben große Landexpeditionen wurden technisch-logistisch ausgestattet und zum großen Teil auch personell in den Einsatzgebieten unterstützt. Alle Expeditionsteilnehmer wurden mit den speziellen polaren Ausrüstungen ausgestattet und auf ihre Einsätze vorbereitet.

Die Überwinterer werden regelmäßig durch Kurse auf ihre Aufgaben vorbereitet und während der Überwinterung betreut. Die Stationen galt es, mit Geräten und Fahrzeugen zu versorgen, deren Betrieb und Sicherheit durch Wartungsarbeiten im Hafenerlager sichergestellt wird. Dort werden auch mobile Feldstationen, Schlitten, Container, Generatoren, Kommunikationsgeräte und andere Expeditionsausrüstungen für Landunternehmungen bereitgehalten. Besonders zu erwähnen ist die Pflege von mehr als hundert Containern unterschiedlicher Spezifikation, die für den Materialtransport oder als mobile Laboratorien eingesetzt werden.

Neue logistische Anforderungen ergeben sich aus dem Umweltprotokoll des Antarktisvertrages. Danach müssen alle Güter, die in die Antarktis verfrachtet werden, auf ihre Umweltverträglichkeit überprüft und später vollständig entsorgt werden. Für diese Aufgaben wurde 1991 ein "Waste Management Officer" gemäß der Forderung des Protokolls eingesetzt.

7. Zentrale Einrichtungen

7.1 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

7.1.1 Medienarbeit

Das AWI hat die Medien 1990 und 1991 durch 24 bzw. 33 Pressemitteilungen über seine Arbeit und besondere Ereignisse unterrichtet. Die Kontakte zu Presse-, Funk- und Fernsehredaktionen wurden ständig gepflegt und im überregionalen Bereich ausgebaut.

„Polarstern“-Reisen werden der Öffentlichkeit vorrangig bekannt gemacht. Dazu dienen Pressemitteilungen und Pressekonferenzen. An letzteren haben wiederholt auch Vertreter des BMFT und des bremischen Senats teilgenommen.

So wurde u.a. die Arktisreise mit der Überquerung des Nordpols am 15. Oktober 1991 auf einer Pressekonferenz in Bremerhaven der Presse erläutert.

Zur Feier des zehnjährigen Bestehens des AWI wurde die Arbeit des Instituts von der Presse, dem Rundfunk und dem Fernsehen vorgestellt und gewürdigt.

Besondere Ereignisse wie der Betrieb einer automatischen Station in der Antarktis, das 10-jährige Bestehen der Georg-von-Neumayer-Station, das Überwintern der Frauengruppe wurde von den Medien ausführlich reflektiert.

Zu nennen sind weiter die Inbetriebnahme der deutschen Empfangsstation für Daten des ERS-1-Satelliten in der Antarktis und die Eröffnung der Carl-Koldewey-Station auf Spitzbergen durch den Parlamentarischen Staatssekretär im Bundesforschungsministerium, Herrn Bernd Neumann.

Großes Interesse der Medien fand die Berichterstattung über die SCAR-Konferenz „Antarctic Science – Global Concerns“. Eine der Pressekonferenzen am 26. September fand im Beisein des Bundesministers für Forschung und Technologie, Dr. H. Riesenhuber, statt.

Die örtliche Presse in Bremerhaven und Bremen wird regelmäßig auf die Vorträge der Reihe „das AWI stellt sich vor“ hingewiesen, innerhalb derer Wissenschaftler des Instituts in allgemein verständlichen Vorträgen über ihre Arbeit berichten.

7.1.2 Führungen und Besichtigungen

Das Gebäude am Alten Hafen haben in den vergangenen beiden Jahren von ca. 1600 Besuchern besichtigt. Dabei handelte es sich überwiegend um Gruppen aus Schulen, Fachschulen,

Volkshochschulen, Universitäten, Vereinen und Verbänden. Diese Führungen machen einen erheblichen Teil der Öffentlichkeitsarbeit aus. Durchschnittlich einmal wöchentlich werden Gruppen von 15 bis 20 Personen durch das Haus geführt und vor Ort über die wissenschaftliche Arbeit informiert. Über eine Videoaufzeichnung wird zusätzlich ein Bild der Arbeit auf der „Polarstern“ und an der „Georg-von-Neumayer-Station“ vermittelt.

Am Sonntag, den 26. Mai 1991 wurde ein Tag der offenen Tür auf der „Polarstern“ veranstaltet, den fast 4000 Besucher nutzten, um das Schiff zu besichtigen.

7.1.3 Ausstellungen

Im Januar und Februar 1990 wurde die Ausstellung „Polarforschung gestern und heute“, die das AWI in Zusammenarbeit mit dem Pfalzmuseum, Bad Dürkheim, erstellt hat, in der Stadtparkasse Oberhausen gezeigt. Die aus diesem Anlaß aktualisierten Schautafeln zur heutigen Polarforschung wurden seitdem vielseitig eingesetzt, wie z.B. auf der BremTec Messe im Juni 1990 und auf dem Basar Maritim der Bremerhavener Festwoche im Juli 1990.

Ein besonderes Ereignis war eine Kunstausstellung in den Institutsräumen im Juni und Juli 1990. Unter dem Titel „Antarktis – Künstlerische Abstraktionen“ stellten Prof. Reimer Jochims (Frankfurt) und Frau Lee Kozlik (Lübeck) Bilder und Objekte aus, die ihre Eindrücke während der Antarktis-Inspektionsreise der „Polarstern“ im Dezember 1989 widerspiegeln. Weiter zeigte Prof. Ulrich Mack Fotografien, die er im Juli 1989 auf einer kurzen Arktisreise der „Polarstern“ gemacht hatte. Gäste dieser Fahrt waren Altbundeskanzler Helmut Schmidt und seine Gattin, beide nahmen auch an der Ausstellungseröffnung am 31. Mai 1990 teil.

Im Sommer 1990 wurde die Feier anlässlich des zehnjährigen Bestehens des AWI vorbereitet, die am 28. September 1990 stattfand. Am 26. September wurde die AGF-Ausstellung zu Global Change in der Städtischen Sparkasse in Bremerhaven eröffnet, die bis zum 28.10.1990 zu besichtigen war.

Auf der BremTec Messe vom 19. bis zum 22. Juni 1991 wurde ein Schema unseres Rechnernetzes, Modelle der neuen Neumayer-Station und einer Windkraftanlage ausgestellt.

Auf der „geotechnica“ vom 18. bis zum 21. September 1991 in Köln war das AWI an mehreren Ständen vertreten: die Alfred-Wegener-Stiftung zeigte Fotos, Bücher, Landkarten, Dokumen-

te und Exponate aus dem Wegener Archiv des AWI. Die Deutsche Gesellschaft für Polarforschung und die Deutsche Geologische Gesellschaft präsentierten verschiedene Schautafeln zur wissenschaftlichen Arbeit des AWI und Modelle der Polarstern, der Georg- von-Neumayer-Station und einer ozeanographischen Verankerung.

Vom 5. Oktober bis 15. Dezember 1991 fand in den Naturwissenschaftlichen Sammlungen Berlin eine Antarktisausstellung "Lebensraum Antarktis" statt, an der wir uns mit einer Posterpräsentation beteiligten.

Anlässlich der 16. Konsultativtagung der Antarktisvertragsstaaten 1991 in Bonn veranstaltete das Auswärtige Amt vom 10. bis zum 23. Oktober in Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut und dem Museum Alexander Koenig in Bonn eine Ausstellung "30 Jahre Forschung unter dem Antarktisvertrag".

7.2 Bibliothek

Die Institutsbibliothek umfaßte Ende 1991 83 200 bibliographische Einheiten (Bücher Zeitschriften, Sonderdrucke, Karten).

	Zugänge 1990	Zugänge 1991	Gesamt
Bücher	919	785	1704
Zeitschriften	1488	1005	2493
Karten	63	252	315

Die Zahl der laufend geführten Zeitschriften und Serien ist bis Ende 1991 auf 1026 angewachsen. Davon werden 170 durch Kauf, 856 durch Tausch oder als Geschenk bezogen.

Die elektronische Titelerfassung wurde im Berichtszeitraum fortgeführt. Mit Hilfe einer ABM-Halbtagskraft wurden von Juni 1989 bis Mai 1991 auch die Altbestände an Monographien des IfM und des AWI maschinenlesbar aufgenommen.

Die Bibliothek leistet den Wissenschaftlern des Instituts Hilfe mit eigenen Literatuerfassungssystemen. Es gibt im AWI zwei Programme: "Procite" für Apple MacIntosh und "Personal Librarian" für IBM. Zur Herstellung eigener Datenbanken können CD-Rom und Online-Recherchen nach der Umformatierung in "Procite" und "Personal Librarian" eingelesen werden.

Im Leihverkehr wurden 3616 Literaturanforderungen bedient: 533 Bücher und 2821 Kopien., 7% der Wünsche konnten nicht erfüllt werden.

Drei Bibliothekspraktikanten haben im Berichtszeitraum ihr Praktikum absolviert.

Der Verband deutscher meereskundlicher Bibliotheken tagte viermal im Berichtszeitraum: im März 1990 im Deutschen Hydro-

graphischen Institut in Hamburg, im Oktober 1990 im Geomar in Kiel, im Mai 1991 im Institut für Meereskunde in Warnemünde und im Oktober 1991 im Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Die AWI-Bibliothekare haben an diesen Sitzungen teilgenommen.

7.3 Rechenzentrum

Das AWI-Rechnerkonzept wurde vom Rechenzentrum und der DV-Kommission fortgeschrieben und den technischen Entwicklungen sowie dem sich wandelnden wissenschaftlichen Anforderungsprofil angepaßt. Das Konzept umfaßt den informationstechnischen Rahmen, in dem sich die Datenverarbeitung am AWI bewegt und enthält eine mittelfristige Planung der notwendigen, zukünftigen DV-Investitionen in den Jahren 1992-1995.

7.3.1 AWI Rechnernetz

Die verstärkte Ausstattung der Wissenschaftler mit einfachen Rechnern und Arbeitsplatzrechnern hatte zur Folge, daß die zentralen Systeme teilweise zu schwach wurden, um die notwendigen Dienstleistungen zu erbringen (Dienste als File-Server, Backup Server, Print-Server, Peripherie-Server, etc.). Daher hat das Rechenzentrum, den Vorgaben der DV-Kommission und dem oben erwähnten DV-Konzept entsprechend, folgende Erweiterungen des AWI-Rechnernetzes installiert und die Arbeiten zur betrieblichen Integration dieser Systeme ins AWI-Rechnernetz abgeschlossen (Abb. 1):

- Ablösung der älteren VAX VMS-Systeme (Beschaffungen der Jahre 84-86) durch ein Doppelsystem VAX VMS 4000/300 mit 2,5 GB Plattenplatz (Standort Geb. D).
- Aufrüstung der VAX 6000/320 des zentralen VAX Clusters (Standort Geb. A) auf eine Zweiprozessor-VAX 6000/520 VP mit Vektorprozessoren. Diese Leistungserweiterung kam auch allen Nutzern der zentralen AWI-Datenbanken zugute.
- Erweiterung der Alliant FX/80 um ein System FX/2800 mit 8 Prozessoren, 128 MB Hauptspeicher und 4 GB Plattenplatz. Dieses System dient zur Erweiterung der Rechenleistung bei der Modellierung (Physik, Geophysik).
- Installation eines Workstation-Clusters (SUN) für die Fernerkundung (Physik, Meeresis) und Modellierung (Physik II) sowie für Anwendungsentwicklung im Rechenzentrum (Projekt Digitale Bildverarbeitung, schnelle Visualisierung,

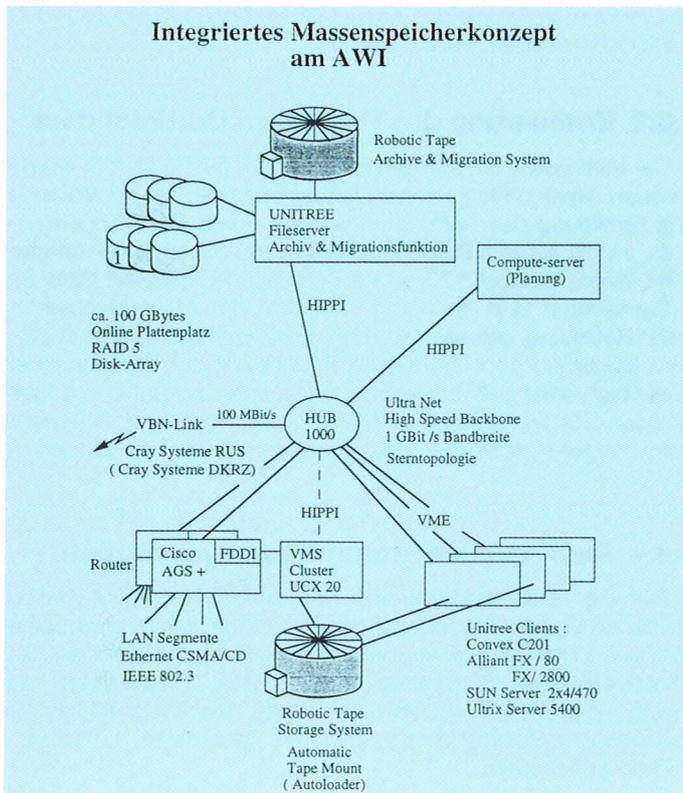


Abb. 1: Integriertes Massenspeicherkonzept am AWI.

Datenbankprojekt und verteiltes Modellieren). Ein weiterer Workstation-Cluster wurde für die Geophysik im Gebäude D installiert und in das AWI-Rechnernetz integriert.

Ferner wurden Systemarbeiten zur verstärkten Integration der Unix-Rechnersysteme in das AWI-Rechnernetz durchgeführt, um u.a. die reibungslose Anbindung des AWI-Rechnernetzes an die Rechner des Deutschen Klimarechenzentrums zu sichern.

7.3.2 Neues Massenspeicherkonzept

Das Rechenzentrum hat ein integrales Massenspeicherkonzept erarbeitet, das der Verfügbarkeit von Daten im on-line Zugriff (wissenschaftliche Daten von Expeditionen, Datenbanken des AWI-RZ, Modellierungsdaten) und der Archivierung dient. Die erste Stufe dieses Konzepts zeigt Abbildung 2.

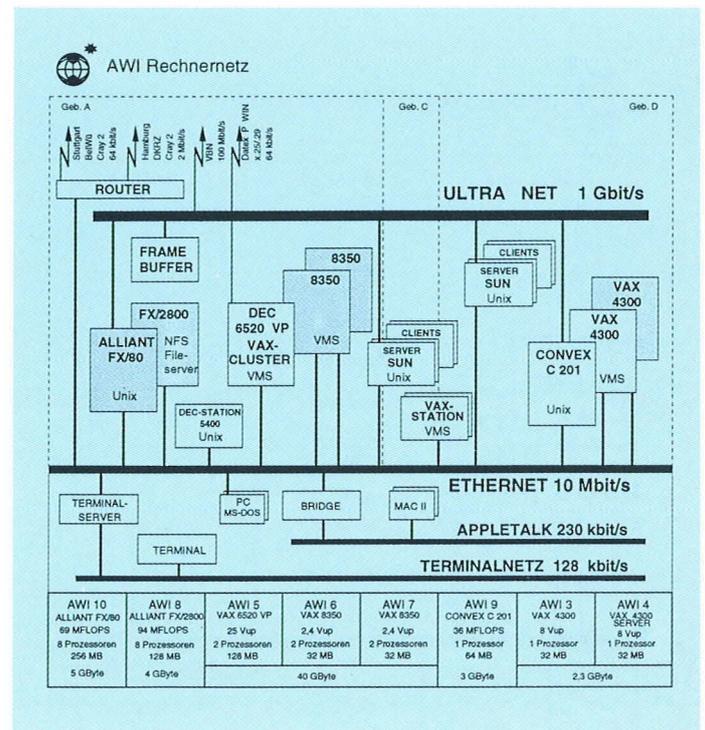


Abb. 2: AWI Rechnernetz.

Der Übergang zu 3480 Kassetten-Bandsystemen auf dem Bord-Convex-System der "Polarstern" wurde als Grundvoraussetzung realisiert, um die umfangreichen Seismik-Datensätze der Geophysik auf das zentrale automatische Bandkassetten-Silo (6000 Kassetten à 200 MB) übertragen zu können.

Das integrierte Massenspeicherkonzept enthält folgende Verbesserungen:

1. VAX VMS (VAX Cluster)

Mit dem automatischen Silobetrieb können größere Bereiche (insbesondere auch die Server Bereiche für Apple Macintosh und MS-DOS PCs sowie die Pufferbereiche für Modellierungsdaten) als bisher gesichert werden. Es sollen ca. 1000 bis 1500 Kassetten genutzt werden.

2. Convex C201

Zur Automatisierung des Seismik-Processings soll die Convex C201 im Rechenzentrum aufgestellt und an das Silo angeschlossen

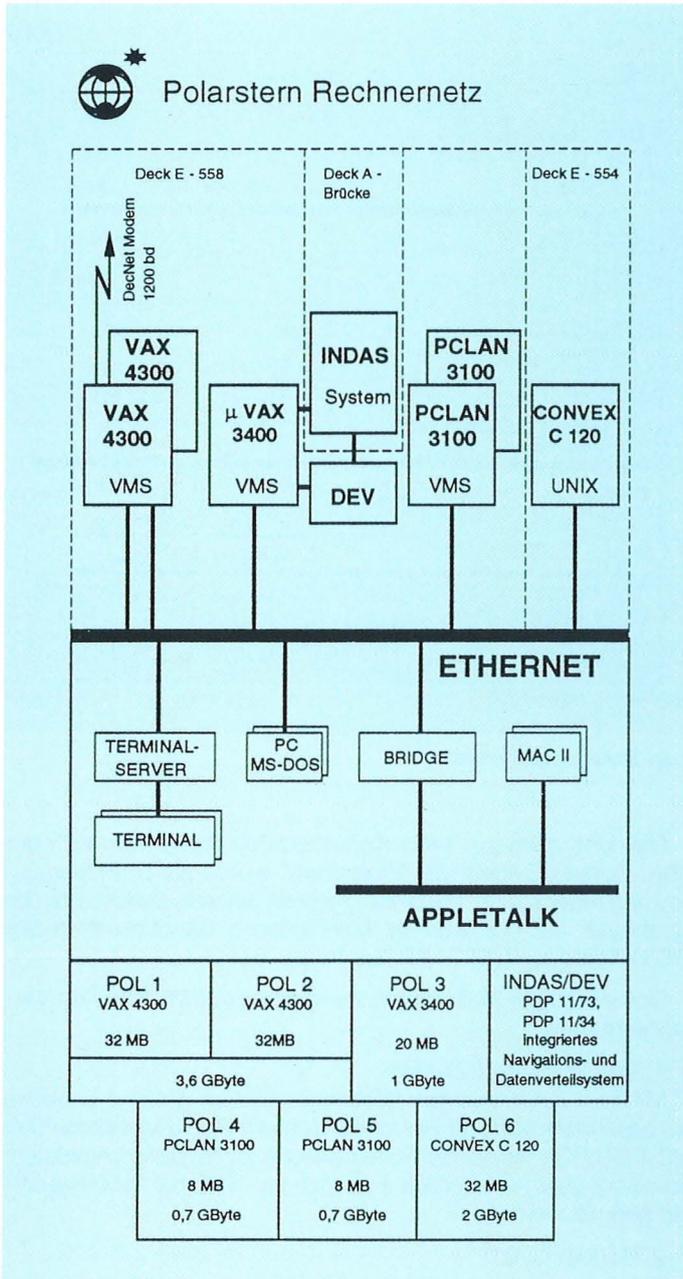


Abb. 3: "Polarstern" Rechnernetz.

sen werden. In der jetzigen Ausbaustufe können hierfür ca. 1500 bis 2000 Kassetten genutzt werden.

7.3.3 Erneuerung des Polarstern Bordrechners

Der mittlerweile 6 Jahre alte Bordrechner auf Polarstern wurde erneuert. Nach umfangreicher Diskussion in der DV-Kommission und Ermittlung des Anforderungsprofils durch das Rechenzentrum, wurde ein verteiltes System von VMS-Systemen, Workstations, einer Convex C120, sowie Tischrechner installiert (Abb. 3).

Damit kann einer größeren Flexibilität der Anwendungssoftware Rechnung getragen werden. Gleichzeitig trägt die in diesem Systemkonzept enthaltene Redundanz zur Erhöhung der Ausfallsicherheit bei. Erweiterungen können zukünftig modular erfolgen. Zur Systemprogrammierung und Inbetriebnahme nahmen mehrere Mitarbeiter des Rechenzentrums an Polarsternfahrten teil.

7.3.4 Recherausstattung Neumayer-Station

Für die Recherausstattung der neuen Neumayer-Station wurde ein Gesamtkonzept auf der Grundlage vernetzter Arbeitsplatz- und Tischrechner erarbeitet. Dies betrifft insbesondere das geophysikalische Observatorium (Magnetik, Gravimetrie), die meteorologischen Turbulenzmessungen, die meteorologische Energiebilanz-Station (Strahlungsdaten, Mastdaten, Luftdruck), und die Luftchemie.

Die geplante Konfiguration wurde zur Erprobung im AWI installiert, bevor das System in die Antarktis transportiert wurde (Abb. 4 a, b und c).

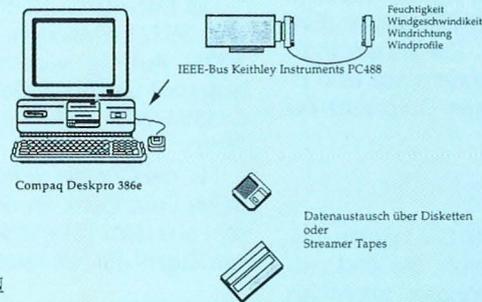
7.3.5 Kommunikation

Das hausinterne Breitbandnetz des AWI wurde auf Lichtwellenleiter (Monomode Glasfaser) umgestellt, das sich schon in 2,5 Jahren amortisiert. Vorteilhaft ist außerdem der Umstieg auf eine zukunftssichere Technik, wobei sowohl das Höchstgeschwindigkeitsnetz (UltraNet) als auch das normale lokale Netz (Ethernet) zwischen den Gebäudekomplexen über Lichtwellenleiter läuft. Insbesondere kann der kommende FDDI Standard zur Rechnervernetzung unterstützt werden.

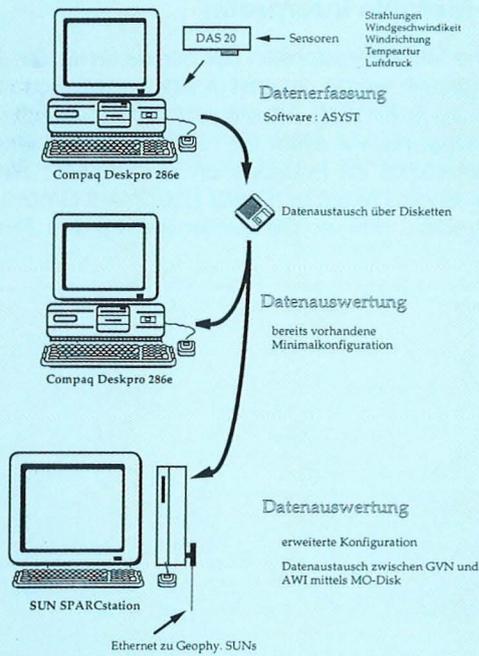
Die Datex-P Anschlüsse des AWI-Rechnernetzes (DFN-Zugang, X.25, X.29) wurden auf volumenneutrale Anschlüsse am Wissenschaftsnetz umgestellt. Die 64 KBit/s Leitung zum Deutschen Klimarechenzentrum konnte Anfang 1991 auf 2 MBit/s erweitert werden.

Meteorologische Turbulenzmessungen GVN

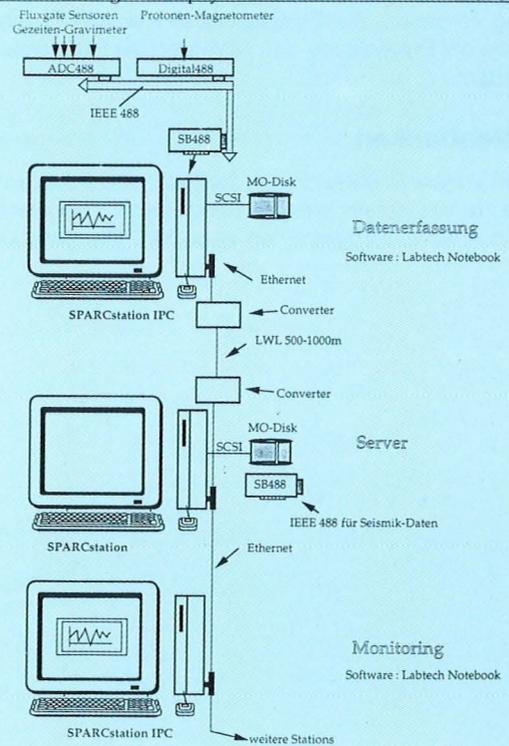
Software : ASYSTant GPIB oder Hochsprachen mit Treiber



Datenerfassung der Meteorologie in GVN



Datenerfassung im Geophysikalisches Observatorium an GVN



Abbildungen 4a, 4b und 4c.

7.3.6 Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ)

Die Umstellung der Modellierungssoftware auf das DKRZ Hamburg ist abgeschlossen. Problematisch ist noch die derzeitige Klasseneinteilung des DKRZ, da hochvolumige Modellierungsläufe (wirbelaufösendes Modell südlicher Ozean) mit einem Bedarf von 32 M Worten Hauptspeicher und 6 Std. CPU-Zeit dort vorerst nur unter Einschränkungen gerechnet werden können. An einer Lösung des Problems arbeitet das DKRZ derzeit (Einführung neuer Rechenkassen und einem sog. "fair scheduling"-Mechanismus zur Prioritätsregelung). Insbesondere soll eine 6-Stunden-Klasse auf der Cray YMP für besseren Durchsatz bei hochvolumigen Produktionsjobs sorgen.

7.3.7 Projekte im Rechenzentrum

Die Projekte haben das Ziel, eine verbesserte DV-Infrastruktur und den Zugang zu neuer Technologie zu bieten. Sie sind zwischen reiner DV-Dienstleistung und angewandter Informatik angesiedelt. Diese Projekte werden von befristet angestellten Nachwuchswissenschaftlern durchgeführt oder als Entwicklungsauftrag vergeben. Als Beispiel sollen hier das Datenbankprojekt sowie die Entwicklung des AWI-Metafile Interpreters vorgestellt werden.

7.3.8 Datenbanken

Die in den Vorjahren entwickelten zentralen Datenbanken wurden den Nutzerwünschen entsprechend weiter ausgebaut und teilweise mit Anschlußprogrammen versehen. Die Datenbanken

aus dem meteorologischen Bereich (Radiosonden Datenbank, Datenbank der Meteorologische Beobachtungen und Strahlungsdatenbank) wurden unter einer einheitlichen Benutzungsoberfläche zu einem meteorologischen Informationssystem zusammengefaßt. Dieses System ermöglicht ein komfortables Laden der Daten, eine leichte Validierung und flexible Ausgabe u.a. auch für internationale Datenbanken.

Die Datenbank Südlicher Ozean wurde erweitert. Sie enthält jetzt 38771 Stationen. Die älteste Station datiert aus dem Jahr 1903. Aus 14 verschiedenen Quellen wurden Informationen beschafft und in die Datenbank integriert. Damit enthält sie einen Großteil aller verfügbaren hydrographischen Stationen südlich 30°S.

Für die Chemie wurde eine transparente Anbindung der zentralen Datenbank an den Apple Macintosh realisiert. Es ermöglicht aus dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel den interaktiven Zugriff auf Nährstoffdaten.

7.3.9 AWI-Metafile Interpreter

Der grafische Metafileinterpreter, der bereits im letzten 2-Jahresbericht vorgestellt wurde, ist jetzt in einer wesentlich verbesserten Version auch für VMS-Arbeitsplatzrechner verfügbar. Die Weiterentwicklung, die vor allem ein reibungsloses Arbeiten des Grafikausgabesystems im heterogenen Rechnernetz des AWI betrifft, hat bei einem Hersteller (Digital Equipment GmbH) soviel Interesse gefunden, daß er die Weiterführung des Projektes finanziert.

8. Personeller Ausbau und Haushaltsentwicklung

8.1 Personal

Die personelle Entwicklung in den Jahren 1990 und 1991 ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt:

Personalplan 1990/91

	Soll am 31.12.1990	Ist	Soll am 31.12.1991	Ist
Stellenplan	176	168	181	174
Annexstellenplan	123,5	97	123,5	106
unbefristete Drittmittelstellen	16	4	16	5
befristete Drittmittelstellen	-	19,5	-	26,5

8.2 Haushalt 1990/1991

Das Haushaltsvolumen des Alfred-Wegener-Instituts belief sich im Jahr 1990 im Soll auf 84.535 TDM. Davon entfielen 63.632 TDM auf den Betriebsmittel- und 20.903 TDM auf den Investitionsmittelplan.

Im Haushaltsjahr 1991 wurden insgesamt Ausgaben von 98.470 TDM veranschlagt. Bei den Betriebsmitteln war eine Steigerung von 6.931 TDM zu verzeichnen, die sich aus dem Anstieg der Personalaufwendungen um 2.397 TDM, bei den Sachausgaben um 3.595 TDM und bei den Betriebsführungsverträgen um 1.039 TDM ergab. Im Investitionsmittelbereich war gegenüber dem Jahr 1990 eine Erhöhung des Ansatzes wegen des Neubaus der "Georg-von-Neumayer-Station" notwendig geworden. Hierfür waren im Jahr 1990 5.000 TDM vorgesehen, während im Jahr 1991 ein Betrag von 12.500 TDM veranschlagt wurde. Darüber hinaus waren Erhöhungen der Ansätze für laufende Investitionen im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms unumgänglich.

Im Drittmittelbereich standen 1990 3.682 TDM und 1991 6.632 TDM zur Verfügung.

Finanzplan 1990/1991

	Soll am 31.12.1990 TDM	Ist TDM	Soll am 31.12.1991 TDM	vorl. Ist TDM
Betriebsmittelplan:				
Personal	15.780	19.309	18.177	20.917
Sachmittel	48.052	46.111	52.686	51.396
Investitionsmittelplan:	407			
Lfd. Investitionen	19.123	18.410	27.222	27.893
Bauinvestitionen	-	4	500	-
Geräteerausstattung	1.780	-	-	-
Einnahmen	200	2.039	300	1.832
Gesamt	84.535	81.795	98.470	98.374
Drittmittel		3.682		6.632

Anhang

- I. Personal**
- II. Wissenschaftliche Veranstaltungen**
- III. Publikationen des Instituts**
- IV. Veröffentlichungen der Mitarbeiter**
- V. Abgeschlossene Examensarbeiten**
- VI. "Polarstern"-Expeditionen**

I. Personal (Stand: 31.12.1991)

Direktorium

Hempel, Prof. Dr. Gotthilf
Kreuzer, Gisela
Paulenz, Dr. Rainer
Mahnkopf, Sigrid

Wissenschaftlicher Bereich

Abelmann, Dr. Andrea
Arntz, Prof. Dr. Wolf
Augstein, Prof. Dr. Ernst
Bachmeier, Christiane
Baranski, Stanislaw
Barwich, Elke
Bathmann, Dr. Ulrich
Baumann, Dr. Markus
Behrens, Jörg
Berberich, Doris
Beyer, Kerstin
Beyerle, Georg
Bluszcz, Thaddäus
Bock, Ute
Bøggild, Carl Egede
Breitschuh, Dr. Wolfgang
Bremer, Renate
Budeus, Dr. Gereon
Colony, Dr. Roger
Daubenspeck, Ingrid
Determann, Jürgen
Dersch-Hansmann, Michaela
Dieckmann, Claudia
Dieckmann, Dr. Gerhard
Dierking, Dr. Wolfgang
Diester-Haaß, Dr. Lieselotte
Dittrich, Dr. Birgit
Drebing, Wolfgang
Eckstaller, Dr. Alfons
Eicken, Hajo
El Naggar, Dr. Saad El Dine
Ernst, Prof. Dr. Wolfgang
Fahrbach, Dr. Eberhard
Fechner, Notker
Fiekas, Dr. Heinz-Volker
Fischer, Holger
Fleischmann, Dr. Klaus
(– AGF-Geschäftsstelle –)
Freimann, Rolf
Frenzel, Andreas
Fritzsche, Dr. Diedrich
Fröhling, Rita
Fütterer, Prof. Dr. Dieter
Garcia, Camilo
Garrity-Ramseier, Dr. Caren
George, Michael
Gerdes, Dr. Dieter
Gerdes, Dr. Rüdiger
Gerland, Sebastian
Gersonde, Dr. Rainer
Gleitz, Markus
Goerke, Dr. Helmut
Gonzalez, Humberto
Gorny, Matthias
Gouretzki, Victor
Gradinger, Dr. Rolf
Graeve, Martin
Griffith, Sabina
Grobe, Dr. Hannes
Großmann, Sönne
Günther, Dr. Carmen-Pia
Gutt, Dr. Julian
Hanke, Georg
Harrigfeld, Ingrid
Hartmann, Dr. Jörg
Haupt, Klaus
Heese, Birgit
Heesemann, Bernd
Helmers, Eckard
Helmke, Dr. Elisabeth
Heyn, Marianne
Hinz, Friedel
Hinze, Dr. Heinrich
Hirche, Dr. Hans-Jürgen
Hoffmann, Christel
Höltzen, Heike
Hoppe, Dr. Herbert
Hubberten, Dr. Wolfgang
Hubberten, Ulrike
Hübscher, Christian
Huybrechts, Philippe
Jarre-Teichmann, Astrid
Jokat, Dr. Wilfried
Jürgens, Jutta
Kattner, Dr. Gerhard
Kipfstuhl, Josef
Klages, Michael
Klapstein, Inge
Knust, Dr. Rainer
Köhler, Gertrud
König-Langlo, Dr. Gert
Kotov, Vladimir
Kottmeier, Dr. Christoph
Krack, Axel
Krause, Prof. Dr. Günther
Krause, Reinhard
Kröncke, Dr. Ingrid
Kuhn, Dr. Gerhard
Kunsch, Brunhilde
Kurbjeweit, Frank
Lange, Dr. Manfred
Lara, Dr. Ruben
Laternus, Frank
Legutke, Dr. Stephanie
Lemke, Prof. Dr. Peter
Lensch, Norbert
Lochte, Dr. Karin
Loose, Bernd
Lorenzen, Christiane
Lücker, Marianne
Lukait, Ingrid
Mackensen, Dr. Andreas
Mädler, Annegret
Mann, Ute
Mehrtens, Gabriele
Melles, Dr. Martin
Meyer, Angelika
Meyer, Günter
Meyer, Uwe
Michel, Andreas
Miller, Prof. Dr. Heinrich
Mizdalski, Elke

Modersitzki, Jutta
 Mudersbach, Helga
 Müller, Annegret
 Murken, Andrea
 Neuber, Dr. Roland
 Niebler, Hans-Stefan
 Niederjasper, Fred
 Nixdorf, Uwe
 Noethig, Dr. Eva-Maria
 Notholt, Dr. Justus
 Oertel, Thomas
 Oerter, Dr. Hans
 Ohm, Klaus
 Olbers, Prof. Dr. Dirk
 Peil, Dr. Stefan
 Petschik, Dr. Rainer
 Pfeifer, Kerstin
 Plötz, Dr. Joachim
 Plugge, Rainer
 Pohl, Christa
 Puls, Marion
 Rachor, Dr. Eike
 Ramseier, Prof. Dr. René
 Rasenat, Dr. Steffen
 Rhodes, Helga
 Richter, Klaus-Uwe
 Riebesell, Ulf
 Riemann, Dr. Franz
 Röben, Heike
 Rohardt, Gerd
 Rosenberger, Dr. Andreas
 Rüger, Dr. Hans-Jürgen
 Rutgers van der Loeff, Dr. Michael
 Ruttkowski, Tina
 Sander, Dr. Johannes
 Seebeck, Michael
 Schadwinkel, Sonja
 Scharek-Mutlu, Dr. Renate
 Schauer, Dr. Ursula
 Schaumann, Dr. Karsten
 Scheduikat, Michael
 Schenke, Dr. Hans-Werner
 Schiel, Dr. Sigrid
 Schneider-Kremer, Martina
 Schöne, Tilo
 Schönfeld, Jutta
 Schrems, Prof. Dr. Otto

Schröder, Dr. Michael
 Schröter, Dr. Jens
 Schulz-Baldes, Dr. Meinhard
 Schwake, Cornelia
 Schwarz, Helga
 Seiler, Dr. Ulrike
 Smetacek, Prof. Dr. Victor
 Stax, Rainer Ludger
 Stein, Dr. Rüdiger
 Steinmetz, Richard
 Stiller, Michael
 Stölting, Ilsetraut
 Strass, Dr. Volker-H.
 Stürcken, Martha
 Summa, Christa
 Sündermann, Marika
 Tan, Dr. Tjhing-Lok
 Tezkan, Dr. Bülent
 Thomas, Dr. David
 Thomzik, Renate
 Tüg, Dr. Helmut
 Uenzelmann-Neben, Dr. Gabriele
 Unverricht, Sieglinde
 Urban, Hans-Jörg
 van Vloten, Tuula
 Viehoff, Dr. Thomas
 Villinger, Dr. Heinrich
 Völker, Christoph
 Waldmann, Dr. Hans-Christoph
 Wamser, Dr. Christian
 Weber, Dr. Kurt
 Weber, Michael
 Weissenberger, Jürgen
 Wegner, Jan
 Weller, Dr. Rolf
 Wellershaus, Dr. Stefan
 Wenzel, Dr. Manfred
 Weykam, Gabriele
 Wiencke, Dr. Christian
 Willeweit, Claudia
 Witte, Hannelore
 Wolf, Anja
 Wolf-Gladrow, Dr. Dieter
 Zielinski, Ulrich

Logistik

Chiaventone, Birgit

Drücker, Cord
 Fern, Ronald
 Kohnen, Dr. Heinrich
 Kuhlmann-Treu, Beate
 Lukait, Christian
 Malchow, Jens-Peter
 Malitz, Gerhard
 Müller, Norbert
 Nolting, Michael
 Peters, Dr. Matthias
 Romboy, Manuela
 Walter, Marianne
 Weippert, Ewald
 Weynand, Markus
 Witt, Ralf
 Wohltmann, Holger
 Worriescheck, Klaus
 Ziffer, Albert

Verwaltung

Davidis, Edith
 Fröhlich, Kirsten
 Göcke, Elke
 Hornke, Rudolf
 Janßen, Gisela
 Janßen, Jürgen
 Kalina, Marion
 Kappmeier, Angela
 Krämer, Alexandra
 Kramer, Barbara
 Kohnke, Christina
 Künker, Jutta
 Meinardus, Beate
 Mühlstädt, Dorothee
 Müller, Heino
 Müller, Renate
 Oltmann, Hildegard
 Onken, Heike
 Plenge, Helmut
 Pleyn, Dieter
 Ritsch, Elke
 Siegmund, Ralf
 Wittke, Erich

Allgemeine Dienste

Böge, Richard
 Boreck, Ingrid

Bütecke, Uwe
Dempwolf, Irmtraud
Dunker, Erich
Ewert, Elisabeth
Ferber, Thorsten
Goebel, Ursula
Janßen, Else
Laboda, Reinhold
Lemke, Gisela
Mante, Dieter
Pollnick, Lothar
Praš, Antje
Rastedt, Günter
Senkbeil, Elna
Sibberns, Reinhard
Weidmann, Eva
Zasowski, Bärbel

Zentrale Dienste

Behrmann, Günter
Bremer, Andrea
Burhop, Dörte
Gerchow, Peter
Giermann, Dr. Günter
Gomez, Michael-John
Heyer, Gerty
Hiller, Dr. Wolfgang
Kosinski, Jörg
Krause-Babst, Hans
Kurdelski, Lutz-Peter
Laetsch, Brigitte
Liegmahl, Dr. Herbert
Maul, Dr. Andreas-Alexander
Pauls, Margarete
Pfeiffenberger-Pertl, Dr. Hans
Reinke, Dr. Manfred
Rhode, Roger
Rosentreter, Heike
Sommerfeld, Jacqueline
Schlüter, Jens-Michael
Schmidt-Gröttrup, Dr. Markus
Voß, Jutta
Wübbler, Dr. Chresten

Auszubildende

Gebauer, Claudia
Hollmann, Beate

Littmann, Matthias
Ostermann, Silke
Peters, Nicole
Prinz, Thomas
Reuter, Anja

Überwinterer AWI

**Antarktis-Station
Georg-von-Neumayer**

1990 - 1992

1991 - 1993

Schuster, Dr. Friedrich
Schmidt, Dr. Rüdiger
Mayer, Christoph
Kleefeld, Christoph
Weber, Stephan
Rentsch, Harald
Rainer, Paul
Müller, Christian
Mühlstein, Knut
Lang, Martin

Nachrichtlich:

Überwinterer Hapag-Lloyd

1990 - 1992

Jockwer, Gustav
Muhle, Heiko
Tanger, Joachi
Köppe, Steffen

**Überwinterer Antarktisstation
Georg-Forster**

Stoof, Günter

**Überwinterer
Arktisstation Spitzbergen**

Schmidt, Torsten
Wieschollek, Ursula

Beurlaubte Mitarbeiter/innen

Astheimer, Ulrike
Babst, Ulrike
Brey, Thomas
Cordelair, Ruth
Feuster, Astrid
Hain, Dr. Stefan
Hellmer, Dr. Hartmut
Janneck, Jürgen
Koch-Kraft, Andrea
Notholt, Hanne
Reddig, Sanne
Reeh, Niels
Stern, Martina
Wiebe-Kawaletz, Susanne

II. Wissenschaftliche Veranstaltungen

1990

14.02.90	Bremerhavener Umweltgespräche	18.-20.09.91	BIOMASS Kolloquium
14./15.02.90	Koordinationsgespräch ARK-VIII '91	18.-20.09.91	Global Change Research in Antarctica
11.05.90	Polartag 90	23.-27.09.91	SCAR Antarctic Science Global Concerns
22.05.90	Gespräch "Küstenbiologie und -geologie Antarktische Küstenstation"	10. Oktober	Fridtjof Nansen Gedächtnis-Vorlesung (Bremen)
23.05.90	Doktorandentag	4./5. November	Berufungs- und Auswahlkommission IHO Warnemünde
28.05.90	Workshop "Arbeit mit Sinkstoff-Fallen und die Bearbeitung der so gewonnenen Proben"	Mitte Nov.	Fahrtplanung Victor Hensen
11.-15.06.90	Leg 3 Workshop	23. - 27.11.91	ESE-PONAM-Symposium/Workshop
26.-28.06.90	Symposium "Nordseeforschung als Beitrag zum Schutz der Nordsee"	3./4. Dezember	DFG-Kolloquium "Antarktische Forschung Mittelfristplanung der dt. Polarforschung"
15.08.90	Wissenschaftlerversammlung	6. Dezember	20. Kuratoriumssitzung
03.-07.09.90	SCAR – Sea Ice WG 86		
28.09.90	"10 Jahre AWI" – Festveranstaltung		
05.11.90	Meteorologischer Workshop		
15.11.90	Workshop "Future Joint Research on the Impact of Fishing Gear on the Benthos"		
19./20.11.90	Koordinationsgespräch ARK VIII/3		
18.12.90	"Herbst im Eis" (Vorbereitung ANT-X/3)		

1991

14.-16.01.91	Planungstreffen WWGS
17./18.01.91	ANZONE
11.-13.02.91	Northeast Water Workshop
13.-15.02.91	Workshop on the European Study of the Arctic Shelf
17.-23.03.91	Joint Scientific Committee (Bremen)
21./22.03.91	Prüfungsgruppe für den Schwerpunkt Antarktische Forschung der DFG
April - Juli	Meereskundl. Praktikum
9. April	19. Kuratoriumssitzung
21. Mai	ANT-JGOFS Vorbereitung
22.-27.05.91	EPOS-Symposium
10.-15.06.91	WG on Sea Ice and Climate
19.-21.06.91	Wissenschaftl. Beirat XII
8. Juli 1991	EG-Informationsveranstaltung MAST
05.09.91	Joint Research Programm "Impact of trawled fishing gear on benthos"

III. Publikationen des Instituts

Berichte zur Polarforschung 1990/91

- Heft Nr. 67/1990 - "Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes", edited by Adolf Kellermann.
- Heft Nr. 68/1990 - "The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV 'Polarstern' in 1989", edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel.
- Heft Nr. 69/1990 - "Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom Eisgefüge", von Harald Hellmann.
- Heft Nr. 70/1990 - "Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des Weddellmeeres, Antarktis", von Stefan Hain.
- Heft Nr. 71/1990 - "Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches Weddellmeer)", von Dieter Cordes.
- Heft Nr. 72/1990 - "Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell sea in summer 1980/81", by Frank Kurbjeweit and Sabahat Ali-Khan
- Heft Nr. 73/1990 - "Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen und östlichen Weddellmeeres", von Michael Schlüter.
- Heft Nr. 74/1990 - "Die Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS 'Polarstern' 1989", herausgegeben von R. Gersonde und G. Hempel.
- Heft Nr. 75/1991 - "Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkney-Plateaus im nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)", von Sigrun Grünig.
- Heft Nr. 76/1990 - "Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthos von King George Island (Südshetlandinseln, Antarktis)", von Martin Rauschert.
- Heft Nr. 77/1990 - "Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst", von Heinz Klöser.
- Heft Nr. 78/1991 - "Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer Meeresgebiete", von Norbert R. Nowaczyk.
- Heft Nr. 79/1991 - "Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des b-Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Stoffwechsels", von Ulf Karsten.
- Heft Nr. 80/1991 - "Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS 'Polarstern' 1990", herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel.
- Heft Nr. 81/1991 - "Paläoglazialogie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis", von Martin Melles.
- Heft Nr. 82/1991 - "Quantifizierung von Meereiseigenschaften", von Hajo Eicken.
- Heft Nr. 83/1991 - "Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen mit der Methode der finiten Differenzen", von Jürgen Determann.
- Heft Nr. 84/1991 - "Die Expedition ANTARKTIS VIII/1 - 2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study der Forschungsschiffe 'Polarstern' und 'Akademik Fedorov' ", von Ernst Augstein, Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke.
- Heft Nr. 85/1991 - "Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis", von Josef Kipfstuhl.
- Heft Nr. 86/1991 - "Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS 'Polarstern' 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-VIII/5", herausgegeben von Heinz Miller und Hans Oerter.
- Heft Nr. 87/1991 - "Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV 'Polarstern' in 1989", edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz.
- Heft Nr. 88/1991 - "Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße", von Sabine Diel.
- Heft Nr. 89/1991 - "Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeres vor Kapp Norvegia, Antarktis", von Norbert E. Kaul.
- Heft Nr. 90/1991 - "Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS 'Polarstern' 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT VIII/6-7", herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems.
- Heft Nr. 91/1991 - "Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)", by Andreas Kunzmann.
- Heft Nr. 92/1991 - "Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer", von Nicolai Mumm.
- Heft Nr. 93/1991 - "Die Expedition ARKTIS VII mit FS 'Polarstern' 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2", herausgegeben von Gunther Krause.

- Heft Nr. 94/1991 - "Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr", von Renate Scharek.
- Heft Nr. 95/1991 - "Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans", von Horst Bohrmann.
- Heft Nr. 96/1991 - "Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland", von Peter Marienfeld.
- Heft Nr. 97/1991 - "Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte der Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)", von Joachim Jacobs.
- Heft Nr. 98/1991 - "Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)", von Angelika Brandt.

Polarstern Abstracts

- Heft 4/1990, hrsg. von Irmtraut Hempel (134 pp.)
Heft 5/1991, hrsg. von Irmtraut Hempel (176 pp.)

Filchner Ronne Ice Shelf Programme

- Report No. 4 (1990), ed. Heinz Miller (135 pp.)
Report No. 5 (1991), eds. Heinz Miller & Hans Oerter (66 pp.)

IV. Veröffentlichungen der Mitarbeiter

1989 (Nachtrag)

- ARNTZ, W. and ARANCIBIA, H. (1989)
Fluctuaciones en el ecosistema bentodemersal del Pacífico Sur-Oriental y el del norte de Europa: una comparación. Rev. Pacífico Sur, núm. espec.: 35-48
- BOSELTMANN, A. (1989)
Larval plankton and recruitment of macrofauna in a subtidal area in the German Bight. In: Reproduction, genetics and distributions of marine organisms: Proc. 23rd Europ. Mar. Biol. Symp. (J.S. Ryland, P.A. Tyler, eds.), Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark: 43 - 54
- GERSONDE, R. (1989)
Taxonomy and morphostructure of late Neogene diatoms from Maud Rise (Antarctic Ocean). Polarforschung 59 (3): 141-171
- HESSE, K.-J., LIU, Z.L. and SCHAUMANN, K. (1989)
Phytoplankton and fronts in the German Bight. In: Topics in marine biology: Proc. 22nd Europ. Mar. Biol. Symp. (J.D. Ros, ed.). Scient. Mar. 53 (2-3): 187-196
- HIRCHE, H.-J. (1989)
Egg production of the Arctic copepod *Calanus glacialis*: laboratory experiments. 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. J. Plankt. Res. 11 (3): 431-443
- KATTNER, G., HIRCHE, H.J. and KRAUSE, M. (1989)
Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, the Arctic. Mar. Biol. 102: 473-480
- REEH, N. (1989)
Parameterization of melt rate and surface temperature on the Greenland ice sheet. Polarforschung 59 (3): 113-128

1990

- ABELMANN, A. (1990)
Oligocene to middle Miocene radiolarian stratigraphy of southern high latitudes from leg 113, sites 689 and 690, Maud Rise. Proc. ODP, Sci. Results 113: 675-708
- ABELMANN, A., GERSONDE, R. and SPIESS, V. (1990)
Pliocene - Pleistocene paleoceanography in the Weddell Sea - siliceous microfossil evidence. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds.), NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 729-759

- ACKLEY, S.F., LANGE, M.A. and WADHAMS, P. (1990)
Snow cover effects on Antarctic sea ice thickness. In: Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp. (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 16-21
- AGATHA, S., WILBERT, N., SPINDLER, M. and ELBRÄCHTER, M. (1990)
Euplotide ciliates in sea ice of the Weddell Sea (Antarctica). Acta Protozool. 29: 221-228
- ANGER, K. and HIRCHE, H.-J. (1990)
Nucleic acids and growth of larval and early juvenile spider crab, *Hyas araneus*. Mar. Biol. 105: 403-411
- ARNTZ, W.E. and TARAZONA, J. (1990)
Effects of El Niño 1982-83 on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific Coast. In: Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-southern oscillation (P.W. Glynn, ed.). Elsevier oceanography series 52, Elsevier, Amsterdam: 323-360
- ARNTZ, W.E. und TARAZONA, J. (1990)
El Niño 1982-83 im Rückblick - was haben wir gelernt? Biol. in unserer Zeit 20 (6): 289-296
- ARNTZ, W., TIEFENBACHER, L. und TÜRKAY, M. (1990)
Decapoda (Zehnfußkrebse). In: Fauna der Antarktis (J. Sieg, J.W. Wägele, Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 127-129
- ATAKAN, B., WOLFRUM, J. und WELLER, R. (1990)
Kinetik der Gasphasenreaktion $\text{NH}_2 + \text{NO}$ im Temperaturbereich 294 - 1025 K. Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 94: 1372-1375
- BATHMANN, U.V., NOJI, T.T. and BODUNGEN, B.v. (1990)
Copepod grazing potential in late winter in the Norwegian Sea - a factor in the limitation of spring phytoplankton growth? Mar. Ecol. Prog. Ser. 60: 225-233
- BATHMANN, U.V., PEINERT, R., NOJI, T.T. and BODUNGEN, B.v. (1990)
Pelagic origin and fate of sedimenting particles in the Norwegian Sea. Prog. Oceanogr. 24: 117-125
- BEHRMANN, G. (1990)
Die peripheren Nerven in der Zunge und den Papillen des Schweinswales *Phocoena phocoena* (Linné, 1758). Meer und Museum: Schriftenreihe des Meeresmuseums Stralsund 6: 42-46
- BEHRMANN, G. (1990)
The pineal organ (Epiphysis cerebri) of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linné, 1758). Aquat. Mamm. 16 (3): 96-100

- BEHRMANN, G. (1990)
The tuberous organs of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linné, 1758). *Aquat. Mamm.* 16 (1): 33-35
- BERGSTRÖM, B.I., HEMPEL, G., MARSCHALL, H.-P., NORTH, A., SIEGEL, V. and STRÖMBERG, J.-O. (1990)
Spring distribution, size composition and behaviour of krill *Euphausia superba* in the western Weddell Sea. *Polar Rec.* 26 (157): 85-89
- BOHRMANN, G., HENRICH, R., and THIEDE, J. (1990)
Miocene to Quaternary paleoceanography in the northern North Atlantic: variability in carbonate and biogenic opal accumulation. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 647-675
- BOHRMANN, G., KUHN, G., ABELMANN, A., GERSONDE, R. and FÜTTERER, D. (1990)
A young porcellanite occurrence from the southwest Indian Ridge. *Mar. Geol.* 92: 155-163
- BREY, T. (1990)
Confidence limits for secondary production estimates: application of the bootstrap to the increment summation method. *Mar. Biol.* 106: 503-508
- BREY, T. (1990)
Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforsch.* 32: 329-343
- BREY, T., ARNTZ, W.E., PAULY, D. and RUMOHR, H. (1990)
Arctica (Cyprina) islandica in Kiel Bay (Western Baltic): growth, production and ecological significance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 136: 217-235
- BÜRGERMEISTER, S., ZIMMERMANN, R.L., GEORGII, H.-W., BINGEMER, H.G., KIRST, G.O., JANSSEN, M. and ERNST, W. (1990)
On the biogenic origin of dimethylsulfide: relation between chlorophyll, ATP, organismic DMSP, phytoplankton species, and DMS distribution in Atlantic surface water and atmosphere. *J. Geophys. Res.* 95/D12: 20607-20615
- BURCKLE, L.H., GERSONDE, R. and ABRAMS, N. (1990)
Late Pliocene-Pleistocene paleoclimate in the Jane Basin Region: ODP site 697. *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 803-809
- CLAUSER, C. and VILLINGER, H. (1990)
Analysis of conductive and convective heat transfer in a sedimentary basin, demonstrated for the Rheingraben. *Geophys. J. Int.* 100: 393-414
- CLAYTON, M.N. and WIENCKE, C. (1990)
The anatomy, life history and development of the Antarctic brown alga *Phaeurus antarcticus* (Desmarestiales, Phaeophyceae). *Phycologia* 29 (3): 303-315
- DAVIS, E.E., HYNDMAN, R.D. and VILLINGER, H. (1990)
Rates of fluid expulsion across the northern Cascadia accretionary prism: constraints from new heat flow and multichannel seismic reflection data. *J. Geophys. Res.* 95/B6: 8869-8889
- DeBROYER, C. and KLAGES, M. (1990)
The role of the gammaridean amphipods in the eastern Weddell Sea benthic communities. *Belgian J. Zool.* 120, suppl. 1: 20-21
- DETERMANN, J., GROSFELD, K. and RITTER, B. (1990)
Melting rates at the bottom of Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica, from short-term mass-balance studies. *Polarforschung* 60 (1): 25-32
- DIECKMANN, G., SPINDLER, M., LANGE, M.A., ACKLEY, S.F. and EICKEN, H. (1990)
Sea ice: a habitat for the foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma*? In: Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp. (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 86-92
- DIMMLER, W. and KLINDT, H. (1990)
A new electronic system for the rectangular midwater trawl (RMT). *Mar. Biol.* 107: 345-348
- DITTRICH, B. (1990)
Temperature dependence of the activities of trypsin-like proteases in decapod crustaceans from different habitats. *Naturwissenschaften* 77: 491-492
- DÖPFNER, M., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1990)
Calcium compartmentation in Antarctic brown algae. *Ultramicroscopy* 32: 7-11
- EHRMANN, W.U. (1990)
Quantification of nodular flints, Upper Cretaceous, Laegerdorf, NW-Germany. *Cah. Quatern.* 17: 69-76
- EHRMANN, W.U. (1990)
Upper Cretaceous flints in central NW Europe, paleoproductivity and Milankovitch cycles. *Cah. Quatern.* 17: 77-84
- EICKEN, H., LANGE, M.A. and ACKLEY, S.F. (1990)
Quantification of sea-ice textures through automated digital image analysis. In: Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp. (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 28-32
- EISENHAUER, A., MANGINI, A., BOTZ, R., WALTER, P., BEER, J., BONANI, G., SUTER, M., HOFMANN, H.J. and WÖFLI, W. (1990)
High resolution ¹⁰Be and ²³⁰Th stratigraphy of late Quaternary sediments from the Fram Strait (core 23235). In: Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 475-487

- EKAU, W. (1990)
Demersal fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica. *Antarct. Sci.* 2 (2): 129-137
- EMRICH, R., WEYLAND, H. and WEBER, K. (1990)
2, 3, 4 - Tribromopyrrole from the marine polychaete *Polyphysia crassa*. *J. Nat. Prod.* 53 (3): 703-705
- FÜTTERER, D.K. (1990)
Distribution of calcareous dinoflagellates at the Cretaceous-Tertiary boundary of Queen Maud Rise, eastern Weddell Sea, Antarctica. *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 533-548
- FÜTTERER, D.K. and MELLE, M. (1990)
Sediment patterns in the southern Weddell Sea: Filchner Shelf and Filchner depression. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 381-401
- FÜTTERER, D.K., KUHN, G. and SCHENKE, H.W. (1990)
Wegener Canyon bathymetry and results from rock dredging near ODP sites 691-693, eastern Weddell Sea, Antarctica. *Proc. ODP, Sci. Results.* 113: 39-48
- GERDES, D. (1990)
Antarctic trials of the multi-box corer, a new device for benthos sampling. *Polar Rec.* 26: 35-38
- GERSONDE, R. (1990)
The paleontological significance of fossil diatoms from the high-latitude oceans. In: Polar marine diatoms (L.K. Medlin, J. Priddle, eds.). British Antarctic Survey, Cambridge: 57-63
- GERSONDE, R. (1990)
Taxonomy and morphostructure of Neogene diatoms from the Southern Ocean, ODP leg 113. *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 791-802
- GERSONDE, R. and BURCKLE, L.H. (1990)
Neogene diatom biostratigraphy of ODP leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean). *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 761-789
- GERSONDE, R. and HARWOOD, D.M. (1990)
Lower Cretaceous diatoms from ODP leg 113 site 693 (Weddell Sea). Part. 1: Vegetative cells. *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 365-402
- GERSONDE, R., ABELMANN, A., BURCKLE, L.H., HAMILTON, N., LAZARUS, D., McCARTNEY, K., O'BRIEN, P., SPIESS, V. and WISE, S.W. (1990) Biostratigraphic synthesis of Neogene siliceous microfossils from the Antarctic Ocean, ODP leg 113 (Weddell Sea). *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 915-936
- GLOWIENKA-HENSE, R. (1990)
The North Atlantic oscillation in the Atlantic-European SLP. *Tellus* 42A: 497-507
- GOERKE, H. and WEBER, K. (1990)
Locality-dependent concentrations of bromophenols in *Lanice conchilega* (Polychaeta: Terebellidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 97B: 741-744
- GOERKE, H. and WEBER, K. (1990)
Population-dependent elimination of various polychlorinated biphenyls in *Nereis diversicolor* (Polychaeta). *Mar. Environ. Res.* 29: 205-226
- GONZALEZ, H. and BIDDANDA, B. (1990)
Microbial transformation of metazoan (*Idotea granulosa*) faeces. *Mar. Biol.* 106: 282-295
- GOURETSKY, V.V. and DANILOV, A.I. (1990)
On the meridional exchange and interaction between the waters of the Weddell Gyre and Antarctic circumpolar current. *Proc. Acad. Sci. USSR* 311 (5): 1234-1238
- GOURETSKY, V.V., DANILOV, A.I. and MALEK, V.N. (1990)
Climatic structure of the Weddell Gyre. In: Investigations of the Weddell Gyre: oceanographic conditions and peculiarities of the development of plankton communities. Collected papers. VNIRO, Moscow: 4-31
- GOURETSKY, V.V., DANILOV, A.I. and MOROZOV, E.L. (1990)
On the drift of giant icebergs out of the Weddell Sea. *Meteorol. Hydrol.* 5: 74-78
- GROBE, H., FÜTTERER, D.K. and SPIESS, V. (1990)
Oligocene to Quaternary sedimentation processes on the Antarctic continental margin, ODP leg 113, site 693. *Proc. ODP, Sci. Results* 113: 121-131
- GROBE, H., MACKENSEN, A., HUBBERTEN, H.-W., SPIESS, V. and FÜTTERER, D.K. (1990)
Stable isotope record and late Quaternary sedimentation rates at the Antarctic continental margin. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 539-572
- GÜNTHER, C.-P. (1990)
Distribution patterns of juvenile macrofauna on an intertidal sandflat: an approach to the variability of predator/prey interactions. In: Trophic relationship in the marine environment: Proc. 24th Europ. Mar. Biol. Symp. (M. Barnes, R.N. Gibson, eds.). Aberdeen Univers. Pr., Aberdeen: 77-88
- GUTT, J. (1990)
Holothuroidea (Seegurken). In: Fauna der Antarktis (J. Sieg, J.W. Wägele, Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 165-169
- GUTT, J. (1990)
New Antarctic holothurians (Echinodermata). - I. Five new species with four new genera of the order Dendrochirotida. *Zool. Scr.* 19 (1): 101-117
- GUTT, J. (1990)
New Antarctic holothurians (Echinodermata) - II. Four species of

- the orders Aspidochirotida, Elasiopodida and Apodida. Zool. Scr. 19 (1): 119-127
- HABERMEHL, M., JARRE, A. and ADELUNG, D. (1990)
Vertical migration of *Diastylis rathkei* (Crustacea, Cumacea) in Kiel Bay, Western Baltic. Meeresforsch. 32: 295-305
- HAIN, S. (1990)
Gastropoda (Schnecken). In: Fauna der Antarktis (J. Sieg, J.W. Wägele, Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 65
- HARTMANN, J., HACKER, J. and KRAUS, H. (1990)
Correction of data from a salt-spray contaminated temperature sensor. Boundary-Layer-Meteorol. 50: 153-163
- HARWOOD, D.M. and GERSONDE, R. (1990)
Lower Cretaceous diatoms from ODP leg 113 site 693 (Weddell Sea). Part 2: Resting spores, chrysophycean cysts, an endoskeletal dinoflagellate, and notes on the origin of diatoms. Proc. ODP, Sci. Results 113: 403-426
- HEINEMANN, G. and ROSE, L. (1990)
Surface energy balance, parameterizations of boundary-layer heights and the application of resistance laws near an Antarctic ice shelf front. Boundary-Layer Meteorol. 51: 123-158
- HELMERS, E., MART, L., SCHULZ-BALDES, M. and ERNST, W. (1990)
Temporal and spatial variations of lead concentrations in Atlantic surface waters. Mar. Pollut. Bull. 21 (11): 515-518
- HEMPEL, G. (1990)
Das Meereis als Lebensraum. Geod. Geophys. Veröff., Reihe 1, 16: 367-374
- HEMPEL, G. (1990)
Marine polar research in the Federal Republic of Germany. Dtsch. Hydrogr. Z. Ergänzungsh. B 22: 48-61
- HEMPEL, G. (1990)
The Weddell Sea, a high polar ecosystem. In: Large marine ecosystems (K. Sherman, L.M. Alexander, B.D. Gold, eds.). AAAS, Washington, D.C.: 5-18
- HEMPEL, G. with contrib. by Bengtson, J.L., Horner, T., Hubold, G. and Walton, D.W.H. (1990)
Antarctic ecosystems: change and conservation. Review of the Fifth Symposium on Antarctic Biology. In: Antarctic ecosystems: ecological change and conservation (K.R. Kerry, G. Hempel, eds.). Springer, Berlin: 407-414
- HEMPEL, P. and BOHRMANN, G. (1990)
Carbonate-free sediment components and aspects of silica diagenesis at sites 707, 709 and 711 (leg 115, Western Indian Ocean). Proc. ODP, Scient. Results 115: 677-698
- HENRIET, J.P. and MILLER, H. (1990)
Some speculations regarding the nature of the Explora-Andenes Escarpment, Weddell Sea. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 163-169
- HENSE, A., GLOWIENKA-HENSE, R., STORCH, H. v. and STÄHLER, U. (1990)
Northern hemisphere atmospheric response to changes of Atlantic Ocean SST on decadal time scales: a GCM experiment. Climate dynamics 4: 157-174
- HIRCHE, H.-J. (1990)
Egg production of *Calanus finmarchicus* at low temperature. Mar. Biol. 106: 53-58
- HIRCHE, H.-J. and MEYER, U. (1990)
Towards a model of egg production in *Calanus finmarchicus* - laboratory and field observations. ICES C.M. 1990/L:78, session V, 1-10
- HJORTH, J., JENSEN, N.R., LOHSE, C., NOTHOLT, J., SKOV, H. and RESTELLI, G. (1990)
Gas phase reactions of interest in night time tropospheric chemistry. In: Proc. EUROTRAC Symp. '90 (P. Borrell, ed.). SPB Academic, The Hague, Netherlands: 395-396
- HUBBERTEN, H.-W. (1990)
Die Fraktionierung der Schwefelisotope bei der Entstehung und Veränderung der ozeanischen Kruste. Chem. Erde 50: 39-57
- HUBBERTEN, H.-W., BRUNS, M., CALAMIOTOU, M., APOSTOLAKIS, C., FILIPPAKIS, S. and GRIMANIS, A. (1990)
Radiocarbon dates from the Akrotiri excavations. In: Thera and the Aegean World III: Proc. 3rd Int. Congr. (O.A. Hardy, ed.). Thera Found., London, 3: 179-187
- HUBOLD, G. and EKAU, W. (1990)
Feeding patterns of post-larval and juvenile notothenioids in the southern Weddell Sea (Antarctica). Polar Biol. 10: 255-260
- HUYBRECHTS, P. and OERLEMANS, J. (1990)
Response of the Antarctic ice sheet to future greenhouse warming. Climate dynamics 5: 93-102
- JANSSEN, H.H. (1990)
Öko-histologische Untersuchungen an *Lissarca notorcadensis*. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 83: 60
- JANSSEN, H.H. (1990)
Sipunculids from the reef off Mactan Island (Visayas, Central Philippines). Philipp. Sci. 27: 11-18
- JARRE, A. (1990)
Estimating the food consumption of fishes: one step in linking a species with its ecosystem. Naga, The ICLARM Quarterly 13 (2): 3-4
- JEZEK, K.C., STANTON, T.K., GOW, A.J. and LANGE, M.A. (1990)
Acoustical and morphological properties of undeformed sea ice: laboratory and field results. In: Sea ice properties and processes:

- Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp. (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 67-75
- JEZEK, K.C., STANTON, T.K., GOW, A.J. and LANGE, M.A. (1990)
Influence of environmental conditions on acoustical properties of sea ice. J. Acoust. Soc. Am. 88 (4): 1903-1912
- KARSTEN, U., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1990)
The effect of light intensity and daylength on the β -dimethylsulphoniopropionate (DMSP) content of marine green macroalgae from Antarctica. Plant, cell and environment 13: 989-993
- KARSTEN, U., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1990)
The β -dimethylsulphoniopropionate (DMSP) content of macroalgae from Antarctica and Southern Chile. Botanica Mar. 33 (2): 143-146
- KATTNER, G. and BROCKMANN, U.H. (1990)
Particulate and dissolved fatty acids in an enclosure containing a unialgal *Skeletonema costatum* (Greve.) Cleve culture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 141: 1-13
- KATTNER, G., GRAEVE, M., and ERNST, W. (1990)
Gas-liquid chromatographic method for the determination of marine wax esters according to the degree of unsaturation. J. Chromat. 513: 327-332
- KELLERMANN, A. (1990)
Food and feeding dynamics of the larval Antarctic fish *Nototheriopsis larseni*. Mar. Biol. 106: 159-167
- KEMMERLING, C., WITT, D., LIESACK, W., WEYLAND, H. and STACKEBRAND, E. (1990)
Approaches for the molecular identification of Streptomycetes in marine environment. In: Current topics in marine biotechnology. (S. Miyachi et al, eds.). Jap. Soc. Marine Biotech., Tokyo: 423-426
- KERRY, K.R. and HEMPEL, G., eds. (1990)
Antarctic ecosystems: ecological change and conservation. Springer, Berlin: XII, 427 pp.
- KERSTEN, M. and KRÖNCKE, I. (1990)
Bioavailability of trace metals in marine sediments. ICES C.M. 1990/E:22
- KERSTEN, M. und KRÖNCKE, I (1990)
Kontamination und Bioverfügbarkeit von Schwermetallen im Sediment. In: Warnsignale aus der Nordsee (J.L. Lozan et al., Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 41-48
- KLAGES, M. and GUTT, J. (1990)
Comparative studies on the feeding behaviour of high Antarctic amphipods (Crustacea) in laboratory. Polar Biol. 11: 73-79
- KLAGES M. and GUTT, J. (1990)
Observations on the feeding behaviour of the Antarctic gamma-
rid *Eusirus perdentatus* Chevreux, 1912 (Crustacea: Amphipoda) in aquaria. Polar Biol. 10: 359-364
- KNUST, R. (1990)
The black spot disease in *Crangon crangon* (L.) of the German Bight. ICES C.M. 1990/E:32
- KNUST, R. (1990)
Food and condition of dab (*Limanda limanda* (L.)) from the Dogger Bank and the German Bight. ICES C.M. 1990/G:62
- KNUST, R. (1990)
Schwarzflecken-Krankheit der Nordseegarnele. In: Warnsignale aus der Nordsee (J.L. Lozan et al., Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 212-219
- KOTTMEIER, C. and HARTIG, R. (1990)
Winter observations of the atmosphere over Antarctic sea ice. J. Geophys. Res. 95/D10: 16551-16560
- KOUGIAS, CH.F. and SCHULTE, J. (1990)
Simulating the immune response to the HIV-1 virus with cellular automata. J. Statistical Physics. 60 (1/2): 263-273
- KOUGIAS, CH.F., KRAUSE, G. and RAUH, A. (1990)
Simulation of river-discharge fronts with lattice gas automata. In: Proc. Euromech. Coll. 267, Coimbra, Portugal, 1990 (A.S. Alves, ed.). World Scientific, Singapore: 10 pp.
- KRAUS, H., HACKER, J. and HARTMANN, J. (1990)
An observational aircraft-based study of sea-breeze-frontogenesis. Boundary-Layer Meteorol. 53: 223-265
- KRAUSS, W., DÖSCHER, R., LEHMANN, A. and VIEHOFF, T. (1990)
On eddy scales in the eastern and northern North Atlantic Ocean as a function of latitude. J. Geophys. Res. 95/C10: 18049-18056
- KRÖNCKE, I. (1990)
The macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: 1950-54 versus 1985-87. ICES C.M. 1990/Mini:3
- KRÖNCKE, I. (1990)
Macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: II. 1951-52 versus 1985-87. Are changes in the community of the northeastern part of the Dogger Bank due to environmental changes?. Neth. J. Sea Res. 25 (1/2): 189-198
- KRÜGER, J. (1990)
Effective medium theory of diffusion and chemical reaction in the presence of stationary sinks. PHYSICA A 169: 393-406
- KRÜGER, J. (1990)
Effective medium theory of diffusion-controlled reactions among stationary perfect sinks. PHYSICA A 166: 206-219
- KRUSE, F., OLBERS, D., SCHRÖTER, J. and HENSE, A. (1990)
A quasigeostrophic eddy resolving model of the Antarctic circumpolar current. Ocean Modelling 88: 2-5

- KÜNITZER, A. (1990)
The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages. ICES C.M. 1990/Mini:2
- KÜNITZER, A. (1990)
A comparison of the *Amphiura filliformis*-associations north-east of the Dogger Bank and of the German Bight. Neth. J. Sea Res. 25 (1/2): 199-208
- KÜNITZER, A. (1990)
The infauna and epifauna of the central North Sea. Meeresforsch. 33: 23-37
- LANGE, M.A. (1990)
Development and physical properties of sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. In: Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp. (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.), CRREL monograph 90-1: 22-28
- LANGE, M.A. (1990)
Properties of sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. In: Proc. IAHR 10th Internat. Symp. on Ice, Espoo, Finland, 1990, Helsinki University of Technology: 289-299
- LANGE, M.A., SCHLOSSER, P., ACKLEY, S.F., WADHAMS, P. and DIECKMANN, G.S. (1990)
¹⁸O concentrations in sea ice of the Weddell Sea, Antarctica. J. Glaciol. 36 (124): 315-324
- LARA, R. and ERNST, W. (1990)
Sorption of polychlorinated biphenyls on marine sediments I. The role of the organic carbon content. Environm. Technol. 11: 83-92
- LARA, R. and ERNST, W. (1990)
Sorption of polychlorinated biphenyls on marine sediments II. Effect of the removal of sediment organic matter. Environm. Technol. 11: 93-97
- LEMKE, P., OWENS, W.B. and HIBLER, W.D. (1990)
A coupled sea ice - mixed layer - pycnocline model for the Weddell Sea. J. Geophys. Res. 95/C6: 9513-9525
- LETREGUILLY, A. and REYNAUD, L. (1990)
Space and time distribution of glacier mass-balance in the northern hemisphere. Arct. Alp. Res. 22, 43-50
- LISTER, C.R.B., SCLATER, J.C., DAVIS, E.E., VILLINGER, H. and NAGIHARA, S. (1990)
Heat flow maintained in ocean basins of great age : Investigations in the north-equatorial West Pacific. Geophys. J. Int. 102: 603-630
- LOZAN, J.L., LENZ, W., RACHOR, E., WATERMANN, B.TH. und WESTERNHAGEN, H.v., Hrsg. (1990)
Warnsignale aus der Nordsee - wissenschaftliche Fakten. Parey, Berlin u. Hamburg: 428 pp.
- LUCKAS, B., VETTER, W., FISCHER, P., HEIDEMANN, G. and PLÖTZ, J. (1990)
Characteristic chlorinated hydrocarbon patterns in the blubber of seals from different marine regions. Chemosphere 21 (1-2): 13-19
- MACKENSEN, A., GROBE, H., KUHN, G. and FÜTTERER, D.K. (1990)
Benthic foraminiferal assemblages from the eastern Weddell Sea between 68 and 73° S: distribution, ecology and fossilization potential. Mar. Micropaleontol. 16: 241-283
- MANGINI, A., EISENHÄUER, A. and WALTER, P. (1990)
The relevance of manganese in the ocean for the climatic cycles in the Quaternary. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwiss. Klasse 4, Springer, Berlin: 31 pp.
- MARIENFELD, P. (1990)
Faziesvariationen glazialmariner Sedimente im Scoresby-Sund, Ost-Grönland. Zbl. Geol. Paläont. T. 1, H.11: 1739-1749
- MARTINSON, D.G. and WAMSER, C. (1990)
Ice drift and momentum exchange in winter Antarctic pack ice. J. Geophys. Res. 95/C2: 1741-1755
- McCARTNEY, K., WISE, S.W., HARWOOD, D.M. and GERSONDE, R. (1990)
Enigmatic lower Albian silicoflagellates from ODP site 693: progenitors of the order silicoflagellata? Proc. ODP, Sci. Results 113: 427-442
- MEINCKE, J., AAGAARD, K., AKEN, H.v., BUCH, E., CLARKE, A., CORNUELLE, B., FAHRBACH, E. et al. (1990)
Greenland Sea Project: a venture toward improved understanding of the oceans' role in climate. EOS 71 (24): 750-755
- MILLER, H., HENRIET, J.P., KAUL, N. and MOONS, A. (1990)
A fine-scale seismic stratigraphy of the eastern margin of the Weddell Sea. In: Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 131-161
- MILLER, H., DE BATIST, M., JOKAT, W., KAUL, N., STEINMETZ, S., UENZELMANN-NEBEN, G. and VERSTEEG, W. (1990)
Revised interpretation of tectonic features in the southern Weddell Sea, Antarctica, from new seismic data. Polarforschung 60 (1): 33-38
- NEUBER, R. (1990)
Determination of atmospheric ozone profiles at 68N and 79N with a daylight LIDAR instrument. In: Optoelectronics for environmental science (S. Martellucci, A.N. Chester, eds.). Plenum, New York: 91-99
- NEUBER, R. and KRÜGER, B.C. (1990)
The stratospheric ozone layer above Spitsbergen in winter 1989. Geophys. Res. Lett. 17 (4): 321-324

- NOTHOLT, J. and RAES, F. (1990)
Test of in-situ measurements of atmospheric aerosols and trace gases by long path transmission spectroscopy. *J. Aer. Sci.* 21: 193-196
- NOTHOLT, J., CAPPELLANI, F., ROESDAHL, H. and RESTELLI, G. (1990) Spectral data of formic acid: absolute band intensities and air broadening coefficient. In: *Proc. EUROTRAC Symp. '90* (P. Borrell, ed.). SPB Academic, The Hague, Netherlands: 357-359
- O'KANE, J.P., SMETACEK, V. and TODINI, E. (1990)
The Adriatic slime blooms: a hypothetical scenario of causative mechanisms and possible contribution of mathematical modelling. In: *Eutrophication-related phenomena in the Adriatic Sea and in other mediterranean coastal zones* (H. Barth, L. Fegan, eds.). CEC Water pollution research report 16: 225-238
- OERTER, H. (1990)
Modelling the runoff from a glaciated drainage basin (Vernagtferner, Oetztal Alps) In: *Hydrology of mountainous areas: Proc. of the Strbske Pleso Workshop, Czechoslovakia, 1988* (L. Molnar, ed.). Int. Ass. Hydrol. Sci., Washington. IAHS publ. 190: 355-367
- OESCHGER, R. und JANSSEN, H.H. (1990)
Zur Histochemie von *Halicryptus spinulosus*. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 83: 604
- OISHI, T. (1990)
Significant relationship between backward scattering coefficient of sea water and the scatterance at 120°. *Appl. Optics* 29 (31): 4658-4665
- OWENS, W.B. and LEMKE, P. (1990)
Sensitivity studies with a sea ice - mixed layer - pycnocline model for the Weddell Sea. *J. Geophys. Res.* 95/C6: 9527-9538
- PFIRMAN, S., LANGE, M.A., WOLLENBURG, I. and SCHLOSSER, P. (1990) Sea ice characteristics and the role of sediment inclusions in deep-sea deposition: Arctic-Antarctic comparisons. In: *Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic* (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 187-211
- POHL, C. (1990)
Skeletal deformities and trace metal contents of European smelt, *Osmerus eperlanus*, in the Elbe Estuary. *Meeresforsch.* 33: 76-89
- PUCHELT, H., HUBBERTEN, H.-W. and STELLRECHT, R. (1990)
The geochemistry of the radial dykes of the Santorini Caldera and its implications. In: *Thera and the Aegean World III: Proc. 3rd Int. Congr. (O.A. Hardy, ed.)*. Thera Found., London, 2: 229-236
- RACHOR, E. (1990)
Benthos - Einleitung. In: *Warnsignale aus der Nordsee* (J.L. Lozan et al., Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 153-154
- RACHOR, E. (1990)
Changes in sublittoral zoobenthos in the German Bight with regard to eutrophication. *Neth. J. Sea Res.* 25 (1/2): 209-214
- RACHOR, E. (1990)
Veränderungen bei der Bodenfauna. In: *Warnsignale aus der Nordsee* (Lozan, J.L. et al., eds.). Parey, Berlin u. Hamburg: 158-165
- RACHOR, E. und RÜHL, N.-P. (1990)
Schadstoffeinträge. In: *Warnsignale aus der Nordsee* (J.L. Lozan et al., Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 28-30
- REEH, N. (1990)
Past changes in precipitation rate and ice thickness as derived from age-depth profiles in ice-sheets; application to Greenland and Canadian Arctic ice core records. In: *Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic* (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 255-271
- REEH, N., THOMSEN, H.H., FRICH, P. and CLAUSEN, H.B. (1990)
Stable isotope studies on ice margins in the Thule area. In: *Late Quaternary stratigraphy and glaciology in the Thule area, Northwest Greenland* (S. Funder, ed.). *Meddr. Grønland, Geoscience* 22: 47-56
- RICHTER-MENGE, J.A., ACKLEY, S.F. and LANGE, M.A. (1990)
Comparison of the compressive strength of Antarctic frazil ice and laboratory-grown columnar ice. In: *Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp.* (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 79-84
- RIEHL, R. and EKAU, W. (1990)
Identification of Antarctic fish eggs by surface structure as shown by the eggs of *Trematomus eulepidotus* (Teleostei: Nototheniidae). *Polar Biol.* 11: 27-31
- RIEMANN, F., ERNST, W. and ERNST, R. (1990)
Acetate uptake from ambient water by the free-living marine nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. *Mar. Biol.* 104: 453-457
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1990)
Actiniaria (Seeanemonen). In: *Fauna der Antarktis* (J. Sieg und J.W. Wägele, Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 24-26
- RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. (1990)
Oxygen in pore waters of deep-sea sediments. *Phil Trans. R. Soc. London A331*: 68-84

- SCHALK, P.H. (1990)
Biological activity in the Antarctic zooplankton community. *Polar Biol.* 10: 405-411
- SCHALK, P.H., BREY, T., BATHMANN, U., ARNTZ, W., DIECKMANN, G., EKAU, W., GERDES, D., GRADINGER, R., NÖTHIG, E., SCHNACK-SCHIEL, S.B., SIEGEL, V., SMETACEK, V.S. and VAN FRANEKER, J.A. (1990)
Towards a conceptual model for the Antarctic marine ecosystem. *ICES C.M.* 1990/L:30
- SCHAUMANN, K. and HESSE, K.-J. (1990)
Frontal accumulation and autochthonous eutrophication effect of a red tide in the German Bight/North Sea. *Water Pollution Res. Rep.* 12: 93-104
- SCHAUMANN, K. and WEIDE, G. (1990)
Enzymatic degradation of alginate by marine fungi. In: Thirteenth International Seaweed Symposium (S.C. Lindstrom and P.W. Gabrielson, eds.). *Hydrobiol.* 204/205, Kluwer, Dordrecht: 589-596
- SCHEDUIKAT, M. and OLBERS, D.J. (1990)
A one dimensional mixed layer model beneath the Ross Ice Shelf with tidally induced vertical mixing. *Antarct. Sci.* 2: 29-42
- SCHENKE, H.W. (1990)
Impact of GPS on the accuracy of bathymetric charts from Multi Beam Sonar Surveys. In: *Proc. Int. Symp. on Marine Positioning INSMAP*, Miami, 1990. Mar. Technology Society, Washington, D.C.: 147-170
- SCHLOSSER, P., BAYER, R., FOLDVIK, A., GAMMELSRØD, T., ROHARDT, G. and MÜNNICH, K.O. (1990)
Oxygen 18 and helium as tracers of ice shelf water and water/ice interaction in the Weddell Sea. *J. Geophys. Res.* 95/C3: 3253-3263
- SCHMIDT, M. and DENGLER, J. (1990)
The pseudo-logarithmic transformation for robust displacement estimation. In: *Mustererkennung 1990*: 12. DAGM-Symposium, proc. (R.E. Großkopf, ed.). *Informatik-Fachberichte* 254, Springer, Berlin: 275-281
- SCHMITZ-PFEIFFER, A., VIEHOFF, T. and GRASSL, H. (1990)
Remote sensing of coastal waters by airborne lidar and satellite radiometer. Pt.2.: Measurements. *Int. J. Remote Sensing* 11 (12): 2185-2204
- SEILER, U. (1990)
Variations of the Angular Momentum Budget for tides of the present ocean. In: *Earth's rotation from eons to days* (P. Brosche, J. Sündermann, eds.). Springer, Berlin: 81-94
- SMETACEK, V. and PASSOW, U. (1990)
Spring bloom initiation and Sverdrup's critical-depth model. *Limnol. Oceanogr.* 35 (1): 228-234
- SMETACEK, V., SCHAREK, R. and NÖTHIG, E.-M. (1990)
Seasonal and regional variation in the pelagial and its relationship to the life history cycle of krill. In: *Antarctic ecosystems: ecological change and conservation* (K.R. Kerry, G. Hempel, eds.). Springer, Berlin: 103-114
- SMITH, S.L. and SCHNACK-SCHIEL, S.B. (1990)
Polar zooplankton. In: *Polar oceanography, pt. B.: chemistry, biology, and geology* (W.O. Smith, ed.). Academic Press, San Diego: 527-598
- SPINDLER, M. (1990)
A comparison of Arctic and Antarctic sea ice and the effects of different properties on sea ice biota. In: *Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic* (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 173-186
- SPINDLER, M. (1990)
Foraminifera (Kammerlinge). In: *Fauna der Antarktis* (J. Siegel, J.W. Wägele, Hrsg.). Parey, Berlin u. Hamburg: 9-11
- SPINDLER, M. and BEYER, K. (1990)
Distribution, abundance and diversity of Antarctic accantharian cysts. *Mar. Micropaleontol.* 15: 209-218
- SPINDLER, M., DIECKMANN, G.S. and LANGE, M.A. (1990)
Seasonal and geographic variations in sea ice community structure of the Weddell Sea, Antarctica. In: *Antarctic ecosystems: ecological change and conservation* (K.R. Kerry, G. Hempel, eds.). Springer, Berlin: 129-135
- STEIN, U., HUKRIEDE, W. und RUMOHR, H. (1990)
Historische Benthosdaten aus Nord- und Ostsee in den Jahren 1902-1912. *Mitt. Zool. Mus. Univ. Kiel, Suppl.* 3: 189 pp.
- STÖSSEL, A. and LEMKE, P. (1990)
Southern Ocean sea ice-mixed layer simulations. First report of the Sea Ice Numerical Experimentation Group, WCRP-45, WMO/TD-no. 384, app. 3: 1-15
- STÖSSEL, A., LEMKE, P. and OWENS, W.B. (1990)
Coupled sea ice-mixed layer simulations for the Southern Ocean. *J. Geophys. Res.* 95/C6: 9539-9555
- STRASS, V. H. (1990)
Meridional and seasonal variations in the satellite-sensed fraction of the euphotic zone chlorophyll contents. *J. Geophys. Res.* 95/C10: 18289-18301
- STRASS, V. H. (1990)
On the calibration of large-scale fluorometric chlorophyll measurements from towed undulating vehicles. *Deep Sea Res.* 37: 525-540
- THIEDE, J., PFIRMAN, S., SCHENKE, H.-W. and REIL, W. (1990)
Bathymetry of Molloy Deep: Fram Strait between Svalbard and Greenland. *Mar. Geophys. Res.* 12: 197-214

- THIEL, H., PFANNKUCHE, O., SCHRIEBER, G., LOCHTE, K., GOODAY, A.J., HEMLEBEN, C., MANTOURA, R.F.G., TURLEY, C.M., PATCHING, J.W. and RIEMANN, F. (1990)
Phytodetritus on the deep-sea floor in a central oceanic region of the northeast Atlantic. *Biol. Oceanogr.* 6: 203-239
- ULKEN, A. (1990)
Marine traustochytrids and chytridiomycetes in the North Sea area and in selected other regions. *Bibliotheca Mycologica* 137, Cramer bei Borntraeger, Berlin u. Stuttgart: 93 pp.
- ULKEN, A., VIQUEZ, R., VALIENTE, C. and CAMPOS, M. (1990)
Marine fungi (Chytridiomycetes and Thraustochytriales) from a mangrove area at Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38 (2A): 243-250
- VAN DER WAL, R.S.W., VAN DER BORG, K., OERTER, H., REEH, N., DEJONG, A.F.M. and OERLEMANS, J. (1990)
Progress in ¹⁴C dating of ice at Utrecht. *Nuclear instruments and methods in physics research B52*: 469-472
- VIEHOFF, T. (1990)
A shipborne AVHRR-HRPT receiving and image processing system for polar research. *Int. J. Remote Sensing* 11 (5): 887-886
- WAMSER, C. (1990)
Feldmessungen mit zwei verschiedenen Ultraschall-Meßsystemen. *VDI Schriftenreihe* 15: 55-66
- WEFER, G., FISCHER, G., FÜTTERER, D.K., GERSONDE, R., HONJO, S. and OSTERMANN, D. (1990)
Particle sedimentation and productivity in Antarctic waters of the Atlantic sector. In: *Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic* (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht.: 363-379
- WEIDICK, A., OERTER, H., REEH, N., THOMSEN, H.H. and THORNING, L. (1990)
The recession of the inland ice margin during the Holocene climatic optimum in the Jakobshavn Isfjord area of West Greenland. *Palaeogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol., Global Planet. Sect.* 82: 389-399
- WESTALL, F. and FENNER, J. (1990)
Polar front fluctuations and the upper Gauss to Brunhes paleoceanographic record in the southeast Atlantic Ocean. In: *Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic* (U. Bleil, J. Thiede, eds.). NATO ASI series C308, Kluwer, Dordrecht: 761-782
- WIENCKE, C. (1990)
Biologie antarktischer Makroalgen. Habilitationsschrift, Universität Bremen
- WIENCKE, C. (1990)
Seasonality of brown macroalgae from Antarctica - a long-term culture study under fluctuating Antarctic daylengths. *Polar Biol.* 10: 589-600
- WIENCKE, C. (1990)
Seasonality of red and green macroalgae from Antarctica - a long-term culture study under fluctuating Antarctic daylengths. *Polar Biol.* 10: 601-607
- WIENCKE, C. and CLAYTON, M.N. (1990)
Sexual reproduction, life history, and early development in culture of the Antarctic brown alga *Himantothallus grandifolius* (Desmarestiales, Phaeophyceae). *Phycologia.* 29 (1): 9-18
- WIENCKE, C. and DIECK, I. TOM (1990)
Temperature requirements for growth and survival of macroalgae from Antarctica and southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59: 157-170
- WIENCKE, C. and FISCHER, G. (1990)
Growth and stable carbon isotope composition of cold-water macroalgae in relation to light and temperature. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 65: 283-292
- WIESE, K. and MARSCHALL, H.P. (1990)
Sensitivity to vibration and turbulence of water in context with schooling in Antarctic krill *Euphausia suberba*. In: *Frontiers in crustacean neurobiology* (K. Wiese, ed.). Birkhäuser, Basel: 120-139
- WOLLENBURG, I., PFIRMAN, S. and LANGE, M.A. (1990)
Sediment in Eurasian Arctic sea ice. In: *Sea ice properties and processes: Proc. of the W.F. Weeks Sea Ice Symp.* (S.F. Ackley, W.F. Weeks, eds.). CRREL monograph 90-1: 102-106
- WOLFF, J.-O., IVCHENKO, V.O., KLEPIKOV, A.V. and OLBERS, D. (1990)
On the dynamics of zonal flow in the ocean. *Dokladi Akademii Nauk, USSR* 313 (3): 705-710
- WOLFF, J.-O., IVCHENKO, V.O., KLEPIKOV, A.V. and OLBERS, D. (1990)
On the influence of bottom topography on dynamics of zonal flow in the ocean. *Dokladi Akademii Nauk, USSR* 313 (4): 970-974

Berichte

- ALTENBACH, A.V., HEEGER, T., LINKE, P., SPINDLER, M. and THIES, A. (1990)
Milionella subrotunda (Montague 1803), a miliolid foraminifer building large agglutinated tubes for a temporary epibenthic lifestyle. *SFB 313 Berichtsband* 88-89-90: 587-602

FÜTTERER, D.K. (1990)

Marine Geowissenschaften an der Universität Bremen und dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven. Geowissenschaften: Mitteilung d. Senatskomm. f. Geowiss. Gemeinschaftsforsch. 18: 35-44

GRADINGER, R. (1990)

Zur Bedeutung des Pico- und Nanoplanktons in polaren Regionen am Beispiel der Grönländischen See. Ber. Inst. Meereskunde Kiel 196: 162 S.

HILLER, W. (1990)

Klimaforschung am AWI: eine Darstellung ausgewählter Forschungsergebnisse und neuer Methoden zur effizienten numerischen Simulation. In: Supercomputing - das neue Werkzeug für Wissenschaft und Forschung (Veröffentl. d. Rechenzentrums Stuttgart)

JARRE, A., PALOMARES, M.L., SORIANO, M.L., SAMBILAY, V.C. Jr. and PAULY, D. (1990)

A user's guide to MAXIMS: estimating fish food consumption from diel stomach contents data and population parameters. ICLARM Software 4: 27 pp. & zwei 5,25" 360K Programm-Disketten

KNUST, R. (1990)

Ernährung der Kliesche (*Limanda limanda* (L.)) in der zentralen und südlichen Nordsee und die Bedeutung des Ernährungszustandes für Erkrankungen dieses Fisches. Veröff. Inst. Küst. Binnenfisch. Hamburg 102: 184 pp.

LANGE, M.A. und OLBERS, D. (1990)

Global Change - unsere Welt im Wandel. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn: 52 pp.

SCHENKE, H.W. (1990)

Die Fächersonaranlage Hydrosweep: ein neues System zur flächenhaften Vermessung des Meeresbodens. Geowiss. 8 (6): 161-169

1991

AAGARD, K., FAHRBACH, E., MEINCKE, J. and SWIFT, J.H. (1991)

Saline outflow from the Arctic Ocean: its contribution to the deep waters of the Greenland, Norwegian, and Iceland Seas. J. Geophys. Res. 96/C11: 20433-20441

ABELMANN, A. and GERSONDE, R. (1991)

Biosiliceous particle flux in the Southern Ocean. Mar. Chem. 35 (1-4): 503-536

ARNTZ, W.E. und FAHRBACH, E. (1991)

El Niño: Klimaexperiment der Natur: Physikalische Ursachen und biologische Folgen. Birkhäuser, Basel: 264 pp.

ARNTZ, W.E. and GORNY, M. (1991)

Shrimp (Decapoda, Natantia) occurrence and distribution in the eastern Weddell Sea, Antarctica. Polar Biol. 11: 169-177

ARNTZ, W., PEARCY, W.G. and TRILLMICH, F. (1991)

Biological consequences of the 1982-83 El Niño in the eastern Pacific. In: Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress (F. Trillmich, K.A. Ono, eds.). Ecological studies 88, Springer, Berlin: 22-42

ARNTZ, W.E., TARAZONA, J., GALLARDO, V.A., FLORES, L.A. and SALZWEDEL, H. (1991)

Benthos communities in oxygen deficient shelf and upper slope areas of the Peruvian and Chilean Pacific coast, and changes caused by El Niño. In: Modern and ancient continental shelf anoxia (R.V. Tyson, T.H. Pearson, eds.). Geol. Soc. spec. publ. 58: 131-154

AUGSTEIN, E. (1991)

Die Bedeutung des Ozeans für das irdische Klima. In: Dynamik umweltrelevanter Systeme (K. Hutter, Hrsg.). Springer, Heidelberg: 141-169

AUGSTEIN, E. (1991)

The role of the Arctic regions in global climatic changes. In: Energy and Environment. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA: 25-28

BARTHEL, D., GUTT, J. and TENDAL, O. (1991)

Photographical documentation of Antarctic sponges in situ: biological information bottom trawls fail to provide. Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 303-307

BATHMANN, U.V., FISCHER, G., MÜLLER, P.J. and GERDES, D. (1991)

Short-term variations in particulate matter sedimentation off Kapp Norvegia, Weddell Sea, Antarctica: relation to water mass advection, ice cover, plankton biomass and feeding activity. Polar Biol. 11: 185-195

- BATHMANN, U.V., NOJI T.T. and BODUNGEN, B.v. (1991)
Sedimentation of pteropods in the Norwegian Sea in autumn. *Deep-Sea Res.* 38: 1341-1360
- BEHRMANN, G. (1991)
The nervous end-corpuscle in the post-bullar sense organ of the harbour porpoise *Phocoena phocoena*. *Lutra* 34: 37-39
- BEHRMANN, G. (1991)
The nervous end-corpuscle of the rostral sense organ of the harbour porpoise *Phocoena phocoena*. *Lutra* 34: 40-42
- BEHRMANN, G., GROTRIAN-PAHL, L. und TIMM, W. (1991)
Nordseemuseum. Nordwestdt. Verl.-ges., Bremerhaven: 88 pp.
- BODUNGEN, B. v., BATHMANN, U., VOSS, M. and WUNSCH, M. (1991)
Vertical particle flux in the Norwegian Sea - resuspension and interannual variability. In: *Sediment trap studies in the nordic countries: Proc. of the Symp. Sediment Traps in Marine Ecological Research and Monitoring, Fiskebäckskil, Sweden, 1990* (P. Wassmann, A.-S. Heiskanen, O. Lindahl, eds), 2: 116-136
- BOHRMANN, G. and EHRMANN, W.U. (1991)
Analysis of sedimentary facies using bulk mineralogical characteristics of Cretaceous to Quaternary sediments from the Kerguelen Plateau: sites 737, 738, and 744. *Proc. ODP, Sci. Results* 119: 211-223
- BOTZ, R. and BOHRMANN, G. (1991)
Low-temperature opal-CT precipitation in Antarctic deep-sea sediments: evidence from oxygen isotopes. *Earth Planet. Sci. Lett.* 107: 612-617
- BREY, T. (1991)
Population dynamics of *Sterechinus antarcticus* (Echinodermata: Echinoidea) on the Weddell Sea shelf and slope, Antarctica. *Antarct. Sci.* 3 (3): 251-256
- BREY, T. (1991)
The relative significance of biological and physical disturbance: an example from intertidal and subtidal sandy bottom communities. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 33: 339-360
- BREY, T. and Gutt, J. (1991)
The genus *Sterechinus* (Echinodermata: Echinoidea) on the Weddell Sea shelf and slope (Antarctica): distribution, abundance and biomass. *Polar Biol.* 11: 227-232
- BRÜNING, C., ALPERS, W. and SCHRÖTER, J. (1991)
On the focussing issue of synthetic aperture radar imaging of ocean waves. *IEEE Transact. on Geoscience and Remote Sensing* 29: 120-128
- BURNS, B. and VIEHOFF, T. (1991)
Merging AVHRR and SSM/I data: an example for ice concentration analysis in the Weddell Sea. In: *Proc. 14. Can. Symp. on Remote Sensing, Calgary., Alberta, Canada: 371-380*
- DAVIS, E.E., HOREL, G.C., MacDONALD, R.D., VILLINGER, H., BENNETT, R.H. and LI, H. (1991)
Pore pressures and permeabilities measured in marine sediments with a tethered probe. *J. Geophys. Res.* 96/B4: 5975-5984
- DeBROYER, C. and KLAGES, M. (1991)
A new *Epimeria* (Crustacea, Amphipoda, Paramphithoidae) from the Weddell Sea. *Antarct. Sci.* 3: 159-166
- DERSCH, M. und STEIN, R. (1991)
Paläoklima und paläoozeanische Verhältnisse im SW-Pazifik während der letzten 6 Millionen Jahre (DSDP-Site 594, Chatham Rücken, östlich Neuseeland). *Geol. Rdsch.* 80: 535-556
- DETERMANN, J. (1991)
Numerical modeling of ice shelf dynamics. *Antarct. Sci.* 3: 187-195.
- DIECKMANN, G., LANGE, M., ACKLEY, S.F. and JENNINGS, J. Jr. (1991)
The nutrient status in sea ice of the Weddell Sea during winter: effects of sea ice texture and algae. *Polar Biol.* 11: 449-456
- DIECKMANN, G.S., SPINDLER, M., LANGE, M.A., ACKLEY, S.F. and EICKEN, H. (1991)
Antarctic sea ice: a habitat for the foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma*. *J. Foramin. Res.* 21: 182-189
- DIESTER-HAASS, L. (1991)
Eocene/Oligocene paleoceanography in the Antarctic Ocean, Atlantic sector (Maud Rise, ODP leg 113, site 689B and 690B). *Mar. Geol.* 100: 249-276
- DITTRICH, B. (1991)
Biochemical composition of the parasitic amphipod *Hyperia galba* in relation to age and starvation. *J. Comp. Physiol.* B161: 441-449
- DUFFY, T.S., AHRENS, T.J. and LANGE, M.A. (1991)
The shock wave equation of brucite Mg(OH)₂. *J. Geophys. Res.* 96/B9: 14319-14330
- EHRMANN, W.U. (1991)
Implications of sediment composition on the southern Kerguelen Plateau for paleoclimate and depositional environment. *Proc. ODP, Sci. Results* 119: 185-210
- EHRMANN, W.U. and GROBE, H. (1991)
Cyclic sedimentation at sites 745 and 746. *Proc. ODP, Sci. Results* 119: 225-237
- EHRMANN, W.U., GROBE, H. and FÜTTERER, D.K. (1991)
Late Miocene to Holocene glacial history of East Antarctica

- revealed by sediments from sites 745 and 746. Proc. ODP, Sci. Results 119: 239-259
- EICKEN, H. and LANGE, M.A. (1991)
Image analysis of sea-ice thin sections: a step towards automated texture classification. Ann. Glaciol. 15: 204-209
- EICKEN, H., LANGE, M.A. and DIECKMANN, G.S. (1991)
Spatial variability of sea-ice properties in the northwestern Weddell Sea. J. Geophys. Res. 96/C6: 10603-10615
- EICKEN, H., ACKLEY, S.F., RICHTER-MENGE, J.A. and LANGE, M.A. (1991)
Is the strength of sea ice related to its chlorophyll content? Polar Biol., 11: 347-350
- EKAU, W. (1991)
Reproduction in high Antarctic fishes (*Notothenioidei*). Meeresforsch. 33: 159-167
- EKAU, W. and GUTT, J. (1991)
Notothenioid fishes from the Weddell Sea and their habitat, observed by underwater photography and television. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 4, Tokyo 1989: 36-49
- ERNST, W. and KLAGES, M. (1991)
Bioconcentration and biotransformation of ¹⁴C-g-hexachlorocyclohexane and ¹⁴C-hexachlorobenzene in the Antarctic amphipod *Orchomene plebs* (Hurley, 1965). Polar Biol. 11: 249-252
- ERNST, W., WEIGELT, S., ROSENTHAL, H. and HANSEN, P.-D. (1991)
Testing bioconcentration of organic chemicals with the common mussel, *Mytilus edulis*. In: Bioaccumulation in aquatic systems (R. Nagel, R. Loskill, eds.). VCH, Weinheim: 99-132
- FABIAN, R., NEUBER, R., KRÜGER, B.C. and BRAATHEN, G. (1991)
Atmospheric ozone abundances measured in Ny-Ålesund/ Spitsbergen in winter 89/90. Air Poll. Rep. 34, 53-56
- FAHRBACH, E., KNOCH, E.M. and ROHARDT, G. (1991)
An estimate of water mass transformation in the southern Weddell Sea. Mar. Chem. 35: 25-44
- FAHRBACH, E., TRILLMICH, F. and ARNTZ, W. (1991)
The time sequence and magnitude of physical effects of El Niño in the eastern Pacific. In: Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress (F. Trillmich, K.A. Ono, eds.). Ecological studies 88, Springer, Berlin: 8-21
- GARCIA, C.B. and SALZWEDEL, H. (1991)
Structure of soft-bottom macrobenthos in shallow areas off the Caribbean coast of Colombia: introducing a new analysis strategy. In: Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons. ECSA 19 Symp. (M. Elliott, J.-P. Ducrottoy, eds.). Olsen & Olsen, Fredensborg: 239-249
- GERDES, R. and WÜBBER, C. (1991)
Seasonal variability of the North Atlantic Ocean - a model inter-comparison, J. Phys. Oceanogr. 21: 1300-1322
- GERDES, R., KÖBERLE, C. and WILLEBRAND, J. (1991)
The influence of numerical advection schemes on the results of ocean general circulation models. Climate Dynamics 5: 211-226
- GOERKE, H. and WEBER, K. (1991)
Bromophenols in *Lanice conchilega* (Polychaeta, Terebellidae): the influence of sex, weight and season. Bull. Mar. Sci. 48 (2): 517-523
- GOERKE, H., EMRICH, R., WEBER, K. and DUCHENE, J.-C. (1991)
Concentrations and localization of brominated metabolites in the genus *Thelepus* (Polychaeta: Terebellidae). Comp. Biochem. Physiol. 99B (1): 203-206
- GRABEMANN, I. and KRAUSE, G. (1991)
Suspended matter transports in a tidal estuary on time scales between minutes and months. In: Internat. Symp. on The Transport of Suspended Sediments and its Mathematical Modelling, Florence 1991. Int. Ass. Hydraulic Res.: 349-361
- GRADINGER, R.R. and BAUMANN, M.E.M. (1991)
Distribution of phytoplankton communities in relation to the large-scale hydrographical regime in the Fram Strait. Mar. Biol. 111: 311-321
- GROSSMANN, S. and REICHARDT, W. (1991)
Impact of *Arenicola marina* on bacteria in intertidal sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 77: 85-93
- GROSSMANN, S. and REICHARDT, W. (1991)
Limitations of nalidixic acid dependent viable direct counts in sediment samples. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8: 92-96
- GÜNTHER, C.-P. (1991)
Settlement of *Macoma balthica* on an intertidal sandflat in the Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 76: 73-79
- GUTT, J. (1991)
On the distribution and ecology of holothurians on the Weddell Sea shelf (Antarctica). Polar Biol. 11: 145-155
- GUTT, J. and PIEPENBURG, D. (1991)
Dense aggregations of three deep-sea holothurians in the southern Weddell Sea, Antarctica. Mar. Ecol. Prog. Ser. 68: 277-285
- GUTT, J., GORNY, M. and ARNTZ, W. (1991)
Quantitative observations on Antarctic shrimps (Crustacea: Decapoda) in their natural environment analyzed by means of underwater photography. Antarct. Sci. 3: 363-369
- HAMBREY, M.J. (1991)
Structure and dynamics of the Lambert-Amery Ice Shelf System: implications for the origin of Prydz Bay sediments. Proc. ODP, Sci. Results 119: 61-75

- HAMBREY, M.J., EHRMANN, W.U. and LARSEN, B. (1991)
Cenozoic glacial record of the Prydz Bay continental shelf, East Antarctica. Proc. ODP, Sci. Results 119: 77-132
- HARDER, T.C., PLÖTZ, J. and LIESS, B. (1991)
Antibodies against european phocine herpesvirus isolates detected in sera of Antarctic seals. Polar Biol. 11: 509-512
- HEIDELBERG, G., KOHNEN, H., KRÖMER, I., LEHMANN, D. and ZASTROW, F. (1991)
Vertical axis wind turbine with integrated magnetic generator. In: Proc. Fourth Symp. on Antarctic Logistics and Operations, São Paulo, Brazil, 1990 (H. Kohnen, J. Teixeira, eds.): 72-82
- HELLMER, H.H. and OLBERS, J. (1991)
On the thermohaline circulation under the Filchner-Ronne Ice Shelves. Antarct. Sci. 3 (4): 433-442
- HELMERS, E., MART, L. and SCHREMS, O. (1991)
Lead in Atlantic surface waters as a tracer for atmospheric input. Fresenius J. Anal. Chem. 340: 580-584
- HELMKE, E. and WEYLAND, H. (1991)
Effect of temperature on extracellular enzymes occurring in permanently cold marine environments. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8: 198-204
- HEMPEL, G., Hrsg. (1991)
Biologie der Meere. Spektrum Akad. Verl., Heidelberg: 223 pp.
- HEMPEL, G. (1991)
Deutsche Polarforschung - globale Forschungsaufgaben in Arktis und Antarktis. Nauticus 39 (H. Kampe, Hrsg.): 173-187
- HEMPEL, G. (1991)
Life in the Antarctic sea ice zone. Polar Rec. 27 (162): 249-54
- HEMPEL, G. (1991)
Perspectives of marine research in Europe. In: Europe's Maritime Interests Conference: report and proceedings (J.v. Scherpenberg, ed.). Stiftung Wissenschaft und Politik, Ebenhausen: 83-96
- HILLER, W. und BEHRENS, J. (1991)
Parallelisierung von Mehrgitteralgorithmen auf der Alliant FX/80 In: Parallelisierung komplexer Probleme - Einsatz von Parallelrechnern in Forschung und Industrie (H.W. Meuer, Hrsg.). Springer, Berlin: 37-82
- HINZ, K., MEYER, H. and MILLER, H. (1991)
North-east Greenland shelf north of 79°N: results of a reflection seismic experiment in sea. Mar. Petrol. Geol. 8: 461-467
- HIRCHE, H. J. (1991)
Distribution of dominant calanoid copepod species in the Greenland Sea during late fall. Polar Biol. 11: 351-362
- HIRCHE, H.-J., BAUMANN, M., KATTNER, G. and GRADINGER, R. (1991) Plankton distribution and the impact of copepod grazing on primary production in Fram Strait, Greenland Sea. J. Mar. Syst. 2: 477-494
- HUBBERTEN, H.-W, MORCHE, W., WESTALL, F., FÜTTERER, D.K. and KELLER, J. (1991)
Geochemical investigations of volcanic ash layers from southern Atlantic legs 113 and 114. Proc. ODP., Sci. Results 114: 733-749
- HUYBRECHTS, P., LETREGUILLY, A. and REEH, N. (1991)
The Greenland ice sheet and greenhouse warming. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., Global and Planet. Change Sect. 89: 399-412
- JACOB, A., KIRST, G.O., WIENCKE, C. and LEHMANN, H. (1991) Physiological responses of the Antarctic green alga *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* to salinity stress. J. Plant Physiol. 139: 57-62
- JAEGER, K., WIERZEJEWSKA-HNAT, M. and SCHREMS, O. (1991)
Photolysis studies of water/ozone complexes in low temperature matrices. Ann. Geophys., suppl. to vol. 9: C346
- JAEGER, K., WELLER, R. and SCHREMS, O. (1991)
Photooxidation of carbonyl sulfide (OCS) by ozone: studies of the reaction mechanisms in the gas phase and solid argon matrices. Air Poll. Rep. 34: 151-156
- JANSSEN, H.H. (1991)
Die rätselhaften Augen der antarktischen *Lissarca notorcadensis*. Mikrokosmos 80: 109-112
- JANSSEN, H.H. (1991)
Sipunculids from the reef off Mactan Island (Visayas, central Philippines). Phil. Scient. 27: 11-18
- JANSSEN, H.H. (1991)
The Winkler Procedure - some practical aspects. Phil. Scient. 26: 29-47
- JANSSEN, H.H. and DALLINGER, R. (1991)
Diversification of cadmium-binding proteins due to different levels of contamination in *Arion lusitanicus*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 20: 132-137
- JARRE, A., CLARKE, M.L. and PAULY, D. (1991)
Re-examination of growth of antarctic squids: The case of *Kondakovia longimana* (Onychoteuthidae). ICES J. Mar. Sci. 48 (2): 195-200
- JARRE, A., MUCK, P. and PAULY, D. (1991)
Two approaches for modelling fish stock interactions in the Peruvian upwelling ecosystem. ICES Mar. Sci. Symp. 193: 171-184
- JARRE, A., PALOMARES, M.L., SAMBILAY, V.C. Jr., SORIANO, M. and PAULY, D. (1991)
Some new analytical and comparative methods for estimating the food consumption of fishes. ICES Mar. Sci. Symp. 193: 99-108

- JICKELLS, T.D., BLACKBURN, T.H., BLANTON, J.O., EISMA, D., FOWLER, S.W., MANTOURA, R.F.C., MARTENS, C.S., MOLL, A., SCHAREK, R., SUZUKI, Y. and VAULOT, D. (1991) What determines the fate of materials within ocean margins? In: Ocean margin processes in global change (R.F.C. Mantoura, J.-M. Martin, R. Wollast, eds.). Dahlem workshop reports 9, Wiley & Sons, Chichester: 211-234
- JORDAN, R., LIGOWSKI, R., NÖTHIG, E.-M. and PRIDDLE, J. (1991) The diatom genus *Proboscia* in Antarctic waters. *Diatom Res.* 6 (1): 63-78
- KARSTEN, U., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1991) The effect of salinity changes upon the physiology of eulittoral green macroalgae from Antarctica and southern Chile. I. Cell viability, growth, photosynthesis and dark respiration. *J. Plant Physiol.* 138: 667-673
- KARSTEN, U., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1991) The effect of salinity changes upon the physiology of eulittoral green macroalgae from Antarctica and southern Chile. II. Intracellular inorganic ions and organic compounds. *J. Exp. Bot.* 42 (245): 1533-1539
- KARSTEN, U., WIENCKE, C. and KIRST, G.O. (1991) Growth pattern and β -dimethylsulphoniopropionate (DMSP) content of green macroalgae at different irradiances. *Mar. Biol.* 108: 151-155
- KARSTEN, U., THOMAS, D.N., WEYKAM, G., DANIEL, C. and KIRST, G.O. (1991) A simple and rapid method for extraction and separation of low molecular weight carbohydrates from macroalgae using high-performance liquid chromatography. *Plant Physiol. Biochem.* 29 (4): 373-378
- KATTNER, G. and BECKER, H. (1991) Nutrients and organic compounds in the marginal ice zone of the Fram Strait. *J. Mar. Syst.* 2: 385-394
- KEENE, N.K., SMITH, W.O. and KATTNER, G. (1991) Nitrogen uptake in two frontal areas in the Greenland Sea. *Polar Biol.* 11: 219-225
- KELLERMANN, A. and SCHADWINKEL, S. (1991) Winter aspects of the ichthyoplankton community in Antarctic Peninsula waters. *Polar Biol.* 11: 117-127
- KOESTLER, A.G. and EHRMANN, W.U. (1991) Description of brittle extensional features in chalk on the crest of a salt ridge (NW Germany). In: The geometry of normal faults (A.M. Roberts, G. Yielding, B. Freeman, eds.). *Geol. Soc. Spec. Publ.* 56: 113-123
- KOHNEN, H. and TEXEIRA, J., eds. (1991) Proc. of Fourth Symposium on Antarctic Logistics and Operations, Sao Paulo, Brazil, 1990: 312 pp.
- KURBJEWIT, F. and BUCHHOLZ, C. (1991) Structures and suspected functions of antennular sensilla and pores of three Arctic copepods (*Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Paraeuchaeta norvegica*). *Meeresforsch.* 33: 168-182
- LAATSCH, H., KELLNER, M. and WEYLAND, H. (1991) Butyl-*Meta*-Cycloheptylprodiginine - a revision of the structure of the former *Ortho*-Isomer. *J. Antibiot.* 44 (2): 187-191
- LANGE, M.A. and EICKEN, H. (1991) The sea ice thickness distribution in the northwestern Weddell Sea. *J. Geophys. Res.* 96/C3: 4821-4837
- LANGE, M.A. and EICKEN, H. (1991) Textural characteristics of sea ice and the major mechanisms of ice growth in the Weddell Sea. *Ann. Glaciol.* 15: 210-215
- LEGUTKE, S. (1991) A numerical investigation of the circulation in the Greenland and Norwegian Seas. *J. Phys. Oceanogr.* 21 (1): 118-148
- LEGUTKE, S. (1991) Numerical experiments relating to the "Great Salinity Anomaly" of the seventies in the Greenland and Norwegian seas. *Prog. Oceanogr.* 27 (4): 341-363
- LEMKE, P. and VIEHOFF, T. (1991) Anwendungen der Fernerkundung in der Meereisforschung. *Geowiss.* 9: 266-271
- LETREGUILLY, A., HUYBRECHTS, P. and REEH, N. (1991) Steady-state characteristics of the Greenland ice sheet under different climates. *J. Glaciol.* 37 (125): 149-157
- LETREGUILLY, A., REEH, N. and HUYBRECHTS, P. (1991) The Greenland ice sheet through the last glacial-interglacial cycle. *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., Global Planet. Change Sect.* 90: 385-394
- LIESACK, W., WEYLAND, H. and STACKEBRANDT, E. (1991) Potential risks of gene amplification by PCR as determined by 16S rDNA analysis of a mixed culture of strict barophilic bacteria. *Microb. Ecol.* 21: 191-198
- LOCHTE, K. (1991) Protozoa as makers and breakers of marine aggregates. In: Protozoa and their role in marine processes (P.C. Reid, C.M. Turley, P.H. Burkil, eds.). NATO ASI series G25, Springer, Berlin: 327-346
- MACKENZIE, F.T., BEWERS, J.M., CHARLSON, R.J., HOFMANN, E.E., KNAUER, G.A., KRAFT, J.C., NÖTHIG, E.-M., QUACK, B., WALSH, J.J., WHITFIELD, M. and WOLLAST, R. (1991)

- What is the importance of ocean margin processes in global change? In: Ocean margin processes in global change (R.F.C. Mantoura, J.-M. Martin, R. Wollast, eds.). Dahlem workshop reports 9, Wiley & Sons, Chichester: 433-454
- MONTY, C.L.V., WESTALL, F. and VAN DER GAST, S. (1991) Diagenesis of silicious particles in subantarctic sediments, hole 699A: possible microbial mediation. Proc. ODP, Sci. Results 114: 685-710
- MORCHE, W., HUBBERTEN, H.-W., EHRMANN, W.U. and KELLER, J. (1991) Geochemical investigations of volcanic ash layers from leg 119, Kerguelen Plateau. Proc. ODP, Sci. Results 119: 323-344
- NEUBER, R. and KRÜGER, B. (1991) Observation of polar stratospheric clouds above Spitsbergen. Air Poll. Rep. 34: 197-202
- NEUBER, R. and KÜNZI, K. (1991) Ozone and related measurements in Ny-Ålesund, Spitsbergen. Ann. Geophys., suppl to vol. 9: C337
- NEUBER, R., KRÜGER, B.C. and SCHREMS, O. (1991) Remote measurements of ozone concentration and aerosols in the Arctic stratosphere. Fresenius J. Anal. Chem. 340: 650-653
- NEUBER, R., VON DER GATHEN, P. and FABIAN, R. (1991) Recent measurements of aerosol and ozone profiles at Spitsbergen. Ann. Geophys., suppl. to vol. 9: C340
- NÖTHIG, E.-M. and GOWING, M.M. (1991) Late winter abundance and distribution of phaeodarian radiolarians, other large protozooplankton and copepod nauplii in the Weddell Sea, Antarctica. Mar. Biol. 111: 473-484
- NÖTHIG, E.M., BODUNGEN, B.v. and SUI, Q. (1991) Phyto- and protozooplankton biomass during austral summer in surface waters of the Weddell Sea and vicinity. Polar Biol. 11: 293-304
- NÖTHIG, E.-M., BATHMANN, U., JENNINGS, J.C. Jr., FAHRBACH, E., GRADINGER, R., GORDON, L.I. and MAKAROV, R. (1991) Regional relationships between biological and hydrographical properties in the Weddell Gyre in late austral winter 1989. Mar. Chem. 35: 325-336
- NOTHOLT, J., CAPPELLANI, F., ROESDAHL, H. and RESTELLI, G. (1991) Absolute infrared band intensities and air broadening coefficient for spectroscopic measurements of formic acid in air. Spectrochim. Acta A 47A (3/4): 477-483
- NOTHOLT, J., HJORTH, J. and RAES, F. (1991) Formation of HNO₂ on aerosol surfaces during foggy periods in the presence of NO and NO₂. Atmosph. Environ. 26A: 211-217
- O'KANE, J.P., CHURCH, T.M., FRASCARI, F., GOLDBERG, E.D., HAINBUCHER, D., HALIM, Y., HOLLIGAN, P.M., HSÜ, K.J., KROM, M.D., PEERBOLTE, E.B., SMETACEK, V. and STEELE, J.H. (1991) What is the response of ocean margin systems to natural and anthropogenic perturbations? In: Ocean margin processes in global change (R.F.C. Mantoura, J.-M. Martin, R. Wollast, eds.). Dahlem workshop reports 9, Wiley & Sons, Chichester: 349-364
- OHMURA, A. and REEH, N. (1991) New precipitation and accumulation maps for Greenland. J. Glaciol. 37 (125): 140-148
- PLÖTZ, J., EKAU, W. and REIJNDERS, P.J.H. (1991) Diet of Weddell seals *Leptonychotes Weddellii* at Vestkapp, eastern Weddell Sea (Antarctica), in relation to local food supply. Mar. Mammal Sci. 7 (2): 136-144
- REEH, N., OERTER, H., LETREGUILLY, A., MILLER, H. and HUBBERTEN, H.-W. (1991) A new detailed ice-age oxygen-18 record from the ice-sheet margin in Central West Greenland. Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleocol., Global Planet. Change Sect. 90: 373-383
- REICHARDT, W., PIKER, L. JUTERZENKA, K.v., HEISE, S., GROSSMANN, S. and BUSSMANN, I. (1991) Burrowing macrozoobenthos as major determinant of bacteria in sediments. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8: 86-91
- RHEINHEIMER, G., GÖCKE, K., HOPPE, H.-G., LOCHTE, K. and MEYER-REIL, L.-A. (1991) Distribution and activity of microorganisms in the sea. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8: 64-76
- RIEBESELL, U. (1991) Particle aggregation during a diatom bloom. I. Physical aspects. Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 273-280
- RIEBESELL, U. (1991) Particle aggregation during a diatom bloom. II. Biological aspects. Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 281-291
- RIEBESELL, U., SCHLOSS, I. and SMETACEK, V. (1991) Aggregation of algae released from melting sea ice: implications for seeding and sedimentation. Polar Biol. 11: 239-248
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1991) The abyssal sea anemone *Kadosactis sulcata* Carlgren 1934 (Cnidaria: Actiniaria: Kadosactidae nov. fam.). Senckenbergiana marit. 21 (5/6): 191-204
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1991) The benthic deep-water siphonophore *Rhodalia miranda* and other coelenterates in the south-west Atlantic: ecological and oceanographical implications. Hydrobiol. 216/217: 481-487

- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1991)
A new species of *Sicyonis* (Actiniaria: Actinostolidae) from the abyssal NE Atlantic. Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst. 88: 7-15
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. and GALLARDO, V.A. (1991)
A new species of sea anemone (*Saccactis coliumensis* n. sp.) living under hypoxic conditions on the central Chilean shelf. Helgol. Meeresunters. 44: 445-457
- RIEPER-KIRCHNER, M., HINZ, K. and BIDDANDA, B. (1991)
Ingestion of microbially-synthesized organic aggregates and egestion of fecal pellets by marine harpacticoid copepods. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 8: 257-263
- RUTGERS VAN DER LOEFF, M.M. and BERGER, G.W. (1991)
Scavenging and particle flux: seasonal and regional variations in the southern ocean (Atlantic sector). Mar. Chem. 35: 553-568
- SANDER, J. and HUTTER, K. (1991)
On the development of the theory of the solitary wave: a historical essay. Acta Mechanica 86: 111-152
- SCHLÜTER, M. (1991)
Organic carbon flux and oxygen penetration in the sediments of the Weddell Sea: indicators for regional differences in export production. Mar. Chem. 35: 569-580
- SCHNACK-SCHIEL, S.B., HAGEN, W. and MIZDALSKI, E. (1991)
Seasonal comparison of *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* (Copepoda: Calanoida) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. Mar. Ecol. Prog. Ser. 70: 17-27
- SCHREMS, O. (1991)
Monitoring of atmospheric trace compounds in Antarctica. In: Kongreßhandbuch Geotechnica (A.-Wegener-Stiftung, Hrsg.). Flock, Köln: 119-121
- SCHRIVER, L., SCHRIVER, A., PEIL, S. and SCHREMS, O. (1991)
Hydrogen-bonded complexes of perfluoro-t-Butanol with acetone and nitromethane in low temperature solutions and matrices. Can. J. Chem. 69: 1520-1527
- SCHRIVER, L., CARRERE, D., SCHRIVER, A. and JAEGER, K. (1991)
Matrix-isolation photolysis of sulfur dioxide, ozone, and water: evidence for the water-sulfur trioxide complex (H₂O:SO₃). Chem. Phys. Lett. 181: 505-511
- SCHULZ-BALDES, M., KNAUTH, H.-D. and SCHROEDER, F. (1991)
Sensor technologies related to automated measurement of chemical parameters. In: Proc. 1st International Environment Northern Seas Conference and Exhibition, Stavanger 1991 (J. Mykletun, L. Nærlund, eds.), 5: 81-90
- SEILER, U. (1991)
Periodic changes of the Angular Momentum Budget due to the tides of the world ocean. J. Geophys. Res. 96/B6: 10287-10300
- SEILER, U., WENZEL, M. and SCHRÖTER, J. (1991)
Assimilation of GEOSAT altimeter data into a quasigeostrophic model. Ocean Modelling 90: 2-5
- SMETACEK, V. (1991)
Die Primärproduktion der marinen Plankton-Algen. Spektrum Wiss. H.11: 52-63
- SMETACEK, V. (1991)
Trophic behaviour - session summary. In: Protozoa and their role in marine processes (P.C. Reid, C.M. Turley, P.H. Burkill, eds.). NATO ASI series G25, Springer, Berlin: 195-203
- SMETACEK, V., BATHMANN, U., NÖTHIG, E.M. and SCHAREK, R. (1991)
Coastal eutrophication: causes and consequences. In: Ocean margin processes in global change (R.F.C. Mantoura, J.-M. Martin, R. Wollast, eds.). Dahlem Workshop reports 9, Wiley and Sons, New York: 251-279
- SPINDLER, M. (1991)
Mikroorganismen in extremen Lebensräumen - polares Meereis. Biologie in unserer Zeit (BIUZ) 21: 49-51
- SPINDLER, M. and DIECKMANN, G. (1991)
Das Meereis als Lebensraum. Spektrum Wiss. H.2: 48-57
- STEIN, R. (1991)
Accumulation of organic carbon in marine sediments: results from the Deep Sea Drilling Project/ Ocean Drilling Program (DSDP/ODP). Lect. Notes Earth Sci. 34, Springer, Berlin: XIII, 217 pp.
- STEIN, R. (1991)
Organic carbon accumulation in Baffin Bay and paleoenvironment in high northern latitudes during the past 20 m. y. Geology 19: 356-359
- STEIN, R. and STAX, R. (1991)
Late Quaternary organic carbon cycles and paleoenvironment in the northern Labrador Sea (ODP-site 646). Geo-Mar. Lett. 11: 90-95
- STOLPE, U., WIENCKE, C., CLAYTON, M. and LEHMANN, H. (1991)
Life history, morphology and development of a ligulate *Desmaestia* species from southernmost Chile. Br. phycol. J. 26: 235-245
- STRASS, V.H. and WOODS, J.D. (1991)
New production in the summer revealed by the meridional slope of the deep chlorophyll maximum. Deep Sea Res. 38: 35-56
- TAN, T. and RÜGER, H.-J. (1991)
Biomass and nutritional requirements of psychrotrophic bacterial

- communities in Fram Strait and western Greenland Sea. *Kieler Meeresforsch.*, Sonderh. 8: 219-224
- TARAZONA, J., CANAHUIRE, E., SALZWEDEL, H., JERI, T., ARNTZ, W. and CID, L. (1991)
Macrozoobenthos in two shallow areas of the Peruvian upwelling ecosystem. In: *Estuaries and coasts: spatial and temporal inter-comparisons*. ECSA 19 Symp. (M. Elliott, J.-P. Ducrotoy, eds.). Olsen & Olsen, Fredensborg: 251-258
- THIERSTEIN, H.R., ASARO, F., EHRMANN, W.U., HUBER, B., MICHEL, H., SAKAI, H. and SCHMITZ, B. (1991)
The Cretaceous/Tertiary boundary at site 738, southern Kerguelen Plateau. *Proc. ODP, Sci. Results* 119: 849-867
- THOMAS, D.N. and KIRST, G.O. (1991)
Differences in osmoacclimation between sporophytes and gametophytes of the brown alga *Ectocarpus siliculosus*. *Physiol. Plantarum* 83: 281-289
- THOMAS, D.N. and KIRST, G.O. (1991)
Salt tolerance of *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb: comparison of gametophytes, sporophytes and isolates of different geographic origin. *Botanica Acta* 104: 26-36
- THOMAS, D.N. and WIENCKE, C. (1991)
Photosynthesis, dark respiration and light independent carbon fixation of endemic Antarctic macroalgae. *Polar Biol.* 11: 329-337
- TYBURCZY, J.T., DUFFY, T.S., AHRENS, T.J. and LANGE, M.A. (1991)
Shock wave equation of state of serpentine to 150 GPA: implications for the occurrence of water in the earth's lower mantle. *J. Geophys. Res.* 96/B11: 18011-18027
- TÜG, H. (1991)
An autonomous Antarctic observing station. In: *Proc. Fourth Symp. on Antarctic Logistics and Operations*, Sao Paulo, Brazil, 1990 (H. Kohnen, J. Texeira, eds.): 278-286
- UENZELMANN-NEBEN, G. (1991)
Cenozoic subsidence of the outer Vøring Plateau. *Mar. Geol.* 101: 1-9
- URBAN, H.-J. (1991)
Preliminary estimates of growth parameters for three commercial bivalve species of Peru (*Gari solida*, *Aulacomya ater* and *Semele solida*). *Fishbyte*, August: 4-6
- VALENZUELA, G., ALHEIT, J., COOMBS, S. and KNUST, R. (1991)
Spawning patterns of sprat and survival chances of sprat larvae in relation to frontal systems in the German Bight. *ICES C.M./L.*:45
- VIHMA, T., LAUNIAINEN, J. and KRAUSE, G. (1991)
On the air-sea interaction in areas of thermal marine fronts in the Greenland Sea. *Atmos. Ocean* 29 (3): 596-610
- WELLERSHAUS, S. (1991)
Fine sediments in harbours, estuaries and the Wadden Sea. In: *The common future of the Wadden Sea: technical report*. Prep. by World Wide Fund for Nature: 119-130
- WELLERSHAUS, S. and SOLTANPOUR-GARGARI, A. (1991)
Planktonic copepods in the very low salinity region in estuaries. In: *Proc. Fourth Internat. Conf. on Copepoda*, Karuizawa, Japan, 1990 (S. Uye, S. Nishida, J.-S. Ho, eds.). *Bull. Plankton Soc. Japan*, spec. vol.: 133-142
- WESTALL, F. and FENNER, J. (1991)
Pliocene-Holocene polar front zone in the South Atlantic: changes in its position and sediment-accumulation rates from holes 699A, 710C, and 704B. *Proc. ODP, Sci. Results* 114: 609-646
- WIENCKE, C., STOLPE, U. and LEHMANN, H. (1991)
Morphogenesis of the brown alga *Desmarestia antarctica* cultivated under seasonally fluctuating Antarctic daylengths. *Ser. Cient. INACH* 41: 65-78
- WOLFF, J.-O., MAIER-REIMER, E. and OLBERS, D.J. (1991)
Wind-driven flow over topography in a zonal β -plane channel: a quasigeostrophic model of the Antarctic circumpolar current. *J. Phys. Oceanogr.* 21: 236-264
- WOLF-GLADROW, D.A., NASILOWSKI, R. and VOGELER, A. (1991)
Numerical simulations of fluid dynamics with a pair interaction automaton in two dimensions. *Complex Systems* 5: 89-100
- ZENK, W., KLEIN, B. and SCHRÖDER, M. (1991)
Cape Verde frontal zone, *Deep Sea Res.* 38, suppl. 1: 5505-5530

Berichte

- DOWDESWELL, J.A., VILLINGER, H., WHITTINGTON, R.G. and MARIENFELD, P. (1991)
The Quaternary marine record in the Scoresby Sund fjord system, East Greenland: preliminary results and interpretation. *Lundqua Rep.* 33: 149-156
- GUTBERLET, M. (1991)
Anwendung digitaler Geländemodelle am Beispiel der Tiefsee-Vermessung der Romanche Fracture Zone. *Information (Dtsch. Hydrogr. Ges., Hrsg.)*, Sonderh.: 46 pp.

HEMPEL, G. (1991)

Polarforschung in Deutschland - ein Ost-West-Vergleich (Notizen zu einem Kolloquiumsvortrag vom 28.5.90). Mitt. Kieler Polarforsch. 6: 4-7

HINZE, H. (1991)

Bathymetry and sea floor mapping at the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. Geodet. Info Magaz. 5 (11): 44-50

KRÖNCKE, I. (1991)

The macrofauna distribution on the Dogger Bank in April/May 1985-87. Ber. Biol. Anst. Helgoland 8: 1-137

MARIENFELD, P. (1991)

¹⁴C-dates of glacial marine sediments from Scoresby Sund, East Greenland. Lundqua Rep. 33: 165-169 (1991)

MARIENFELD, P. (1991)

Marine geological work in Scoresby Sund, East Greenland: preliminary results of RV Polarstern cruises ARK-V/3b and ARK-VIII/3b. Lundqua Rep. 33: 157-164

SCHENKE, H.W. (1991)

Zur Nutzung digitaler Geländemodelle in der Bathymetrie. In: Beiträge zum 1. Deutschen Hydrographentag: "Neue Technologien in Ortung und Tiefenmessung" (P.Andree, Hrsg.). Dtsch. Hydr. Ges.: 183-196

UENZELMANN-NEBEN, G., JOKAT, W. and VANNESTE, K. (1991) Quaternary sediments in Scoresby Sund, East Greenland: their distribution as revealed by reflection seismic data. Lundqua Rep. 33: 139-148

V. Abgeschlossene Examensarbeiten

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Biologie I

Dipl.Biol. Corinna **Dahm**, 1991. Populationsdynamik der Schlangensterne *Ophiura albida* und *Ophiura ophiura* in der Deutschen Bucht. Universität Bremen.

Dipl.Biol. Sieglinde **Gerwing**, 1990. Vergleich der Lipid- und Fettsäurezusammensetzung von Garnelen (Decapoda, Natantia) aus der Antarktis (*Chorismus antarcticus*, *Notocrangon antarcticus*, *Nematocarcinus lanceopes*) und gemäßigten Breiten (*Crangon allmanni*). Universität Bremen.

Dipl.Biol. Sabine **Raak**, 1991. Untersuchungen der Makroendofauna im Kontaminierungsbereich einer Ölbohrstelle. Freie Universität Berlin.

Dipl.Biol. Sonja **Schadwinkel**, 1990. Ein Beitrag zur Larvalentwicklung und Biologie von *Notolepis coatsi* und *Notolepis annulata*, Antarktis. Universität Bremen.

Dr. Camilo **García**, 1991. Comparison of successional patterns on hard substrata: The Caribbean Sea and the North Sea. Universität Bremen.

Dr. Carmen-Pia **Günther**, 1990. Zur Ökologie von Muschelbrut im Wattenmeer. Universität Bremen.

Dr. Michael **Klages**, 1991. Biologische und populationsdynamische Untersuchungen an ausgewählten Gammariden (Crustacea; Amphipoda) des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis. Universität Bremen.

Dr. Jaime **Mendo**, 1991. Stock identification of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*): morphometric, tagging/recapture, electrophoretic and ecological studies. Universität Bremen.

Dr. Juan **Tarazona**, 1990. Störung und Streß in ihrer Bedeutung für das Flachwasser-Makrobenthos im peruanischen Auftriebssystem unter besonderer Berücksichtigung des Phänomens El Niño. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Biologie II

Dipl. Biol. Katrin **Funck**, 1990. Untersuchungen an extrazellulären Polymeren von Meereisbakterien polarer Regionen. Universität Oldenburg

Dipl. Biol. Livia **Lemke**, 1991. DNS-DNS-Hybridisierung mariner, psychrophiler Bakterien aus der tropischen Tiefsee, der Antarktis und dem Auftriebsgebiet vor Nordwest-Afrika. Technische Universität Braunschweig

Dipl. Biol. Jürgen **Rahmel**, 1990. Sauerstoffbedarf und -produktion bei Makroalgen. Universität Bremen

Dipl. Biol. Wolfgang **Schmidt**, 1991. Identifikation und temperaturabhängige Entwicklung eines marinen niederen Pilzes aus dem Weddellmeer (Antarktis). TU Braunschweig

Dipl. Biol. Gabriele **Weykam**, 1991. Saisonale Aktivität der Photosynthese: Sauerstoffproduktion und Pigmentgehalt der endemisch antarktischen Makroalge *Palmaria decipiens* (Reinsch) Ricker. Universität Bremen

Dipl. Biol. Ulf **Karsten**, 1990. Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des b-Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Stoffwechsels. Universität Bremen

Dr. Heinz **Klöser**, 1990. Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst. Universität Bremen

Dr. Ulf **Riebesell**, 1991. Entstehung von Partikelaggregaten und ihre Bedeutung im marinen System. Universität Bremen

Dr. Renate **Scharek**, 1990. Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr. Universität Bremen

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Chemie

Dipl. Chem. Frank **Laternus**, 1990. Nachweis und Quantifizierung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe in ausgewählten antarktischen Makroalgen. Universität Bremen

Dipl. Chem. Carsten **Schmegel**, 1990. Bestimmung halogener Inhaltsstoffe in ausgewählten antarktischen Makroalgen. Universität Bremen

Dr. Hartmut **Becker**, 1991. Bilanzierung und Identifizierung von Nährstoffen und gelösten organischen Stickstoffverbindungen in der Grönlandsee. Universität Bremen.

Dr. Wolfgang **Breitschuh**, 1991. Persistente Organohalogenverbindungen in Meeresorganismen der Antarktis und des südlichen Atlantiks. Universität Bremen.

Dr. Eckard **Helmers**, 1991. Untersuchungen zur horizontalen Verteilung ausgewählter Spurenmetalle im Atlantischen Ozean. Universität Bremen.

Dr. Klaus **Jaeger**, 1991. Atmosphärische Verteilung und photochemische Reaktionen von Carbonylsulfid. Universität Bremen.

Dr. Gabriele **Mehrtens**, 1991. Untersuchungen zur Biotransformation abiogener Halogenverbindungen in Fischlebern. Universität Bremen.

Dr. Christa **Pohl**, 1991. Wechselbeziehung zwischen Spurenmetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen der Arktis und des Atlantiks. Universität Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Geologie

Dr. Isa **Brehme**, Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestlichen Weddellmeeres. (Universität Bremen)

Dr. Dieter **Cordes**, Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches Weddellmeer); (Universität Bremen).

Dr. Sigrun **Grünig**, Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkney-Plateaus im nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis); (Universität Bremen).

Dr. Peter **Mariefeld**, Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland; (Universität Bremen).

Dr. Martin **Melles**, Paläoglazilogie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis, (Universität Bremen).

Dr. Michael **Schlüter**, Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen und östlichen Weddellmeeres. (Universität Bremen)

J. **Barmeyer**, Überprüfung der Kreuzfächer-Kalibrierung bei der HYDROSWEEP-Fächersonaranlage unter besonderer Berücksichtigung der Tiefsee-Ebene; (Fachhochschule Oldenburg).

E. **Castellier**, Recherche de Voisinage pour le Krigeage Universel; (École des Mines, Paris).

M. **Lintelmann**, Hochgenaue Positionsbestimmung der "Polarstern" mit differentiellm GPS zur präzisen bathymetrischen Darstellung im Scoresby Sund; (Fachhochschule Oldenburg).

J. **Monk**, Fehleranalyse von Fächersonarmessungen am Beispiel des Fächerecholotes HYDROSWEEP (Technische Hochschule Darmstadt).

M. **Schacht**, Untersuchung von Verfahren zur Erstellung großmaßstäbiger bathymetrischer Karten aus Fächersonardaten in CARIS; (Fachhochschule Hamburg).

Gerhard **Schmiedl**, Quartäre Sedimentationsprozesse in der Tiefsee des Riiser-Larsenmeeres westlich des Gunnerus-Rückens, Ost-Antarktis; (Universität Würzburg).

J. **Theiner**, Erstellung eines Programmsystems zur Bearbeitung von Fächersonarmessungen mit CARIS; (Fachhochschule Hamburg).

K. **Völker**, Anwendung relativer GPS-Navigation für die flächenhafte Kartierung des Meeresbodens; (Universität Hannover).

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Physik des Ozeans und der Atmosphäre II (Modelle)

Jörn **Behrens**, 1990. Optimierung eines Mehrgitterverfahrens und eines hierarchischen Basen Verfahrens auf eines ALLIANT FX80. Diplomarbeit, Univ. Bonn,

Andreas **Hense**, 1990. Simulationen und Beobachtungen von Klima-anomalien: Statistische Analyse und physikalische Interpretation, Habilitationsschrift, Univ. Bonn

Jörg **Wolff**, 1990. Zur Dynamik des Antarktischen Polarstroms, Univ. Hamburg

Jörg **Tandetzki**, 1991. Lineare Stabilitätsanalyse mit zonalem Grundstrom, Diplomarbeit, Univ. Bremen

Christoph **Völker**, 1991. Ein niederdimensionales Modell einer turbulenten Kanalströmung. Diplomarbeit, Univ. Bremen.

Diplomarbeiten und Promotionen der Sektion Meeresphysik & Meßwesen

U. **Rüschmann**, M. Rausch, 1990. Pulsanalyse zur Bestimmung des Massetransports kleiner Partikel. Hochschule Bremen

Jörg **Metag**, M. Tibcken, 1991. Mikroprozessorgesteuerte Datenerfassung und Datenübertragung für eine Polarforschungssonde. Hochschule Bremen.

Diplomarbeiten mit ZDV mit Hochschule Bremerhaven

Thomas K. **Götz**, 1990. MIS - Meteorologisches Informationssystem auf Basis relationaler Datenbanken (Erfassung der Observations- und Radiosondendaten, in Zusammenarbeit mit der Sektion Physik I). Diplomarbeit Hochschule Bremerhaven

Claus **Koop**, 1991. Konzeptionierung einer Datenbank zur Verwaltung biologischer Proben und deren Untersuchungser-

gebnisse unter Berücksichtigung taxonomischer Kriterien (in Zusammenarbeit mit der Sektion Biologie II). Diplomarbeit Hochschule Bremerhaven

Siegfried **Makedanz**, 1990. Programmieren in Smalltalk - Portierung einer Benutzungsoberfläche für TeX. Diplomarbeit Hochschule Bremerhaven

Glenn **Praetsch**, 1990. Entwicklung einer interaktiven, sensitiven Benutzungsoberfläche zum Edieren von TeX-Dokumenten. Diplomarbeit Hochschule Bremerhaven

Stefan **Richter**, 1990. Konzeptionierung, Design und Implementierung eines Benutzermodells für ein System zur netzwerkweiten, verteilten Grafikausgabe (Ansatz für die Benutzerverwaltung im Metafile-Interpreter MI2) Diplomarbeit Hochschule Bremerhaven

VI. „Polarstern“-Expeditionen

Fahrt	Datum	Hafen (an-ab)	Fahrtleiter	Arbeitsgebiete	Wissenschaftliche Disziplinen
ANT VIII/5	17.12.89- 12.03.90	Ushuaia-Kapstadt	H. Miller	östl. Weddellsee, GvN	Geowissenschaften
ANT VIII/6	14.03.90- 30.04.90	Kapstadt-Kapstadt	D. Fütterer	Astrid-Rücken	Geowissenschaften
ANT VIII/7	01.05.90- 22.05.90	Kapstadt-Bremerhaven	O. Schrems	Heimreise	Spurenstoffchemie
ARK VII/1	07.06.90- 09.07.90	Bremerhaven-Tromsø	G. Hempel/ J. Thiede	Grönlandbecken	Geowissenschaften (ESF), Biologie
ARK VII/2	10.07.90- 14.08.90	Tromsø-Tromsø	G. Krause	Framstraße, Grönlandsee	Ozeanographie, Biologie
ARK VII/3a	16.08.90- 28.08.90	Tromsø-Longyearbyen	H.-W. Schenke	Framstraße	Bathymetrie
ARK VII/3b	28.08.90- 03.10.90	Longyearbyen- Bremerhaven	H. Miller	Scoresbysund	Geologie (ESF), Geophysik
ANT IX/1	20.10.90- 14.11.90	Bremerhaven- Punta Arenas	M. Schulz-Baldes	Ausreise	Spurenstoffchemie
ANT IX/2	17.11.90- 30.12.90	Punta Arenas-Kapstadt	E. Fahrbach	Weddelmeer, GvN	Ozeanographie, Biologie, Geologie
ANT IX/3	03.01.91- 28.03.91	Kapstadt-Kapstadt	V. Smetacek	Weddelmeer, GvN, Forster	Ozeanographie, Biologie, Geologie
ANT IX/4	30.03.91- 13.05.91	Kapstadt-Bremerhaven	H.-W. Hubberten	Bouvet Island, Heimreise	Geologie, Bathymetrie, Spurenstoffchemie
ARK VIII/1	01.06.91- 19.06.91	Bremerhaven-Tromsø	G. Kattner	Grönlandsee, Framstraße	Ozeanographie, Biologie, Geologie
ARK VIII/2	20.06.91- 30.07.91	Tromsø-Tromsø	G. Hempel/ E. Rachor	Barents-See, Storfjord	Ozeanographie, Biologie

Anhang – VI. „Polarstern“-Expeditionen

Fahrt	Datum	Hafen (an-ab)	Fahrtleiter	Arbeitsgebiete	Wissenschaftliche Disziplinen
ARK VIII/3	01.08.91- 14.10.91	Tromsø-Bremerhaven	D. Fütterer	Arktisches Becken	Geologie, Glaziologie, Ozeanographie, Biologie
ANT X/1a	14.11.91- 09.12.91	Bremerhaven- Puerto Madryn	O. Schrems	Ausreise	Spurenstoffchemie
ANT X/1b	10.12.91- 02.01.92	Puerto Madryn- Punta Arenas	O. Schrems	Antarktische Halbinsel	Chemie, Biologie, Taxonomie

