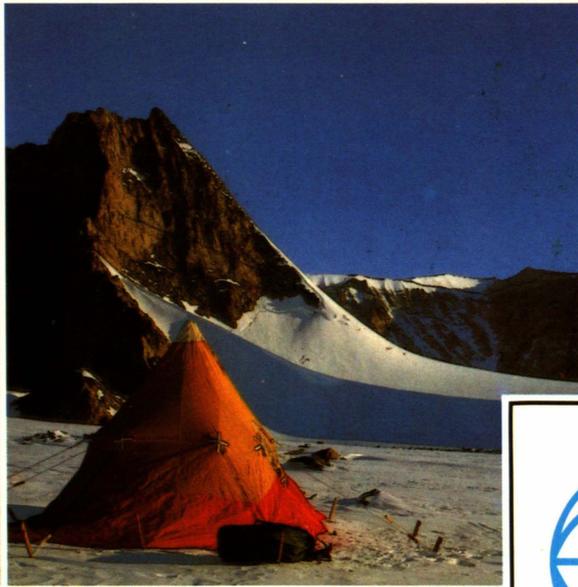
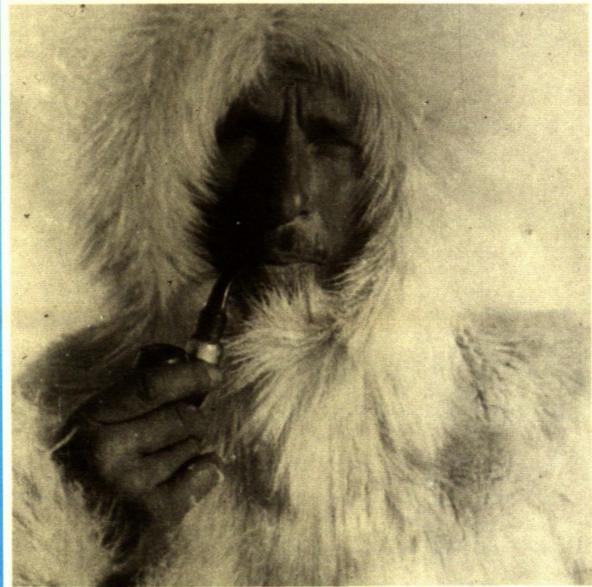
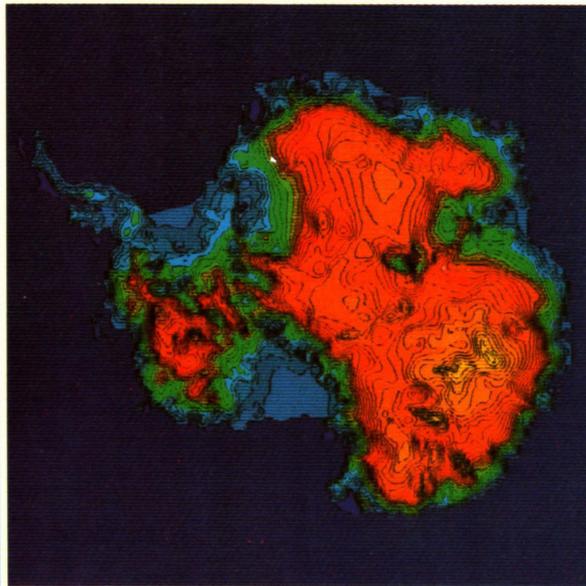
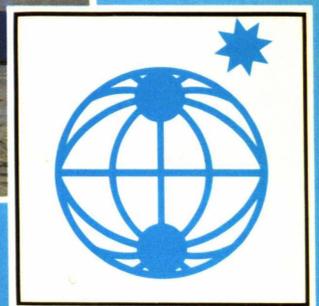


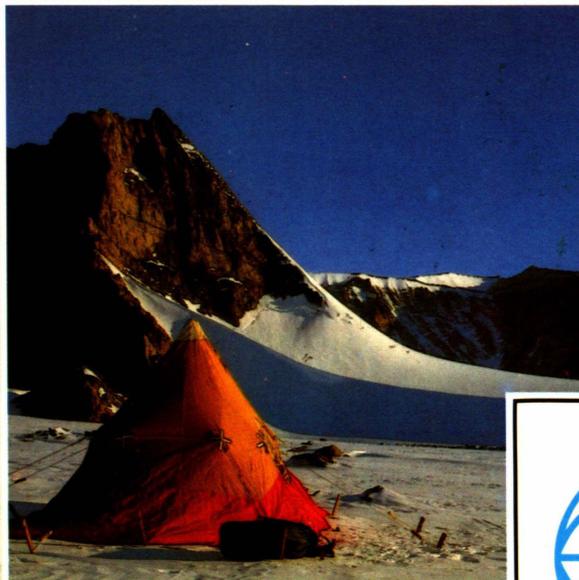
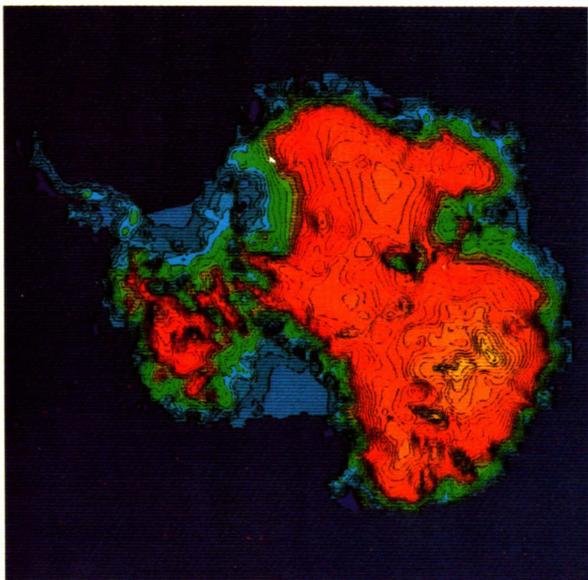
**ALFRED-WEGENER-INSTITUT  
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG  
BREMERHAVEN**



**Zweijahresbericht 1986/87**

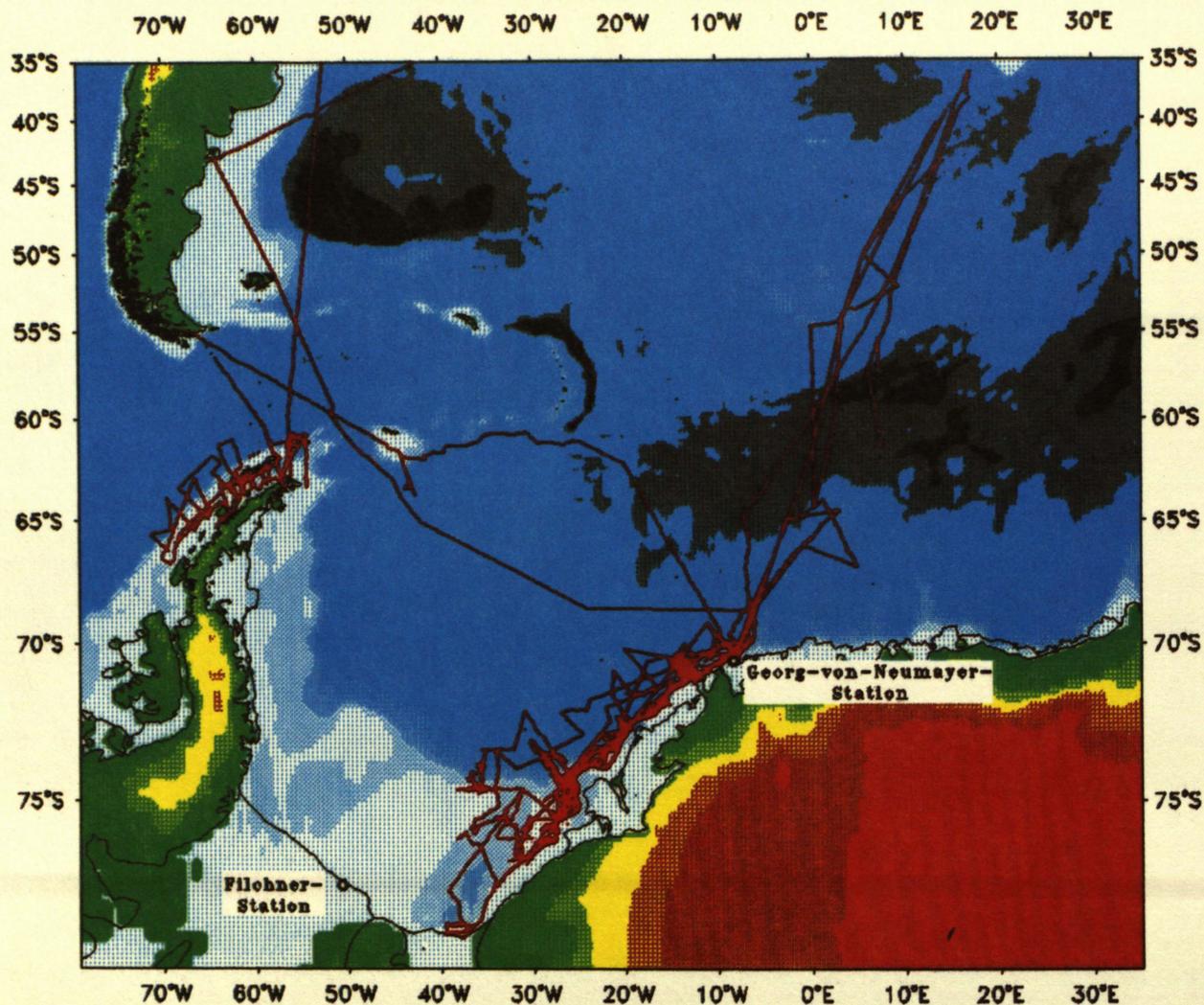


**ALFRED-WEGENER-INSTITUT  
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG  
BREMERHAVEN**



**Zweijahresbericht 1986/87**





#### **POLARSTERN-Kurse der Expeditionen ANT V 1986/87 und ANT VI 1987/88**

Hauptarbeitsgebiete waren der Bereich der Antarktischen Halbinsel und das östliche Weddellmeer. Während ANT V arbeitete POLARSTERN erstmals während der Wintermonate im antarktischen Packeis im Rahmen des Winter-Weddellmeer-Projektes.

---

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

**Zweijahresbericht  
1986/87**



---

Herausgeber :  
Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und Meeresforschung  
Postfach 12 01 61  
Columbusstraße  
D-2850 Bremerhaven  
Telefon (04 71) 4 83 10  
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 65 50

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

**Direktor : Prof. Dr. G. Hempel**

## Kuratorium

Vors.: MinDir. Dr. J.-B. Mennicken  
 MinDir. G. Möcklinghoff  
 MinDir. Dr. H. Schill  
 E. Brenne  
 SenatsDir. Dr. A. Fuchs  
 SenatsDir. Prof. Dr. H. Hoffmann  
 Prof. Dr. H. Hinzpeter  
 Prof. Dr. H. Altner  
 Prof. Dr.-Ing. P. Hartl  
 MinDir. Dr. J. Oesterhelt  
 Prof. Dr. H.G. Danielmeyer  
 Prof. Dr. J. Untiedt

## Beratende Gäste

Prof. Dr. J. Timm  
 Prof. Dr. G. Hempel  
 Prof. Dr. E. Augstein  
 Dr. R. Paulenz  
 Vors. des Personalrates

## Gäste

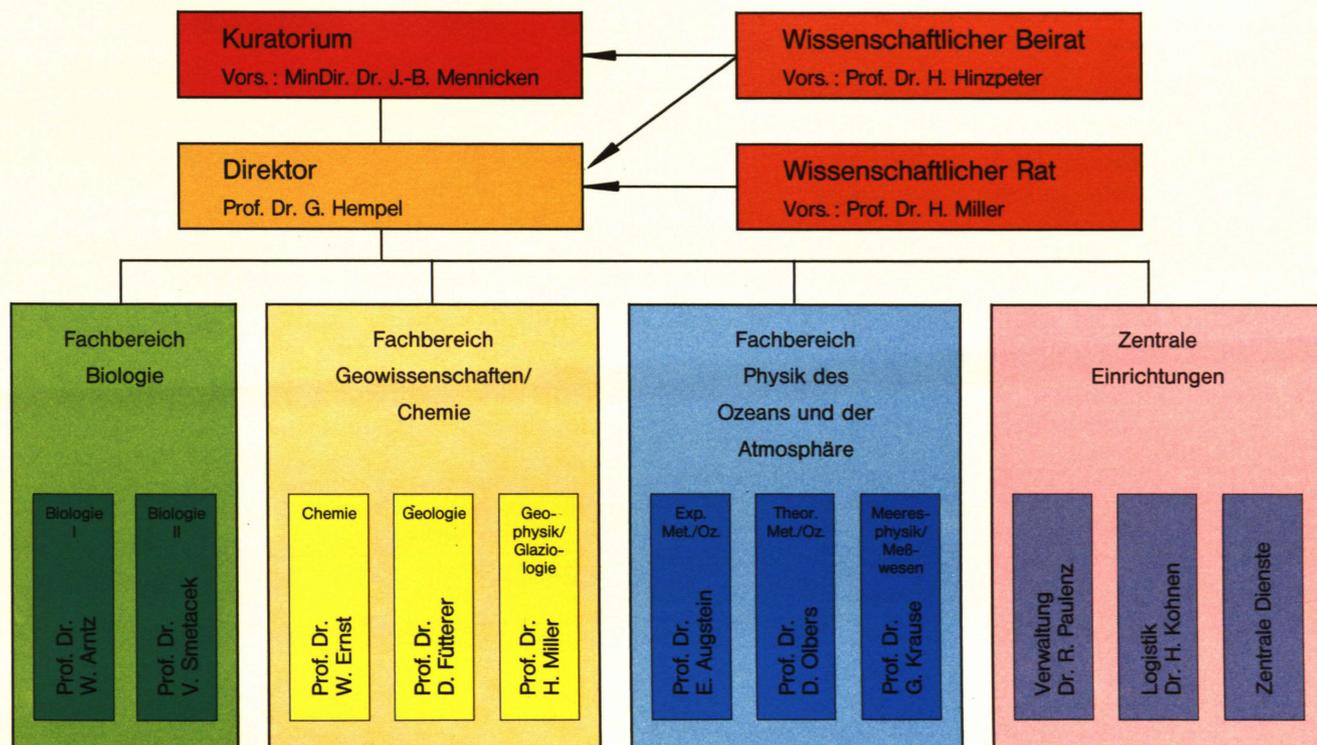
Minrat. C. Lammich  
 Senatsrat R. Köttgen  
 Prof. Dr. H. Bungenstock  
 Dr. H. Bienhold  
 Senatsrat N. Harders  
 VLRI Dr. K. Messer

## Wissenschaftlicher Beirat

Vors.: Prof. Dr. H. Hinzpeter  
 Prof. Dr. H.A. Staab  
 Prof. Dr. Hasselmann  
 Prof. Dr. H. Markl  
 Prof. Dr. Mahrenholtz  
 Prof. Dr. H.-J. Dürbaum  
 Prof. Dr. J. Timm  
 Prof. Dr. H. Cordes  
 Prof. Dr. D.H. Ehhalt  
 Prof. Dr. T. Gjelsvik  
 Prof. Dr. D. Möller  
 Prof. Dr. H. Oeschger  
 Prof. Dr. J.O. Strömberg  
 Prof. Dr. J.J. Zijlstra

## Gäste

Vors. des Kuratoriums  
 Stell. Vors. des Kuratoriums



---

# Inhaltsverzeichnis

Seite

Seite

<b>1. Einleitende Übersicht</b> .....	7	<b>4. Logistik</b>	
<b>2. Nationale und internationale Zusammenarbeit</b> .....	15	4.1 Antarktisstationen .....	129
<b>3. Forschungsarbeiten</b>		4.2 FS „Polarstern“ und FS „Victor Hensen“ .....	130
3.1 Expeditionen		4.3 Flugzeuge und Hubschrauber .....	131
3.1.1 ANT IV/3 (mit Kottas- und Filchner-Expeditionen) .....	19	4.4 Schneefahrzeuge .....	131
3.1.2 ANT IV/4 .....	20	4.5 Hafenerlager .....	132
3.1.3 ANT V/1, 2, 3 Die erste Winter-Weddellmeer-Expedition .....	22	<b>5. Zentrale Einrichtungen</b>	
3.1.4 ANT V/4 .....	29	5.1 Öffentlichkeitsarbeit .....	135
3.1.5 ANT V/5 .....	32	5.2 Bibliothek .....	136
3.1.6 ARK IV .....	33	5.3 Rechenzentrum .....	136
		5.4 Elektroniklabor .....	140
3.2 Forschungsarbeiten der Sektionen		<b>6. Personeller Aufbau des Instituts und Entwicklung des Institutshaushalts in den Jahren 1986 und 1987</b>	
3.2.1 Biologie I (Zoologie) .....	34	6.1 Personal .....	143
3.2.2 Biologie II (Botanik + Mikrobiologie) .....	39	6.2 Haushalt .....	143
3.2.3 Chemie .....	42	<b>Anhang</b>	
3.2.4 Geologie .....	44	I .....	147
3.2.5 Geophysik, Glaziologie .....	46	II .....	151
3.2.6 Meeresphysik und Meßwesen .....	48	III .....	153
3.2.7 Theoretische Physik des Ozeans und der Atmosphäre .....	49	IV .....	154
3.2.8 Experimentelle Physik des Ozeans und der Atmosphäre .....	50	V .....	160
3.3 Aus den Forschungsarbeiten .....	53		

---

# 1. Einleitende Übersicht

## Vorbemerkung

Der erste Bericht über die Arbeiten des Alfred-Wegener-Instituts umfaßte die Gründungsphase von 1980 bis 1985. Die weitere Entwicklung des Instituts und seine Forschungsarbeiten sollen – beginnend mit diesem Heft – in Form von Zweijahresberichten vorgelegt werden. Sie dienen vor allem der Übersicht über die wissenschaftlichen Arbeiten, wohingegen organisatorische und administrative Vorgänge in den Berichten des Direktors an das Kuratorium und den Wissenschaftlichen Beirat abgehandelt werden. Die wissenschaftlichen Ergebnisse werden im einzelnen in Fachzeitschriften veröffentlicht, die Expeditionsberichte in den „Berichten zur Polarforschung“, die auch einen Eindruck von den umfangreichen logistischen Aufgaben des Instituts vermitteln. Zusammenstellungen der aus den Expeditionen erwachsenden Veröffentlichungen erscheinen in den „Polarstern Abstracts“.

## Allgemeiner Rückblick

Am 1. Januar 1986 wurden die Mitarbeiter des Instituts für Meeresforschung (IfMB) in das AWI übernommen, das nun den Namen „Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“ erhielt. Im Zuge der damit notwendig gewordenen organisatorischen Neugliederung wurden acht wissenschaftliche Sektionen eingerichtet: Drei physikalische, je zwei geowissenschaftliche und biologische und eine chemische.

Die Zusammenführung des in langen Jahren gewachsenen Instituts für Meeresforschung mit dem jungen Polarinstitut stellte an alle Beteiligten beträchtliche Anforderungen. Der aus Mitarbeitern beider Institute neu gewählte Personalrat half tatkräftig bei der Überwindung von Anpassungsschwierigkeiten.

Am 4. Juni 1986 wurde der Neubau festlich eingeweiht. An einem „Tag der Offenen Tür“ am 7. Juni 1986 besichtigten über 10.000 Bremerhavener den Neubau. Der Bundespräsident besuchte das Institut am 27. Juli 1986.

Der planmäßige Aufbau des Instituts wurde durch erhebliche Restriktionen in der Personalzuweisung gebremst. Demzufolge konnten Lücken in der wissenschaftlich-technischen Infrastruktur des Instituts auch mit dem Personalbestand des IfMB nicht geschlossen werden. Hier muß dringend Abhilfe geschaffen werden, damit das Institut seine wissenschaftlichen und logistischen Aufgaben im Rahmen der nationalen und internationalen Kooperationsprogramme erfüllen kann.

Am 5. Mai 1987 wurde mit der Konstituierung des Wissenschaftlichen Rates die letzte in der Institutssatzung vorgeschrie-

bene Körperschaft gebildet. Voraussetzung dazu war die Gründung der wissenschaftlichen Sektionen und die Berufung der Sektionsleiter, die gemeinsam mit drei aus dem Kreis der Mitarbeiter gewählten wissenschaftlichen Mitgliedern und dem Leiter des Rechenzentrums den Wissenschaftlichen Rat bilden. Als Vorsitzender für die erste Amtsperiode wurde Prof. H. Miller gewählt. Innerhalb der ersten acht Monate traf sich der Wissenschaftliche Rat fünfmal, um die Forschungsvorhaben der einzelnen Sektionen zu diskutieren, aufeinander abzustimmen und im mittelfristigen Forschungsprogramm zusammenzufassen. Damit hat der Wissenschaftliche Rat im Rahmen der in der Satzung vorgesehenen wissenschaftlichen Beratung des Direktors eine wichtige integrierende Funktion übernommen.

Der internen Kommunikation dienen regelmäßige interdisziplinäre Institutskolloquien und auf einzelne Fachbereiche ausgerichtete Seminare, an denen sich auch die Universität Bremen beteiligt. Um die am Institut beschäftigten Doktoranden eng in die Forschungsarbeiten des Instituts einzubinden, wurden spezielle Doktorandentage eingeführt. Wissenschaftliche Kontakte nach außen werden durch Vorträge in auswärtigen Instituten und einmal jährlich während des gemeinsam mit der Universität Kiel veranstalteten Polartages gepflegt. Die Beteiligung der AWI-Mitarbeiter am Lehrbetrieb der Universitäten Bremen, Kiel, München, Münster und Oldenburg, sowie der Hochschule Bremerhaven hat weiter zugenommen. Das erste Habilitationsverfahren wurde abgeschlossen. Allein an der Universität Bremen lehren 16 AWI-Wissenschaftler als Professoren, Privatdozenten oder Lehrbeauftragte. Aufgrund dieses Einsatzes wuchs die Zahl der am Institut tätigen Doktoranden und Diplomanden. Sie tragen zusammen mit den Nachwuchswissenschaftlern einen erheblichen Teil der Forschung des Instituts.

Mit den im Neubau verfügbaren Sitzungsräumen bot sich die Gelegenheit, internationale und nationale Veranstaltungen ans AWI zu ziehen. Erwähnt seien hier die vier größten: Im Frühjahr 1986 tagte die Deutsche Polargesellschaft in Bremerhaven und die Deutsche Forschungsgemeinschaft hielt ein großes Seminar zum Abschluß der ersten 5-Jahresphase des Schwerpunktprogrammes „Antarktisforschung“ ab. Beim Workshop zur European Polarstern Study (EPOS) im Mai 1987 bereiteten europäische Biologen ein umfangreiches internationales Forschungsprojekt vor. Das 4. Internationale Glaziologen-Symposium fand im September 1987 im Institut statt. Darüber hinaus weist die Tagungsliste des Instituts pro Jahr ca. 30 Veranstaltungen mit auswärtiger Beteiligung aus. Ein Großteil von ihnen war der Planung und Koordi-

nation gemeinsamer Forschungsvorhaben gewidmet. Dabei kam zum Tragen, daß Wissenschaftler des Instituts in einer Reihe nationaler und internationaler Projekte innerhalb und außerhalb der Polarforschung federführend mitarbeiten (AGF, KLMN, EURO-MAR, ESF Polar Network EPOS, AOSB, BIOMASS Data Center Advisory Group, International Filchner Ice Shelf Project, DFG Schwerpunktprogramm Antarktisforschung).

Ein besonders erwähnenswertes wissenschaftliches Unternehmen des Alfred-Wegener-Instituts war das Winter-Weddell-See-Projekt 1986, das von einer internationalen Planungsgruppe unter Leitung von Prof. E. Augstein konzipiert wurde. Im Mittelpunkt stand das Vorhaben, mit POLARSTERN einen antarktischen Winter lang im Packeis des Weddellmeeres zu operieren, um die Entwicklung des Packeisgürtels als Folge groß- und kleinskaliger Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre zu erforschen. Die Lebensgemeinschaften und Lebensprozesse im eisbedeckten Polarmeer vom Herbst bis zum Frühling bildeten den zweiten Schwerpunkt. Insgesamt 50 Mitarbeiter des AWI waren an den drei Winter-Abschnitten der Expedition ANT V gemeinsam mit fast der doppelten Anzahl auswärtiger und ausländischer Wissenschaftler und Techniker beteiligt. Vorausgegangen waren von Januar bis April 1986 zwei überwiegend geowissenschaftlich orientierte Fahrt ins Weddellmeer.

Auch in der Arktis wurde im Berichtszeitraum ein außergewöhnliches Unternehmen durchgeführt: POLARSTERN überquerte auf einer geologisch-ozeanographischen Expedition den Nansen-Gakkel-Rücken und brach sich bis  $86^{\circ} 11' N$  einen Weg durchs mehrjährige Packeis des arktischen Ozeans. Bereits im frühen Nordsommer 1987 hatte das Schiff – unterstützt durch Hubschrauber und eines der Polarflugzeuge – ozeanographische und biologische Forschungen im Rahmen des internationalen Greenland Sea Projects sowie Ozonmessungen in der hohen Arktis durchgeführt.

Nach 19 Monaten Antarktis-Aufenthalt und 4 Monaten im Eis der Arktis ging das Schiff im September 1987 ins Trockendock, um seinen Unterwasseranstrich erneuern zu lassen. Die Ausreise in die Antarktis wurde unterbrochen durch die Präsentation des Schiffes bei Tagungen des Internationales Rates für Meeresforschung (ICES) und des Arctic Ocean Sciences Board (AOSB) in Santander und des Konsultativrates des Antarktisvertrages (ATCM) in Rio de Janeiro. Anschließend arbeiteten marine Geophysiker, Landgeologen und -geographen sowie Meeresbiologen im Bereich der Antarktischen Halbinsel und der Süd-Shetland-Inseln. Kurz vor dem Jahresende 1987 begann eine kombinierte Land-See-Expedition ins Weddellmeer, die bis März 1988 dauerte.

Jede der Expeditionen der POLARSTERN war ein Gemeinschaftsunternehmen von Wissenschaftlern verschiedener deutscher Hochschulen, Bundesanstalten, Max-Planck-Instituten und Mitarbeitern des AWI. Einzelne Fahrten in die Arktis und zur Antarktischen Halbinsel wurden von auswärtigen Wissenschaftlern geleitet. Stets nahmen auch Ausländer an den Fahrten teil. Andererseits beteiligten sich AWI-Wissenschaftler auch an Unternehmen der „Meteor“ und anderer auswärtiger Forschungsschiffe und arbeiteten in ausländischen Instituten.

Mit dem Bezug des Neubaus stieg die Zahl der Gastforscher am AWI, sowohl aus Industrieländern als auch aus Instituten der Dritten Welt. Besonders die Zusammenarbeit mit Lateinamerika wurde ausgebaut. Hier soll auch in den nächsten Jahren der Schwerpunkt der Dritte-Welt-Kooperation des AWI liegen.

Mit der Übernahme des Instituts für Meeresforschung sind dem AWI auch Aufgaben in der Nordsee zugefallen. Der Forschungskutter VICTOR HENSEN, die „Bremerhavener Caissons“ und die Forschungsplattform „Nordsee“ bildeten die Basis für Untersuchungen in der Deutschen Bucht und im Wattenmeer. Dabei standen ozeanographische, biologische und chemische Studien der Prozesse an Wassermassen und Fronten im Vordergrund.

Die Sektionen Physik des Ozeans und der Atmosphäre und Geophysik sind auf umfangreiche Modellrechnungen und die Bewältigung großer Datenmengen angewiesen. Daher wurde die Beschaffung eines leistungsfähigen Großrechners immer dringender. Eine lange Beratungsphase, in der das Institut von auswärtigen Gutachtern unterstützt wurde, endete mit dem Anschluß des Instituts an einen externen Höchstleistungsrechner, der mit kleineren hausinternen Anlagen verbunden ist.

Gegen Ende des Berichtszeitraumes zeichneten sich folgende neue Entwicklungen ab: Das Institut wird in den kommenden Jahren die Arktisforschung zu verstärken suchen und die Satelliten- und Flugzeugfernerkundung weiter ausbauen. Dabei ist eine Arbeitsteilung mit auswärtigen Instituten vorgesehen. Dies gilt besonders für die Einrichtung einer antarktischen Satelliten-Empfangsstation für den ERS-I. Ferner wurden die Beratungen über einen Ersatz der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION aufgenommen, die in einigen Jahren durch die Dynamik des Ekström Schelfeises so stark deformiert sein wird, daß sie geräumt werden muß. Schließlich wird an Plänen für eine biologisch-geologische Sommerstation an der Küste der Antarktischen Halbinsel gearbeitet.

---

## Organisation und räumliche Unterbringung des Instituts

Die wissenschaftlichen Arbeiten des AWI sind auf drei Fachbereiche – Biologie, Geowissenschaften und Physik des Ozeans und der Atmosphäre – aufgeteilt, die sich in acht Sektionen (Biologie I, Biologie II, Geophysik, Geologie, Chemie, Experimentelle und Theoretische Physik des Ozeans und der Atmosphäre sowie Meeresphysik und Meßwesen gliedern. Als zentrale Einrichtungen werden die Verwaltung, die Logistik, zentrale Dienste, Werkstätten und das Rechenzentrum geführt.

Die wissenschaftlichen Sektionen und übrigen Einrichtungen sind in zwei voneinander getrennten Gebäudekomplexen bestehend aus den Häusern A, B, C des ehemaligen Instituts für Meeresforschung am Handelshafen und dem Neubau D (im Stadtzentrum gegenüber dem Deutschen Schiffahrtsmuseum) untergebracht.

**Gebäude A:** Der um die Jahrhundertwende entstandene und später umgebaute Baumwollschuppen diente seit 1928 als Unterkunft des Instituts für Seefischerei, dem Vorläufer des Instituts für Meeresforschung. Nach Fertigstellung zweier neuer Gebäude Teile 1967 und 1981 verblieben dort das Nordseemuseum und einige Büro- und Laborräume. Der vorwiegend aus einer großen Halle und einem kleineren Saal bestehende Museumsteil wurde 1987 renoviert und nach Umordnung der Exponate zu einem Vortragssaal für 200 Personen eingerichtet. Er trägt weiter den Namen „Nordseemuseum“ und wird vor allem für populärwissenschaftliche Vorträge genutzt, in denen Mitarbeiter des AWI über ihre Forschungsarbeiten berichten. Im unteren Geschoß des Gebäudes wird in Kürze die Erweiterungsanlage des Rechenzentrums aufgebaut.

**Gebäude B:** In diesem seit 1967 verfügbaren Gebäude arbeitet die Sektion Biologie II. Im obersten Stockwerk befindet sich außerdem ein Hörsaal für etwa 80 Personen, der für wissenschaftliche Veranstaltungen genutzt wird.

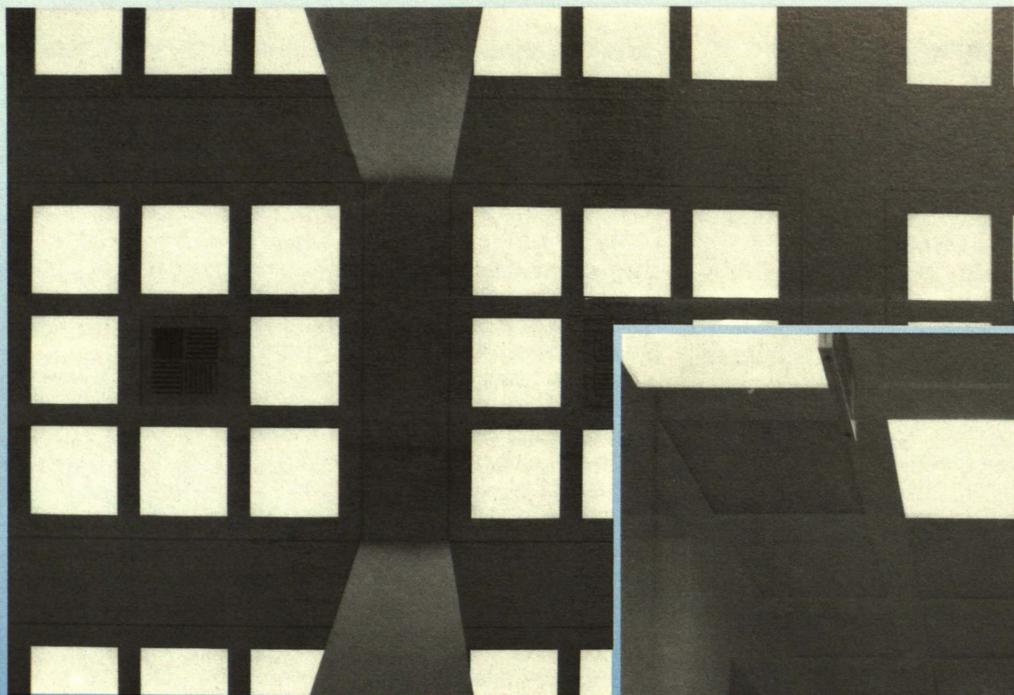
**Gebäude C:** Dieses 1981 eingeweihte Gebäude enthält die Labor- und Büroräume der Sektion Chemie. Ferner haben die Sektionen Theoretische und Experimentelle Physik des Ozeans und der Atmosphäre sowie das Rechenzentrum hier ihre Büroräume. Auch ein Teil der elektronischen Rechenanlagen, insbesondere die spezielle Benutzerperipherie sind in den Räumen dieses Gebäudes installiert.

**Gebäude D:** Der Institutsneubau wurde im Frühjahr 1986 bezogen. Hier sind die Sektionen Biologie I (Zoologie), Geologie, Geophysik/Glaziologie und Meeresphysik und Meßwesen sowie

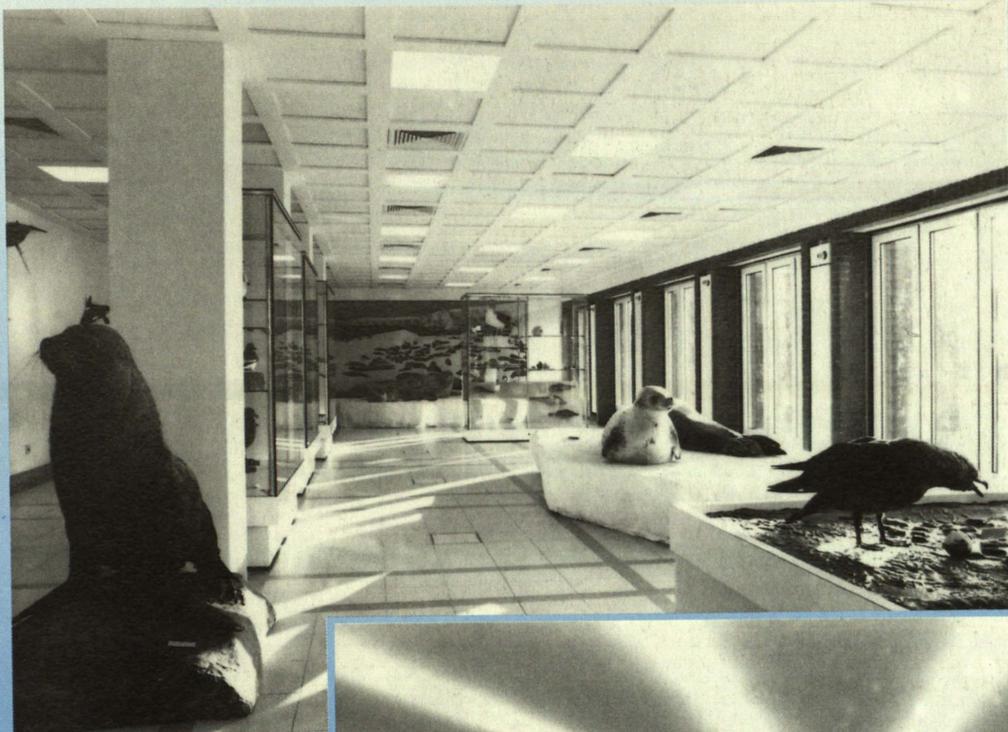
die Verwaltung, die Logistik und die zentralen Dienste mit Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Elektroniklabor und Bibliothek untergebracht. Das Gebäude ist im Erdgeschoß mit den von diesen Disziplinen benötigten Kühl- und Lagerräumen ausgerüstet. Durch den Bogengang im „Bug“ des Gebäudes können sowohl das Sediment- und Eiskernlager, als auch das biologische Probenarchiv leicht mit Material versorgt werden. Um die Wege für die tiefgekühlten Eiskerne kurz zu halten, liegen Eiskernlabor und Kühlarchiv nahe beieinander. Ebenso zweckmäßig sind die drei großen Geologiearbeitsräume und das Sedimentkernlager angeordnet. Die Werkstätten, die Aquarienräume und die Haustechnik sind im Erdgeschoß auch für größere Lasten gut zugänglich.

Im ersten Obergeschoß, der Ebene 1, befinden sich die Arbeitsräume und Labors der Geologie und Geophysik und in Ebene 2 die der Sektion Biologie I. Hier steht auch ein Hörsaal für 120 Personen zur Verfügung, der mit einer Simultanübersetzungsanlage ausgerüstet ist. Die in den vorderen Teil des Gebäudes eingeschobene Ebene 2 A beherbergt das Direktorat und einen Teil der Verwaltung. Letztere belegt weitere Räume der Ebene 3, auf der außerdem die Sektion Meeresphysik und Meßwesen, das Elektroniklabor und die Arbeitsgruppe Glaziologie der Sektion Geophysik angesiedelt sind. Den überwiegenden Teil der Ebene 4 belegt die Bibliothek. Nur der vordere Rundbogen dient den Institutsmitgliedern als Cafeteria. Die Ebene 5 nimmt den größten Teil der Versorgungstechnik des Gebäudes auf. Ein größerer Raum im Rundbogen dieses Geschosses ist für die Schulung der Überwinterungsmannschaft vorgesehen.

Das *Hafenlager* auf dem Gelände der Lloyd Werft beherbergt in drei zusammenhängenden Hallen und dem sie umgebenden Freiraum die Ausrüstungsgüter für die Schiffe, die Stationen und das Expeditionsmaterial.



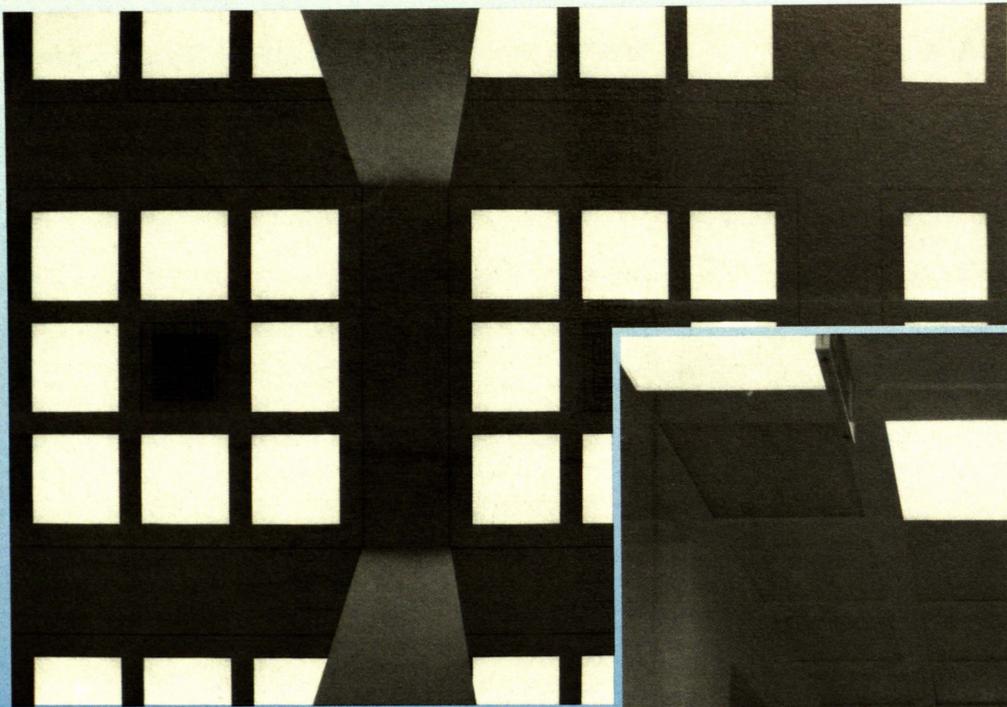
Die architektonische Grundform des AWI-Neubaus ist ein Quadrat mit einer Kantenlänge von 12,5 cm. Alle rechtwinkligen Gebäudeformen sind ganzzahlige Vielfache dieses Quadrates.



In den Ausstellungen  
rechts und links des  
Eingangs werden den  
Besuchern die Tierwelt  
der Polargebiete und  
Arbeiten des Instituts  
vorgestellt.



Die Halle in Ebene 1 (Geowissenschaften) hat sich als zentraler Bereich bei Tagungen und Institutsfeiern bewährt.



Die architektonische Grundform des AWI-Neubaus ist ein Quadrat mit einer Kantenlänge von 12,5 cm. Alle rechtwinkligen Gebäudeformen sind ganzzahlige Vielfache dieses Quadrates.



In den Ausstellungsräumen rechts und links des Eingangs werden den Besuchern die Tierwelt der Polargebiete und Arbeiten des Instituts vorgestellt.



Die Halle in Ebene 1 (Geowissenschaften) hat sich als zentraler Bereich bei Tagungen und Institutsfeiern bewährt.



In der Säulenhalle (Ebene 0A) ist neben Modellen der Schiffe und der GvN-Station des AWI ein Augengneiss aus den Kottas Bergen in der Antarktis ausgestellt. An den Wänden hängen die Fahnen der Antarktisvertragsstaaten.

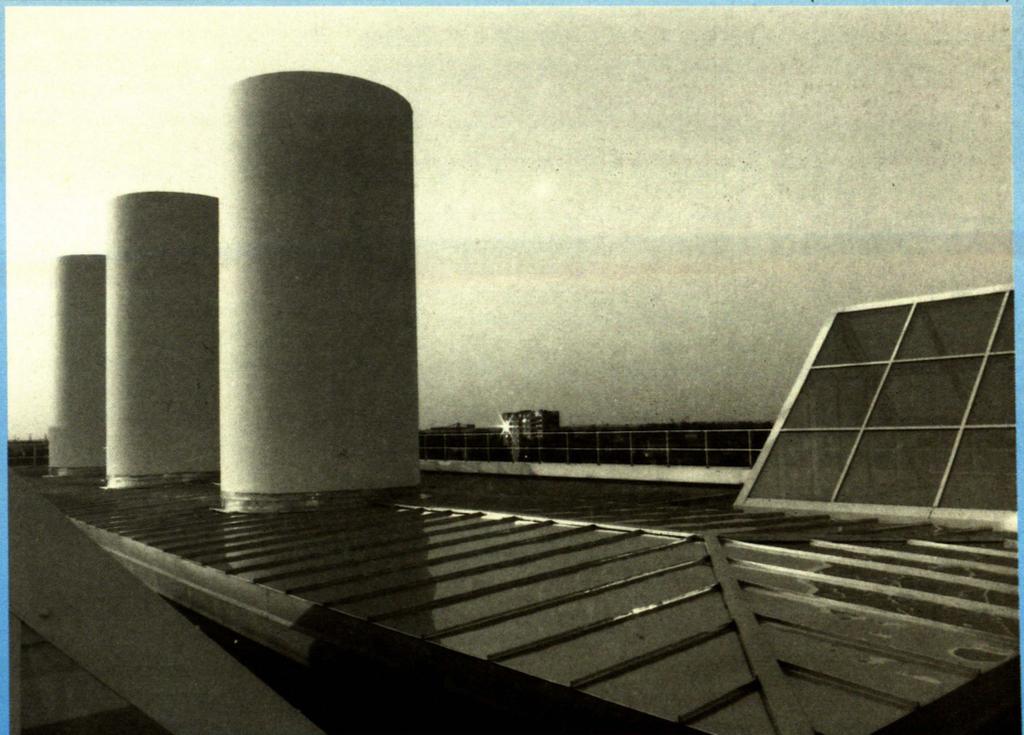


Der Vortragssaal faßt ca. 120 Personen und ist mit einer Simultanübersetzungsanlage ausgestattet.



Von der Cafeteria in Ebene 4 hat man einen schönen Blick über die Weser und Bremerhaven.

(Fotos : Hannes Grobe)



Drei Schornsteine auf dem Dach des AWI-Neubaus dienen der Entlüftung und betonen den Schiffscharakter der Gebäudes.

---

## 2. Nationale und internationale Zusammenarbeit

1. Zur Förderung der *nationalen Zusammenarbeit* hat das AWI zwei weitere Kooperationsverträge mit benachbarten Universitäten abgeschlossen (Oldenburg im Juli 1986, Hamburg im Juni 1987). Mitarbeiter des Instituts unterrichten an den Universitäten Bremen, Kiel, Oldenburg, Münster und München sowie an der Hochschule Bremerhaven. Zur Koordinierung der deutschen Polarforschung wurden Planungssitzungen mit wissenschaftlichen und logistischen Themen abgehalten. Eine hervorragende Rolle spielte dabei das DFG-Schwerpunktprogramm „Arktisforschung“, das nach einem Beschluß von 1987 um 5 Jahre verlängert wird. AWI-Mitarbeiter nahmen an Sitzungen der DFG Senatskommissionen für Ozeanographie, Atmosphärische Wissenschaften und Geowissenschaften teil.

Die Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF) hat auf der 32. Mitgliederversammlung Prof. Hempel zu ihrem Vorsitzenden gewählt. Er trat dieses Amt am 1. Januar 1987 an. Dr. Paulenz übernahm gleichzeitig den Vorsitz des Kreises der Verwaltungsleiter der Großforschungseinrichtungen. In einem neuen Arbeitskreis der AGF wurde unter dem Vorsitz von Prof. Arntz eine vom BMFT erbetene „Studie über Stand und Perspektiven der Zusammenarbeit der Großforschungseinrichtungen mit Ländern der Dritten Welt“ erarbeitet.

2. Die *internationale Zusammenarbeit in der Antarktis* findet im Rahmen des Antarktisvertrages und einer Reihe ergänzender Konventionen statt. In Übereinstimmung damit hat das AWI 1987 mit dem argentinischen Antarktisinstitut ein Protokoll zur engeren bilateralen Zusammenarbeit unterzeichnet, das der schon 1981 mit Neuseeland abgeschlossenen Vereinbarung über die Zusammenarbeit in der Antarktisforschung entspricht. Das Internationale Büro des AWI erstellte im Auftrag des BMFT zwei Berichte zum „Informationsaustausch nach Artikel III (1) und VII (5) des Antarktisvertrages“. Bei einem Besuch des neuseeländischen Koordinators der Antarktisforschung, Herrn J. D. Fraser, wurde ein verbesserter Informationsaustausch über die Projekte deutscher und neuseeländischer Institutionen vereinbart.

Ferner wurden die Beziehungen zu Spanien und Brasilien vertieft. Im September 1987 besuchte FS POLARSTERN Santander und empfing spanische Wissenschaftler und Wissenschaftsadministratoren an Bord. Im Oktober lief POLARSTERN im Zusammenhang mit der 14. Konsultativtagung des Antarktisvertrages Rio de Janeiro an. An der Überfahrt von Rio de Janeiro nach Rio Grande nahmen Vertreter südamerikanischer Länder teil, um ein Seminar über Antarktisprojekte abzuhalten. An den deutschen Antarktisexpeditionen der letzten Jahre waren wieder Wissenschaftler anderer Vertragsstaaten vor allem auch der Dritten Welt

beteiligt, um so die internationale Zusammenarbeit intensiv zu fördern.

Das Internationale Büro des AWI hat in seiner Funktion als Sekretariat des deutschen Landesausschusses des SCAR im März 1986 die 16. Sitzung des Landesausschusses in Bremerhaven und im April 1987 die 17. Sitzung in Bad Godesberg betreut und die Protokolle erstellt. Im Juli 1986 und 1987 wurden der „National Antarctic Research Report No. 8“ bzw. „No. 9“ vom Sekretariat herausgegeben. An der 19. Sitzung des SCAR in San Diego, im Juni 1986 nahmen Prof. Hempel als Vizepräsident und Dr. Plötz als Delegierter teil. Prof. Hempel besuchte weiterhin im Juni 1987 das BIOMASS Executive Meeting in Paris und im Juli 1987 das SCAR Executive Committee Meeting in Grenoble. Im September 1987 hielt die SCAR Arbeitsgruppe für Glaziologie ihre Sitzung zusammen mit dem 4. Internationalen Symposium über Antarktischglaziologie in Bremerhaven ab (Dr. Kohnen). 5 Wissenschaftler des AWI sind Mitglieder in SCAR Permanent Working Groups oder Groups of Specialists (Biology: Prof. Hempel; Glaciology: Dr. Kohnen; Logistics: Dr. Kohnen; Seals: Dr. Plötz; Sea Ice: Prof. Augstein; BIOMASS: Prof. Hempel; Cenozoic Paleo-Environments: Prof. Fütterer). Dr. Plötz ist ferner Mitglied des Wissenschaftlichen Komitees der Internationalen Walfang-Kommission (IWC).

3. Die *internationale Zusammenarbeit in der Arktis* ist nicht vertraglich geregelt. Um diesem Mangel zu begegnen, werden internationale Programme vom Arctic Ocean Sciences Board (AOSB) erarbeitet, dem eine Reihe von wissenschaftlichen Institutionen angehören, die Arktisforschung betreiben. Den Vorsitz hat Prof. Hempel. In den letzten Jahren wurde vor allem das „Greenland Sea Project“ vorbereitet. Während der 7. Sitzung von AOSB in Santander im September 1987 empfing Prof. Hempel AOSB-Mitglieder und Teilnehmer eines Symposiums über Arktisforschung an Bord von POLARSTERN.

Eine enge Zusammenarbeit des AWI mit dem norwegischen Polarforschungsinstitut in Oslo ist in einem Protokoll von 1984 festgelegt. Auch an den Arktisfahrten von FS POLARSTERN waren ausländische Wissenschaftler stets zahlreich beteiligt.

4. Das Internationale Büro des AWI diente weiterhin als Sekretariat der Deutschen IOC-Sektion (IOC = Intergovernmental Oceanographic Commission, Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission der Unesco, Paris). Prof. Hempel nahm als Leiter der deutschen Delegation und Mitglied des Exekutivrates an der 19. Sitzung des IOC Exekutivrates im März 1987 in Paris teil. Das Sekretariat war durch Frau Dr. Schiel an der 19. Sitzung des Exeku-

---

tivrates und durch Dr. Giermann an der 14. Vollversammlung der Kommission vertreten. Das Sekretariat erstellte Berichte über die genannten Tagungen. Vorbereitend fanden Sitzungen der Deutschen IOC-Sektion im Auswärtigen Amt in Bonn statt, die vom Sekretariat betreut wurden. Die von der POLARSTERN während ANT-V durchgeführten ozeanographischen Untersuchungen leisteten einen Beitrag zum Programm des „IOC Regionalkomitees für den Südlichen Ozean“ (SOC), und die bathymetrischen Messungen zu GEBCO (General Bathymetric Chart of the Ocean). Dr. Alheit hat mit dem von DFG und AWI finanzierten Projekt „Fortpflanzungsbiologie und Rekrutierung der Sprotte“ eine Komponente des IOC Programmes OSLR/IREP (Ocean Science in Relation to Living Resources/International Recruitment Programme) bearbeitet.

Mehrere AWI-Wissenschaftler nahmen als Vertreter der Bundesrepublik an Sitzungen von IOC-Arbeitsgruppen teil (GEBCO : Dr. Schenke, GESAMP : Prof. Ernst, JGOFS : Prof. Smetacek, OSLR/IREP : Prof. Hempel/Dr. Alheit, El Niño : Prof. Arntz, GLOSS : Prof. Krause, IOCARIBE : Prof. Arntz, locincwio : Dr. Giermann, TEMA : Prof. Arntz). Unter dem IOC-Programm für TEMA (Training, Education and Mutual Assistance in the marine sciences) arbeiteten 3 IOC research fellows (Stipendiaten) im AWI, einer vom BMFT, zwei vom AWI finanziert :

1. Al-Shirayda (Irak), Meereschemie (Prof. Ernst), Mai - Dez. 86;
2. Hadikusuma (Indonesien), Ozeanographie (Prof. Krause), Nov. 86 - Juli 87;
3. Cihangir (Türkei), Meeresbiologie (Dr. Alheit), Jan 87. - Jan. 88.

Vom Februar 1986 bis Januar 1987 leitete Dr. Giermann im Auftrag der IOC ein UNDP Projekt in Colombo (Sri Lanka) zum Aufbau einer Meeresressourcenbehörde. Er war für diesen Zeitraum vom AWI beurlaubt und wurde von Frau Dr. Schiel im Internationalen Büro vertreten.

5. Besondere Aufmerksamkeit verdiente die Verbesserung der europäischen Zusammenarbeit in den letzten Jahren. Das Sekretariat des EUREKA-Projektes EUROMAR wurde im AWI eingerichtet (Dr. Schulz-Baldes) und die unter der Schirmherrschaft der Europäischen Forschungsstiftung (Straßburg) für 1988-1989 geplante POLARSTERN-Expedition EPOS (European Polarstern Studie) wird von Prof. Smetacek vorbereitet. Dr. Plötz ist Mitglied der European Seal Group, die sich im Februar 1987 in Kopenhagen traf.

Während der im September 1987 begonnenen ANT VI-Expedition hat eine deutsch-österreichisch-schwedische Überlandexpedition zu den Kottasbergen eine schwedische Sommerstation aufgebaut.

---

Polarstern im Trockendock.  
Nach zwei Jahren auf See mit einer  
Überwinterung in der Antarktis und der  
Rekordfahrt bis 86° 11'N in der Arktis  
erhielt POLARSTERN in einer  
Hamburger Werft einen neuen  
Anstrich.



(Foto : Hapag-Lloyd T & S)

---

---

## 3. Forschungsarbeiten

### 3.1 Expeditionen

#### 3.1.1 ANT IV/3 (mit Kottas- und Filchner-Expeditionen)

Der 3. Fahrtabschnitt der Antarktis IV-Expedition (ANT IV/3) begann am 6. 12. 1985 in Punta Arenas und endete am 13. März 1986 in Kapstadt.

An diesem in der wissenschaftlichen Aufgabenstellung und den logistischen Anforderungen komplexen Expeditionsabschnitt nahmen 75 Wissenschaftler und Techniker teil, von denen 60 mit FS POLARSTERN und 15 mit SA „AGULHAS“ in die Antarktis transportiert wurden.

Die wesentlichen Unternehmungen, die im Rahmen dieser Expedition durchgeführt wurden, waren:

#### **Logistische Versorgung und Ausbau der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION (GvN), Austausch der Überwinterungsmannschaft.**

GvN wurde insgesamt viermal angelaufen. Die ersten zwei Entladungen erfolgten unter sehr schwierigen Bedingungen über das Meereis. Erst im Februar konnte an der Schelfeiskante festgemacht werden. An der Station wurden Schacht- und Rampenerhöhungen durchgeführt und die neue Flugzeughalle montiert. Ferner wurden die Observatorien (Geophysik, Meteorologie und Luftchemie) erweitert und ergänzt.

#### **Durchführung glaziologischer, photogrammetrischer und aerogeophysikalischer Feldmessungen in der näheren und weiteren Umgebung der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION.**

Das Bewegungs- und Deformationsnetz wurde auf 14 Stationen erweitert, um die Bewegung des Schelfeises und seine Verzerrung zu erfassen. Messungen des Schneezutrages und der Spurenstoffe wurden auf einem Profil mit fünf Schneeschächten und zwei Flachbohrungen fortgeführt. Mit einem Heißwasserbohrer wurde bei GvN das Schelfeis bei 208 m Dicke durchbohrt. Auf insgesamt 38 Profilen mit 8.400 Profilkilometern wurden mit (EMR) \* die Eisdicken zu den Kottas Bergen, auf dem Ekström-, Riiser Larsen- und Quarisen Schelfeis vom Flugzeug aus vermessen. Parallel dazu wurden auf den gleichen Profilen die Anomalien des Magnetfeldes aufgenommen. Zur Erstellung von Karten im Maßstab 1 : 25.000 und 1 : 50.000 wurden die Kottas Berge, Mannefall Knausane, die Kraul Berge und die Sverdrup Fjella aero-photogrammetrisch aufgenommen.

#### **Erkundung einer Überlandroute von der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION in die Kottas Berge und die Durchführung eines geologisch-geophysikalischen Kartierungs- und Meßprogrammes.**

Auf dieser Traverse in die Kottas Berge – sie dauerte vom 20. 12. 1985 bis 21. 2. 86 über 9 Wochen – wurden reflexions- und refraktionsseismische Untersuchungen, sowie magnetische und gravimetrische Messungen auf ca. 1.000 Profil-km durchgeführt.

Am Nordrand des Gebirges konnten so ein sehr steiles, tief unter das Eis reichendes Eskarpmment nachgewiesen und ein Überblick über die Eismächtigkeiten gewonnen werden. Die refraktionsseismischen Messungen werden Informationen über die tieferen Strukturen der Erdkruste im Vorland der Kottas Berge erbringen und somit eine Anknüpfung an die marin-seismischen Untersuchungen erlauben. Die hier erstmals eingesetzten Spreng- und Aufnahmetechniken haben sich sehr gut bewährt.

Die ca. 130 km lange Bergkette der Kottas Berge und der Nunataks von Mannefall Knausane wurden in der 7wöchigen Kampagne geologisch kartiert. Das Gebiet gehört zu einem präkambrischen Orogen mit mehrfach deformierten Gesteinen. Hochdruckgesteine weisen zusammen mit Vererzungsspuren auf alte, bisher nicht bekannte, Subduktionsvorgänge hin. Die Geologie der Kottas Berge hat sich damit als wesentlich vielseitiger und wissenschaftlich interessanter erwiesen, als bisher angenommen werden konnte, so daß diese Expedition nur ein Anfang der geologischen Erforschung der Kottas Berge darstellen kann.

#### **Logistische Versorgung und Ausbau der Filchner-Sommerstation auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis.**

Die Station erhielt eine neue Energiestation und eine neue Schneeschmelze. Die Plattform wurde um 2 m erhöht, um sie vor dem Eindriften zu schützen. Ferner wurden Vorbereitungen für das Filchner-III Experiment 1986/87 getroffen.

#### **Durchführung der 2. Meßphase des internationalen Filchner-Ronne-Schelfeis-Projekts (FRISP) zur Erfassung von Massenhaushalt und Bilanz des Filchner-Ronne-Schelfeises ausgehend von der Filchner Sommerstation.**

Diese 2. Meßphase des FRISP war hauptsächlich für die Nachmessung von Markierungsstationen vorgesehen, konnte jedoch um die Flugvermessung sowie um weitere Bodenmessungen beträchtlich erweitert werden. Die Bodenmessungen wurden im Rahmen einer Schlittenexpedition durchgeführt, die von der Filch-

ner Station 250 km nach Süden und Südwesten und auf einem Parallelprofil zur Schelfeiskante zurückführte. Insgesamt wurden ca. 900 km zurückgelegt und die Fließgeschwindigkeit und Verzerrung des Eises bestimmt. Weitere Deformationsfiguren wurden angelegt und die Schelfeishöhe wurde barometrisch vermessen. Im Verlauf der Traverse wurden Schneeschächte angelegt und Flachbohrungen niedergebracht.

Die Eismächtigkeiten wurden kontinuierlich und punktweise mit der seismischen und der EMR-Methode bestimmt. Die Meerestiefen unter dem Eis wurden auf reflexionsseismischen Untersuchungen gewonnen. Bei Punkt 335 der Traverse wurde das Schelfeis bei einer Dicke von 465 m durchbohrt womit die Existenz einer Zwischenschicht unter weiten Teilen des Filchner Schelfeises bewiesen wurde, die schon bei EMR-Sondierungen aufgefallen war. Im Schelfkantenbereich konnten alte Deformationsstationen nachgemessen und der Anschluß an das Meeresniveau durchgeführt werden.

#### **Anlage von Treibstoff-Depots bei der britischen Station Halley und der russischen Station Drushnaya für das wissenschaftliche Flugprogramm von POLAR 2 und POLAR 4.**

Bei Halley wurden 90 Faß Jet-A1, bei Drushnaya 120 Faß Jet-A1 deponiert, die Depots neu eingemessen und markiert.

In der Saison 1985/86 wurden erstmalig die zu Langstreckenversionen umgebauten Polarflugzeuge Polar 2 und Polar 4 (DO 228) eingesetzt. Polar 2 diente als Meßträger für Aeromagnetik, Eisdickensondierung (EMR) und Photogrammetrie während Polar 4 Versorgungs-, Erkundungs- und Personentransportflüge durchführte. Der Einsatz im Neumayer-Ekström-Gebiet und in der Filchner Region umfaßte 51.700 km entsprechend 341 Flugstunden; davon 39.900 km Meß- und 18.800 km Logistikflüge. Die Flugzeuge arbeiteten zuverlässig und weitgehend störungsfrei. Problematisch sind jedoch Außenlandungen in unerkundetem Gebiet. Der Verlust einer Turbine an der Filchner Station kurz vor dem Abflug in die Heimat war auf Einwirkung von außen zurückzuführen. Der Einbau einer Austausch turbine erfolgte in kurzer Zeit bei hilfreicher Unterstützung durch POLARSTERN.

#### **Durchführung eines marin-geophysikalischen Meßprogrammes mit MCR\* Seismik, Gravimetrie, Magnetik, Bathymetrie etc., vorwiegend als Lokationserkundung für Forschungsbohrungen im Rahmen des internationalen „Ocean Drilling Programme“ (ODP).**

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden mehr als 6.000 Profil-km mit MCR-Seismik, Gravimetrie, Magnetik, über den Kontinentalhang des Weddellmeeres gefahren. Dabei zeigte sich, daß das Andenes-Explora-Escarpment erheblich komplexer gebaut ist, als bisher angenommen wurde und eine plattentektoni-

sche Grenze erster Ordnung darstellt. Nach Süden unter den Filchner Schelf hineinstreichende kontinentale Strukturen weisen auf bisher nicht bekannte Mikro-Kontinentsplitter der frühen Weddellmeerentwicklung hin. In den zwischengelagerten Becken haben sich bis zu 10 km mächtige, vermutlich weitgehend glaziale und glazial-marine Sedimentabfolgen auf ozeanischer Kruste abgelagert. Die seismischen Profile, die zu einem wesentlichen Teil schon an Bord prozessiert wurden, bilden die Grundlage von ca. 20 Bohrvorschlägen, die dem „Ocean Drilling Project“ (ODP) zur Auswahl eingereicht wurden.

#### **Sedimentologische Beprobung auf ausgewählten Profilen am Kontinentalhang zur Untersuchung der quartären Geschichte des Weddellmeeres, der Paläoozeanographie und Klimaentwicklung.**

Das sedimentologische Beprobungsprogramm wurde auf 75 Stationen mit verschiedenen Geräten durchgeführt. Von insgesamt 200 m Sedimentkernen wurden 90 m bereits an Bord beprobt und teilweise aufgearbeitet. Erste Auswertungen zeigen, daß die Weddellmeer-Polynya vermutlich über mehr als 800.000 Jahre als klimaabhängiges, zyklisches Ereignis auftritt.

#### **Aufnahme ozeanographischer Verankerungssysteme, die im Vorjahr vom norwegischen Forschungsschiff ANDENES im Bereich der Filchner Depression ausgebracht worden waren.**

Diese Arbeiten brachten einen Teilerfolg; von 9 Verankerungen konnten 4 geborgen werden. Weitere 4 Systeme lösten nicht aus oder schwammen nicht auf. 1 System lag unter dichter Eisbedeckung, so daß von einer Aufnahme Abstand genommen wurde. Trotzdem ist die Bergung der 4 Verankerungen als Erfolg zu verstehen, da nun zum ersten Mal ganzjährige ozeanographische Datenreihen aus dem inneren Teil des Weddellmeeres zur Verfügung stehen.

FS POLARSTERN oblag auch der Transport und die Versorgung der verschiedenen Landarbeitsgruppen und diente als Sicherheits- und Kommunikationszentrale. Trotz der teilweise ungünstigen äußeren Bedingungen (schlechtes Wetter und schwierige Eisverhältnisse), die häufiges Umplanen und großen persönlichen Einsatz aller Beteiligten erforderten, konnte das Expeditionsprogramm in allen Punkten erfolgreich abgeschlossen werden.

#### **3.1.2 ANT IV/4**

Der Fahrtabschnitt ANT IV/4, der am 18.3.1986 in Kapstadt begann und am 29.4.1986 in Punta Arenas endete, war unter Beteiligung ausländischer Wissenschaftler aus den Niederlanden, den

USA und Südafrika in erster Linie ozeanographischen und geowissenschaftlichen Programmen gewidmet. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf einen Nord-Süd-Schnitt, der vom Agulhas Becken über den indisch-atlantischen Rücken bis in das Weddell Becken und das daran anschließende topographische Hoch des Maud Rückens reicht.

Die ozeanographischen Programme befaßten sich mit dem Zirkulationsteil des Weddell Wirbels zwischen 50° S und dem Maud Rücken. Mit Hilfe hochauflösender CTD-Profile (29 Stationen), XBT-Aufzeichnungen (122 Einsätze bis 900 m Tiefe) und Wasserproben zur Bestimmung von Sauerstoff, Nährsalzen, Helium-Isotopen sowie bodennahen 226 Ra-Profilen lassen sich die großräumigen Vermischungsprozesse und mögliche Verbindungswege zwischen den einzelnen Tiefsee-Becken abschätzen.

Im Bereich des Maud Rückens wurden an fünf Positionen Verankerungen mit Strommessern und Thermistorketten für den Zeitraum April bis Dezember 1986 ausgelegt, um für verschiedene horizontale und vertikale Skalen die Fluktuationen des Geschwindigkeits- und Temperaturfeldes zu erfassen. Die Positionen wurden so ausgewählt, daß neben Geschwindigkeitsprofil in Stromluv und Stromlee des Maud Rückens sowie im kalten und warmen Sektor des Rezirkulationsbereiches des Weddell Wirbels erfaßt wird. Zusammen mit dem Massenfeld, das später während des Winter-Weddell-See-Projektes erfaßt wurde, sollen daraus der Energiehaushalt, der Übergang von potentieller zu kinetischer Energie und die für den Wärmetransport wichtigen dynamischen Größen bestimmt werden.

Die geowissenschaftlichen Untersuchungen umfaßten ein Dredge-Programm im Bereich des Atlantisch-Indischen Rückens in Kombination mit der topographischen Aufnahme (SEABEAM) der beprobten Strukturen und eine sedimentologisch-paläontologisch orientierte Sedimentprobennahme auf dem Nord-Süd-Schnitt und dem Maud Rücken. Daneben wurden in ausgewählten Gebieten flachseismische Profile (bis ca. 380 m Eindringtiefe) mit „water-gun“ und Kurz-Streamer aufgenommen sowie zwei Wärmestromdichtesonden erprobt.

Das Dredge-Programm erbrachte bei sieben Einsätzen ca. 450 kg Gesteinsproben wobei neben serpentinierten Ultramafiten auch frisch gebildete Basalte gewonnen werden konnten. Die in diesem Zusammenhang durchgeführte SEABEAM-Vermessung ist die erste topographische Detailaufnahme (1 : 100.000 Mercator-Projection, 100 m Tiefenlinien) eines Abschnittes des Atlantisch-Indischen Tiefseerückens. Eine kartierte Bruchzone wurde mit dem Arbeitsnamen „Alfred Wegener Fracture Zone“ belegt.

Auf dem Nord-Süd-Profil konnte an 11 Stationen das Schwere- lot zur Entnahme von Sedimentkernen eingesetzt werden (Ge-

samtkerngewinn ca. 100 m, größte Kernlänge 14,84 m). Die dabei gewonnenen quartären und oberpliozänen Abfolgen (erfaßter Zeitraum ca. 2,5 Mio Jahre) sollen Aufschluß über Verbreitungsfuktuationen der klimatologisch wichtigen Parameter wie des zirkumantarktischen Kaltwassergürtels und der Meereisbedeckung geben. Um die Sedimentationsbedingungen unter Interglazial- und Glazialzeiten repräsentativ zu erfassen, werden entlang des Profils exemplarisch Faziesanalysen in biostratigraphisch und paläomagnetisch datierten „Zeitscheiben“ durchgeführt. Dabei werden auch Hinweise auf die Aktivität des Antarktischen Bodenwasserstroms erwartet.

Im Bereich des Maud Rückens wurden an insgesamt 18 Stationen bei Wassertiefen zwischen 5000 m und 2500 m geologische Großgeräte (Schwere- oder Kolbenlot, Großkastengreifer) eingesetzt. Der Gesamtkerngewinn beträgt ca. 85 m. Ein Kolbenlot ging bei rauher See beim Hieven aus dem Sediment verloren. Das Probennahmeprogramm war gleichzeitig auch ein „Pre-Site-Survey“ für die ODP-Tiefseebohrungen, die mittlerweile vom Januar bis März 1987 an zwei Positionen auf dem Maud Rücken abgeteufelt worden sind. In Ergänzung zu diesen Bohrungen konnte mit Hilfe von Schwerelot und Großkastengreifer die Deckschicht des Maud Rückens, die aus einem ca. 3 m mächtigen Foraminiferensand quartären Alters besteht, sowie der Übergang zu dem darunter liegenden oberpliozänen Diatomit in ungestörter Form beprobt werden. Die verschiedenen Sedimentkerne ergeben insgesamt eine Abfolge, die den Zeitraum Quartär bis oberes Miozän mehr oder weniger lückenlos abdeckt und biostratigraphisch sowie paläozeanographisch bearbeitet wird.

Auf der Rückreise Richtung Punta Arenas wurde auf 62°26,5'S und 34°45,5'W eine Verankerung mit zwei zeitgesteuerten Sinkstoff-Fallen und Strömungsmessern, die während ANT III/3 (Januar 1985) ausgebracht worden war, aufgenommen. Die neunstündigen Arbeiten wurden durch aufkommendes Schlechtwetter und Lufttemperaturen von -18°C erschwert. Dabei kam es zur Beschädigung einer Falle und zum Verlust eines Teils des Probenmaterials.

Den Abschluß der Expedition ANT IV/4 bildete am 24. 4. 1986 ein Besuch der britischen Station auf Signy Island (South Orkney). Die Expedition ANT IV/4 hat erneut gezeigt, daß POLARSTERN auch bei schwererem Wetter in der herbstlichen Antarktis ein umfangreiches ozeanographisches und geologisches Meßprogramm möglich macht. Bis Windstärken um 10 bis 11 konnte schweres geologisches Gerät eingesetzt werden.

### 3.1.3 Die erste Winter-Weddellmeer-Expedition ANT V/1 - ANT V/3

FS POLARSTERN beendete am 14. Dezember 1986 seine am 6. Mai 1986 begonnene, antarktische Winterexpedition. Zum ersten Mal hat damit ein Forschungsschiff sieben Monate lang während des antarktischen Winters im eisbedeckten Teil des Südpolarmeeres verbracht, ohne sich vom Packeis einschließen zu lassen.

Auf drei Fahrabschnitten arbeitete das Schiff im Seegebiet der Antarktischen Halbinsel, im Packeisgürtel entlang des Greenwich-Meridians und im Küstenbereich des östlichen Weddellmeers. Insgesamt waren 140 Wissenschaftler und Techniker an den Untersuchungen beteiligt, die mehreren deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen und zu einem Viertel ausländischen Instituten angehören.

Jeder Fahrabschnitt hatte einen eigenen Schwerpunkt: Im Mai und Juni setzte die Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Leitung: D. Sahrhage) ihre seit 1975 laufenden Untersuchungen über Krill und Fischbestände erstmalig im Winter fort. Mit diesen Arbeiten leistete die Bundesrepublik einen Beitrag zur Internationalen Konvention zum Schutz der lebenden Meeresressourcen der Antarktis. Biochemische Untersuchungen an überwinterten Meerestieren und Aufzuchtexperimente am Krill wurden auf dem ersten Fahrabschnitt begonnen und auf den beiden folgenden in den Kühlaquarien des Schiffes fortgeführt.

Die zweite und dritte Expeditionsphase bildeten den Kern des Winter-Weddell-Sea-Projects (WWSP '86) an dessen Planung und Durchführung amerikanische, britische und holländische Forscher beteiligt waren. Die Wechselwirkung zwischen Meereis und Zirkulation des Ozeans und der Atmosphäre stand im Vordergrund der Arbeiten im Packeisgürtel von Juli bis September (Leitung: E. Augstein). Die räumliche und zeitliche Entwicklung der Meereisdecke mit Überschiebungen, Pressungen, dem Aufreißen und erneuten Zufrieren von Waken und zeitweise offenen Wasserstreifen (Polynyas) an den Küsten des Kontinents konnten bisher nicht erforscht werden. Es fehlte an geeigneten Schiffen, die wie POLARSTERN im Packeis operieren können und mit Meßeinrichtungen, Laboratorien und ausreichendem Platz an Bord ausgerüstet sind, um genügend Wissenschaftlern an derartigen multidisziplinären Projekten die Zusammenarbeit zu ermöglichen.

Der dritte Fahrabschnitt (Leitung: G. Hempel) dehnte die ozeanographischen und meteorologischen Arbeiten in das innere Weddellmeer aus und bot vor allem den Biologen Gelegenheit, erstmalig die Lebensvorgänge im winterlichen, eisbedeckten Polarmeere im einzelnen zu studieren und die Frühjahrsentwicklung

in der Küstenzone zu erforschen. Dabei wurde unerwartet dicht unter der Küste das „klarste Wasser der Welt“ gefunden. Leben wurde im Spätwinter nicht in der Wassersäule, sondern nur am Meeresboden und an der Unterseite der Eisschollen angetroffen. Hier überwintert auch der Krill großflächig verteilt.

Die Nahrungsgrundlage und das Verhalten der Kaiserpinguine und Robben wurden an der neu errichteten DRESCHER-STATION in einer eisbedeckten Meeresbucht mehrere Wochen lang untersucht. Eine Zählung aller Robben und Pinguine im östlichen Weddellmeer mit Hilfe der Hubschrauber der POLARSTERN erbrachte auf 1.300 km Küstenstrecke 1.200 Weddell-Robben und 130.000 Kaiserpinguine.

POLARSTERN wurde auf dem dritten Fahrabschnitt Zeuge eines Jahrhundertereignisses. Das Schiff drang soweit nach Süden vor, daß die drei großen Eisinseln, die sich vom Filchner-Schelfeis abgetrennt hatten und die insgesamt die Größe von Hessen haben, vermessen werden konnten. Die Eisinseln verändern Meeresströmungen und Eisdrift und behindern den Zugang zur weiter westlich gelegenen deutschen Filchner-Station. Aufgrund einer sowjetischen Anfrage zum Schicksal der im Abbruchgebiet gelegenen Sommerstation Drushnaya und im Interesse künftiger POLARSTERN-Expeditionen wurden Lage und Größe der Eisblöcke mit Hilfe der Hubschrauber bestimmt und ausführlich dokumentiert.

#### Biologie in der Bransfield Straße (ANT V/1)

Das Unternehmen begann am 6. Mai 1986 in Punta Arenas mit 29 Wissenschaftlern an Bord. Der erste Abschnitt endete in Bahia Blanca am 19. Juni 1986. Er hatte die Erforschung der frühwinterlichen Krillvorkommen im Seegebiet von Elephant Island und der Antarktischen Halbinsel und die Untersuchung der Fischbestände um Elephant Island zum Ziel. Untersuchungen zur Verteilung der mikrobiellen und mikroplanktischen Biomasse, biochemische Arbeiten und Spurenstoffanalysen rundeten das Forschungsprogramm ab.

Mit dem Grundschieppnetz um Elephant Island wurde mit 21 Hols aus Tiefen bis zu 350 m etwa 17 t Fisch gefangen, der biologisch bearbeitet wurde. Es wurden 37 verschiedene Arten identifiziert; die mit Abstand häufigste Art war *Nothothenia gibberifrons*. Neben Anzahl und Gewicht wurden bei kommerziell befischten Arten Länge, Geschlecht und Reifezustand bestimmt. Krill (*Euphausia superba*) konnte an 42 von 81 Stationen nachgewiesen werden; größere Krillmengen wurden zwischen Adelaide Island und dem Palmer Archipel angetroffen. Schwierige Bodenverhältnisse herrschten nur südlich von Elephant Island, hier konnten nur wenige Fische gefangen werden.

Die im Stationsprogramm vorgesehenen Schnitte südlich von Elephant Island und in der südlichen Bransfield Straße mußten wegen Bedeckung mit Packeis von großer Mächtigkeit aufgegeben werden. Die geplante Bergung von Sedimentfallen, die 1985 auf 62°12'S, 58°50'W ausgelegt worden waren, mußte aus den gleichen Gründen entfallen. Die offenen Stellen der Bransfield Straße wurden für den Einsatz des Rectangular Midwater Trawl (RMT) und des Neustonschlittens benutzt; das Unterwasserkamerasystem (UWE) wurde erfolgreich erprobt. Vor Livingstone Island konnten Bodenproben für die Benthosarbeitsgruppe entnommen werden. Ein mit dem Echolot aufgefundener Krillschwarm konnte mit der Unterwasserkamera in Tiefen von 10-70 m gut beobachtet und aufgezeichnet werden. Die Barkasse POLARFUCHS half bei der Gewinnung von Benthos und Plankton.

Aus mehr als 100 Einsätzen von Multisonde und Rosettenwasserschöpfer stand genügend Material für ozeanographische und Biomasseuntersuchungen zur Verfügung. Die vertikale Biomassenverteilung konnte durch die Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) bereits an Bord weitgehend ausgewertet werden. Die Bearbeitung der Proben durch zwei verschiedene Arbeitsgruppen ermöglichte eine Interkalibrierung an Bord. Für spurenstoffchemische Untersuchungen konnten zahlreiche Proben aus Fischen und aus den Fängen mit dem Neustonschlitten isoliert werden; ihre Analyse an Bord erwies sich als nicht durchführbar, da ein Teil der Reagenzien nach dem Seetransport über Kapstadt nicht mehr die erforderliche Reinheit hatte. Das Probenmaterial wurde daher in tiefgefrorenem Zustand nach Bremerhaven transportiert, wo Ende 1986 mit den analytischen Arbeiten begonnen wurde. Mikroplanktonuntersuchungen (Rosettenschöpfer, Neustonschlitten, Apsteinnetz) ergaben eine hohe Abundanz von Diatomeen und Protozoen; zusätzlich kamen im Nordwesten des Untersuchungsgebietes höhere Anteile von Dinoflagellaten hinzu. Insgesamt ergibt sich eine nach Süden zunehmende Verarmung des Mikroplanktons. Zusätzliche Fänge aus Eisproben unterschiedlicher Struktur wurden bei Schlauchbooteinsätzen erhalten. Für Zooplanktonproben stand Material aus RMT-Fängen zur Verfügung, das durch Fänge mit Neustonschlitten, Bongo- und Nansen-Netz ergänzt wurde.

Für den Fang von Krilllarven erwies sich der Neustonschlitten als geeignet; mit dem Multinetz ergaben Stufenfänge die höchste Ausbeute im Bereich 0-10 m. Die Stadienzusammensetzung war im nördlichsten Teil des Untersuchungsgebietes vergleichsweise einheitlich mit überwiegend 5 und 6 Furcillen. Die Mehrzahl der gefangenen Tiere wurden für physiologische und chemische Untersuchungen genutzt.

## Die Packeistraversen (Ant V/2)

Das Arbeitsgebiet der POLARSTERN während dieses WWSP'86-Abschnittes lag zwischen dem Meereisrand und der Schelfeiskante entlang des Greenwich-Meridians.

Auf zwei meridionalen Traversen und in einem verdichteten Meßnetz über dem Maud Rücken wurden ozeanische und atmosphärische Strukturen aufgezeichnet und groß- sowie mesoskalige Prozesse untersucht, eisphysikalische Vorgänge erfaßt und die pflanzlichen wie tierischen Lebensformen im Eis und in der Wassersäule studiert. Dabei standen folgende Forschungsziele im Vordergrund:

- Analyse der Kristallstruktur, der physikalischen Eigenschaften und der zeitlichen und räumlichen Entwicklung des Meereises sowie seines dynamischen Verhaltens unter der Einwirkung atmosphärischer und ozeanischer Antriebsmechanismen.
- Berechnung des Wärme- und Impulsaustausches zwischen Atmosphäre und Eis/Ozean und Bestimmung der großräumigen Verdriftung des Packeises anhand der Luftdruck- und Bodenwindfelder.
- Erfassung der horizontalen und vertikalen Verteilung thermohaliner Zustandsgrößen, chemischer Substanzen und verschiedener Spurenstoffe zur Ableitung der mittleren Zirkulation, mesoskaliger Transportvorgänge und signifikanter Vermischungsprozesse im östlichen Bereich des ozeanischen Weddell-Wirbels.
- Erkundung der biologischen Entwicklung im und unter dem Meereis bei geringem Lichtangebot, dichter Eisbedeckung und starken Schwankungen der Temperatur und des Salzgehaltes im Eis.

Die Messungen und Beobachtungen wurden von integrierten Arbeitsgruppen durchgeführt, die sich aus Wissenschaftlern und Technikern deutscher (31), amerikanischer (12), britischer (5), schweizer (1), österreichischer (1) und argentinischer (1) Institute zusammensetzten. In einigen Teilprogrammen arbeiteten Vertreter verschiedener Disziplinen eng zusammen. Letzteres gilt vor allem für die Meereisuntersuchungen und die Ozeanographie. Die schon bei der Expeditionsplanung begonnene gemeinsame Arbeit soll bis zur Veröffentlichung der Ergebnisse fortgesetzt werden.

Die Seereise begann am 27. 6. 1986 in Bahia Blanca, Argentinien. POLARSTERN konnte wegen windbedingten niedrigen Wasserstandes erst einen Tag später als vorgesehen auslaufen. Das Schiff war zu dieser Zeit mit 44 Besatzungsmitgliedern, 47 Wissenschaftlern und Technikern und einer vierköpfigen Hubschraubemannschaft besetzt. Eine Woche nach dem Verlassen von Bahia Blanca erkrankte ein Wissenschaftler so schwer, daß wir am 5. Juli – kurz vor dem Eintreffen im Arbeitsgebiet – Kurs

auf Kapstadt nehmen mußten. Am Scheitelpunkt der Kurslinie wurde die erste Argosboje zur Bodenwerterfassung im offenen Wasser ausgesetzt. Nach sechstägiger Fahrt mit voller Kraft erreichte das Schiff am 11. Juli abends Kapstadt. Der Kranke war in Begleitung des Bordarztes schon am Morgen mit dem Hubschrauber an Land gebracht worden, wo er sofort ärztlich versorgt werden konnte. In der Nacht wurde Treibstoff nachgebunkert und am 12. Juli morgens lief POLARSTERN erneut in die Antarktis aus.

Die durch den Notfall auf drei Wochen verlängerte Anfahrtszeit in das Meßgebiet wurde in beträchtlichem Umfang mit wissenschaftlichen Seminaren und Lehrveranstaltungen ausgefüllt. Vorlesungen über „Meereisdynamik“ und „Physikalische Prozesse in Ozean und Atmosphäre“ fanden ebenso regen Zuspruch wie Deutsch- und Spanischkurse. Diese Unternehmungen wirkten sich sowohl vorteilhaft auf das Zusammenleben an Bord als auch auf das gegenseitige Interesse an den Forschungsarbeiten der verschiedenen Disziplinen aus.

Auf der gesamten Anreise von Kapstadt begünstigten Wind und Wetter die Fahrt des Schiffes, so daß wir schon am 17. Juli auf 58°30'S/00°00'W die erste ozeanographische Station durchführten. Diese bildete den Ausgangspunkt einer meridionalen Traverse auf dem Längengrad 01°W in das Packeis hinein. Statt auf einen wohldefinierten Eisrand trafen wir zunächst auf Eisgries, der sich weiter südwärts zu kleinen und mit zunehmender Breite zu immer größeren und dickeren Pfannkuchen zusammengeslossen hatte. Erkennbar aus Pfannkucheneis gebildete Schollen bildeten das Meereis noch in 300 sm Abstand vom Eisrand, wo es Dicken von 30 cm - 50 cm erreichte. Aufgrund dieser Gegebenheiten waren Beprobung und Bohrungen erst nach zwei Tagen zügiger Fahrt durchs Eis möglich und die zweite Argosboje, die nahe am Rand des Packeisgürtels messen sollte, mußte bei 61°S zwischen kleinen Schollen ins Wasser statt aufs Eis gesetzt werden.

Während der gesamten Einfahrt wurden im 30 sm Abstand Temperatur- und Salzgehaltsprofile mit der CTD-Sonde im Ozean gemessen und mit Hilfe von jeweils 24 10-l-Schöpfern Wasserproben aus unterschiedlichen Tiefen genommen. Letztere wurde ständig zur Analyse des Salzgehalts, des Sauerstoffs, weiterer chemischer und biologischer Größen sowie verschiedener Spurenstoffe im Meerwasser genutzt. In größeren Abständen wurden auf den Profilen 300-l-Schöpfer zum Nachweis von Spurenstoffen eingesetzt. Das vertikale Profil des Stromvektors in den oberen 150 m bis 300 m Wassersäule wurde während der Stationsaufenthalte des Schiffes regelmäßig mit einem Doppler-Sonar aufgezeichnet. Zur Untersuchung des Zooplanktons in der Wassersäule unter dem Eis diente täglich ein Hol mit dem Multinetz. Einmal

am Tag, möglichst in Verbindung mit einer CTD-Station, arbeitete eine interdisziplinäre Mannschaft für 2 bis 4 Stunden auf dem Eis, um Kerne zu ziehen, in einem Raster Bohrungen zur Eisdickenverteilung vorzunehmen, die Oberflächenspannungen des Eises aufzunehmen und die Albedo der kurzwelligen Strahlung zu messen. Die Eiskerne wurden hinsichtlich der biologischen Einschlüsse (Diatomeen, Foraminiferen, Bakterien), der Nährstoffe und des Salzgehaltes analysiert und ferner zur Bestimmung der Temperatur-, Dichte- und Wärmeleitfähigkeitsprofile sowie zur Erforschung des kristallinen Aufbaus des Eises verwandt.

In enger Anlehnung an die Arbeiten auf dem Eis wurden fast kontinuierlich, besonders aber während der Stationsaufenthalte auf fünf Kanälen die Mikrowellenstrahlung der Eis- und Schneeoberfläche registriert. Aus den Ergebnissen werden verbesserte Algorithmen zur Interpretation der Reflektion des Meereises abgeleitet. Zur ständigen Erfassung der atmosphärischen Felder nahe der Meeresoberfläche wurde ein Argosbojennetz ausgelegt, das den Meereisgürtel bis zur Schelfeiskante überdeckte. Sondierungen des Windvektors, der Temperatur und des Wasserdampfgehalts bis zu 20.000 m Höhe erfolgten viermal täglich während der gesamten Eisfahrt durch Radiosondenaufstiege. Ferner wurden Bodenwerte auf dem Schiff kontinuierlich als 10-Minutenmittel registriert. Die turbulenten Flüsse der Wärme und des Impulses und das Windprofil der Grenzschicht wurden mit einer Sonic- bzw. einer Doppler-Sonar-Anlage auf allen längeren Schiffsstationen gemessen.

Die Arbeiten vom Schiff wurden — wenn die Wetterbedingungen es zuließen — durch Radar Eisdickenmessungen, flächendeckende Fotografie und CTD-Profile von Eisschollen aus mit Hilfe von Hubschraubern erweitert.

Im Bereich des Maud Rückens, dem Hauptarbeitsgebiet dieses Fahrtabschnitts, wurde das ozeanographische Meßnetz auf 10 sm Abstand verdichtet. Außerdem wurde der geplante gerade Südkurs auf 02°W durch eine Zickzacklinie ersetzt, um die wegen schlechten Wetters verhinderten Hubschraubermessungen wenigstens teilweise zu kompensieren. Diese zusätzliche Leistung der POLARSTERN war wegen der bis dahin schnellen Fahrt durchs Eis möglich. Entgegen geltender Annahme trafen wir auf dem Schnitt westlich des Rückens relativ warmes Tiefenwasser mit Maximalwerten  $> 1.1^{\circ}\text{C}$  an. Dagegen waren weder hier noch im weiteren Verlauf der Reise warme Zellen zu finden, die auf eine tiefreichende vertikale Vermischung im Ozean hingewiesen hätten.

Am 23. Juni erreichte uns etwa bei 65°S, bereits 500 km im Eis, völlig unerwartet eine ausgeprägte Dünung mit Wellenhöhen bis zu 2 m und Perioden um 18 s. Dieses etwa 2 bis 3 Stunden anhal-

tende Ereignis, das von einem Sturmtief mit dem Kern nördlich des Eisrandes erzeugt wurde, zerlegte die vorher feste Eisdecke vollständig in Schollen von max. 200 m Durchmesser.

Die Meridionaltraverse westlich des Maudgebirges endete bei 66°40'S/02°W. Von dort aus überquerte POLARSTERN den Rücken mit Nordostkurs. Dieser Schnitt wurde im Zentrum des Plateaus vom 28. Juli bis zum 4. August durch eine Driftstation mit Eisdeformationsmessungen unterbrochen. Mit kontinuierlichen Einpeilungen von Radartranspondern und Omegasonden, die ein 20 km weites Gitter aufspannten, wurde 4 Tage lang die horizontale Verformung der Eisdecke registriert. Diese Untersuchungen wurden begleitet von Analysen der Eisstruktur, der Eisdickenverteilung, des Wärmeflusses durch das Eis sowie Foto- und Radaraufnahmen vom Hubschrauber aus.

Auf dem letzten Teil der Traverse über den Maud Rücken wurden beide Hubschrauber am 2. August bei CTD-Messungen von einer rasch aufziehenden Schneefront überrascht und konnten nicht mehr zum Schiff zurückkehren. Da nur unter ständiger Radarkontrolle geflogen wurde, waren die Landepositionen genau bekannt, so daß POLARSTERN beide Maschinen abholen und nach einigen Stunden heil an Bord nehmen konnte.

Alle Messungen im Bereich des Maud Rückens zeigten übereinstimmend, daß relativ kaltes ( $T_{\max} < 0.5^{\circ}\text{C}$ ) Tiefenwasser über dem Plateau von einem wärmeren ( $T_{\max} > 1.1^{\circ}\text{C}$ ) Gürtel umschlossen ist. Die Front zwischen beiden Wassermassen verläuft entlang des Gebirgshanges. Um abzusichern, daß das warme Tiefenwasser auch im Osten lateral weit ausgedehnt ist, wurde der östlich des Rückens gelegene Schnitt von 64°S/05°E nach 65°S/08°E gefahren. Auch hier wurde das warme Tiefenwasser auf der ganzen Strecke angetroffen. Es wurde erst weiter südlich auf der ganzen Strecke angetroffen. Es wurde erst weiter südlich von einer bis zur antarktischen Küste reichenden kälteren Wassermasse abgelöst.

Südlich von 66°S erschwerten an Zahl und Mächtigkeit zunehmende Preßeisrücken das Vorankommen des Schiffes. In kurzen Abständen mußten mehrere Meter dicke Pressungen immer wieder durch Rammen überwunden werden. Schlechte Sicht bei starkem Schneetreiben trug zusätzlich zur Fahrtbehinderung bei. Dennoch hatte POLARSTERN sich am 8. August bis zum nördlichen Rand des Antarktischen Küstenstroms durchgeboxt, wo bei 68°30'S/01°E vom 8. bis zum 13. August die 2. Eisdeformationsmessung stattfand. Der Sturmtag bewirkte markante Verformungen und Pressungen, die zumindest durch einen Teil der Transponder und Omegasonden erfaßt werden konnten. Leider gingen in den Preßrücken zwei auf Eisschollen ausgelegte Strommesser, eine Wärmefußanlage und eine Argosboje verloren.

Letztere konnte nach Aufbrechen des Eises mit dem Schiff später zwar beschädigt aber noch reparaturfähig geborgen werden.

Auf dem weiteren Weg zur Schelfeiskante wurden die Eispressungen immer stärker und blockierten dem Schiff etwa 15 sm vor der Küste den Weg völlig. Aufklärungsflüge zeigten eine bis zur Schelfeiskante ausgedehnte, nahezu ausschließlich mit gepreßtem Eis bedeckte Zone, die nur unmittelbar an der Küste von schmalen Rinnen durchbrochen wurde. Einer der Erkundungsflüge wurde bis über die südafrikanische Überwinterungsstation „Sanae“ ausgedehnt. Da die Station weder durch Funk erreicht noch jemand auf dem Gelände gesichtet werden konnte, mußte auf eine Landung verzichtet werden. Später vorgesehene, mit der Station abgesprochene Besuche fielen dem dann folgenden schlechten Wetter zum Opfer.

Wachsender Eisdruck auf das Schiff und Aussichten auf erneute starke Nordwinde nötigten das Schiff am 15. August von der südlichsten Position dieser Reise (69°31'S) auf 69°S nach Norden auszuweichen. Entlang dieser Breite machte POLARSTERN parallel zur Schelfeiskante bei schwerem Sturm und schlechter Sicht langsame Fahrt nach Westen, um die Messungen unmittelbar an der Küste noch nachzuholen und die GEORG-VON-NEUMAYER-STATION wenigstens mit dem Hubschrauber besuchen zu können. Als dann am 18. August noch immer keine kurzfristige Wetterbesserung in Aussicht stand, mußte schließlich die Rückreise nach Norden angetreten werden. Mit abnehmender Breite verringerten sich die Eispressungen, Flächen mit dünnem Neueis und sogar offenes Wasser wurden erkennbar. Weiter nördlich über dem Maud Rücken wurde die fast geschlossene Eisdecke wieder aus älterem Material gebildet. Demnach könnte die Massenflußkonvergenz vor der Küste bereits durch die ihr nördlich angelagerte etwa gleich große Divergenzzone kompensiert worden sein.

Der Rückweg in Südrichtung über den Maud Rücken führte nahe an vier der inzwischen ostwärts verdrifteten Argosbojen vorbei. Diese Gelegenheit wurde zur Identifikation des schon vor 4 bis 5 Wochen beprobten Eises benutzt, von dem erneut Kerne gezogen wurden. Die so ermöglichten Vergleiche sind für eisphysikalische Untersuchungen und besonders zum Studium biologischer Entwicklungen von Nutzen.

Nördlich des Maud Rückens wurde das CTD-Netz noch einmal auf einer Strecke von 60 sm verdichtet, und zwar in dem Gebiet, wo die amerikanisch-russische Expedition 1981 sogenannte warme Zellen beobachtete. Wir haben solche Phänomene nicht, wohl aber eine weit ausschwingende mäanderförmige Front zwischen dem äußeren warmen und dem inneren kalten Tiefenwasser des Weddell-Wirbels festgestellt. Die dabei angeschnittenen

warmen Ausbuchtungen können leicht als isolierte Wirbel erkannt werden. Unsere Messungen bestätigen hingegen bei 61°30'S/07°E das in dieser Breite weit nach Osten reichende relativ kalte Tiefenwasser (Tmax. 0.4°) des inneren Weddell-Wirbels.

Hier im Übergangsbereich von der kompakten inneren zur lockeren äußeren Zone des Packeisgürtels erfolgte bei 61°30'S/07°E vom 30. August bis zum 3. September die dritte Eisdeformationsmessung. Trotz wechselnder Windrichtung und -stärke und markanter Variationen der Eisdrift blieben die Verformungen des Eises recht klein. Aufgrund dieses, nach einigen Tagen gut dokumentierten Sachverhaltes, wurde die Driftstation um einen Tag verkürzt, um Zeit für das umfangreiche Eisrandprogramm zu gewinnen.

Letzteres begann unmittelbar nach dem Einsammeln der Transponder, mit denen die Eisbewegungen gemessen wurden. Auf der Fahrt nach Norden stoppte POLARSTERN in 15 sm Abständen, um Eisprobenahmen, Bohrungen zur Dickenmessung und Spannungsmessungen zu ermöglichen. Ferner zeichnete eine auf der Brücke montierte Videokamera ständig die Eisverhältnisse auf. Arbeiten auf dem Eis waren bei 58°15'S zum letzten Mal durchführbar, weiter nördlich waren die Schollen von Menschen nicht mehr begehbar. Hier bildeten zunehmend Pfannkuchen- und griesförmiges Neueis die Eisdecke. Mit abnehmender Breite vergrößerten sich die offenen Wasserflächen und bei starkem Südwestwind ordneten Pfannkuchen und Gries sich streifenartig vornehmlich parallel zum Bodenwind an. Der auf offenen Wasserflächen laufend neu entstehende Eisschlamm driftete ebenfalls in die bereits vorhandenen Eisstraßen hinein. Diese Verhältnisse änderten sich bis zum, trotz des Südwindes scharf gezogenen, Eisrand bei 55°50'S höchstens graduell etwas, wie man der ausführlichen Photodokumentation vom Hubschrauber aus entnehmen kann.

Zwanzig Seemeilen außerhalb des Eises änderte POLARSTERN den Kurs wieder auf Süd, um für atmosphärische Grenzschichtuntersuchungen und Seegangsmessungen noch einmal die äußere Eisrandzone zu durchqueren. Auf einer 90 sm langen Strecke senkrecht zum Eisrand wurden auf dem Hin- und Rückweg die turbulenten vertikalen Impuls- und Wärmeflüsse und der vertikale Aufbau der unteren Toposphäre auf einem engen Meßgitter erfaßt, das Seegangsspektrum bestimmt und die Struktur der oberen Wassersäule mit Hilfe von CTD-Sonden aufgenommen. Auf der Ausfahrt aus dem Eis nach Norden mußten die Arbeiten 10 sm vor dem Erreichen des Eisrandes wegen zu hoher Dünung abgebrochen werden, die ein stürmischer Nordwestwind angefacht hatte. Weiter anhaltende Windstärken von mehr als 25 m/s verhinderten auch die bei 55°S und 52°S geplanten ozeanographischen Stationen, so daß dieser Abschnitt des

WWSP '86 schon am 10. September etwas abrupt zu Ende ging.

Auf der Marschfahrt nach Kapstadt, die am 17. September mit dem Einlaufen des Schiffes in dem südafrikanischen Hafen endete, wurden Absprachen über den Fortgang der Datenaufbereitung und -analyse getroffen. Die Expeditionsteilnehmer bekundeten ihren Willen, auch die kommenden Arbeiten gemeinsam fortzusetzen.

### **Das Küstenexperiment (ANT V/3)**

Das Arbeitsgebiet von FS POLARSTERN während des zweiten Teiles des WWSP '86 war weit gesteckt von der Nordgrenze des winterlichen Packeisgürtels in der Westwind-Drift bei 59°S bis in das südöstliche Weddellmeer bei 77°S. Anfang Oktober und Anfang Dezember wurde auf zwei Meridionalschnitten durch den Packeisgürtel vom Meereisrand bis zur Schelfeiskante gearbeitet. Während der Hauptphase der Untersuchungen von Mitte Oktober bis Ende November konzentrierten sich die Arbeiten auf die Küstenpolynya vor Vestkapp (72°S). Sie wurden unterbrochen durch die zwei Exkursionen Ende Oktober und Mitte November in das südliche Weddellmeer.

Dieser Expeditionsabschnitt diente zur Erfassung von :

- Zusammensetzung und Produktivität des Phyto- und Zooplanktons sowie des Benthos und der Fischfauna unter winterlichen Eisbedingungen,
- Verteilung und physikalischer Zustand des Meereises sowie seiner Besiedlung durch tierische und pflanzliche Organismen im Verlaufe des Spätwinters und Frühlings,
- Fortpflanzungs- und Nahrungsbiologie von Weddell-Robben und Kaiserpinguinen,
- Wassermassenverteilung und Struktur des antarktischen Küstenstromes,
- thermischen und dynamischen Wechselwirkungen zwischen Wind-, Eis- und Meeresoberfläche.

Die Aufklärung zur Lage der neu entstandenen Filchner-Eisinseln und die Bergung von Strommesserketten auf dem Maud-Rücken verbunden mit ozeanographischen Stationen im gleichen Gebiet konnten dank der günstigen Eissituation durchgeführt werden. Während 11 Wochen arbeiteten Wissenschaftler und Techniker aus deutschen und ausländischen Instituten eng zusammen. Eine deutsch-niederländische Gruppe war 6 Wochen lang in der neu eingerichteten DRESCHER-STATION auf 73°S/19°W mit biologischen und meteorologischen Untersuchungen beschäftigt.

Zwei Hubschraubern unterstützten die Arbeiten durch den Transport von Personen und Geräten zur GEORG-VON-NEU-MAYER-STATION, der DRESCHER-STATION und aufs Festeis,

durch das Ausbringen von Argosbojen, durch Eisauflärung, und die Vermessung der Filchner-Eisinseln. In besonders großem Umfange dienten die Hubschrauber der Zählung von Robben und Pinguinen.

Am 29. September verließ FS POLARSTERN Kapstadt und nahm Kurs auf die GEORG-VON-NEUMAYER-STATION. Das Wetter verschlechterte sich schnell, ein Sturm verhinderte wiederum die schon auf dem vorigen Fahrtabschnitt geplante ozeanographische Station an der Antarktischen Konvergenz (50°45'S/09°20'E). Das erste Pfannkucheneis wurde am 4. 10 bei 58°S erreicht, ab 60°S fuhr das Schiff durch eine anfangs noch von hoher Dünung stark bewegte Eisdecke. Selbst 200 Seemeilen südlich der Eisgrenze war die Dünung noch spürbar und die Eisdecke zu Schollen sehr unterschiedlicher Größe und Dicke zerborsten. Durch die Eisrandzone wurde ein planktologisch-ozeanographischer Schnitt mit fünf Stationen gelegt, um die Verhältnisse bei unterschiedlicher Eisbedeckung zu erfassen. In seiner Verlängerung folgten in ca. 100 sm Abstand weitere Stationen durch den gesamten Packeisgürtel bis zur Atka-Bucht. Auf diesen Stationen wurden Eiskerne erbohrt, Phyto- und Zooplankton gesammelt und die vertikale Wassermassenverteilung untersucht.

Die Eisverhältnisse erlaubten meist eine kontinuierliche Fahrt von durchschnittlich 6 kn mit 3-4 Maschinen. Im zentralen Teil der Packeiszone querte POLARSTERN ein Feld Ost-West verlaufender Waken mit reger Neueisbildung. Weiter im Süden waren die freien Flächen mehr nord-südlich ausgerichtet und erleichterten das Vorankommen bis zur Küstenpolynya. Das Wetter war bei dieser ersten vollständigen Querung des winterlichen Packeisgürtels meist stürmisch mit Lufttemperaturen um -20°C.

Die Atka-Bucht wurde am 12. 10. erreicht und die GEORG-VON-NEUMAYER-STATION besucht. Durch eine bis zu 25 sm breite Küstenpolynya fuhr POLARSTERN anschließend zum Vestkapp. Acht meteorologische Argosbojen, von denen sieben während der ganzen Reise arbeiteten, wurden vom Schiff oder Hubschrauber aus auf großen driftenden Eisschollen in einem breiten küstenparallelen Streifen ausgebracht. Ferner konnten programmgemäß vier Strommesserketten im Küstenstrom südlich Vestkapp auf unterschiedlichen Tiefenstufen eines Schnittes senkrecht zur Schelfeiskante verankert werden.

Bevor die systematische Bearbeitung des Vestkapp-Gebietes beginnen konnte, mußte die DRESCHER-STATION am Nordufer des Drescher-Inlets auf dem Riiser-Larsen-Schelfeis errichtet werden. Nach 36 Stunden regen Hubschraubertransports und intensiver Aufbauarbeit, an der Mitglieder der Schiffsbesatzung beteiligt waren, konnten die drei aus Fertigteilen zusammengesetzten Hütten von fünf (zeitweilig sechs) Biologen und zwei Me-

teorologen bezogen werden. Sechs Wochen lang hat die Gruppe weitgehend unabhängig vom Schiff brut- und ernährungsbiologische Arbeiten an den Fortpflanzungsgemeinschaften der Weddell-Robben und Kaiserpinguine des Drescher-Inlets durchgeführt. Die Beobachtungen der Meteorologen lieferten Meßwerte über Aufbau und Dynamik der planetarischen Grenzschicht über dem Schelfeisrand und ergänzten die gleichzeitig durchgeführten Messungen vom Schiff und von den Argosbojen. Am Schluß der Arbeiten wurden die Hütten in funktionsfähigem Zustand und mit einem Vorrat an Generator-Treibstoff und Flugbenzin als Zwischenstation für Flugoperationen und als Basislager für weitere wissenschaftliche Arbeiten hinterlassen.

An den Aufbau der DRESCHER-STATION schloß sich vom 16. bis 25. Oktober die erste Meßphase vor Vestkapp an. Sie bestand vor allem aus einer intensiven Bearbeitung des bis 38 sm langen Drescher-Schnitts, der vom Drescher-Inlet küstennormal von der Schelfeiskante über den Kontinentalhang bis auf ca. 3.500 m Wassertiefe führte. Dabei wurde die Küstenpolynya, deren Bedeckung mit Neueis und alten Driftschollen von Tag zu Tag schwankte, gequert und in das Scholleneis des zentralen Weddellmeeres vorgedrungen. Ferner wurde auf einem langen Schnitt in der Polynya entlang der Schelfeiskante der Küstenstrom eingehend untersucht. Eisbohrungen und ozeanographisch-geochemische Stationen wechselten mit mageren Planktonfängen und reichen Bodentieraufsammlungen mit Grundschleppnetz und Agassiztrawl. Die Arbeiten des Schiffes wurden ergänzt durch wiederholte systematische Aufklärungsflüge zur Erfassung der variablen Eisverhältnisse in einem küstennormalen Streifen und der seewärtigen Verbreitung der Pinguine vor dem Drescher-Inlet. Während dieser Phase der Expedition traten mit -32°C die niedrigsten Temperaturen der Reise auf. Sie bereiteten bei den ozeanographischen Meßeinrichtungen z.T. erhebliche Schwierigkeiten.

Mit dem Weltrekord einer Secchi-Sichttiefe von 79 m und extrem niedrigen Chlorophyllwerten herrschte in der Wassersäule trotz günstiger Nährstoff- und Beleuchtungsverhältnisse tiefster Winter.

Um die Zeit bis zum biologischen Frühlingsanfang zu nutzen, wurde der für die Ozeanographen geplante Vorstoß des Schiffes nach Südwesten vorgezogen. Auf dem Wege wurden sehr unterschiedliche Eisverhältnisse angetroffen. Polynyen wechselten mit Preßeisfeldern an Küstenvorsprüngen. Dennoch gelangte POLARSTERN überraschend schnell bis vor den Dawson-Lambdon-Gletscher. Dort verlor sich die Küstenpolynya und die Fahrt wurde immer stärker gehemmt, bis südlich von 76°30' das dicke Packeis ein weiteres Vordringen in den Filchnergraben unmöglich machte.

Am Nordostrand des Filchnergrabens wurde zwar Weddellmeer-Bodenwasser angetroffen, aber es gab hier keinen Hinweis auf eine lokale Bildung dieser Wassermasse. So lieferte die Südexpedition vorwiegend allgemeine Beiträge zur winterlichen Ozeanographie und Biologie dieser von uns seit 1979 im Sommer regelmäßig besuchten Region.

Die Gelegenheit, weit nach Süden vordringen zu können, wurde genutzt, um auf zwei Hubschrauberflügen die kürzlich vom Filchner-Schelfeis abgelösten Eisinseln zu erreichen und der sowjetischen Bitte um Aufklärung des Schicksals der Sommerstation „Drushnaya“ zu entsprechen. Zeitweilig schlechte Sichtverhältnisse und der beschränkte Aktionsradius der Hubschrauber verhinderten eine gründliche Aufnahme der Lage der Inseln und eine Rekonstruktion des Verlaufs der alten Schelfeiskante. Wir hatten zunächst den Eindruck, daß Drushnaya beim Zerbrechen des Schelfeises verloren gegangen sei.

Die Rückfahrt aus dem südlichen Weddellmeer verlief unter erheblich günstigeren Wetter- und Eisbedingungen als die Hinfahrt. Vor dem Dawson-Lambdon-Gletscher wurden unter großen Eisschollen, die an Diatomeen reichen Eisplättchen untersucht und damit begann eine neue Arbeitsrichtung dieser Reise. Die Rückfahrt zum Drescher-Inlet erfolgte in Etappen, die sich über eine Woche hinzogen. Am 29. Oktober wurde die britische Station Halley besucht. Ein meteorologischer Schnitt von der Schelfeiskante quer über die Polynya ins Packeis war gekoppelt mit Radiosonden-Aufstiegen an der Halley-Station. Ähnliche Profile wurden im Laufe der Reise mehrmals südlich Vestkapp in Verbindung mit Messungen der DRESCHER-STATION durchgeführt. Der Halley-Schnitt auf dem Schelf des südlichen Weddellmeeres wurde auch ozeanographisch-biologisch bearbeitet. Ihm folgte in zwei Anläufen ein Schnitt durch die Halley-Divergenz in der Südost-Ecke des tiefen Weddellmeeres, wo der Kontinentalhang scharf nach Westen umbiegt. Das Gebiet südlich von Vestkapp wurde am 3. November wieder erreicht. Nun wechselten biologisch-ozeanographische Stationen vor dem Drescher-Inlet und 30 sm südlich davon (Neptuns Schnitt) mit – wenig erfolgreichen – pelagischen Fischerei-Arbeiten am Meeresboden und dem Einsatz des Unterwasserfahrzeugs UWE. Die Küstenpolynya veränderte täglich ihre Weite und Eisbedeckung und das Wetter war meist milde (-6°C bis -10°C), trübe und stürmisch. Die biologischen und ozeanographischen Untersuchungen ergaben immer noch keine Frühlingszeichen in Form einer Planktonblüte und Bildung einer Deckschicht.

Da sich am 8. November im Satellitenbild eine fast durchgehende schmale Küstenpolynya bis zum Filchnergraben abzeichnete, nahmen wir nach Erledigung der Fischereiprogramme mit Krillnetz und Grundschnepnetz noch einmal Kurs nach Süden,

um uns über die Eisverhältnisse im Bereich der Filchner-Eisinseln und über das Schicksal der Drushnaya-Station Klarheit zu verschaffen und für unsere nächste Sommerkampagne Planungshilfen zu liefern. In anfangs sehr schwieriger, dann aber zügiger, eintägiger Fahrt erreichte POLARSTERN auf 77°10'S die Ausgangsposition für das Flugunternehmen zu den Filchner-Inseln. An der ehemaligen Station „Belgrano“ wurde per Lufttransport ein Treibstoffdepot angelegt, mit dessen Hilfe ein sechsständiger Aufklärungsflug in der Nacht vom 9./10. November möglich wurde. Dabei fanden wir bei Mitternachtssonne die Station Drushnaya doch noch, erkundeten den Weg zum Filchner-Schelfeis und sichteten die neue Schelfeiskante.

Eine gleichzeitig durchgeführte ozeanographische Station lieferte ähnliche Ergebnisse wie die 40 sm nordöstlich gelegene Südstation vom 27. Oktober. Wie damals verhinderte Preßeis das Vordringen des Schiffes zur Achse des Filchner-Grabens. Da wir aufgrund der Wettervorhersage fürchten mußten, daß schweres Packeis vom Filchner-Graben her die schmalen Waken der Küstenpolynya schließen würde, drehte POLARSTERN nach Rückkehr des Hubschraubers sofort nach Nordosten ab. Auf dem Rückweg besuchten Besatzungsmitglieder und Wissenschaftler die Kaiserpinguin-Kolonie am Dawson-Lambdon-Gletscher, die wir auf dem ersten Ausflug nach Süden, Ende Oktober entdeckt und ausgezählt hatten. Auch wurden erneut Krillnetz, RMT, Bongonetz gefahren und „UWE“ eingesetzt. Als Abschluß der Arbeiten südlich 73°S fand am 15. November auf dem Festeis einer Robbenbucht (Neptun's Point) die traditionelle Polartaufe statt.

Die verbleibenden zehn Arbeitstage im Vestkapp-Gebiet waren u. a. mit zwei Wiederholungen des Neptun-Schnittes und des Drescher-Schnittes gefüllt. Die Meteorologen und Ozeanographen führten Serienmessungen in der Küstenpolynya durch und für die Untersuchung der Grenzschicht zwischen der freien Wassersäule und dem Meereis bildeten sich verschiedene interdisziplinäre Arbeitsgruppen, denen auf driftenden Eisschollen sehr unterschiedlicher Struktur und Genese und auf mehreren Festeis-Stationen Gelegenheit für Messungen und Probennahme gegeben wurde. Von den Strommesserketten, die Anfang Oktober ausgelegt worden waren, wurden die beiden flachsten geborgen. Die dritte Kette ließ sich trotz mehrfacher Versuche an drei Tagen weder orten noch auslösen und muß als verloren gelten. Die westlichste Kette lag unzugänglich unter einer geschlossenen Packeisdecke. Sie sollte auf dem nächsten Fahrtabschnitt geborgen werden.

Am 24. 11. wurde die DRESCHER-STATION geräumt und die deutsch-holländische Arbeitsgruppe wohlbehalten wieder an Bord genommen. Das Unternehmen hat gute biologische und meteorologische Ergebnisse erbracht und verlief ohne wesentliche technische Schwierigkeiten. Um die Lastentransporte von

der DRESCHER-STATION zu erleichtern und einzelnen Arbeitsgruppen freie Hand bei ihren vielfältigen Untersuchungen auf dem Festeis zu geben, lag POLARSTERN vom 22. bis 24. 11. im Festeis des Drescher-Inlets.

Während der letzten Wiederholung des Drescher-Schnittes und der Stationen südlich und nördlich von Kap Norvegia in den folgenden Tagen machte sich endlich der Frühling in der Wassersäule bemerkbar. Seit dem 10. November herrschte fast durchweg mildes, windarmes, sonniges Wetter, was zu einer Aufweichung des Meereises und langsam zur Ausbildung einer Deckschicht führte. Damit stellte sich eine merkliche Vermehrung des Phytoplanktons in der Wassersäule ein.

In der Atka-Bucht traf POLARSTERN am 28. 11. noch einmal sehr schwierige Packeisverhältnisse an. Preßeis hatte sich zwischen den gestrandeten Eisbergen gestaut und verwehrt den Zugang zum Festeis, das der Schelfeiskante breit vorgelagert ist. Da außerdem Schneetreiben und stürmische Winde den Hubschraubereinsatz stark einschränkten, konnte nur ein kleiner Teil des für die Atka-Bucht vorgesehenen Forschungs- und Transportprogramms durchgeführt werden. Eine kurze Wetterbesserung vor Ablaufen des Schiffes nutzten wir für Flugaufnahmen der beiden Kaiserpinguin-Kolonien im Bereich der Atka-Bucht. Damit war das umfangreiche Flugprogramm dieser Reise abgeschlossen, mit dem der gesamte Schelfeisbereich von der Luitpold-Küste bis zur Atka-Bucht nach Ansammlungen von Weddell-Robben und Kaiserpinguinen systematisch mit Hubschraubern abgesucht worden war. Die Pinguinkolonien wurden aus der Luft fotografiert, außerdem wurden die Tiere am Boden gezählt. Die Robben wurden vom Hubschrauber aus zweimal gezählt.

Die heimwärts gerichtete Passage durch den antarktischen Packeisgürtel von der Atka-Bucht über den Maud Rücken zur Bouvet Insel war leichter als erwartet. Die Meereisdecke war überall in Auflösung begriffen und in Stücke unterschiedlicher Größe zerbrochen. Daher konnte POLARSTERN zügig fahren. Die so eingesparte Zeit wurde genutzt, um möglichst viele der fünf von POLARSTERN im April 1986 am Rande des Maud Rückens ausgelegten Strommesserketten zu bergen. Bei zwei Ketten verlief die Aufnahme problemlos, die dritte lag in einem dichten Treibeisfeld, konnte aber unbeschädigt an Deck genommen werden. Die Position der vierten und wahrscheinlich auch der fünften Kette befand sich unter starkem Scholleneis. Hier wäre die Auslösung besonders bei den herrschenden ungünstigen Wetterbedingungen zu riskant gewesen. So begnügten wir uns mit drei vollständig geborgenen Ketten und überließen die letzten beiden dem nächsten Fahrtabschnitt.

Die Querung der Packeiszone und der nördlichen Eisrandzone sollte Vergleichsdaten über die ozeanographische und biologische

Situation in den verschiedenen Jahreszeiten liefern. Zusätzlich wurden ein ozeanographischer Schnitt über den Maud Rücken gelegt, geochemische Proben aus großen Tiefen genommen und in der nördlichen Eisrandzone fünf biologische Stationen gefahren. Dabei konnte auch das sich auflösende Meereis noch ein letztes Mal beprobt werden. Die nördliche Eisgrenze wurde auf dem Greenwich-Meridian auf 58°40'S passiert und anschließend die letzte ozeanographisch-biologische Station auf 58°00'S durchgeführt. Bei trübem und stürmischem Wetter besuchte POLARSTERN am 7. 12. die von METEOR 1926 entdeckte Spiess-Kuppe, ein spitzer Vulkankegel, der aus der Tiefsee bis 300 m unter die Meeresoberfläche aufragt. Das Schiff legte mehrere Lotprofile über die Kuppe und setzte zweimal das Agassiz-trawl ein, das Lavabrocken und Tiermaterial an Deck brachte. Der folgende Tag war für einen Besuch der Insel Bouvet eingeplant, wo in Absprache mit dem norwegischen Polarinstitut biologische Zählungen an den Pelzrobber- und Vogelkolonien durchgeführt werden sollten. Leider verhinderte schlechtes Wetter den Flugbetrieb fast gänzlich, so daß nur eine kurze Stipvisite und eine Inselrundfahrt möglich waren. Das Warten auf Wetterbesserung wurde am 9. 12. morgens abgebrochen und die Heimreise nach Kapstadt bei anfangs stürmischem später freundlichem Sommerwetter angetreten. Die Antarktische Konvergenz wurde bei 51°55'S/05°20'E, d. h. 70 sm weiter südlich als auf der Hinreise angetroffen.

Am 14. Dezember vormittags machte POLARSTERN in Kapstadt fest. Damit war das Winter Weddell Sea Project '86 erfolgreich beendet. Die eingeschifften Wissenschaftler und Techniker verließen das Schiff am 16. und 17. Dezember.

### 3.1.4 ANT V/4

Während dieses Abschnittes wurde mit FS POLARSTERN eine Reihe von landgebundenen und marinen Forschungsprogrammen im Bereich des südlichen Weddellmeeres durchgeführt werden. Ebenfalls war die Versorgung der GEORG-VON-NEU-MAYER-STATION sicherzustellen. Im einzelnen lassen sich die Forschungsarbeiten dieser Expedition gliedern in:

- marin-geophysikalische Untersuchungen zum Aufbau des sedimentären Stockwerks am Kontinentalhang und auf dem Schelf,
- marin-geologische Untersuchungen zu Fragen der Ablagerungsprozesse und der Klimageschichte,
- ozeanographische und hydrochemische Untersuchungen zur Bildung und Verteilung des Antarktischen Bodenwassers,
- die Fortsetzung biologischer Programme des vorangegangenen Fahrtabschnittes durch Lebendhaltung sowie fortgesetzte Benthosprobennahme,

- glaziologische, geodätische und geophysikalische Felduntersuchungen auf dem Ekström-Schelfeis,
- aerophotogrammetrische Befliegung und Vermessung der Schelfeiskante sowie einiger Gebirgszüge im Ritscher Hochland.

Ursprünglich war ein umfangreiches glaziologisches Programm zur Untersuchung des Massenhaushaltes und der Dynamik des Filchner Schelfeises geplant. Aufgrund widriger Eisverhältnisse konnte POLARSTERN das Filchner Schelfeis jedoch nicht erreichen. Damit entfielen auch die vorgesehenen marinen Arbeiten in der Region vor dem Filchner Schelfeis. Die Glaziologen wichen daraufhin auf das Ekström Schelfeis aus, ihre Arbeitsprogramme wurden entsprechend den lokalen Gegebenheiten logistisch und in der wissenschaftlichen Fragestellung modifiziert.

Insbesondere die Landprogramme wurden durch die beiden Polarflugzeuge POLAR 2 und POLAR 4 logistisch unterstützt, aerophotogrammetrische Befliegungen wurden mit POLAR 2 durchgeführt. Daneben wurden mit Hilfe der Flugzeuge mehrere Erkundungsflüge sowie ein erster Versorgungsflug in das Gebiet der Shackleton Berge als Vorarbeit für die im nächsten Südsommer geplante Feldkampagne durchgeführt. Ebenso konnte mit Flugzeugunterstützung ein Teil des im Filchner Programm vorgesehenen geodätischen Arbeitsprogrammes realisiert werden, als die beiden Flugzeuge eine Woche lang von der FILCHNER-STATION aus operierten. Die Flugzeuge lieferten dem Schiff zusätzlich wertvolle Informationen über die Eissituation.

Die Operationen und Forschungsarbeiten des Schiffes wurden durch zwei Hubschrauber unterstützt. Sie wurden zur Eiserkundung eingesetzt – insbesondere während geophysikalischer Profildfahrten mit langen geschleppten und eisempfindlichen Systemen – sowie zum Transport von Personen und Versorgungsgütern zur GEORG-VON-NEUMAYER-STATION und für den Aufbau eines Treibstoffdepots bei Halley. Darüberhinaus ermöglichten sie Vermessungsarbeiten entlang der Schelfeiskante zwischen Halley und GEORG-VON-NEUMAYER wie auch die Einrichtung eines Fixpunktes bei den Nunatakern Boreas und Passat.

Am 26. Dezember 1986 verließ POLARSTERN wegen Reparaturarbeiten an der Maschine um 8 Tage verspätet Kapstadt und nahm Kurs auf Bouvet Island. Bereits am 27. 12. wurde mit den wissenschaftlichen Arbeiten, zunächst mit Magnetik-, Sea-Beam und 3.5 kHz-Profilvermessungen entlang der Fahrtroute, begonnen. Beginnend mit dem 31. 12. wurden mehrere Tiefseeverankerungen ausgebracht und die meteorologische Station auf Bouvet besucht. Die weitere Anreise zur GEORG-VON-NEUMAYER-STATION führt von Bouvet aus über den Maud Rücken, wo zwei im Frühjahr 1986 mit POLARSTERN ausgelegte Verankerungen

aufgenommen und eine neue Sedimentfallenverankerung ausgelegt wurde.

Am Morgen des 6. 1. 87 wurde die Schelfeiskante in der mit dichtem Scholleneis bedeckten Atka Bucht erreicht und mit dem Löschen der wichtigsten Versorgungsgüter für die GEORG-VON-NEUMAYER-STATION begonnen. Kettenfahrzeuge und an der Station gelagertes Expeditionsmaterial wurden für die geplanten glaziologischen Traversen auf dem Filchner Schelfeis geladen. Am 7. 1. abends konnte POLARSTERN wieder mit Kurs auf Kap Norvegia ablaufen. Da die Wettersatellitenbilder zum erstenmal während dieser Reise zuverlässige Informationen über die Eisverhältnisse im südlichen Weddellmeer lieferten und klar wurde, daß die Küstenpolynya südlich Halley endete, wurde vor Kap Norvegia eine flächenhafte Seabeam-Vermessungen durchgeführt. Es handelte sich um eine Ergänzung der im Vorjahr mit POLARSTERN durchgeführten Vermessung, die sofort zusammen mit den älteren Daten ausgewertet werden konnte. Eine Karte der Meeresbodentopographie wurde den Wissenschaftlern, die im Rahmen des internationalen Tiefseebohrprogrammes mit der JOIDES RESOLUTION im Weddellmeer arbeiteten, für die genaue Festlegung der in diesem Gebiet geplanten Bohrung mit Telefax übermittelt.

Bei sich verschlechterndem Wetter und nach einem kurzen Besuch bei Halley wurde ab 10. 1. versucht, zur FILCHNER-STATION vorzustoßen. Bei Windstärken von zunächst über 10 Bft und schlechter Sicht mußte längere Zeit abgewartet werden, da weder die Satellitenbilder Informationen über die großräumigen Eisverhältnisse geben konnten, noch vorerst eine Eiserkundung mit den Hubschraubern möglich war. Die später durchgeführte Eiserkundung durch POLAR 2 von Halley aus und durch die Hubschrauber der POLARSTERN in das Gebiet der neugebildeten Eisingeln zeigte, daß das geplante Expeditionsziel Filchner Schelfeis aufgegeben werden mußte. Es gab keine Anzeichen einer Küstenpolynya westlich 32 Grad und auch keinerlei offene Wasserflächen innerhalb des mit Meereis bedeckten Gebietes. Tatsächlich zeigten die späteren Satellitenbilder, daß ein Vordringen bis zur FILCHNER-STATION wohl erst ab Anfang Februar möglich gewesen wäre.

Am 17. 1. wurde die Rückfahrt zur GEORG-VON-NEUMAYER-STATION angetreten, um dort die Gruppen, die auf dem Eis arbeiten wollten, abzusetzen. Während der Rückfahrt auf dem Weg zur Atka Bucht wurde eine kontinuierliche Vermessung der Eiskante durchgeführt. Zwischen dem 17. und 19. 1. wurden mehrere Flüge der Polarflugzeuge von Halley aus durchgeführt, um die Landemöglichkeiten in den Shackleton Bergen zu erkunden und zu testen. Gleichzeitig war eine Gruppe mit den Polarflugzeugen von GEORG-VON-NEUMAYER aus zur FILCHNER-STATION geflo-

gen. Auf dem Filchner Schelfeis konnten einige der während der vorangegangenen Jahre angelegten Vermessungspunkte mit GPS neu eingemessen und damit weitere Bewegungsvektoren für das Filchner Schelfeis bestimmt werden. Flüge in das Gebiet der Shackleton und Theron Berge dienten der Erkundung und Registrierung der zeitlichen Variation des Erdmagnetfeldes. In dieser Zeit half POLAR 2 nach einem schweren Helikopterunfall an der russischen Sommerstation Druzhnaya II unseren sowjetischen Kollegen durch Transport der Verletzten nach Druzhnaya I, wo eine bessere medizinische Versorgung möglich war.

Nach dieser Phase, während der die Expedition über ein sehr großes Gebiet verteilt war, wurden mit POLARSTERN unter günstigen Wetterbedingungen seismische Profilmfahrten über einem Sedimentbecken nördlich Halley durchgeführt; die Festlegung der Profile erfolgte jeweils nach den aktuellen Ergebnissen, die anhand der Analog-Aufzeichnungen beurteilt werden konnten. So konnte durch ein System sich kreuzender Linien die Lage von Störungszonen festgelegt und Erkenntnisse früherer seismischer Arbeiten in diesem Raum erweitert werden. Den Abschluß fanden die Arbeiten mit einem refraktionsseismischen Profil auf dem Schelf unter Einsatz von Ozeanbodenseismographen, der erste Einsatz derartiger Systeme in antarktischen Gewässern.

In der darauffolgenden Woche wechselten seismische Profilmfahrten mit geologischen und ozeanographischen Stationsarbeiten im Gebiet zwischen Kap Norvegia und Halley. Dabei wurde sowohl im Tiefwasserbereich wie auch im Flachwasser des Schelfs gearbeitet. In dieser Zeit wurde das nun eisfreie Drescher Inlet aufgesucht, um dort Robben und Pinguine zu zählen sowie Benthosproben mit dem Agassizrawl in Fortsetzung der Arbeiten des vorangegangenen Fahrtabschnittes zu nehmen.

Zwischen dem 7. und 15.2. wurden ozeanographische und geologische Stationsarbeiten bei etwa 6 bis 8 Achtel Meereisbedeckung entlang mehrerer Schnitte im Bereich des Filchner Grabens und des Schelfhanges bis in den Tiefseebereich hinein durchgeführt. In zum Teil sehr dichter Stationsfolge konnte entlang dieser Schnitte das dort abfließende Eisschelfwasser verfolgt werden. Dabei zeigt sich, daß die Strömungsrichtung durch die Topographie des Meeresbodens bestimmt wird.

Während der anschließenden seismischen Profilmfahrten vor Kap Norvegia wurde besonderes Augenmerk auf hohe Auflösung gelegt, um das seismische Abbild anhand der ODP-Bohrerergebnisse besser interpretieren zu können. Die nach den vorläufigen Ergebnissen der Bohrung bestimmten Haupthorizonte konnten bereits in den seismischen Monitorschrieben gut identifiziert werden. Eine Dredge, die in einer nach den Ergebnissen der Seismik bestimmten Tiefe an der Wand des Wegener-Canyons gefahren wurde, erbrachte autochthones Sedimentgestein des vor-

hergesagten Alters, das durch den Fund eines Belemniten aus der Kreidezeit bestimmt werden konnte.

Im Landprogramm waren 30 Expeditionsteilnehmer im Gebiet zwischen der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION und dem Ritscher Hochland im Süden in größeren und kleineren Trupps im Gelände tätig. Daneben wurden zwei Mann zur Südafrikanischen Sommerstation Grunehogna geflogen, wo sie eine Referenzstation auf ortsfestem Untergrund für hochpräzise Positionsbestimmungen betrieben. Auf einem Raster wurden zuerst Deformationsfiguren auf dem Ekström Schelfeis vermessen; ihre Veränderung nach Lage und Verzerrung konnte in der zweiten Phase durch Wiederholungsmessungen an fast allen Punkten bestimmt werden. Durch die hohe Präzision der verwendeten Positionsbestimmung konnten bereits nach relativ kurzen Zeiträumen Bewegungsvektoren mit guter Genauigkeit abgeleitet werden.

Die Bohrgruppe nahm eine zentrale Stellung im glaziologischen Programm ein. Ihre Hauptaufgabe war die Abteufung einer Kernbohrung sowie die möglichst repräsentative Erfassung der Akkumulation auf dem Schelfeis und in seinem vermuteten Einzugsgebiet. Dafür wurde im Ritscher Hochland in einer Höhe von 980 m, 220 km südlich der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION, eine Bohrstelle eingerichtet und in einem Trockenbohrverfahren mit einer am Draht hängenden Bohrturbine begonnen. Nach zwei Versuchen bis jeweils etwa 45 m Tiefe zeigte sich, daß das Bohrgeschäft, das sich auf dem Filchner Schelfeis bereits gut bewährt hatte, dem hier sehr harten, spröden Eis nicht gewachsen war. Es war nicht möglich, die Grenze zwischen Firn und Eis sauber zu durchteufen. Nach dem Verlust eines Bohrkopfes wurde diese Bohrstelle aufgegeben und eine Bohrung auf dem Schelfeis bis zu einer Tiefe von 204 m mit voller Kernausschube, jedoch unterschiedlicher Kernqualität, abgeteuft. Die Arbeiten zur flächenhaften Bestimmung der Akkumulation wurden parallel zu den laufenden Bohrarbeiten durchgeführt.

Nach der gesunden Rückkehr der Feldgruppen wurde am 1.3. auf einer Feier von den Überwinterern Abschied genommen; abends legte POLARSTERN zum letztenmal in dieser Saison von der Eiskante ab.

Die Rückfahrt durch das zentrale Weddellmeer ermöglichte einen ozeanographischen Schnitt mit 8 CTD-Stationen und mehreren Kastengreifer- und Schwerelotstationen. Der Schnitt endete im Anstieg zum South Orkney Plateau und zeigte, daß Antarktisches Bodenwasser noch relativ hoch am Schelfrand in Ost-West gerichteten Senken zu finden ist. Hohe Dünung und Windstärke 9 verhinderten ein in diesem Bereich geplantes reflexionsseismisches Profil, das jedoch durch ein Profil über den South Orkney Rise ersetzt wurde. Während der Heimreise, die östlich Falkland vorbeiführte, wurden bis zu einer Breite von 58 Grad Süd noch

magnetische, Seabeam und 3.5 KHz-Profile vermessen. Am 17.3. machte POLARSTERN an der Pier in Puerto Madryn fest.

Am 19. März besuchte der Bundespräsident in Begleitung des Bundesministers für wirtschaftliche Zusammenarbeit mit Vertretern der deutschen Botschaft und starkem Presseaufgebot POLARSTERN, besichtigte das Schiff, und ließ sich über den Verlauf der Expedition unterrichten.

### 3.1.5 ANT V/5

#### Fahrtverlauf Puerto Madryn - Bremerhaven

Ziel der Untersuchungen dieses Fahrtabschnittes ist die Kenntnis der quantitativen Zusammensetzung der natürlichen und anthropogenen Spurenstoffe der Süd- und Nordhemisphäre, ihres Verhaltens im Wasser, in Organismen sowie in der Troposphäre und Stratosphäre. Hiermit soll u. a. auch der Einfluß der Industriestaaten auf den Atlantik im Hinblick auf die Ausbreitung anthropogener Stoffe dokumentiert werden. Die gleichzeitige Untersuchung bestimmter Stoffgruppen in der Luft, im Wasser und in Organismen durch die verschiedenen Arbeitsgruppen sollen die Auffindung von Quellen und Senken für diese Komponenten ermöglichen. Zu den hauptsächlich untersuchten Stoffen gehören leicht- und schwerflüchtige organische Halogenverbindungen, Schwefelverbindungen, Ozon, Kohlenoxid, Methan, Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle und Radionuklide. Untersuchungen zum globalen Strahlenhaushalt und die Ermittlung der Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes bilden den physikalischen Beitrag zum Gesamtprogramm.

Während der Reise waren günstige Voraussetzungen für die Luftchemie zur Sammlung und Bestimmung von Spurenstoffen in der Luft und in Aerosolen gegeben. Die an Wasseruntersuchungen beteiligten Gruppen erprobten verschiedene Möglichkeiten der Wasserentnahme: Bugstrahlruder stehend und nach kurzem Lauf, Leitungssystem über die Membranpumpe, Schöpfproben an verschiedenen Stellen des Schiffes und mit dem Rosettenschöpfer. Der Einsatz der Gerardschöpfer bereitete keine Schwierigkeiten. Als geeignete Methode für verschiedene, regelmäßig wiederkehrende Messungen hat sich das Schöpfen während der Fahrt mit der Schlagpütz von der Backbordseite des Vorschiffes erwiesen. Die Wassereinspeisung über eine neu installierte Pumpe für die kontinuierliche Extraktion von Seewasser erwies sich als voll funktionsfähig.

Bei vorwiegend sonnigem und niederschlagsfreiem Wetter erreichten wir am 26. März gegen 22.00 Uhr UTC die Position 30°S/30°N, von wo aus mit Kurs 360° auf 30°W die Weiterfahrt nach Norden fortgesetzt wurde.

Am 2. April wurde abends die Intertropical Convergence (ITC) erreicht und bis zum Morgen des 4. April durchfahren. Bei starken Regenfällen konnten ausreichende Mengen Regenwasser gesammelt werden. Die Regenwasserproben dienten der Bestimmung anorganischer Ionen, von Acetonitril, Methansulfonsäure, organische Spurenstoffen und gelöstem und partikulärem organischem Kohlenstoff.

Während der Entnahme von Wasserproben mit den Gerardschöpfern wurde zweimal das Schlauchboot ausgesetzt zur Aufnahme von Wasser in größerer Entfernung vom Schiff für die Analyse von Schwermetallen. Weiterhin wurden einige Rosettenschöpfer gefahren, um Tiefenprofile zu erhalten. Die hierbei erhaltenen Wasserproben wurden aufgeteilt für die Analyse von ATP, niedermolekularen Halogenverbindungen, organischen Schwefelverbindungen und Schwermetallen. Die Analyse von Cadmium und Blei im Meerwasser konnte direkt an Bord durchgeführt werden. Die Wasserproben wurden hierzu bei gestopptem Schiff vom Bugausleger aus genommen.

Während der gesamten Reise wurden Ballonaufstiege mit Ozon-Radiosonden bis zu etwa 30 km Höhe mit hoher vertikaler Auflösung durchgeführt, um Datensätze von 40 Grad S bis 45 Grad N zu erhalten. Weitere Ballonaufstiege dienten der Ermittlung der einzelnen Komponenten der Strahlungsbilanz auf See. Auf dem gesamten Fahrtabschnitt konnten in ausreichender Menge Organismen für die Bestimmung organischer Umweltchemikalien und von Schwermetallen gesammelt werden. Umfangreiches Material zur Biologie von Zooplanktern konnte aus Neustonfängen gewonnen werden. Phytoplanktonuntersuchungen wurden ebenfalls mehrmals täglich durchgeführt. Messungen von Radionukliden in der Luft und Messungen des Erdmagnetfeldes rundeten die wissenschaftlichen Aktivitäten ab.

Flüchtige Schwefelverbindungen, wie Dimethylsulfid, Kohlenstoffdisulfid und Kohlenstoffoxisulfid werden im Meer gebildet und spielen eine wichtige Rolle im globalen Schwefelkreislauf. Dimethylsulfid (DMS), das von Phytoplanktern gebildet wird, wurde an Bord gaschromatographisch im Phytoplankton selbst, im Wasser und in der Atmosphäre gemessen; ergänzend wurden ATP-Messungen zur Biomassebestimmung durchgeführt. Die von drei verschiedenen Arbeitsgruppen eingebrachten Ergebnisse weisen eine gute Korrelation der DMS-Verteilung mit der Biomasse auf. Die Reaktionsprodukte wie Schwefeloxid und Methansulfonsäure werden in Regenwasser und in der Luft bestimmt und dienen der Erkennung spezifischer Reaktionsabläufe. Gasförmige Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide wurden kontinuierlich gemessen.

Leicht flüchtige Stoffe, wie z. B. Chloroform, Bromoform und Methylchlorid werden im Meer natürlich gebildet, aber auch vom Menschen in das Meer eingetragen. Die gleichzeitige Untersuchung dieser Stoffe im Wasser und in der Luft gibt Hinweise auf die Austauschvorgänge zwischen beiden Medien; bisher wird eine Abnahme zum Äquator hin beobachtet. Bereits an Bord durchgeführte Analysen von schwerflüchtigen anthropogenen Verbindungen, wie PCB, DDT und Hexachlorbenzol in Garnelen und Fischen wiesen auf eine außerordentlich geringe Kontamination des Südatlantiks hin. Die überwiegende Zahl der gesammelten Organismen (Neuston, Fische, Krustaceen) soll im AWI analysiert werden.

Zur Untersuchung des Vorkommens und der Verteilung verschiedener Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Kupfer, Zink, Chrom und Nickel wurden während des gesamten Fahrtabschnittes Meerwasser und Zooplankton gesammelt. Die analytische Bestimmung der sehr geringen im Meerwasser vorkommenden Konzentration an Cadmium und Blei wurde bereits an Bord vorgenommen. Zur Erfassung der chemischen Komponenten in feinsten Partikeln in der Luft (Aerosole) wurden große Luftmengen über Filter angesaugt. Bei den auf den Filtern nachweisbaren Salzen spielen die Sulfate, deren Herkunft mit Hilfe besonderer Trenntechniken und aufgrund von Isotopenverhältnissen geklärt werden soll, eine besondere Rolle. Erhöhte Gehalte an Blei und Cadmium im Aerosol zwischen 7°N und 20°N sind auf verfrachteten Mineralstaub, besonders aus der Sahara, zurückzuführen. Weitere Interpretationen der Aerosolanalysen sind erst nach der Analyse weiterer Elemente möglich. Die im Bereich 31°S bis 21°N gemessenen Pb- und Cd-Gehalte im Wasser zählen mit etwa 20 ng/l Pb und 0,4 ng/l Cd zu den niedrigsten bisher gemessenen Werten.

Mit vier Ballonaufstiegen pro Tag wurden Ozonmessungen und Strahlungsmessungen durchgeführt. Die Erkenntnis der Ozongehalte in Abhängigkeit von der geographischen Breite und der Höhe ist für das Verständnis einer möglichen Beeinflussung durch den Menschen notwendig. Die Ozongehalte wurden bis zu einer Höhe von 30 m registriert; die Messungen zeigen in Richtung Äquator eine signifikante Abnahme um ca. 50% an der Meeresoberfläche. In 30 km Höhe liegen die Ozonwerte um den Faktor 800 höher als am Boden. Zur Messung der Globalstrahlung, der Wärmestrahlung, der Atmosphäre und der Meeresoberfläche erfolgten täglich zwei Radiosondenaufstiege.

In Abänderung des ursprünglich vorgesehenen Fahrtverlaufs mußten die Azoren angelaufen werden, um am 11. April einen Serviceingenieur zur Durchsicht der Seabeamanlage in Ponta Delgada aufzunehmen. Von dort aus ging die Reise weiter nach Bremerhaven, wo FS POLARSTERN am 19. April einlief.

### 3.1.6 ARK IV

Die Arktis-Expedition der POLARSTERN 1987 umfaßte die Zeit vom 14. Mai bis zum 2. September. Die ersten beiden jeweils einen Monat langen Fahrtabschnitte dienten ozeanographischen und biologischen Untersuchungen in der Grönlandsee, die etwa 9 Wochen dauernde dritte Phase zielte auf sedimentologische und ozeanographische Explorationen auf einem Meridional-schnitt tief in den Arktischen Ozean hinein. Besonderes Gewicht lag auf der Nordtraverse bis in das Nansenbecken, da bisher noch kein Forschungsschiff unter den dort üblichen schwierigen Eisbedingungen bis zu 86° nördlicher Breite vordringen konnte.

Das Programm des ersten Abschnittes (Leitung: G. Krause, AWI) hatte die Erforschung der physikalischen und biologischen Vorgänge der Polar- und Arktikfront zum Schwerpunkt. An diesen Untersuchungen beteiligte sich auch das Polarforschungsflugzeug POLAR 2, das von Longyearbyen (Spitzbergen) aus operierte. Es nahm im Arbeitsgebiet der POLARSTERN die Oberflächenstruktur großflächig mit Fernerkundungsverfahren in sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereichen auf. Vom Schiff wurden die vertikale Verteilung des thermohalinen Zustandes der Wassersäule gemessen und Wasserproben zur Analyse der Nährstoffe, des Phyto- und Zooplanktons sowie von Bakterien auf Traversen senkrecht zu den Fronten geschöpft.

Der Aufenthalt des Schiffes im Meereisbereich wurde ferner für direkte Messungen der Charakteristika von Eis- und Schneeoberflächen genutzt, um damit die Auswertung der Satellitenmikrowellendaten zu unterstützen. Schließlich wurde erstmals ein XeCl-Eximerlaser bei Tageslicht zur Messung der Ozonkonzentration im Höhenbereich zwischen 10 und 40 km Höhe erfolgreich eingesetzt. Beide letztgenannten Programme wurden während des zweiten Abschnittes fortgeführt.

Nach einem Personalwechsel in Longyearbyen am 8./9. Juni 1987 wurden (Leitung: J. Meincke, Hamburg) im Framstraßenbereich eine Reihe von Strommesserankerungen des letzten Jahres aufgenommen und elf neue ausgelegt. Hydrographische Schnitte verbunden mit Wasserproben ergänzten die Messungen zur Bestimmung des Wasseraustausches zwischen Atlantischem und Arktischem Ozean und zur tiefen vertikalen Vermischung in der Grönlandsee. Die Meereisuntersuchungen wurden gegenüber dem ersten Abschnitt um die Analyse biologischer Einschlüsse und chemischer Konzentrationen erweitert. Die biologischen Arbeiten konzentrierten sich stärker auf Laborexperimente, allerdings wurden auch die an den Fronten begonnenen Plankton- und Bakterienstudien fortgesetzt. Dieser Fahrtabschnitt wurde außerdem für schiffahrtsmedizinische Untersu-

chungen beim Einsatz eines Forschungsschiffes in Polargebieten genutzt.

In Tromsø wurden vom 1.7. -4.7.88 Geräte und Material umgeschlagen und das wissenschaftliche Personal ausgetauscht. Die geowissenschaftlichen, ozeanographischen und biologischen Forschungsarbeiten begannen (Leitung: J. Thiede, Kiel) am Startpunkt der Meridionaltraverse nördlich von Spitzbergen. Diese konnte mit einer dichten Folge ozeanographischer, geowissenschaftlicher und biologischer Stationen bis in das tiefe Nansenbecken auf die Breite 86°11'N vorangetrieben werden. Dabei wurden vor allem sedimentologische, bathymetrische, ozeanographische und biologische Daten aus einer bisher unerforschten Region gewonnen. Sie liefern u. a. wertvolle Hinweise auf die Klimageschichte, die aktuelle ozeanische Zirkulation und die Biologie des Arktischen Ozeans. Daneben wurden neue Erkenntnisse für zukünftige Fahrten in dieses Gebiet aus den Beobachtungen der Eisbedingungen und deren Variationen in Abhängigkeit von den herrschenden Windfeldern gewonnen.

Mit dem erfolgreichen Abschluß dieser Unternehmung am 2. September 1987 in Hamburg ist POLARSTERN nach dem „Winter-Weddell-See-Projekt 1986“ in der Antarktis nun auch in der Arktis in unerforschte Gebiete vorgestoßen.

## 3.2 Forschungsarbeiten der Sektionen

### 3.2.1 Biologie I (Zoologie)

#### Forschungsarbeiten in der Antarktis

Das von früheren Reisen vorhandene, meist aus dem antarktischen Sommer stammende Material, das weiter aufgearbeitet wurde, erfuhr eine wertvolle Ergänzung durch Proben, die von 21 AWI-Biologen während der verschiedenen Abschnitte des „Winter-Weddell-See-Projektes“ (WWSP) im Winter und Frühjahr genommen wurden. Die Beobachtungen während der Durchquerungen des Packeisgürtels und der Arbeiten auf dem Meereis und in Polynyen erbrachten grundlegend neue Informationen über die biologischen Abläufe im antarktischen Winter. Einen wesentlichen Beitrag dazu leistete ein neues Unterwasser-Video-system, das unter dem Meereis und am Meeresboden Aufnahmen machte. Mit der Errichtung der DRESCHER-STATION am Rand des Riiser-Larsen Schelfeises wurden die Voraussetzungen für umfangreiche systematische Beobachtungen von Robben und Pinguinen geschaffen. Unter der Berücksichtigung der Arbeiten in anderen Meeresgebieten befassen sich seither mehrere Gruppen mit der Lebensgemeinschaft des Meereises, den Prozessen in oberflächennahen Wasserschichten, den Aus-

tauschvorgängen zwischen Plankton und Benthos und der Warmblütergemeinschaft. Die Zusammenarbeit dieser Projektgruppen mit anderen Disziplinen im AWI wird weiterentwickelt.

### Biologie des Meereises

Während des WWSP wurden Verteilungsmuster der Meereis-Organismen klein- und großräumig erfaßt. Diversität und Siedlungsdichte auto- und heterotropher Organismen erwiesen sich als überraschend hoch. Experimente mit der häufigen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* im Bordcontainer zeigten, daß ein Gehäusezuwachs noch bei Salzgehalten bis 60 ‰ erfolgt; Nahrungsaufnahme und Aktivität funktionieren sogar bei noch höheren Konzentrationen uneingeschränkt.

Im Meereis und in der Wasserschicht dicht unter dem Meereis wurde der calanoide Copepode *Stephus longipes* in verschiedenen Entwicklungsstadien gefunden, in der Wassersäule darunter dagegen nicht. *Stephus longipes* ist in der Literatur als hyperbenthisch beschrieben. Unsere Ergebnisse legen nahe, daß diese Art während des Frühjahres im und dicht unter dem Meereis lebt, sich dort vermehrt und mit Beginn der Eisschmelze ins freie Wasser wandert.

Wie die ferngesteuerte Unterwasserkamera zeigte, werden die hohen Konzentrationen der Kieselalgen unter dem Packeis und im Lückensystem zwischen den Eisschollen in erster Linie vom Krill genutzt, der im Winter in dieser Zone sein normales Schwarmverhalten aufgibt und eine geradezu benthische Lebensweise annimmt, indem er den Diatomeenteppich von den Eisflächen abweidet. Dieser Vorgang konnte in Laborexperimenten an Bord gefilmt werden. Die Befunde ergänzen die früheren Studien zur Ernährungsökologie des Krills im freien Wasser. Art und Ausmaß der Nahrungsaufnahme des Krills im Eis deuten daraufhin, daß das Nahrungsangebot für Euphausiaceen im Winter keineswegs so gering ist wie bisher vermutet. Unsere Vorstellungen über das Nahrungsnetz im Südpolarmeer sind aufgrund dieser Fakten erneut zu revidieren.

### Stoffwechselphysiologische Anpassungen

Auch die Lipidanalysen an antarktischen Planktonorganismen während des WWSP ergänzten unsere Sommerwerte vorteilhaft. Die Proben sollen in Zusammenarbeit mit der Universität in St. Petersburg (Florida) ausgewertet werden. Wir erwarten davon Auskünfte über biochemische Anpassungen des Planktons an die ausgeprägte Saisonalität des antarktischen pelagischen Systems. Aus dem Benthos wurden Garnelen- und Amphipodenproben zu Vergleichsuntersuchungen tiefgefroren. Darüberhi-

naus sollen die Verdauungsenzym-Aktivitäten von verschiedenen Euphausiaceen gemessen werden.

### **Jahreszeitliche Veränderlichkeit von Zooplankton- und Zoobenthosgemeinschaften, Bedeutung der Produzenten im Meereis und im freien Wasser für das Zoobenthos**

Im Gegensatz zum reichen Leben im Meereis zu Beginn des antarktischen Frühjahres war die Besiedlung des freien Wassers äußerst gering. Copepoden fanden sich in verschiedenen Entwicklungsstadien auf allen Stationen. Experimentelle Untersuchungen an Copepoden zur Respiration, Nahrungsaufnahme und Eiproduktion zeigten einen hohen Sauerstoffverbrauch, aber geringe Freßraten bei natürlichen Phytoplankton-Konzentrationen. Erst bei Chlorophyll-Konzentrationen  $> 10 \mu\text{g/l}$  steigerten sich die Freßaktivität und die Eiproduktion. Im Bereich tieferer Wasserschichten und des Benthos ermittelte das Unterwasserfahrzeug eine große biologische Aktivität. Die bodennahe Wasserschicht ist durch eine Vielzahl von Partikeln und Organismen (vor allem Copepoden und Ostracoden) deutlich getrübt. Die Trübung geht in dieser Jahreszeit offenbar nicht auf Zufuhr aus der Wassersäule, sondern auf Produktion am Boden und Resuspension früher sedimentierten Materials zurück. Bodennahe, Uhrwerk gesteuerte Sedimentfallen sollen hier nähere Aufschlüsse bringen.

Die Bilder zeigen auch, daß Schwämme, Bryozoen- und Hydrozoenkolonien vielen epibenthischen Arten als Substrat dienen. Die geringe Bedeutung der Endofauna im Verhältnis zur Epifauna wurde für das Weddellmeer auch auf der Winterreise bestätigt. Eine Analyse der Benthosgemeinschaften aufgrund des Materials früherer POLARSTERN-Reisen liegt inzwischen im Rahmen zweier Dissertationen vor.

Eine Analyse der Makrozoobenthos-Gemeinschaften zwischen der Atka-Bucht und dem südlichen Teil der Antarktischen Halbinsel belegt mit insgesamt 430 Taxa eine reiche – vorwiegend epibenthische – Fauna. Nur die Mollusken, die wichtigsten Crustaceengruppen, ein Teil der Echinodermen und die Fische wurden bis auf die Art bestimmt. Nach der Verbreitung vor allem der See- und Schlangensterne sind der östliche und südliche Kontinentalschelf des Weddellmeeres der hochantarktischen Subregion, der innere Kontinentalschelf der Halbinsel dagegen der Scotia-Subregion zuzuordnen. Die Meeresbodenbesiedlung der Hochantarktis ist offenbar weitgehend zirkumpolar. Zwei Schelfgemeinschaften mit starker Dominanz von Suspensionsfressern und eine Grabengemeinschaft bei der diese trophische Gruppe weitgehend fehlt, wurden mittels Clusteranalyse unterschieden. Die Siedlungsmuster zeigen starke Affinität zu abioti-

schen Umweltparametern, insbesondere zu Strömungen in Bodennähe. Da die bisherigen Proben durchweg aus dem Sommerhalbjahr stammen, konnte die Frage einer eventuellen Saisonalität nicht geprüft werden.

Auch für die 34 auf dem südlichen und östlichen Schelf des Weddellmeeres gefundenen Seegurkenarten (Holothurien) konnten spezifische Verteilungsmuster mit Hilfe der Clusteranalyse ermittelt werden. Eine im Tiefen lebende Weichbodengruppe existiert neben einer anderen, vornehmlich zur Epifauna gehörenden, die auf Sand- und Hartböden sowie biogenen Strukturen (Schwämmen, Bryozoen etc.) siedelt. Mit der Unterwasserkamera wurden für zwei epibenthische Seegurkenarten absolute Abundanz bestimmt. Für viele Holothurien – neben den auf der Sedimentoberfläche lebenden und epizoischen Arten gibt es auch eingegrabene, neben sessilen auch vagile Formen – wurden erstmalig Aufenthaltsort und Lebensweise beschrieben. Insgesamt ergab sich eine wesentlich breitere bathymetrische Verteilung als in anderen Meeresgebieten (Tiefseearten besiedeln den Schelf, Flachwasserbewohner gehen bis in erhebliche Tiefe).

Ziel der weiteren Makrobenthosarbeiten auf dem Schelf des Weddellmeeres ist neben der fortgesetzten Bestandsaufnahme dominanter Gruppen zunächst die qualitative, später auch die quantitative Erfassung des Epizoobenthos und des bodennahen Planktons durch kombinierten Einsatz der ferngesteuerten Unterwasserkamera und neuer Probennehmer (Mehrfachgreifer, Planktonsaugtor). Diese Untersuchungen sowie vorbereitende in situ-Experimente zur Kolonisation von Hartsubstraten wurden von drei Benthosökologen auf ANT VI/3 bereits begonnen.

### **Entwicklung und Populationsdynamik von Bodentierarten**

Anfang 1986 wurde mit Untersuchungen der hochantarktischen Molluskenfauna aus dem Gebiet des östlichen Weddellmeeres begonnen. Während der Fahrtabschnitte ANT V/3 und V/4 wurden geeignete Weichtierarten für eine Langzeithälterung in gekühlten Labor-Containern gefunden und ausgewählt. Aus Beobachtungen der ca. 450 Exemplare konnten Erkenntnisse über artspezifische Verhaltens- und Aktivitätsmuster gewonnen werden, die zusammen mit Sauerstoff-Verbrauchsmessungen an Bord auf einen sehr niedrigen Basis-Metabolismus schließen lassen.

Zur Messung der Wachstumsgeschwindigkeit wurden 100 Muscheln und Schnecken durch Anschleifen des Schalenrandes markiert. Diese Studien wurden seit August 1987 durch Untersuchungen an frühontogenetischen Stadien und juvenilen Exemplaren von 3 Arten ergänzt, die in den Aquarien abgelaiht haben oder geschlüpft sind. Wöchentliches Photographieren und Ver-

messen der larvalen und juvenilen Exemplare zeigte ein sehr geringes Wachstum (ca. 0,1 - 0,2 mm Schalenzuwachs in 5 Monaten) dieser Stadien.

Parallel zu diesen Arbeiten an lebenden Tieren wurden seit April 1987 im Rahmen einer systematisch/zoogeographischen Bestandsaufnahme der Molluskenfauna Habitus-Photographien von Gehäusen und Schalen, Detail-Zeichnungen und REM-Aufnahmen der Gastropoden-Radulae von den ca. 120 Schnecken- und 50 Muschelarten des Untersuchungsgebietes angefertigt. Ähnliche Bestandsaufnahmen an hochantarktischen Amphipoden und an Garnelen, der einzigen (mit 5 Arten) im südöstlichen Weddellmeer vorkommenden Dekapodengruppe, sind angelaufen und wurden ebenfalls durch Hälterung von Lebendmaterial im Container unterstützt.

### **Wachstum und Nahrungsbiologie der Larven und Jugendstadien von Fischen**

Die Analyse von Fischen und Fischlarven im Weddellmeer wurde anhand des reichlichen Materials früherer Reisen fortgesetzt. Die Untersuchung von Wachstum, Fortpflanzung und morphologischen Anpassungen von Fischen an eine benthische oder pelagische Lebensweise standen dabei im Vordergrund. Die Arbeiten zur Verbreitung, Nahrung und trophischen Stellung demersaler Fischarten aus dem östlichen und südlichen Weddellmeer wurden abgeschlossen. Die bodenlebende Fischfauna in diesem hochantarktischen Gebiet ist mit 44 Arten aus 8 Familien noch relativ artenreich, 98 % aller Individuen gehören allerdings zu nur 4 Familien. Die Besiedlungsdichte ist infolge der langen saisonalen Eisbedeckung niedrig. Erwartungsgemäß dienen im Benthos die Suspensionsfresser selten die Crustaceen und Polychäten aber bevorzugt als Fischnahrung. Planktonfresser sind im Gegensatz zu den benthophagen Arten meist stark spezialisiert. Nahrungskonkurrenz zwischen den verschiedenen Fischarten wird durch vertikale Aufteilung der Ressourcen gemildert.

Der Katalog zur antarktischen Fischbrut steht vor dem Abschluß. Probenmaterial aus dem Gebiet der Halbinsel aus einem Zeitraum von 10 Jahren zeigt insgesamt eine nur geringe Variabilität der zeitlich-räumlichen Verbreitungsmuster der Jugendstadien von Jahr zu Jahr. Allerdings traten bei einzelnen Arten stärkere Schwankungen der Larvenzahlen auf, die u. a. auf den unterschiedlichen Einfluß bestimmter Wassermassen zurückzuführen sind. Die meisten notothenioden Fische erwiesen sich als Bodenlaicher. Eine Ausnahme macht *Notothenia neglecta*, deren frisch abgelaichte Eier während des WWSP an der Wasseroberfläche im Packeis gefunden wurden, wo sie offenbar den Winter über inkubieren. Während des WWSP gefangene Fischlarven von der

Antarktischen Halbinsel zeigen bei vergleichbarer Freßintensität gleiche Freßgewohnheiten wie in den Sommermonaten. Die Frühwinterperiode (Mai/Juni) stellt in der saisonalen Packeiszone bei Arten mit langer pelagischer Larvalentwicklung anscheinend keinen Engpaß wegen Futtermangels dar. Das Alter von Larven und Jungfischen von *Trematomus newnesi* wurde anhand von tagesperiodischen Otolithenstrukturen bestimmt. Die Tagesperiodik wurde durch Markierungsexperimente belegt. Mit Hilfe von Tagesringdaten wurde eine Schlüpfperiode im September/Oktober berechnet.

### **Populationsdynamik und Nahrungsökologie von Weddellrobben und Kaiserpinguinen**

Die Warmblüterbiologen konnten nach der Errichtung einer Station am Rand des Drescher-Inlets von Mitte Oktober bis Ende November 1986 gemeinsam mit niederländischen Forschern ein sechswöchiges Arbeitsprogramm auf dem Meereis durchführen. Die Untersuchungen zum Tauchverhalten von Weddellrobben waren noch mit technischen Schwierigkeiten behaftet. Neue Time-Depth-Recorder werden zur Zeit im Elektroniklabor des AWI entwickelt. Die Arbeiten zur Fortpflanzung, Nahrung und zum Wachstum der Weddellrobben im zeitigen Frühjahr brachten zunächst quantitative Ergebnisse. So besteht die Nahrung der Robben in dieser Zeit offenbar viel stärker aus Eisfischen als im Sommer, wenn vorwiegend der pelagische Fisch *Pleuragramma antarcticum* gefressen wird. Die Brutkolonie der Kaiserpinguine im Drescher-Inlet erwies sich als wesentlich größer, als nach den Sommerwerten von 1985 anzunehmen war. Auch für diese Art wurden Daten zur Tagesperiodik futtereintragender Alttiere, zum Futtergewicht sowie über die — vorwiegend aus Krill, *Pleuragramma* und Tintenfischen zusammengesetzte — Nahrung gesammelt. Unter Einbeziehung der erstmalig durchgeführten gleichzeitigen Bestandsaufnahme von Weddellrobben und Kaiserpinguinen entlang der gesamten Ostküste des Weddellmeeres konnte mit den Nahrungsdaten eine umfassende Ernährungsbilanz aufgestellt werden, die auf allochthone Nahrungszufuhr hindeutet.

### **Biologische Arbeiten in der Arktis**

#### **Biologische Prozesse in Beziehung zu mesoskaligen ozeanographischen Prozessen in der Grönlandsee, Stoffwechsellanpassungen und Lebenszyklen des arktischen Zooplanktons**

Die biologischen Aktivitäten in der Arktis konzentrierten sich auf die Grönlandsee und waren zum größten Teil eingebunden in

das internationale Grönlandsee-Projekt. Die Grönlandsee ist für die Untersuchung der Beziehungen zwischen biologischer Produktion (Primär- und Sekundärproduktion) und ozeanographischen Prozessen wegen des Zusammentreffens dreier ozeanographischer Domänen (atlantisch, arktisch, polar) mit zahlreichen mesoskaligen Strukturen wie Fronten, Mäandern und Eddies, Eisrandgebieten und Schelfpolynyas auf engem Raum besonders geeignet. Die geringe Diversität des Phyto- und Zooplanktons macht die Region zu einem fast idealen Freilandlabor. Die biologische Untersuchung dieser Skalen erfordert eine Vielzahl von Stationen mit geringen räumlichen Abständen. Sie war nur möglich in Zusammenarbeit mit mehreren Instituten des In- und Auslandes mit folgenden Schwerpunkten unserer Arbeit:

- Erarbeitung biologischer Hintergrundinformation (Lebenszyklen, Reproduktionsbiologie, physiologische Anpassungen etc.);
- Methodenentwicklung, zur schnellen Erfassung der genannten Parameter;
- Anwendung der Methoden in enger Anlehnung an die hydrographischen Umgebungsbedingungen.

Die Auswertung früherer Expeditionen ins Eisrandgebiet zeigte große räumliche Variabilitäten von Biomasse und Produktion. Höchste Primär- und Sekundärproduktion wurde außerhalb des Eisrandgebietes gefunden. Dies ließ vermuten, daß Frontenprozesse mindestens die gleiche Bedeutung haben wie an den Eisrand gebundene physikalische Vorgänge (Eisrandauftrieb etc.).

Im Rahmen eines biologisch-ozeanographischen Programms wurde die Arktikfront, die das Atlantikwasser des Norwegischen Küstenstroms und des Westspitzbergenstroms von den Grönlandwirbeln trennt, mit der Polarfront und ihrem Eisrandgebiet verglichen. Ein in der Arktikfront beprobter Quader schloß einen deutlich ausgebildeten Wirbel (Eddy) ein, der die Verteilung der Nährstoffe und der biologischen Komponenten bestimmte. Die Polarfront war geteilt in eine tiefe und eine oberflächennahe Front. An der tiefen Front knickten die Isopyknen des Ostgrönlandstromes ab und verliefen über 40-60 km weit horizontal, überlagert von leichterem Schmelzwasser, bis sie zur Oberfläche kamen. Neben den Freilanduntersuchungen wurden zahlreiche Versuche zu Reproduktion, Ernährung und Lipidstoffwechsel der dominanten Copepodenarten durchgeführt.

Parallel zu den Schiffsuntersuchungen wurde in Zusammenarbeit mit der NASA und dem Visibility Laboratory, San Diego, das Forschungsflugzeug POLAR 2 des AWI zur Fernerkundung der Oberfläche der Grönlandsee als Unterstützung des gleichzeitig an Bord der POLARSTERN durchgeführten Meßprogramms eingesetzt. Die Aufgabe des Flugzeugprogramms bestand darin, den Pigmentgehalt des Wassers mit einem Vielkanal-Radiometrie-System im weiteren Umfeld des Schiffes synoptisch zu mes-

sen. Stichprobenartig wurden mit dem Wasserschöpfer vom Schiff aus Proben für die Pigmentanalyse mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatography) genommen.

Auf dem Abschnitt ARK IV/3 wurden Messungen im Arktischen Ozean vom Barentsschelf bis ins Nansen-Becken (86°N) durchgeführt. Dabei wurden auf 18 Stationen die Vertikalverteilung des Phyto- und Zooplanktons sowie die Primär- und Sekundärproduktion (in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen) bestimmt. Dieses Probenmaterial ist einzigartig und sollte interessante Aufschlüsse über die biologischen Vorgänge im Pelagial des Arktischen Ozeans liefern. Die ersten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß Biomasse und Produktion des Planktons dort wesentlich größer sind als vermutet. Ferner wurde zwischen 83°N und 84°N erstmals eine scharfe faunistische Grenze entdeckt, die das atlantische vom polaren Einflußgebiet trennt. Sie ist im Plankton aber offenbar auch in den Benthosgemeinschaften erkennbar.

### **Forschungsarbeiten in der Nordsee und anderen Gebieten**

In der Nordsee richtet sich die Forschung des AWI besonders auf das Makro- und Meiobenthos (bei der Makrofauna vor allem an Jugendstadien) und auf Fische. Der überwiegende Teil der Arbeiten wird von Doktoranden getragen. Arbeitsgebiete sind sowohl das Watt wie auch die freie Nordsee. In einigen Projekten werden gezielt Austauschvorgänge zwischen den beiden Lebensräumen analysiert.

### **Räuber-Beute-Beziehungen**

Im Borkumer Inselwatt wurden in der Sommersaison 1986 und 1987 mit Hilfe der „Bremerhavener Caissons“ Experimente durchgeführt, um die Nahrungsbeziehungen zwischen epibenthischen Räubern der 0-Altersgruppe und deren Beutetieren zu untersuchen. Im Vordergrund stand der Einfluß der Räuber auf Struktur und Sekundärproduktion einer herbivoren Makrofaunagemeinschaft. Als Räuber wurden 1986 Strandkrabben (*Carcinus maenas*) und 1987 Nordsee-garnelen (*Cragon cragon*) in die experimentellen Systeme eingesetzt. Einer der beiden Caissons (Grundfläche ca. 11 m<sup>2</sup>) wurde 1987 mit juvenilen Garnelen einheitlicher Länge in gegenüber dem Freiland 10fach überhöhter Dichte besetzt, während Garnelen und andere Räuber aus dem anderen Container ausgeschlossen wurden. Die nach 52 Tagen durchgeführte Kartierung erbrachte deutliche Unterschiede: Siphonen der Muschel *Macoma balthica* waren aus dem mit Räubern besetzten Caisson ganz verschwunden, dagegen lebten auf der Ausschluß-Fläche 655 Individuen/m<sup>2</sup>. Lebensspuren des Polychäten *Heteromastus* waren nur halb so häufig wie auf der Ver-

gleichsfläche zu finden. Andere Arten (Herzmuscheln *Cerastoderma edulis*) wurden anscheinend durch den Wegfall von Konkurrenz begünstigt. Weiteren Aufschluß z. B. über die Beziehung Räubergröße/Beutegröße, über Wachstumsgeschwindigkeiten usw. wird die Auswertung der Bodenproben ergeben. Parallel zu den Ausschlußexperimenten wurde im ersten Untersuchungsjahr die Sekundärproduktion der 0-Altersgruppe mehrerer im natürlichen Biotop vorkommender Benthosarten und epibenthischer Räuber untersucht. Im zweiten Jahr wurde vor allem die Ansiedlung und das Wachstum von Muschelbrut unter experimentell veränderten Bedingungen studiert. Im Vordergrund stand dabei der Einfluß einer bestimmten Makrofaunagemeinschaft auf die Jugendstadien vom *Macoma balthica*.

### **Faunenaustausch Watt - offene See**

Untersuchungen zum Faunenaustausch zwischen Wattenmeer und offener Nordsee zeigten, daß nahezu alle 267 Taxa, die im Pelagial des von starken Gezeitenströmen geprägten Übergangsbereichs zwischen den beiden Gebieten auftraten, einem Austausch unterliegen. Dieser betrifft nicht nur das Plankton und Nekton, sondern in besonderem Maße auch das Benthos und hier vor allem die eulitoralen Arten, die meist mit mehreren Entwicklungsstadien in der Driftfauna vorhanden waren. Einige Gruppen (z.B. verschiedene Hydromedusen, die Scyphomedusen und die holplanktischen Copepoden) unterlagen – zumindest zeitweise – einem überwiegenden Eintrag ins Watt. Dies gilt auch für die älteren Larven eulitoral und sublitoral Benthosarten incl. der Larven und Juvenilen der Nordseegarnele *Crangon crangon* und der Megalopenlarven der Strandkrabbe *Carcinus maenas*. Dagegen wurden die jüngeren Larven der eulitoral Benthosorganismen zu einem hohen Prozentsatz aus dem Watt herausgetragen. Manche der beobachteten Austauschvorgänge sind durch jahreszeitliche Schwankungen der Umweltparameter, insbesondere der Temperatur, gesteuert.

### **Erstbesiedlung und frühe Sukzession auf künstlichen Böden**

Ansiedlung und Sukzession benthischer Makrofauna wurden in einem Experiment mit künstlichen Weichböden an der Forschungsplattform NORDSEE 1985 und 1986 untersucht. In beiden Jahren stiegen die Individuen- und Artenzahlen im Sommer durch die Siedlung meroplanktischer Larven an. Zwischen beiden Jahren gab es aber interessante Unterschiede in der Länge des Zeitraums, über den die Erstsiedler sich behaupten können. Die Sukzession läßt sich 1985 und 1986 durch die Aufeinanderfolge von Phasen unterschiedlicher Faunenzusammensetzung

charakterisieren, wobei in der Regel die frühen Phasen durch das Auftreten opportunistischer Arten geprägt sind. Vergleichbare Sukzessionsstadien wurden von früheren Experimenten aus anderen Meeresgebieten (z. B. Kieler Bucht) beschrieben. Die starke Variabilität der Sukzession in der Deutschen Bucht wird durch die saisonalen und jährlichen Schwankungen des Larvenangebots entscheidend bestimmt. Der Vergleich der Ergebnisse des Experiments mit der Ansiedlung im natürlichen Biotop verdeutlicht darüberhinaus den Einfluß der adulten Fauna auf die siedlungsbereiten Larven und Jungtiere.

Ebenfalls auf der Nordseeplattform wurde die Ansiedlung und Sukzession von Hartbodenbewohnern auf künstlichen Substraten im Vergleich zu einer Probenserie verfolgt, die aus der Karibik vorliegt. Ähnliche Versuche wurden in einem Priel des Wurster Watts durchgeführt. Die Aufeinanderfolge der Sukzessionsstadien in der Nordsee verlief erwartungsgemäß gegenüber den tropischen Vergleichsproben stark verlangsamt. Die Auswertung der Daten erfolgt mit Hilfe computergestützter Meßverfahren. Eingesetzte Materialien, Probennahme und Auswertung dieser Experimente dienen zugleich zur Erprobung vergleichbarer Vorhaben in der Antarktis.

### **Produktivität des Makrobenthos vor dem Hintergrund zunehmender Eutrophierung und intensiver Befischung**

Während die Langzeituntersuchungen der Makrobenthosgemeinschaften in der Deutschen Bucht an drei Dauerstationen weiterliefen, wurde die Veränderlichkeit ähnlicher Gemeinschaften in der zentralen Nordsee vergleichend betrachtet. Die Lebenszyklen dominanter Arten und die Dynamik von Amphiura-Gemeinschaften sind in küstenferneren Bereichen offenbar langsamer und unterliegen geringeren Fluktuationen als im Küstenbereich. In der Entwicklung von Populationen der gleichen Arten lassen sich in der Helgoländer Bucht mehrfach unterschiedliche Trends seit den 60-er Jahren beschreiben. Solche z. T. gegenläufigen Entwicklungen werden auf zunehmende Eutrophierung zurückgeführt. Dem entsprechen auch die in neuerer Zeit festgestellten höheren Biomassebestände des Makrobenthos sowohl im Eu- als auch im Sublitoral der Deutschen Bucht.

Um für künftige Bewertungen eine einheitliche Ausgangsbasis zu erhalten, beteiligte sich das AWI mit dem FS VICTOR HENSEN zusammen mit 7 anderen Schiffen an einer Benthos-Kartierung in der gesamten südlichen und zentralen Nordsee. Die im Rahmen des ICES koordinierten Arbeiten werden z. Z. in internationaler Zusammenarbeit ausgewertet. Über die Ergebnisse soll 1988 beim Texeler Nordsee-Symposium vorgetragen werden. Eine niederländisch-deutsche Gemeinschaftsarbeit über die Verteilung des

Schlangensterne *Amphiura filiformis*, der schllickige Sedimente vor allem im Bereich hoher Sedimentationsraten z. B. an Fronten südlich der Doggerbank bevorzugt, wurde vor kurzem veröffentlicht.

Der Versuch, die Bodenfauna an stark und gering befischten Orten zu vergleichen, scheiterte zunächst einmal daran, daß keine Areale geringer Befischung mit gleichem Sediment wie in den Fischereigeieten gefunden wurden. Selbst in die Schutzzone um die Nordseeplattform dringen immer wieder Fischkutter ein.

### Weitere Zoobenthos- und Fischuntersuchungen

Im Bereich des Meio- und Mikrobenthos wurde untersucht, warum viele freilebende Meeresnematoden sich bevorzugt an Orten mit geringer oder fehlender Sauerstoffversorgung aufhalten. Nematoden der Gattung *Adoncholaimus* sind mit einer spezifischen, mikroaerophilen, fakultativ anaeroben Bakterienflora assoziiert. Im Experiment konnte gezeigt werden, daß die Nematoden durch die Kohlendioxid-Ausscheidung der Bakterien angelockt werden. Offenbar stellen erhöhte Kohlendioxid-Konzentrationen im Sediment ein Signal dar, das die Nematoden zu Orten mit intensivem anaerobem Stoffabbau lockt, wo Produkte bakterieller Hydrolyse und Fermentation zur Ernährung der Nematoden beitragen. Erste Versuche zeigten eine Azetataufnahme durch die Nematoden.

Auf dem Boden der atlantischen Tiefsee wurde in 4.500 m Tiefe frisch sedimentierter, grünlicher Phytoplankton-Detritus angetroffen. Netzfänge belegen, daß sich in Oberflächennähe durch das Zusammenwirken von schleimbildenden Phytoplankton-Zellen und Radiolarien schnell sinkende gelatinöse Aggregate bilden. Das frisch sedimentierte Detritusmaterial enthält große Mengen von Kotpillen der Radiolarien. Diese Kotpillen schließen Massen von kleinen, grünen, unverdauten Algenzellen ein. In frischem Detritus auf dem Tiefseeboden wurde eine spezialisierte Nematodenfauna gefunden.

In Fortsetzung früherer Arbeiten an Nordseefischen wurde die Diversität der Nahrung der Kliesche im Jahres- und Tagesgang bestimmt, um Einflüsse von Art und Menge der angebotenen Nahrung auf die Kondition der Fische und damit möglicherweise auf das Erscheinen bestimmter Hautkrankheiten zu analysieren. Im Unterschied zu Fischen von der Doggerbank weisen Klieschen aus der Deutschen Bucht einen Jahresgang in der Kondition mit niedrigsten Werten während der Frühjahrslaichzeit auf. In dieser Zeit geringen Nahrungsangebots wurden vermehrt zwei Hautkrankheiten festgestellt.

Ein weiteres Fischprogramm befaßt sich mit der Größenselektion der Nahrung von Nordseeklieschen. Zwischen Mai und No-

vember 1986 wurden mit der VICTOR HENSEN Fischfänge durchgeführt und parallel dazu Benthosproben genommen, um das Nahrungsangebot im Makrobenthos der Deutschen Bucht zu erfassen. Die Bearbeitung der Magenproben von über 1000 Fischen und der dazugehörigen Bodenproben befindet sich im Endstadium.

In einem dritten Fischprogramm wird die Fortpflanzungsbiologie der Nordseesprotte untersucht. Im Gegensatz zu früheren Ansichten zeigte sich, daß dieser Fisch ein Portionslaicher mit langgezogener Laichzeit vom Frühjahr bis zum Herbst ist; in dieser Zeit laichen die Weibchen mindestens 10 mal ab. Bei einem zusammen mit der Biologischen Anstalt Helgoland durchgeführten Experiment wurde der Nachweis erbracht, daß Sprottenlarven Tagessringe auf den Otolithen anlegen. Das Projekt, ein deutscher Beitrag zum International Recruitment Programme der UNESCO und FAO, zielt auf die Bestimmung der Faktoren ab, die im Verlauf der Rekrutierung für Jahrgangsschwankungen verantwortlich sind.

### 3.2.2 Biologie II (Botanik + Mikrobiologie)

#### Forschungsarbeiten in der Antarktis

An der Vorbereitung und Durchführung von Antarktisexpeditionen waren 9 Wissenschaftler der Sektion beteiligt. Das Schwergewicht lag auf der Untersuchung der Lebensgemeinschaften in der Wassersäule und im Meereis während der biologischen „Ruhephase“ vom Herbst bis zum Frühjahr. Qualitative und quantitative Aufnahmen der Bakterien-, Pilz-, Eisalgen- und Phytoplanktonpopulationen wurden in verschiedenen Gebieten durchgeführt und viele dieser Organismen in Kultur genommen. Physiologische Eigenschaften und der Einfluß verschiedener Umweltfaktoren auf Wachstumsraten sowohl der auto- als auch heterotrophen Organismen wurden experimentell ermittelt. Diese Versuche werden mit Makro- und Mikroalgen sowie mit isolierten Bakterien- und Pilzstämmen fortgesetzt.

Die Verteilung der Bakterien im winterlichen Meereis war im groß- wie kleinskaligen Bereich sehr fleckenhaft. Es wurden Dichten von  $10^2$  bis  $10^6$  kultivierbarer Bakterien pro ml bestimmt. Bei der Eisbildung wird mehr als das Zehnfache der Bakterienkonzentration des umgebenden Wassers angereichert. Aus unterschiedlichen Eiskernen und Eiskerntiefen isolierte Bakterien wurden auf ihre physiologischen sowie taxonomischen Eigenschaften untersucht. Der größte Teil zeigte eine extreme Anpassung an niedrige Temperaturen, die bei Bakterien aus anderem Probenmaterial des Antarktischen Ozeans nicht gefunden wurde. Bei  $-3^\circ\text{C}$  wuchsen die Organismen noch relativ schnell. Eine enge An-

passung an die im Eis vorkommenden unterschiedlichen Salzgehalte konnte nicht nachgewiesen werden. Die Mehrzahl der Eiskakterien verhielt sich wie typische Meerwasserbakterien mit Salzoptima im Bereich von 30 ‰ Salzgehalt und ist charakterisiert durch einen spezifischen Ionenbedarf sowie durch Produktion von Exopolysacchariden.

Untersuchungen zum Verhalten der pelagischen Bakterienflora des östlichen Weddellmeeres gegenüber hydrostatischem Druck zeigten eine sehr enge Anpassung der Mikroben an den Druck ihrer Herkunftstiefe. Organismen des Oberflächenwassers starben bei höherem hydrostatischem Druck und Tiefseebakterien bei Atmosphärendruck ab. Daraus ist zu folgen, daß ein bakterieller Abbau absinkender Materie in den unterschiedlichen Tiefenbereichen nur von den dort jeweils druckangepaßten Bakterienpopulationen bewerkstelligt werden kann. Von den obligat barophilen Bakterien konnten einzelne Stämme in Reinkultur gebracht werden. Für vergleichende Untersuchungen zur Struktur der Bakteriengemeinschaften antarktischer und arktischer Bodensedimente wurden die erforderlichen Bestimmungen abgeschlossen und die gewonnenen Daten für die Verarbeitung im Rechner aufbereitet. Mit der clusteranalytischen Auswertung wurde begonnen. Extrazelluläre Enzyme von kälteangepaßten Bakterien werden in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für biotechnologische Forschung (GBF, Stückheim, Braunschweig) untersucht.

Sowohl niedere als auch höhere marine Pilze konnten erstmalig in z. T. beträchtlicher Artenzahl und Dichte in Eiskernen unterschiedlicher Dicke, Beschaffenheit sowie geographischer Herkunft nachgewiesen werden. Pilze gehören demnach zur antarktischen Meereis-Lebensgemeinschaft. Im Eis des Weddellmeeres wurden bis zu 180 niedere Pilzkeime, bis 12.000 Hefepilze und bis zu 20.000 myzelbildende Pilzkeime pro Liter geschmolzenen Eises nachgewiesen. Der Beitrag der Pilze zur Gesamtbiomasse im Meereis der Antarktis scheint während des Winters bedeutsamer zu sein als im Frühjahr und Sommer, wenn die Eisalgen stark dominieren. Die Anpassung der Pilze an die Umwelt des Eises zusammen mit einer Reihe von verschiedenartigen Protozoen deutet darauf hin, daß ein Teil der von den Eisalgen produzierten Biomasse innerhalb dieses Habitats auch verarbeitet wird. Vermutlich bietet das Salzkanalsystem des Eises Organismen mit pseudopodialen und rhizoidalen Strukturen ausreichende Lebensbedingungen.

Die Abundanz und Artenzusammensetzung des Phytoplanktons wurde auf dem Schelf der Antarktischen Halbinsel zum ersten Mal während der herbstlichen Ausbreitung des Meereises aufgenommen. Wir fanden ein deutliches Phytoplankton-Maximum in Verbindung mit der Eiskante in diesem Gebiet. Unter-

schiede im Verbreitungsmuster verschiedener Schlüsselarten ließ eine Einteilung in geographisch getrennte Gemeinschaften zu. Noch gilt zu klären, ob diese Unterschiede auf physikalische Umweltfaktoren oder auf regionale Gesichtspunkte zurückzuführen sind.

Phytoplanktonanreicherungen an der Eiskante im nördlichen Weddellmeer wurden während aller Eistraversen der POLARSTERN im Winter und im zeitigen Frühjahr angetroffen. Phytoplanktonblüten sind oft an schmelzenden Eiskanten im Frühjahr beobachtet worden. Deshalb wurde dieses Phänomen bislang mit der Stabilisierung einer seichten Deckschicht durch das Schmelzwasser erklärt. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, daß diese Erklärung nicht ausreicht. Weitere Untersuchungen dieses Phänomens sind deshalb geplant.

Die Artenverteilung der Eisalgen erwies sich als äußerst variabel, und nur gelegentlich war eine regionale Zuordnung möglich. Eisstruktur und Mechanismen der Entstehung scheinen eine entscheidende Rolle bei der Biomasse und Artenzusammensetzung der Eisflora zu spielen. Laborexperimente haben gezeigt, daß diese Algen bei niedrigen Temperaturen ( $-2^{\circ}\text{C}$  bis  $-5,5^{\circ}\text{C}$ ) und hohen Salzgehalten (bis 95 ‰) sich noch teilen können. Die überraschend hohe Biomasse der Eisalgen in den Wintermonaten zeugt von deren Fähigkeit, auch bei sehr niedrigen Lichtintensitäten zu wachsen. Auf die Wassersäule bezogen ist diese Biomasse zwar gering, da aber die Eisalgen auf eine dünne Schicht konzentriert sind, können sie ohne großen Energieaufwand von entsprechend adaptierten Herbivoren abgeweidet werden. Die dominante Form unter diesen herbivoren ist eindeutig der Krill, der auf den Fahrtrouten durch das Packeis von  $60 - 76^{\circ}\text{S}$  häufig auf vom Schiff umgedrehten Eisschollen beobachtet wurde.

Im starken Gegensatz zur Biomasse der Eisflora und der Eiskantenblüte waren die Phytoplanktonbestände im Wasser unter dem Eis und in der Küstenpolynya des Weddellmeeres extrem niedrig. Die Klarheit des Wassers (bis zu 79 m Secchi-Tiefe) verdeutlicht, daß weder Partikel noch abgelöste organische Substanzen in nennenswerten Mengen vorhanden waren. Da dieses Wasser im Sommer einer deutlichen Nährsalzzehrung (allerdings ohne -erschöpfung) unterliegt, müssen die Mechanismen der „Säuberung“ der Wassersäule außerordentlich effektiv sein. Sinkstoffallenergebnisse zeigen, daß Partikelverluste durch Absinken wahrscheinlich nur eine Nebenrolle spielen. Abbau in der Wassersäule und/oder Anreicherung im entstehenden Eis bleiben als Möglichkeiten bestehen. Dieses Phänomen bedarf ebenfalls der weiteren Untersuchung bei zukünftigen Expeditionen.

Auf dem Südschelf des Weddellmeeres wurde eine üppige Phytoplanktonblüte in einer ca. 1 m dicken Wasserschicht unmittelbar unter dem Eis angetroffen. In den oberen Dezimetern wurde

sogar Nährsalzerschöpfung mit gleichzeitigem Absinkverhalten der Phytoplankter festgestellt. Zur gleichen Zeit wies die Wassersäule extrem niedrige Biomassewerte auf, die nur sehr langsam zum Dezember hin anstiegen. Demzufolge kann die offenbar regelmäßig erscheinende Frühjahrsphytoplanktonblüte kaum von den in der Wassersäule überwinterten Phytoplanktern aufgebaut werden. Wir vermuten aufgrund unserer Beobachtung, daß das Eis ein Frühbeet für die Phytoplanktonblüte darstellt.

Probenmaterial — vor allem Phytoplankton und Eisalgen — gesammelt während früherer Reisen wurde weiter ausgewertet. Vorbereitungen für die Kultur und Bearbeitung kälteliebender (psychrophiler) Organismen — vor allem Bakterien und Pilze — wurden getroffen. Zur Überprüfung der Vitalität mariner Pilze in Abhängigkeit von den Einfrier- und Auftaubedingungen wurden neben konventionellen Keimtestmethoden erstmalig Fluorochrome zur Molekülmarkierung eingesetzt. Dadurch konnte die Vitalitätsprüfung wesentlich beschleunigt und in ihrer Empfindlichkeit gesteigert werden. Die Ergebnisse zeigen sehr unterschiedliche Kryotoleranzen für die Teststämme, wobei offensichtlich eine Abhängigkeit von der Herkunft der jeweiligen Isolate besteht. Bei Heftpilzkulturen wurden in diesem Zusammenhang interessante Schleimbildungsphänomene beobachtet, die u. a. im Hinblick auf die Aggregatbildung, die Produktion sekundärer Stoffwechselprodukte und ihrer biologischen Bedeutung weiter untersucht werden sollen.

Untersuchungen an antarktischen und subantarktischen Großalgen werden von einem Gastforscher durchgeführt. Marine Großalgen wurden während zweier Expeditionen zur Antarktischen Halbinsel/Südshetland-Inseln im Januar/Februar 1986/87 isoliert und seither im Institut kultiviert. Algenwachstum ist bei sehr niedrigen Lichtintensitäten möglich und bei Photonenfluenzraten von 3-4 (-10)  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  lichtgesättigt. 30-50  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  inhibieren bereits das Wachstum einiger Arten.

Endemische antarktische Arten wachsen nur bei Temperaturen zwischen 0-5 (-10)°C. Dies konnte sowohl für dominierende Braun- und Rotalgen mit großen Biomassen wie *Himantothallus grandifolius*, *Desmarestia ligulata* und *Iridaea obovata* als auch für kleinere Grünalgen nachgewiesen werden. Ihre Lethaltemperatur liegt z. T. unter 13°C. Im Gegensatz dazu wachsen Arten mit antarktisch/subantarktischer Verbreitung bei Temperaturen zwischen 0-15°C, ihre Lethaltemperaturen liegen zumeist deutlich über 20°C (-27°C).

Die Phänologie der Algen wurde seit Mai 1987 unter Simulation der antarktischen Bedingungen untersucht. Hierbei zeigten sich zahlreiche photoperiodische Erscheinungen, wie z. B. die Fertilisierung der Gametophyten der durch Riesenwuchs ausgezeichneten Arten *Himantothallus grandifolius* und *Desmarestia an-*

*ceps* im Mittwinter. Jahreszeitliche Wachstumsraten wurden bestimmt, um den Beitrag der Großalgen an der Primärproduktion im Südpolarmeer zu ermitteln. Außerdem wurden taxonomische Untersuchungen durchgeführt sowie Lebenszyklen bestimmter Arten dargestellt.

### Forschungsarbeiten in der Arktis

Auf ARK IV/2 wurden im Gebiet der Framstraße und der Grönlandsee an 10 Stationen Wasserproben zur Erfassung der Biomasse, Aktivität und Struktur kälteangepaßter Bakterienpopulationen entnommen. Die Kolonienzahlen auf Agarmedien betragen 0,1 % der Acridine Orange Direct Counts (AODC), während mit einem speziellen Verdünnungsverfahren in Nährlösungen (MPN-Methode) die Bakterienzahlen 1-10 % der AODC-Werte erreichten. Mit der MPN-Methode unter Zusatz von <sup>14</sup>C-markierten Substraten konnten in einer Wasserprobe obligat oligotrophe Bakterien nachgewiesen werden. An Bord angelegte Anreicherungskulturen in Dialysekamern und Doppelpetrischalen werden weiterhin bearbeitet, um obligat oligotrophe Bakterien (solche, die sich nur in nährstoffarmen Medien vermehren können) in Kultur zu bringen. Struktur und Stoffwechselleistungen der kälteangepaßten Bakteriengemeinschaften sollen anhand von 560 Isolaten ermittelt und mit denen anderer Kälteregeionen verglichen werden. Untersuchungen der Pilzflora im arktischen Eis wurden während ARK IV/2 ebenfalls durchgeführt. Ein bisher unbekannter parasitischer Pilz ist auf *Melosira arctica* entdeckt worden, einer Diatomee, die unter dem Eis der westlichen Grönlandsee dichte Bestände bildete.

### Forschungsarbeiten in der Nordsee und anderen Gebieten

Die Untersuchungen zum bakteriellen Abbau partikulären organischen Substrates sowie Wachstumsversuche mit marinen Actinomycetenisolaten wurden mit Auslegungen an der Nordseeplattform fortgesetzt. Gleichartige Abbaueversuche werden auch in der Antarktis durchgeführt.

Die Arbeiten zur Lebendkonservierung insbesondere von schwerkultivierbaren antarktischen Bakterien (Eisbakterien, druckangepaßte Bakterien) wurden weitergeführt und die Sammlung mariner Bakterien und Actinomyceten durch Neuisolate ergänzt. Kulturen konnten in- und ausländischen Interessenten zur Verfügung gestellt werden.

Die Untersuchungen zur Struktur, Funktion und Taxonomie psychrophiler Bakteriengemeinschaften der ostatlantischen Tiefsee wurden fortgesetzt. Die meisten Bakterien, die bei niedrigen Temperaturen (2°C) isoliert wurden, erwiesen sich als obligat psy-

chrophil. Weil viele dieser Organismen in der Literatur noch nicht beschrieben worden sind, wurden Arbeiten zur Taxonomie und Stoffwechselleistungen durchgeführt. Ein Teil dieser Sedimentbakterien zeigte eine substratabhängige Kälteanpassung: Obwohl sie sich bei Temperaturen von 1 - 22°C vermehren können, wird eine Reihe von organischen Substraten zwar bei 4°C, nicht aber bei 20°C verwendet.

Taxonomische Untersuchungen wurden auch an oligotrophen Bakterienstämmen durchgeführt. Bei der Mehrzahl der marinen Bakterien dürfte es sich um fakultativ diese oligotrophen Formen handeln, die schwer in Zucht zu bringen sind. Mit einigen oligotrophen Bakterien wurden Wachstumsversuche in Dialysekammern in Tankexperimenten mit durchfließendem Seewasser ohne Zusatz von Nährstoffen begonnen, um die Beziehungen zwischen der Biomasse und dem organischen Kohlenstoff- und ATP-Gehalt der Bakterien zu ermitteln.

Die Bearbeitung der niederen und höheren Pilze wurde mit Untersuchungen zum Vorkommen, Lebensweise und Abbautätigkeit fortgesetzt. Es wurden Proben aus der Nordsee, dem Mittelmeer und aus tropischen Mangrovensümpfen bearbeitet. Die Arbeiten über die Produktion und Aktivität pilzlicher Exoenzyme wurden in Richtung auf den Abbau polymerer Gel- und Schleimstoffe (Polyglucane und Polyuronide) sowie in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Pilzphysiologie der Universität Regensburg auf vergleichende Untersuchungen zur Nitratreduktase-Aktivität bei marinen und nicht-marinen Pilzstämmen ausgedehnt. Es konnten erste Anhaltspunkte gewonnen werden, daß insbesondere marine Pilze Nitratreduktase zur Verbesserung ihrer Stickstoffversorgung einsetzen. Die aus Gründen der Arbeitsökonomie angestrebte Überführung sämtlicher vorhandener Pilzstämme in kryokonservierte Kulturen mußte zwischenzeitlich unterbrochen werden.

Die im Rahmen des interdisziplinären „Frontenprojektes“ durchgeführten Felduntersuchungen zur Verteilung und Dynamik des Phyto- und Mykoplanktons in der Deutschen Bucht wurden durch eine flächendeckende feinskalige Aufnahme der Chlorophyll-, Phytoplankton- und Mykoplanktonverteilung im April 1986 mit FS GAUSS fortgeführt. Der dabei erarbeitete Datensatz repräsentiert einen der vollständigsten und umfassendsten für die Deutsche Bucht. Die Aufarbeitung der Ergebnisse und ihre Publikation wird z. Z. mit Nachdruck vorangetrieben. Eingehende Untersuchungen zur Phytoplanktonverteilung und -produktivität im Rahmen der Frontenforschung fanden ihren vorläufigen Abschluß in einer 10-tägigen Ausfahrt mit FS VICTOR HENSEN im Mai 1986.

Mit dem Aufbau einer Arbeitsgruppe zur Untersuchung von Bildungs- und Abbauprozessen von Partikelaggregaten wurde be-

gonnen. Die Studien sollen zunächst unter simulierten Bedingungen im Labor durchgeführt werden. Für diesen Zweck sind Kulturräume hergerichtet und Versuchsaapparaturen angeschafft worden. Die Arbeiten über die Diatomeentypen von Friedrich Hustedt konnten im Berichtszeitraum beendet werden. Der Atlas – zwei Bände mit ca. 8500 Mikrophotographien – wurde Ende 1986 zum Druck gegeben. Der zugehörige Katalog wurde 1987 fertiggestellt. Im Herbst 1987 ist dieses Werk erschienen. Es behandelt die fast 2000 Diatomeentaxa, die Hustedt zwischen 1909 und 1966 als für die Wissenschaft neu beschrieb. Es ist zugleich eine Bilddokumentation des Herzstücks der Diatomeensammlung mit taxonomisch-morphologischen Anmerkungen und nomenklatorischen Revisionen.

Die Reinigung der Hustedtschen Präparate wurde fortgesetzt. Wie wichtig diese Tätigkeit ist, zeigt das folgende Beispiel. Unter den 27 Hustedtschen Taxa, die nicht gefunden wurden, ist eine Art, die infolge mangelhafter Präparatreinigung unsichtbar geworden war, weil das Einbettungsmittel mit dem Immersionsöl reagiert hatte und opak war. Der Versuch, dieses einzige Exemplar von *Navicula okunoi* Hustedt durch Umbetten zu retten, scheiterte, der Holotyp ist unwiederbringlich verloren. Deswegen wurde von dem Originalmaterial eine Reihe neuer Präparate hergestellt, in denen insgesamt achtzehn Schalen gefunden wurden. Gleichzeitig zeigte sich, daß diese Art verschieden strukturierte Schalen besitzt und nicht in die Gattung *Navicula* sondern zu *Achnanthes* gehört.

Die Inventarisierung und Eingliederung der Sammlung von Dr. Simonsen wurde abgeschlossen. Begonnen wurde mit der Herstellung von mikroskopischen Präparaten von Exsikkaten der Sammlung „Die Algen Europas“ (1848 - 1879) von L. Rabenhorst, von denen sich große Teile im Privatbesitz von Dr. Simonsen befinden. Die vorhandenen Lücken sollen aus den Beständen des Herbars im Übersee-Museum in Bremen gefüllt werden, worüber bereits erfolgreich verhandelt wurde.

### 3.2.3 Chemie

Die Arbeiten der Sektion Chemie richten sich auf die quantitative Erfassung und die Umsetzung von Spurenstoffen in den Ozeanen, der maritimen Atmosphäre sowie den Schnee- und Eismassen hoher Breiten. Marine Naturstoffe und anthropogene Spurenstoffe, wie Schwermetalle, leicht- und schwerflüchtige organische Chemikalien, reagieren dort untereinander und mit ihrem Umfeld durch Akkumulation, Verdampfung und Stofftransformation. Aus diesen Vorgängen und den mit ihnen verbundenen Stoffverteilungen lassen sich Stoff-Flüsse berechnen und Veränderungen an Ökosystemen deuten.

Die Schwerpunkte der Arbeit 1986/87 bildeten Studien zur Verteilung von Spurenstoffen, prozeßorientierte Analysen von Wasser- und Tierinhaltsstoffen, enzymatische Untersuchungen an Fischen und die Behandlung zeitlicher und räumlicher Variationen von Nährstoffprofilen.

Ein wesentlicher Teil der chemischen Arbeiten wurde an Bord von FS POLARSTERN durchgeführt, wobei in zunehmendem Maße auch die Auswertungen an Bord erfolgten. Die Analyse der Nährstoffe Nitrat, Nitrit, Ammonium, Silikat und Phosphat während der Arktis-Expedition 1987 im Bereich der Grönlandsee, des Grönlandschelfs und der Framstraße erfolgte weitgehend automatisch. Diese Messungen gestatten einerseits Aussagen über die Entwicklung des Phytoplanktons, andererseits dienen sie der Identifizierung von Wasserkörpern.

Während der Antarktisreise im Mai/Juni 1986 wurden in der Bransfield Straße und um Elephant Island Enzymuntersuchungen an Fischlebern durchgeführt, um die für den Metabolismus von Fremdstoffen verantwortlichen Mono-Oxygenasen zu charakterisieren. Die Ergebnisse weisen auf eine sehr viel niedrigere AHH-Aktivität (AHH: Arylhydrocarbon-Hydroxylase) in den antarktischen Fischen als bei Nordseefischen hin (Abb. 1). Methodische Untersuchungen zur Biomassebestimmung des Mikroplanktons durch Messung des Adenosintri-phosphats wurden in Zusammenarbeit mit einer holländischen Arbeitsgruppe durchgeführt. Aufgrund der guten Übereinstimmung von zwei verschiedenen an Bord anwendbaren Methoden wird das Verfahren auch bei künftigen Messungen genutzt.

Der Fang, die Präparation und Aufarbeitung von Meerestieren zur Analyse organischer Spurenstoffe ermöglicht die Erfassung des Belastungszustandes antarktischer Lebensgemeinschaften. Diese Untersuchungen tragen zur Dokumentation des Einflußbereiches der Industriestaaten auf die in hohen Breiten liegenden Ökosysteme bei und liefern Informationen über die Transportvorgänge und die Umsetzung organischer Spurenstoffe im Ozean. Die Messungen werden sowohl in den Polargebieten als auch auf den Atlantiktraversen vorgenommen, bei denen Organismen und Wasserproben für die Analysen von Spurenmetallen und organischen Komponenten gewonnen werden. Auf dem Schnitt Südamerika (Puerto Madryn) - Bremerhaven im März/April 1987 konnten zahlreiche Tierproben durch Neustonfänge gewonnen und bearbeitet werden. In Verbindung mit Analysen des Wassers werden nach dem Vorliegen aller Resultate Aufschlüsse über das Bioakkumulationspotential unterschiedlicher Tierstämme erwartet. Weiterhin ergeben sich Möglichkeiten zur Erkennung von Bioindikatoren für die Horizontalverteilung von Schwermetallen und organischen Komponenten im Atlantik. Zur Erfassung organischer Komponenten des Meerwassers müssen größere Was-

sermengen extrahiert werden, um die Spurenstoffe soweit anzureichern, daß sie eindeutig massenspektrometrisch identifiziert werden können. Dazu wurde eine Anlage entwickelt, die Wassermengen im Bereich von  $m^3/h$  bewältigen kann. Sie wurde im März/April 1987 auf der Route Puerto Madryn - Bremerhaven und im August/September 1987 im Mittelmeer erprobt. Die Messungen beider Fahrten werden derzeit ausgewertet.

Zusammen mit der Universität Hamburg wurden im Rahmen des BMFT-Projektes „Zirkulation und Schadstoffumsatz in der Nordsee“ weitere Verteilungsstudien durchgeführt und durch prozeßorientierte Arbeiten ergänzt. Ausgewählte chlor- und phos-

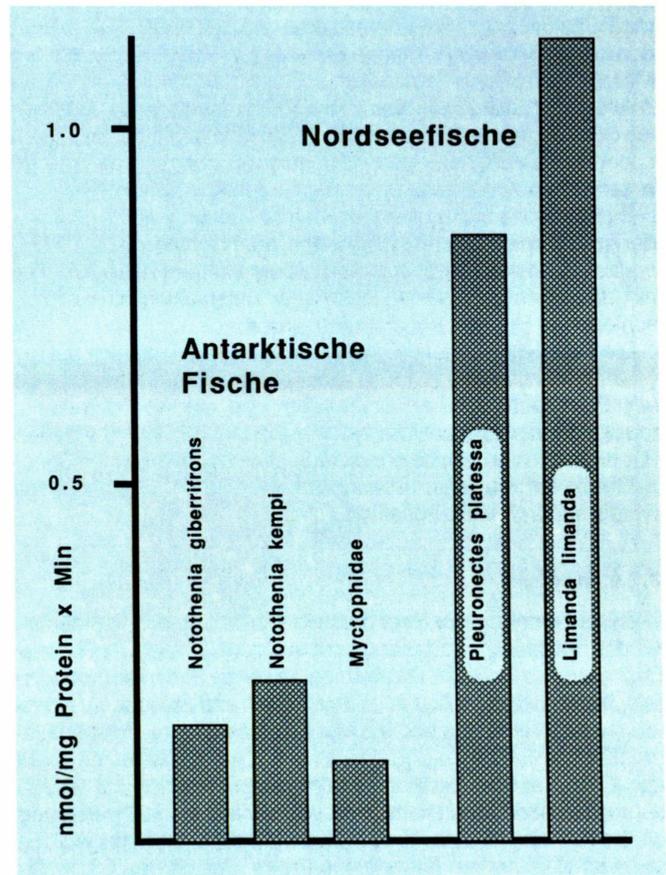


Abb. 1: AHH (Arylhydrocarbon-Hydroxylase)-Aktivitäten in Fischen der Antarktis und der Nordsee (Substrat: Benzy-a-pyren).

phororganische Umweltchemikalien wurden am Nordseewasser gemessen. Mit der Stoffverteilung sollen im Hamburg entwickelte Zirkulationsmodelle überprüft und Stoffumsätze in der Nordsee abgeschätzt werden. Besondere Bedeutung kommt den Hexachlorcyclohexan-Isomeren, a-HCH und g-HCH (Lindan) zu. Die Konzentration beider Umweltstoffe war am geringsten in den Einstromgebieten von Atlantikwasser; die höchsten Werte für a-HCH und g-HCH wurden im Oberflächenwasser des Skagerraks gefunden, während g-HCH-Gehalte am höchsten in den Küstengewässern der Niederlande und der Bundesrepublik waren. In den Verteilungsstrukturen der Stoffe spiegeln sich physikalische und chemische Umweltprozesse der Nordsee wieder (Abb. 2). Für die Beurteilung von Umweltchemikalien spielt auch ihre Assoziation mit Trübstoffen und Sedimenten eine wichtige Rolle. Durch Anlagerung an Sedimente können Substanzen über längere Zeit am Meeresboden festgelegt werden. Sorptionsuntersuchungen an zahlreichen Sedimentproben aus der Nordsee und an Trübstoffen des Weserästuars ergaben für Stoffe unterschiedlicher chemischer Struktur charakteristische Verteilungskoeffizienten, die vom organischen Kohlenstoffgehalt der Sedimente abhängig sind.

Biokinetische und metabolische Untersuchungen mit verschiedenen umweltrelevanten chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffen an verschiedenen Meerestieren führten zu dem Ergebnis, daß auch persistente Stoffe sehr unterschiedlich von verschiedenen Spezies transformiert werden.

Die Bearbeitung mariner Naturstoffe konzentrierte sich auf die weitere Identifizierung noch unbekannter Sekundärmetabolite der Polychaetenfamilie Terebellidae und die Konzentrationsmuster der bisher identifizierten Verbindungen in verschiedenen Populationen von *Lanice conchilega*. Die Hypothese einer Eigensynthese bromhaltiger Sekundärmetabolite in *L. conchilega* wurde dadurch weiter gestützt.

### 3.2.4 Geologie

Zur Erforschung der Sedimentationsprozesse an Kontinentalrändern wurden 27 Sedimentkerne aus dem Bereich der Filchner Depression untersucht. Dabei konnten sechs Sedimenttypen unterschieden werden. Aus ihrer räumlichen und zeitlichen Verbreitung wurden die Lage und die Mächtigkeit der kontinentalen Eismassen, der Eintrag des durch Eis transportierten Materials sowie der Einfluß der bodennahen Strömungen für einen ca. 20.000 Jahre umfassenden Zeitabschnitt von der letzten Hochvereisung bis heute rekonstruiert. Vergleichbare Untersuchungen wurden auch an Sedimenten längs eines Profils südlich des South Orkney Plateaus durchgeführt. Hier konnten spezifische Sedimentfazies der letzten 300.000 Jahre Kalt- und Warmzeiten zugeordnet

werden, wonach während der Kaltzeiten überwiegend Tone und während der Warmzeiten vornehmlich kies- und sandführende Ton-Silt-Gemische (Diamikt-Fazies) sedimentiert wurden.

Die Kartierung oberflächennaher Sedimentabfolgen am antarktischen Kontinentalhang und im Weddell-Becken wurde auf mehreren POLARSTERN-Reisen weitergeführt. Durch die Kombination bathymetrischer (SEABEAM) und flachseismischer (3,5 kHz-Sedimentecholot) Profilmessungen mit sedimentologischen Daten ließen sich auch engräumige Bereiche mit erhöhter Bodenwasserströmung flächenhaft erfassen. Leider ist die bathymetrische Kartierung mit SEABEAM wegen des starren Öffnungswinkels und die flachseismische Erkundung mit dem 3,5 kHz-System wegen der geringen Eindringung in verfestigtes Sediment im Schelfbereich gar nicht bzw. nur eingeschränkt möglich. Diese Mängel können durch die Beschaffung der technisch erweiterten Anlagen HYDROSWEEP und des PARASOUND behoben werden.

Biostratigraphische und ökostratigraphische Untersuchungen wurden an Sedimentkernen aus dem Bereich des Maud Rückens und längs eines meridionalen Probenprofils vom Agulhas-Becken bis zum Antarktischen Kontinentalhang durchgeführt. Die stratigraphischen Reichweiten von Radiolarien-, Diatomeen- und Silikoflagellatenarten (Biostratigraphie) wurden mit der paläomagnetischen Zeitskala korreliert, so daß eine zeitliche Auflösung von 100.000 bis 200.000 Jahren und eine Verbesserung der biostratigraphischen Zonierungen erreicht wurde. Die paläomagnetischen Messungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen durchgeführt. Die quartären Warm- und Kaltzeiten konnten anhand von Ökostratigraphien mit Radiolarien- und Diatomeenarten sowie mit benthischen Foraminiferen abgegrenzt werden. Die Sedimentdatierungen liefern die Zeitskala für paläoozeanographische und klimatologische Auswertungen.

In plio/pleistozänen Sedimentkernen des Nord/Südprofils über die Antarktische Konvergenz hinweg lassen sich drei große lithofazielle Einheiten definieren, die den Zeitabschnitten 0-0,6 Mio., 0,6-2,4 Mio. und älter 2,4 Mio. Jahren zuzuordnen sind. Sie charakterisieren Klimabedingungen, nach denen der Zeitabschnitt von 0,6-2,4 Mio. Jahren signifikant kälter als die beiden anderen war. Während der „Kaltzeit“ lag die Antarktische Konvergenz weiter nördlich als in den wärmeren Phasen.

Die Bewegungen des antarktischen Eisschildes und Veränderungen der Meereisbedeckung, des Auftriebs, der Konturströmungen sowie der biogenen Produktion im Wechsel der Glazial/Interglazial-Zyklen wurden in vier Sedimentkernprofilen am antarktischen Kontinentalhang im Bereich des östlichen Weddellmeeres analysiert. Die Sedimente liefern Informationen über pa-

$[\alpha\text{-HCH}]/[\gamma\text{-HCH}]$   
MAI/JUNI 1986

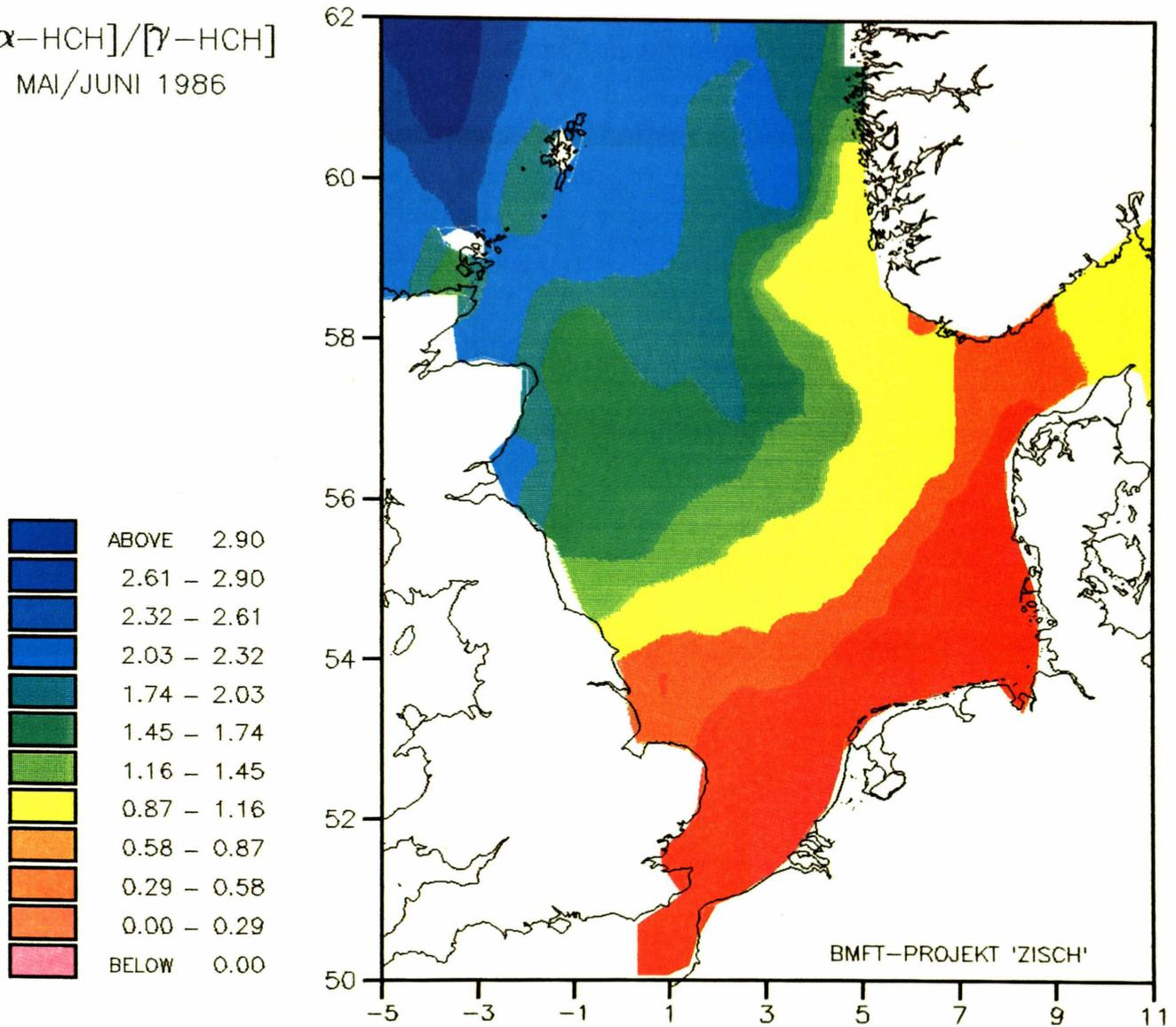


Abb. 2: Verteilung des Insektizids Lindan ( $\gamma\text{-HCH}$ ) und des wichtigsten Nebenproduktes seiner großtechnischen Synthese  $\alpha\text{-Hexachlorcyclohexan}$  ( $\alpha\text{-HCH}$ ) im Oberflächenwasser der Nordsee (wiedergegeben als Konzentrationsverhältnis  $\alpha\text{-HCH}/\gamma\text{-HCH}$ ).

läoklimatologische und glaziologische Vorgänge. Durch eine hochauflösende Bestimmung verschiedener magnetischer und sedimentologischer Parameter sollen Auskünfte über die Mineralogie, die Verteilung und Größe der magnetischen Mineralien gewonnen werden. Auch diese Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen durchgeführt.

Aus Diatomeenspektren konnte die Abfolge von Warm- und Kaltzeiten während der letzten 700.000 Jahre im Bereich des Antarktischen Ozeans detailliert rekonstruiert werden. Im Jahre 1987 konnten kieselige Mikroorganismen erstmals auch aus arktischen Sedimentkernen des Nansen Beckens und des Barents-Schelfs gewonnen, bestimmt und palökologisch untersucht werden.

In enger Beziehung zu den paläozeanographischen Studien steht die gemeinsam mit dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen durchgeführte Langzeitstudie zum vertikalen Partikelfluß durch die Wassersäule. Mit Hilfe zeitgesteuerter Sedimentfallen in der Bransfield Straße und im zentralen Weddellmeer konnte der Jahreszyklus des vertikalen Partikelflusses im Antarktischen Ozean quantifiziert werden. Die Analysen zeigen, daß die Sedimentation von Partikeln (hauptsächlich kieselige Mikroorganismen) auf einen zeitlich eng begrenzten Abschnitt des Südsommers konzentriert ist. Diese Daten liefern eindeutige Hinweise auf die Entstehung und Signifikanz der Umweltsignale, die im Sediment gespeichert werden. Aufgrund dieser Kenntnisse lassen sich palökologische Rekonstruktionen vornehmen.

Der Analyseumfang wurde inzwischen durch ein Labor zur Bestimmung stabiler Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope erweitert. Als Basisgerät dient ein Massenspektrometer vom Typ MAT 251. Die Aufbereitung der karbonatischen Proben übernimmt eine vollautomatische Präparationsanlage, die Messungen von Kleinstmengen (20 - 100 mg) erlaubt, um auch Sedimentkerne mit geringen Karbonatanteilen bearbeiten zu können. Die Anlage wird zur Zeit erprobt, wobei die Anpassung der Karbonatpräparationsanlage noch einigen Aufwand erfordert. Isotopenmeßreihen sollen 1988 an Sedimentkernen des Kontinentalhangs und des Atlantisch-Indischen Rückens für stratigraphische und palöklimatische Untersuchungen durchgeführt werden.

Für geochemische Studien wurde eine Anlage zur Alfaspektroskopie und zur Messung der Beta-Aktivität eingerichtet. Erste Versuche mit Sedimentkernen aus dem zentralen Weddellmeer zeigen, daß sich  $^{210}\text{Pb}$ -Analysen zur Quantifizierung der Bioturbation eignen. Die Abschätzungen der Sedimentakkumulation mit Hilfe des  $^{230}\text{Th}$  weisen auf stark fluktuierende Ablagerungsraten dieses Isotops hin. Aus den chemischen Parametern von 36 oberflächensedimentproben des Weddell-Beckens kann die Sauerstoff-Zehrungsrate sowie die Silikat-Freisetzungsraten an der

Sedimentoberfläche abgeschätzt werden. Danach findet – im Gegensatz zu bisherigen Vorstellungen – im Weddell-Becken keine Anreicherung des antarktischen Bodenwassers mit Silikat statt.

In Zusammenarbeit mit NIOZ/Texel wurden  $^{210}\text{Pb}$ -,  $^{210}\text{Po}$ - und  $^{234}\text{Th}$ -Messungen in der Wassersäule des Weddellmeeres durchgeführt. Die Analysen ergaben, daß diese Isotope zunächst vom Plankton aufgenommen werden und später absinken. Mit ähnlichen Methoden können auch Aggregation, Partikelfluß und Sedimentbildung quantifiziert werden.

Mitarbeiter des Instituts haben 1987 im Rahmen des „Ocean Drilling Programs“ (ODP) an drei Abschnitten (Leg 113 Weddellmeer, Leg 114 Südatlantik und Leg 119 Prytz Bay und Kerguelen Plateau) auf dem Bohrschiff JOIDES RESOLUTION mitgearbeitet und sich mit an der Auswertung des Materials beteiligt. An Sedimentkernen von Leg 113 werden Diatomeen, Radiolarien und kalkige Dinoflagellaten aus der Kreide und dem Tertiär taxonomisch, biostratigraphisch und palökologisch untersucht. Dabei stehen zunächst die biostratigraphischen Zonierungen von Diatomeen und Radiolarien für das untere Pliozän und Miozän und deren Beziehung zur paläomagnetischen Zeitskala im Vordergrund. Komponentanalysen an Sedimentzyklen des Kontinentalhangs sollen einen Einblick in die glazial/interglaziale Sedimentationsabfolge geben und mit rezenten Sedimentationsvorgängen verglichen werden (Leg 113, 114, 119). Aus der optischen und geochemischen Charakterisierung vulkanischer Aschenlagen soll auf mögliche Liefergebiete geschlossen und die Basis für eine Tephrochronologie geschaffen werden.

Während der Expedition ANT-V/4 wurde im Bereich der ODP-Bohrung 693 am Kontinentalhang vor Kap Norvegia ein topographischer Einschnitt bathymetrisch kartiert, der den Namen „Alfred-Wegener-Canyon“ erhielt.

### 3.2.5 Geophysik, Glaziologie

Während der 2. Neuschwabenland-Expedition in die Kottas Berge (Heimefrontfjella) wurden refraktions- und reflexionsseismische Messungen entlang dreier Profile senkrecht zum Streichen des Gebirgszuges vermessen. Wir fanden, daß das nördliche Vorland stark abgesenkt und/oder erodiert ist. Eismächtigkeiten bis zu 2.300 m mit der Eisbasis etwa 900 m unter NN bestätigen die aufgrund geologisch/tektonischer Überlagerungen postulierte Existenz einer Riftzone weit im Landesinneren, die wohl ursächlich mit dem Aufbrechen Gondwanalands zusammenhängt. Die gesamte Sprunghöhe des Kottas-Escarpments liegt zwischen 2.000 m und 3.000 m.

Für die refraktionsseismischen Messungen wurde eine neue Schießtechnik angewandt. Mit relativ kleinem Aufwand wurden Schußbohrungen mit Heißwasser abgeteuft und die Ladungen auf mehrere Löcher verteilt. Damit konnten mit Gesamtladungen von 300 kg seismische Reichweiten von 100 km erreicht werden. Die abgeleitete eindimensionale Geschwindigkeitsverteilung zeigt einen normalen Aufbau der Oberkruste.

Entlang der gesamten Expeditionsroute wurde sowohl das Magnetfeld als auch das Schwerefeld vermessen. Während im Magnetfeld keine nennenswerten Anomalien gefunden wurden, zeigte das Schwerefeld deutliche Strukturen. Einer Gesamtanomalie von etwa -140 mgal sind kurzweilige Schwankungen der Schwere überlagert, die in erster Näherung mit der Variation der Eisdicke korreliert sind.

Während der Expedition wurden weiterhin hochgenaue Positionsbestimmungen für das Gradnetz der vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, bearbeiteten aerophotogrammetrischen Karte der Kottas Berge durchgeführt. Ein Vergleich der neuen Koordinaten mit denen einer älteren britischen Vermessung ergibt maximale Abweichungen von 2 km für die Festpunkte.

Periglaziale Merkmale im Bereich der Heimefrontfjella weisen auf eine rezente Abnahme der Eismächtigkeiten hin. Hier lassen sich zwei Rückzugsstadien unterscheiden, deren zeitliche Zuordnung noch nicht möglich war. Ferner wurden für dieses Gebiet erstmals Spuren der permo-karbonischen Vereisung nachgewiesen.

Seeseitig wurden hochauflösende reflexionsseismische Messungen (ca. 3.000 Profilkilometer) am Kontinentalschelf und am Explora-Andenes Escarpment durchgeführt. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei der Umgebung einer im Rahmen des „Ocean Drilling Program“ (ODP) auf Leg 113 abgeteuften Bohrung vor Kapp Norvegia gewidmet. Die 12-fach überdeckte Digital Seismik zeigt, daß die in der Bohrung gefundenen Leithorizonte in den seismischen Sektionen sehr gut abgebildet werden. Damit ist die Möglichkeit gegeben, die stratigraphischen Befunde der Bohrung flächenhaft auszudehnen und ein scharfes Bild der Sedimentationsgeschichte bis in das Mesozoikum zu erstellen. Durch die Teilnahme von Mitarbeitern des Instituts an der entsprechenden Bohrfahrt ist die Kombination der geophysikalischen und geologischen Meßwerte sichergestellt.

Die Feldarbeiten wurden inzwischen durch apparative Ergänzungen, insbesondere für die marine Reflexionsseismik und die Inbetriebnahme eines seismischen Processing Systems, entscheidend gefördert. Letzteres wird auch zur Analyse älterer reflexionsseismischer Daten genutzt, die dann mit den neuen Messungen zusammen interpretiert werden können.

Die Laborapparaturen zur Bestimmung physikalischer Eigenschaften von Sedimenten sind seit kurzem einsatzbereit. Zunächst können die Schallgeschwindigkeiten und die Wärmeleitfähigkeit an ungeöffneten Kernen gemessen werden. An der rechnergestützten Automatisierung der Messungen wird noch gearbeitet.

Die Entwicklung eines einfachen und genauen Neigungsmessers zur Erfassung der zeitenabhängigen Deformation der Schelfeise wurde abgeschlossen. Die ersten Geräte wurden zusammen mit einer digitalen Datenerfassung während der Expedition ANT-V/4 auf dem Ekström Schelfeis eingesetzt. Der in Zusammenarbeit mit der Universität Bochum weiterentwickelte Eiskernbohrer wurde auf dem Ritscher Hochland und dem Ekström-Schelfeis eingesetzt. Nach Schwierigkeiten beim Bohren im sehr harten Eis des Ritscher Hochlandes und dem Verlust eines Bohrkopfes konnte auf dem Ekström eine 200 m tiefe Bohrung mit vollem Kerngewinn abgeteuft werden. Die bohrtechnischen Erfahrungen dieser Kampagne werden zur Zeit ausgewertet, um eine verbesserte Bohrkronen zu konstruieren, die einen tragbaren Kompromiß zwischen schonendem Bohren und Kerngewinn garantieren soll.

Die numerische Modellierung von Schelf- und Inlandeisen ist beachtlich fortgeschritten. Ein diagnostisches Modell des Filchner-Ronne-Schelfeises wurde anhand vorliegender Daten erprobt. Erste Simulationen belegen, daß die mächtige Schicht des vermutlich salinen Eises im zentralen Teil des Ronne Schelfeises mit den aufgrund gemessener Parameter berechneten Fließgeschwindigkeiten verträglich sind. Die Modellergebnisse dienen auch zur Festlegung von Schlüsselgebieten, in denen zukünftig Messungen durchgeführt werden sollten. Ferner werden verschiedene Algorithmen erprobt, um die Kopplung zwischen dem Land- und Schelfeis und der Atmosphäre zu verbessern und das Kalben von Eisbergen in Klimamodelle einzubeziehen.

Die Arbeiten im geophysikalischen Observatorium an der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION liefen weitgehend störungsfrei. Die Analyse der erdmagnetischen Aktivität in den Jahren 1983 bis 1985 ist abgeschlossen. Die täglichen Variationen sind durch den polaren Elektrojet geprägt, der täglich von Nord nach Süd über die Station wandert. Die daraus folgende große räumliche Inhomogenität des Magnetfeldes muß bei künftigen erdmagnetischen Tiefensondierungen sorgfältig beachtet werden.

Die bisherigen Auswertungen der Erdbebenbeobachtungen ergeben einen im Mittel normalen Aufbau von Erdkruste und Erdmantel im Bereich der GvN. Allerdings gibt es deutliche azimuthale Abhängigkeiten der Laufzeitresiduen, die noch nicht gedeutet werden können. Ein Vergleich der Beobachtungen an GvN mit

den Nachbarstationen Sanae und Novolazarewskaja ergibt, daß die Region um GvN mit einiger Sicherheit geologisch zur Ostantarktis gezählt werden muß, da die absoluten Laufzeitresiduen vergleichbar groß sind.

### 3.2.6 Meeresphysik und Meßwesen

Die Arbeiten der Sektion „Meeresphysik und Meßwesen“ konzentrierten sich auf die Erforschung mariner Fronten in der Nordsee und der Grönlandsee durch die Fortführung des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten interdisziplinären Projektes „Fronten und Wassermassen der Deutschen Bucht“, die Koordination und Durchführung der „METEOR“-Expedition 3/2 „Skagerrak 86“ und die Durchführung der POLARSTERN-Reise ARK IV/1 in die Grönlandsee.

Im Rahmen der Untersuchungen zur Frontenentwicklung in der Deutschen Bucht ist eine erste interdisziplinäre Zusammenschau der bis 1985 erarbeiteten Ergebnisse als Buchbeitrag erschienen. Die Langzeitmessungen von Schichtung und Strömung mit 2 Verankerungen waren 1986 besonders erfolgreich. Aus den gewonnenen Zeitserien konnte der Entstehungsprozeß der gezeitenbedingten Vermischungsfrent in der Deutschen Bucht präzise analysiert werden. Wesentlich für die Ausbildung dieser Front im Frühjahr sind die Wetterbedingungen (Wind, Einstrahlung) während der Nipptiden. Bildet sich in dieser Zeitspanne eine geschichtete Wassermasse mit hinreichender potentieller Energie im tieferen Teil der Deutschen Bucht aus, so kann die Front bis zu den ersten Herbststürmen fortbestehen. Aufgrund dieser phänomenologischen Befunde wird gegenwärtig ein numerisches Modell entwickelt.

Neben mehreren kürzeren Reisen mit VICTOR HENSEN fand vom 5. bis 13. Mai 1986 eine detaillierte Vermessung der „Friesischen Front“ mit mehreren Schiffen, 2 Flugzeugen und Satellitenfernerkundung (LANDSAT) statt. Beteiligt waren das Niederländische Institut für Meeresforschung in Texel (TYROS und AURELIA), die DFVLR (Do 228, FALCON) in Zusammenarbeit mit der Fernerkundungsgruppe der Universität Oldenburg, die GKSS (LUDWIG PRANDTL) und das AWI (VICTOR HENSEN) zusammen mit dem Fernerkundungszentrum der Europäischen Gemeinschaft ISPRA Italien.

Neben den üblichen hydrographischen und biologischen Messungen lag ein Schwerpunkt des Unternehmens auf der Erfassung der optischen Eigenschaften des Nordseewassers, die während der Überflüge des LANDSAT-Satelliten und der Flugzeuge gleichzeitig in-situ vermessen wurden. Ein besonders interes-

santer Aspekt ist dabei die enge Korrelation zwischen Salzgehalt und Gelbstoffgehalt in den Küstengewässern. Die Konzentration des Gelbstoffs läßt sich mit dem LIDAR-Verfahren vom Flugzeug aus messen. Die in-situ Messungen gestatteten eine Umrechnung zum Salzgehalt. Dadurch kann der Salzgehalt in der Deutschen Bucht durch Fernerkundung fast synoptisch bestimmt und zur Beobachtung von Vermischungsprozessen in einer bisher nicht zugänglichen Raumskala genutzt werden. Der Oberflächen-salzgehalt der gesamten Deutschen Bucht kann in ca. 2 Stunden vom Flugzeug flächendeckend aufgenommen werden.

Für die hydrographischen Messungen vom fahrenden Schiff wurde eine kompakte Datenerfassungsanlage fertiggestellt, die auf die Verhältnisse kleiner Schiffe zugeschnitten ist. Auch auf der METEOR-Reise 3/2 im August 1986 stand die Erkundung von Fronten über den Gelbstoffgehalt des Wassers im Mittelpunkt der gemeinsamen Untersuchungen mit der Fernerkundungsgruppe der Universität Oldenburg. Im Bereich des Ostseeausstroms fanden wir einen zwar nicht so gut wie in der Deutschen Bucht bestehenden Zusammenhang zwischen Gelbstoffkonzentration und Salzgehalt, aber die Ergebnisse bilden dennoch eine gute Grundlage, um die in Satellitenbildern enthaltenen komplizierten mesoskaligen Wirbel- und Frontenstrukturen auswerten zu können.

Auf der Expedition wurde erstmals ein in-situ-Meßgerät zur Gelbstoffmessung vom fahrenden Schiff eingesetzt. Die Gelbstoff-Fluoreszenz wird zwischen 300 - 480 nm angeregt und bei 530 nm empfangen. Die Ergebnisse stimmen gut mit spektralen Messungen an Wasserproben überein. Bei zukünftigen Frontenuntersuchungen sollen weitere Fluoreszenz-Sensoren eingesetzt werden.

Im Rahmen des internationalen Grönlandsee-Projektes wurden physikalisch-ozeanographische Arbeiten auf der POLARSTERN-Expedition ARK IV/1 durchgeführt. Sie konzentrierten sich auf je ein etwa 70 x 70 km großes Areal im Bereich der Arktik (76° N) und der Polarfront (78° N) und hatten das Ziel, die Ursachen für die hohe biologische Produktion in diesen Gebieten zu ermitteln. Die Daten eines sehr engmaschigen Netzes zur Vermessung von Frontenstrukturen werden noch ausgewertet.

Als Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklungshilfe war Herr K. Ohm für ein Jahr am INVEMAR in Santa Marta, Kolumbien, tätig. Er baute dort ein Elektronik-Labor auf, um den Nachbau einer in Bremerhaven entwickelten Ästuarsonde zur Messung von Temperatur, Salzgehalt, Druck und Lichtextinktion durch kolumbianische Physiker und Techniker zu ermöglichen. Dieses Projekt wurde hauptsächlich durch das CIM (Center for International Migration and Development) gefördert.

### 3.2.7 Theoretische Physik des Ozeans und der Atmosphäre

#### Entwicklung eines dreidimensionalen Modells der ozeanischen Zirkulation und der Eisbedeckung des Weddellmeeres.

Die Arbeiten wurden Mitte des Jahres 1986 mit der Erstellung der ozeanischen Komponente dieses Modells aufgenommen. Der numerische Code wurde von dem Princeton-Zirkulationsmodell übernommen. Die regionale Ausdehnung und die räumliche Auflösung wurden unter Berücksichtigung der Stromsysteme und wichtigsten Prozesse und der Speicherplatz- und Rechenzeitmöglichkeiten der CYBER 205 getroffen. Für die Zirkulation des Weddellwirbels und die Wassermassenbildung im Weddellmeer sind der Austausch von Wärme, Salz und Impuls mit dem Zirkumpolarstrom (ACC) von großer Bedeutung. Daher wurden der atlantische Sektor des ACC und — um den Einfluß der künstlichen östlichen und westlichen Ränder zu minimieren — auch Teile des Pazifischen und Indischen Ozeans in die Modellregion einbezogen.

Für die offenen Ränder wurden periodische Anschlußbedingungen vorgeschrieben, d. h. Topographie, Initialisierungsdaten und atmosphärischer Antrieb wurden in einem schmalen Streifen an der westlichen und östlichen Berandung periodisch angekoppelt. Die nördliche Berandung (35 Grad Süd) des Modells ist in der gegenwärtigen Version geschlossen. Um die Auswirkungen dieser unrealistischen Bedingung zu mindern, werden die Modellwerte in einem 5-Grad-Streifen an die beobachteten Temperaturen und Salzgehalte stufenartig angepaßt. Die horizontale (1.5 Grad Ost-West und 1.0 Grad Nord-Süd) und die vertikale Auflösung (18 Schichten mit 20 m Dicke in Oberflächennähe und 500 m in Bodennähe) erlauben eine gute Wiedergabe der Zirkulation, der Hydrographie und der topographischen Steuerung des Massentransports im Weddellmeer. Zur Darstellung der bodennahen Strömungen und damit der Ausbreitung der tiefen Wassermassen ist eine höhere vertikale Auflösung notwendig.

Das Modell wird durch vorgegebene Windfelder angetrieben, Wärme- und Süßwasserflüsse sind durch relaxierende Anpassung an beobachtete Oberflächentemperaturen und -salzgehalte parametrisiert. Die ersten Probeläufe wurden mit Jahresmittelwerten des Windfeldes vorgenommen. Das Meereis wurde nur in der thermischen Bilanz der Meeresoberfläche durch Abschottung des Ozeans gegen Wärmeverlust an die Atmosphäre berücksichtigt. Während in diesen Experimenten die Struktur und der Transport des ACC zufriedenstellend simuliert werden konnten, zeigten sich signifikante Fehler in der Hydrographie des Weddellmeeres, die sich auf den nicht vorgesehenen Salzfluß infolge Gefrierens zurückführen ließen. Gegenwärtig wird daher an einer

realistischeren Berücksichtigung des Meereises gearbeitet. Mit der Erstellung und Ankopplung eines aktiven Meereismodells soll 1988 begonnen werden. Bis dahin werden Experimente mit vorgeschriebenen Meereisbedingungen durchgeführt, in denen die durch Gefrieren und Schmelzen hervorgerufenen Salzgehaltsänderungen aus einem eindimensionalen Meereis-Deckschichtmodell des MPI für Meteorologie, Hamburg, übernommen werden.

#### Wassermassenmodifikation durch Unterströmen von Schelfeisen.

Direkte Beobachtungen des Wasserkörpers unter dem Schelfeis sind rar, darum sollen die wichtigen Prozesse, welche dort die Zirkulation und die Wassermassenentwicklung bestimmen, mit Hilfe numerischer Modellrechnungen erkundet werden. Da Details dieser Vorgänge wegen Unkenntnis der Bodentopographie und der Gestalt der Schelfeisunterkante nicht verifiziert werden können, wurde das Schwergewicht der Arbeit zunächst auf prinzipielle Fragestellungen gelegt. Dazu wurde ein Modell mit möglichst einfacher Geometrie und geringer Rechenzeit konzipiert, das aber die wesentliche Dynamik und Thermodynamik enthält. Das Modell beschreibt die Zirkulation in einem zweidimensionalen Schnitt senkrecht zur Schelfeiskante. Variationen der Bodentopographie und der Schelfeisunterkante können beliebig eingegeben werden. Die Zirkulation wird durch Vorgabe der Einstrombedingungen (Temperatur, Salz und Stromgeschwindigkeit) an der Schelfeisfront und durch thermohaline Prozesse am Schelfeis angetrieben. Das Modell wird gegenwärtig für Sensitivitätsstudien eingesetzt.

Ein weiterer Ansatz wurde in einer Diplomarbeit verfolgt. Hier wurde die Geometrie noch einfacher gewählt. Es wird eine Wassersäule betrachtet, die sich mit der barotropen Gezeit unter dem Schelfeis bewegt und mit diesem thermohalin wechselwirkt. In den unteren Teil der Wassersäule wird kontinuierlich warmes, salzhaltiges Wasser eingespeist, das durch interne Turbulenz (produziert von der Gezeitenreibung) an der Schelfeisunterkante gemischt wird. Das Konzept ähnelt in seiner Struktur einem Deckschichtmodell. Es schwingt sich in einen mit der Gezeitenfrequenz periodischen, nichtlinear verzerrten Zyklus ein, in dem sich in Abhängigkeit von der turbulenten kinetischen Energie entweder Gefrieren (mit Raten von wenigen Millimetern pro Jahr) oder Schmelzen (mit Raten von einigen Metern pro Jahr) einstellt. Diese Arbeit wird Anfang 1988 abgeschlossen.

#### Ableitung ozeanischer Zirkulations- und Vermischungsparameter mit Hilfe von Inversverfahren.

Das erste Teilprojekt zu diesem Thema — die Anwendung der  $\beta$ -Spiralmethode auf die hydrographischen Daten des Südlichen

Ozeans — wurde Mitte 1986 begonnen und steht kurz vor dem Abschluß. Die  $\beta$ -Spiralmethode basiert auf der geostrophischen Balance der Strömung und auf Wärme- und Salzerhaltung. Sie erlaubt die Bestimmung der lokalen Profile der absoluten Strömung aus den Gradienten von Dichte, Temperatur und Salzgehalt. Überdies können Parametrisierungen für turbulente Transporte abgeleitet werden.

Die Methode wurde auf die Daten des hydrographischen Atlanten von Gordon und Molinelli angewandt. Das Ergebnis ist ein Bild der mittleren Zirkulation des Südlichen Ozeans, das in den wesentlichen Grundzügen den gängigen, aber bisher kaum quantifizierten Vorstellungen entspricht. Die vertikale Struktur des Zirkumpolarstroms hat eine starke barotrope (d. h. tiefenunabhängige) Komponente mit einer engen Kopplung an die Bodentopographie. Im Einklang mit dieser Struktur übersteigt der vertikale turbulente Impulstransport den in den Zirkulationssystemen der anderen ozeanischen Becken um ein bis zwei Größenordnungen. Turbulente Diffusion von Wärme und Salz ist auf Gebiete mit starker Strömung konzentriert. Auch der Gesamtmassentransport des Zirkumpolarstroms ergibt die richtige Größe.

Ein weiteres Inversmodell wurde mit einer Promotionsarbeit Mitte 1987 begonnen mit dem Ziel, einige der Defizite der  $\beta$ -Spiralmethode zu verbessern. Das oben beschriebene Modell spart die Prozesse nahe der Meeresoberfläche aus. Auch wird die Massenerhaltung nur in eingeschränkter Form gewährleistet. Daher wird ein neues Konzept erarbeitet, das die massenerhaltende Zirkulation, die Wärme/Salzerhaltung zwischen Isopyknen und die thermohalinen Austauschvorgänge an der Oberfläche berücksichtigt. Erste Ergebnisse werden 1988 erwartet.

### **3.2.8 Experimentelle Physik des Ozeans und der Atmosphäre**

Den Schwerpunkt der Arbeiten bildete in den Jahren 1986 und 1987 die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Winter-Weddell-See-Projektes (WWSP) mit FS POLARSTERN. Außerdem wurden die ozeanographischen Arbeiten in der Grönlandsee zur Erfassung des Wasseraustausches zwischen Atlantik und Arktischem Ozean und die Auswertung der dort gewonnenen Messungen fortgesetzt. Neu begonnen wurde 1987 die Erforschung des atmosphärischen Ozons durch Laser-Fernerkundung. Ferner wurden mit den Vorbereitungen zum Einsatz einer Radarempfangsstation für den ERS-1-Satelliten in der Antarktis sowie zur Aufnahme und Auswertung hochaufgelöster Satellitenbilder mit einer ab Frühjahr 1988 verfügbaren Anlage begonnen. Im Rahmen der für die Berichtsjahre vorgesehenen Forschungsprojekte wurden folgende Beiträge geleistet:

#### **Wärme- und Impulsaustausch zwischen Wasser, Eis und Luft in der Randzone des arktischen Packeises.**

Die Aufbereitung der meteorologischen und ozeanographischen Messungen des „Marginal Ice Zone Experiments 1984“ (MIZEX) wurde abgeschlossen. Die atmosphärische Zirkulation und die dreidimensionalen mittleren Wärme- und Wasserdampftransporte im Übergangsbereich zwischen offenem Wasser und Packeis werden in einer in Kürze abgeschlossenen Diplomarbeit berechnet. Mit einem Teil dieser Daten konnte die Modifikation einer vom Ozean auf das Eis strömenden Luftmasse mit einem zweidimensionalen numerischen Modell simuliert werden. Diese Ergebnisse und weitere Modellrechnungen aus dem Küstenbereich des Weddellmeeres werden zur Veröffentlichung vorbereitet. Aus den Messungen vom Schiff und vom Flugzeug im Bereich des Eisrandes der Grönlandsee wurden anhand von Fallstudien die atmosphärische Turbulenzstruktur, die mit ihr verknüpften vertikalen turbulenten Wärme-, Wasserdampf- und Impulsflüsse und die daraus resultierende Grenzschichtentwicklung dargestellt und veröffentlicht. Die vollständige Analyse der bei unterschiedlichen unteren Randbedingungen aufgenommenen Flugzeugmessungen der atmosphärischen Turbulenz wird 1988 im Rahmen einer Dissertation vorgelegt.

Die ozeanographischen Multisondenmessungen des MIZEX wurden aufbereitet, sie stehen auf Magnetband gespeichert für die wissenschaftliche Auswertung bereit. Diese mußte wegen anderer Verpflichtungen in Meßprogrammen und wegen verzögerter Stellenbesetzung auf 1988 verschoben werden. Zu den laufenden Feldarbeiten gehört ein mit der Universität Hamburg vereinbartes Langzeitprogramm zur Abschätzung der vertikalen Vermischung und des Wassermassentransports in der Grönlandsee mit Hilfe fortlaufender Strommesser- und Thermistorkettenverankerungen sowie regelmäßiger hydrographischer Schnitte. An diesen Untersuchungen beteiligen wir uns seit 1987. Erste Ergebnisse werden 1989 vorliegen.

Die ebenfalls gemeinsam mit der Universität Hamburg im Sonderforschungsbereich 318 betriebene Entwicklung eines dreidimensionalen gekoppelten Ozean-Eis-Atmosphärenmodells mit offenen lateralen Rändern wurde fortgeführt. Dabei ergaben Empfindlichkeitsprüfungen mit dem zunächst behandelten Atmosphärenteil nicht erwartete numerische Schwierigkeiten, so daß noch keine brauchbaren Produktionsläufe vorliegen. Parallel zu den Arbeiten am Atmosphärenmodell wurde 1987 mit der Modellierung der Ozeankomponente begonnen. Wir gehen davon aus, daß erste Experimente mit dem gekoppelten System in zwei Jahren durchgeführt werden können.

---

### **Die Entwicklung des Meereises im Weddellmeer und die damit verbundenen Vorgänge in Ozean und Atmosphäre.**

Das von Ende Juni bis Mitte Dezember 1986 dauernde Winter-Weddell-See-Projekt (WWSP) zielte im Bereich der Physik auf die Erforschung der Meereisentwicklung bei unterschiedlichem atmosphärischem und ozeanischem Antrieb, der Rückkopplung der glaziologischen Prozesse auf die ozeanische und atmosphärische Grenzschicht, der Küstenpolynyen und des Küstenstromes im östlichen Weddellmeer sowie der Tiefen- und Bodenwasserbildung. Alle Meßprogramme konnten von den international besetzten Arbeitsgruppen plangemäß durchgeführt werden. Nach sorgfältiger Sondierung und teilweiser Aufbereitung der Daten wurden während eines Treffens der Expeditionsteilnehmer im Mai 1987 in Bremerhaven die weitere Bearbeitung verabredet. Erste Ergebnisse wurden im August 1987 auf der IUGG-Tagung in Vancouver vorgetragen. Ein Bericht über Messungen zur Eisdynamik und zum atmosphärischen Antrieb an der Meeresoberfläche liegt vor, ein weiterer zu den ozeanischen Verhältnissen in der Küstenpolynya wird zur Zeit gedruckt. Die vollständige Bearbeitung und die wissenschaftliche Interpretation des Materials soll im wesentlichen 1989 abgeschlossen werden.

Als äußerst nützlich für die Planung und Durchführung der meteorologischen und ozeanographischen Messungen in der Küstenzone erwiesen sich die 1986 als Dissertation vorgelegten numerischen Studien mit einem zweidimensionalen dynamischen Ozeanmodell. Diese Rechnungen grenzten die atmosphärischen Bedingungen zur Entstehung und Erhaltung von Küstenpolynyen ein und lieferten Darstellungen über die Wasserzirkulation vor dem Schelfeis. Das Modell soll – 1988 beginnend – durch die Einführung der Thermodynamik und die explizite Behandlung des Meereises ergänzt werden, um die uns vorliegenden Meßergebnisse möglichst umfassend interpretieren zu helfen.

Ähnlichen Zwecken dienen Rechnungen mit einem eindimensionalen Eis-Ozeanmodell zur Simulation der jahreszeitlichen Variation der Meereisbedeckung und -dicke im Weddellmeer. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen zeigen die numerischen Ergebnisse erstens starke Rückkopplungen zwischen der Entwicklung des Packeises und der ozeanischen Grenzschicht und ergeben zweitens unerwartet empfindliche Reaktionen des Meereises auf Änderungen der atmosphärischen Randbedingungen.

### **Ozonfernerkundung mit einem Lasersystem.**

Seit dem Frühjahr 1987 beteiligt sich das Institut an der Erforschung des atmosphärischen Ozons. Dazu wurde ein vom MPI für Quantenoptik, München, entwickelter Eximerlaser beschafft, der auch bei Tageslicht einsetzbar ist. Nach Erprobungen des in

einem Container installierten Gerätes auf FS POLARSTERN in verschiedenen Seegebieten wird es seit Ende 1987 in Kiruna, Schweden, als Komponente einer größeren Kampagne zur Ozonuntersuchung eingesetzt. Die uns bisher vorliegenden Messungen enthalten Beispiele mit kurzfristigen Einbrüchen im Bereich des stratosphärischen Ozonmaximums. Wir vermuten, daß am Ende des Winters die Ozonkonzentration im Kern des arktischen Polarwirbels – qualitativ ähnlich wie über der Antarktis – absinkt. Diese polnahen Luftmassen werden gelegentlich nach Nordschweden advektiert, so daß auch dort geringe Ozonkonzentrationen anzutreffen sind. Ferner beteiligen wir uns gemeinsam mit anderen Instituten an der Entwicklung von Modellen, mit deren Hilfe zum einen die besonders in den Polargebieten beobachteten Ozonvariationen aufgeklärt und zum anderen klimawirksame Einflüsse an Ozonveränderungen abgeschätzt werden sollen.

---

## Aus den Forschungsarbeiten

Gereon Budeus:

**Die tidal-mixing Front in der südlichen Deutschen Bucht**

Rainer Gersonde:

**Partikelfluß kieseliger Mikroorganismen im Antarktischen Ozean**

Helmut Goerke und Kurt Weber:

**Tierartspezifische Eliminierung von polychlorierten Biphenylen**

Hannes Grobe und Dieter Fütterer:

**Zur quartären Sedimentationsgeschichte am Kontinentalhang des östlichen Weddellmeeres**

Marianne Gube-Lenhardt und Rainer Launspach:

**Die Entwicklung der atmosphärischen Grenzschicht im Eisrandbereich - eine Modellrechnung**

Carmen-Pia Günther:

**Untersuchungen zum Energiefluß im Wattenmeer:  
Ein neues Projekt mit den Bremerhavener Caissons**

Stefan Hain:

**Hälderung von lebenden antarktischen Schnecken und Muscheln - erste Ergebnisse**

Hartmut Hellmer:

**Hydrographie im Bereich des Küstenstroms des östlichen Weddellmeeres**

Karl J. Hesse und Karsten Schaumann:

**Phytoplanktonverteilung und -produktivität an Fronten in der Deutschen Bucht**

Gerhard Kattner:

**Nährstoffdynamik an Fronten der Grönland-See**

Adolf Kellermann:

**Die frühe Lebensgeschichte antarktischer Fische**

Günther Kellner:

**Wärme und Impulsaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre an der Packeisgrenze**

Hans-Peter Marschall und Wolf Arntz:

**Video-Beobachtungen am antarktischen Meeresboden**

Dirk Olbers, Manfred Wenzel und Chresten Wübbler:

**Modellierung der Zirkulation im Südlichen Ozean und im Weddellmeer**

Wolfgang Oskierski:

**Analyse glazial-mariner Gerölle am antarktischen Kontinentalhang des östlichen Weddellmeeres**

Meinhard Schulz-Baldes:

**Der Wasserläufer Halobates micans als Bioindikator für Cadmium im tropischen und subtropischen Atlantik**

Victor Smetacek, Renate Scharek, Hajo Eicken, Eberhard Fahrbach und Gerd Rohardt:

**Phytoplanktonblüte unter dem Eis des südlichen Weddellmeeres**

Michael Spindler:

**Zur Ökologie der planktonischen Foraminifere Neogloboquadrina pachyderma**

Kurt Weber, Helmut Goerke, Rolf Emrich und Wolfgang Ernst:

**Natürliche Halogenverbindungen in marinen Wirbellosen**

Horst Weyland und Elisabeth Helmke:

**Tiefenangepaßte Bakterien im östlichen Weddellmeer**

Christian Wienke:

**Kultur von Makroalgen aus der Antarktis**

# Die tidal-mixing Front in der südlichen Deutschen Bucht

Gereon Budéus

Die Existenz von tidal-mixing Fronten ist aus vielen Untersuchungen in Schelfgebieten mit hoher Gezeitenstromdissipation bekannt. Die Fronten trennen vertikal durchmischte Gebiete von saisonal geschichteten, wobei ihre Position durch die lokale Balance zwischen stratifizierenden und vermischenden Prozessen bestimmt wird. Nahezu alle bekannten Fronten dieser Art sind thermisch, durch Wärmeeintrag über die Meeresoberfläche, indu-

ziert. Neben ihrer Bedeutung für die Zirkulation beeinflussen sie, im wesentlichen wegen der unterschiedlichen vertikalen Stabilität zu beiden Seiten der Front, die Lebensbedingungen des Planktons erheblich.

In der Deutschen Bucht findet man vor der ostfriesischen Küste eine solche tidal-mixing Front (Abb. 1), deren Dichtestruktur jedoch nicht durch die Temperaturverteilung allein bestimmt, sondern auch im Sommer durch Salzgehaltsdifferenzen dominiert wird (vgl.  $R_S$  in Abb. 1 d).

Ein Ziel des Projektes „Fronten und Wassermassen in der Deutschen Bucht“ war, Auftreten, Struktur und Entstehungsbedingungen dieser Front zu untersuchen. Grundlage dafür bilden die für thermisch induzierte tidal-mixing Fronten im englischen Schelf entwickelten Modellvorstellungen. Simpson und Hunter (1974) bestimmen aus der Balance von Gezeitenstromdurchmischung und Oberflächenwärmeeintrag einen für die Position der Fronten kritischen Wert des Parameters  $\log h/u^3$  ( $h$  Wassertiefe,  $u$  Gezeitenstromamplitude zur Springzeit) von etwa 2.0. Der Vergleich der beobachteten Frontenpositionen mit der Verteilung des Simpson-Hunter Parameters in der Deutschen Bucht (Abb. 2) zeigt, daß auch diese Front nahe des angegebenen kritischen Wertes auftritt, obwohl Salzgehaltsdifferenzen nicht in das Modell eingehen. Ein Hinweis darauf, daß die Salzgehaltsgradienten trotzdem eine entscheidende Rolle bei der Etablierung der Front spielen müssen, wird jedoch dadurch gegeben, daß sich die Front in Gebieten so geringer Wassertiefen befindet, daß bereits die mittleren Windverhältnisse die Entstehung von Schichtung verhindern würden, wenn sie ausschließlich thermisch bedingt wäre.

Ein stratifizierender Mechanismus, der nur in flachen Gebieten mit ausgeprägten horizontalen Dichtegradienten, wie sie in der Deutschen Bucht durch den Festlandsabfluß verursacht werden, auftritt, ist die differentielle Advektion, die durch nicht vollständig geostrophisch balancierte Strömung entsteht und eine Art estuarine Zirkulation in Richtung der Dichtegradienten zur Folge hat.

Die lokale Energiebilanz zwischen stratifizierenden und durchmischenden Prozessen für einen Ort in der Deutschen Bucht während der Phase des Wärmeeintrags (Abb. 3) macht ebenso wie Modellrechnungen deutlich, daß ohne differentielle Advektion

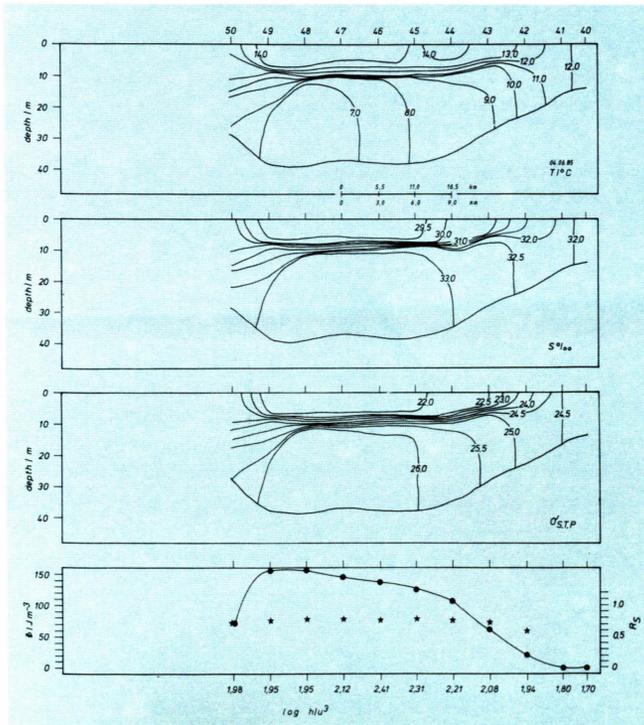


Abb. 1 : Typische Verteilungen von a) Temperatur, b) Salzgehalt, c) Dichte für die tidal-mixing Front vor der ostfriesischen Küste im Sommer. 1 d) zeigt die potentielle Energie der Wassersäule, ( $\Phi$ ), und den Anteil hiervon, der durch die Salzgehaltsschichtung allein verursacht wird,  $R_S$ . Die Werte für  $\log h/u^3$  sind Abb. 2 entnommen. Der Nord-Süd Schnitt liegt auf  $70^{\circ}40'E$ .

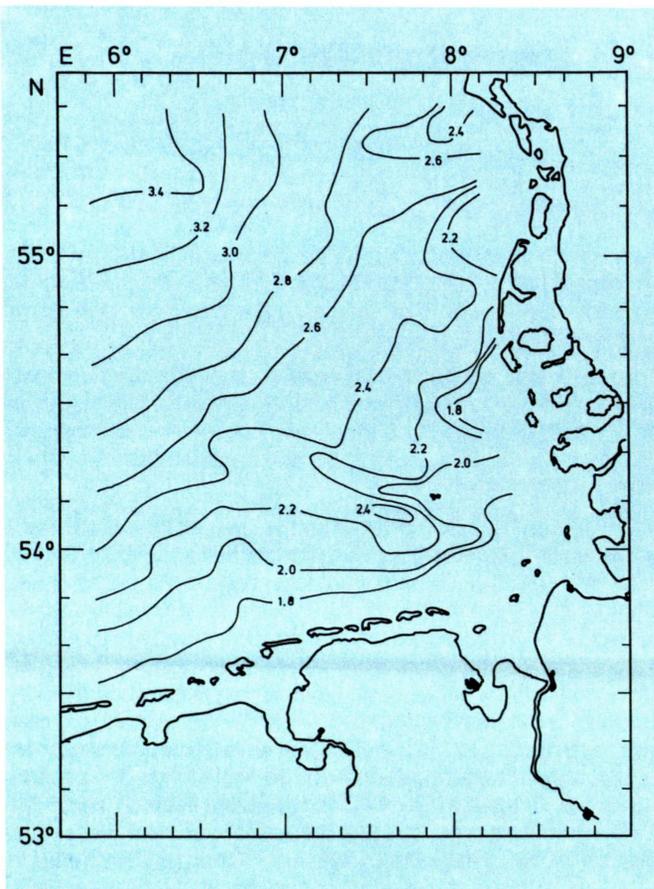


Abb. 2: Verteilung des Simpson-Hunter Parameters  $\log h/u^3$  für die Deutsche Bucht auf der Grundlage von veröffentlichten Meßdaten und Modellrechnungen.

tatsächlich keine saisonale Schichtung und damit kein Auftreten der tidal-mixing Front zu erwarten ist. Die Energiebilanz zeigt weiter, daß keiner der aufgeführten Terme so dominiert, daß eine langandauernde Existenz der Front vermutet werden kann. Stärkere Windereignisse, zusammentreffend mit Springzeiten, stellen mehr Energie für die vertikale Vermischung zur Verfügung als differentielle Advektion und Oberflächenwärmeeintrag für die Schichtung liefern.

Um das regelmäßige Auftreten der Front und der mit ihr verbundenen Schichtung im Sommer und ihre oft lange Lebensdauer (vgl. Abb. 4) zu erklären, muß ein weiterer stabilisierender Prozess wirken. Die Untersuchungen während der Entstehungsphase der Front im Jahr 1986 zeigen, daß der durch die differentielle Advek-

tion ermöglichten großräumigen Temperaturschichtung eine Neuverteilung des Salzgehaltes folgt, indem wegen des reduzierten Vertikalaustausches die Bodenwasserzelle in hohem Maße isoliert wird und das salzärmere Wasser des Festlandsabflusses sich überwiegend in der Deckschicht ausbreitet. Die Zeitskalen für diesen Prozess sind jedoch so groß, daß die thermische Schichtung eine Springzeit überdauern muß, um ihn wirksam werden zu lassen. Die meteorologischen Verhältnisse, insbesondere die Windgeschwindigkeiten, spielen daher für die Entstehung der Front eine wichtige Rolle. Aus Abb. 4 wird deutlich, daß mehrere Male die entstandene thermische Schichtung wieder aufgebrochen wird, ehe sie sich im Sommer 1986 für etwa 3 Monate etabliert. Diese Variabilität der Frontenpersistenz läßt sich nur unter Berücksichtigung realistischer Werte für Wind, Wärmeeintrag und Gezeitenströmung modellieren. Die Übereinstimmung der Frontenposition mit dem aus Modellvorstellungen für rein thermisch induzierte Fronten abgeleiteten kritischen Wert des

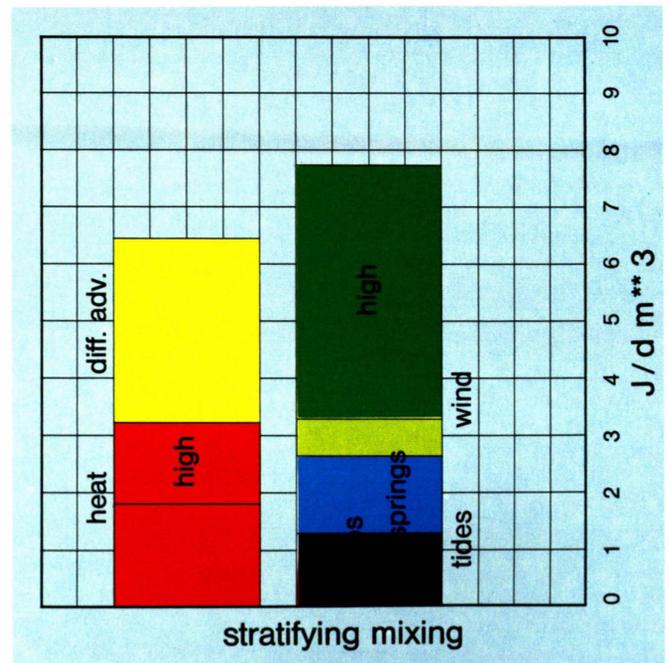


Abb. 3: Lokale Energiebilanz der Wassersäule während der Phase des Wärmeeintrags für ein Gebiet mit  $\log h/u^3 = 2.4$ . Berücksichtigt sind Wind- und Gezeitenstromdurchmischung sowie differentielle Advektion und Wärmeeintrag über die Wasseroberfläche. Winddurchmischung und Wärmeeintrag sind für mittlere Verhältnisse und für auftretende hohe Werte berechnet.

Simpson-Hunter Parameters deutet darauf hin, daß die Front zu windarmen Perioden während Nippzeiten entsteht.

Damit sind die Auswirkungen des Festlandsabflusses in der Deutschen Bucht nicht auf die Bildung von river-plume Fronten beschränkt, sondern beeinflussen auch die thermische Vertikal-

struktur sowie die Ausbildung und Persistenz der tidal-mixing Front. Die hohe Variabilität der Schichtung im Frühjahr macht eine Nährstoffverarmung des Deckschichtwassers wenig wahrscheinlich, gleichzeitig weist sie ausreichend lange Perioden vertikaler Stabilität auf, um gute Wachstumsbedingungen für photoautotrophe Organismen zu gewährleisten.

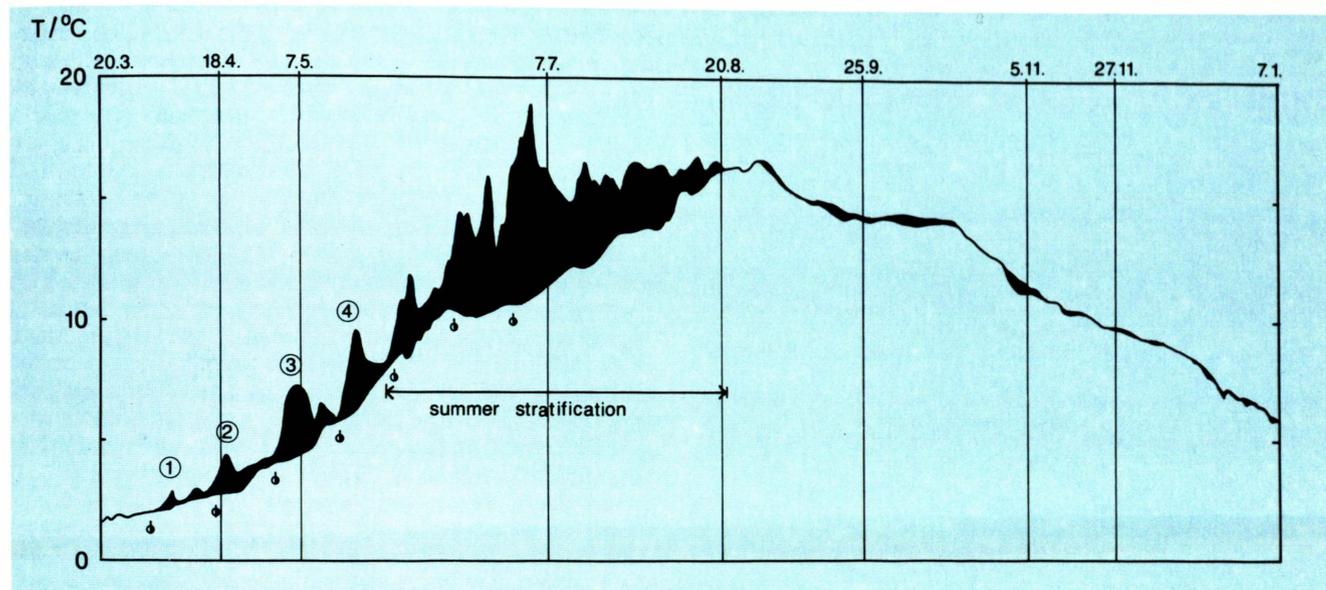


Abb. 4: Thermische Schichtung in der Deutschen Bucht an einem Ort mit  $\log h/u^3 > 2.2$ . Dargestellt sind die Temperaturmessungen eines in Bodennähe bzw. Oberflächennähe verankerten Instruments von März 1986 bis Februar 1987. Die Differenz der Temperaturserien ist geschwärzt. Nippzeiten sind markiert.

# Partikelfluß kieseliger Mikroorganismen im Antarktischen Ozean

Rainer Gersonde

Kieselige Hartteile planktischer Mikroorganismen (Diatomeen, Radiolarien und Silikoflagellaten) sind wichtige Mikrofossilien in den tertiären und quartären Sedimenten des zirkumantarktischen Ozeans. Die kieseligen Mikrofossilien können einerseits als „palökologische Indikatoren“ zur Rekonstruktion von Umweltbedingungen in geologischer Zeit und andererseits zur Datierung der Sedimente herangezogen werden.

Um das in Form von Mikrofossilvergesellschaftungen in den Sedimenten gespeicherte Signal bei der Rekonstruktion von Umweltbedingungen richtig deuten zu können, müssen die Vorgänge, die mit der Sedimentation der kieseligen Hartteile der Mikroorganismen verbunden sind, verstanden werden. Dazu zählen vor allem: Die Absinkprozesse durch die Wassersäule und die Veränderung der Partikelzusammensetzung während des Absinkens, sowie die jahreszeitliche Veränderung des Partikelflusses.

Aufschluß über diese Vorgänge liefern zeitgeschaltete Sinkstoff-Fallen, die in einer Folge vorgegebener Sammelintervalle (1 - 7 Wochen) ganzjährig Partikel in der Wassersäule auffangen. Seit 1983 setzen wir Verankerungen mit solchen Fallen in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen (zum Teil auch Woods Hole Oceanographic Institution) im Antarktischen Ozean ein (Abb. 1, 2). Im Rahmen dieses Programmes betrieben wir von Dezember 1983 bis Mai 1986 eine Langzeitverankerung in der Bransfield Straße und von Januar 1985 bis März 1986 eine Einjahresverankerung im nordwestlichen Weddellmeer. Zwei weitere Verankerungen mit Sinkstoff-Fallen, die ein Jahr im Bereich der Antarktischen Konvergenz sowie im östlichen Weddellmeer eingesetzt waren, wurden von FS POLARSTERN Anfang 1988 wieder aufgenommen.

Das Probenmaterial aus den Sinkstoff-Fallen der Bransfield Straße (King George Becken) und des NW-Weddellmeeres besteht überwiegend (> 60 %) aus biogenem Silikat, das in der Hauptsache (ca. 90 %) in Form von Diatomeenschalen und deren Detritus vorliegt. Daneben kommen organisches Material sowie lithogene und biogene kalkige Partikel vor.

Die silikatischen Gehäuse der in der euphotischen Zone produzierten Diatomeen werden während ihres Absinkens durch die Wassersäule einerseits durch Zooplanktonfraß (u. a. Krill) mechanisch zerkleinert, andererseits werden sie teilweise im Meerwasser gelöst. Beide Vorgänge verändern die ursprünglich produzier-

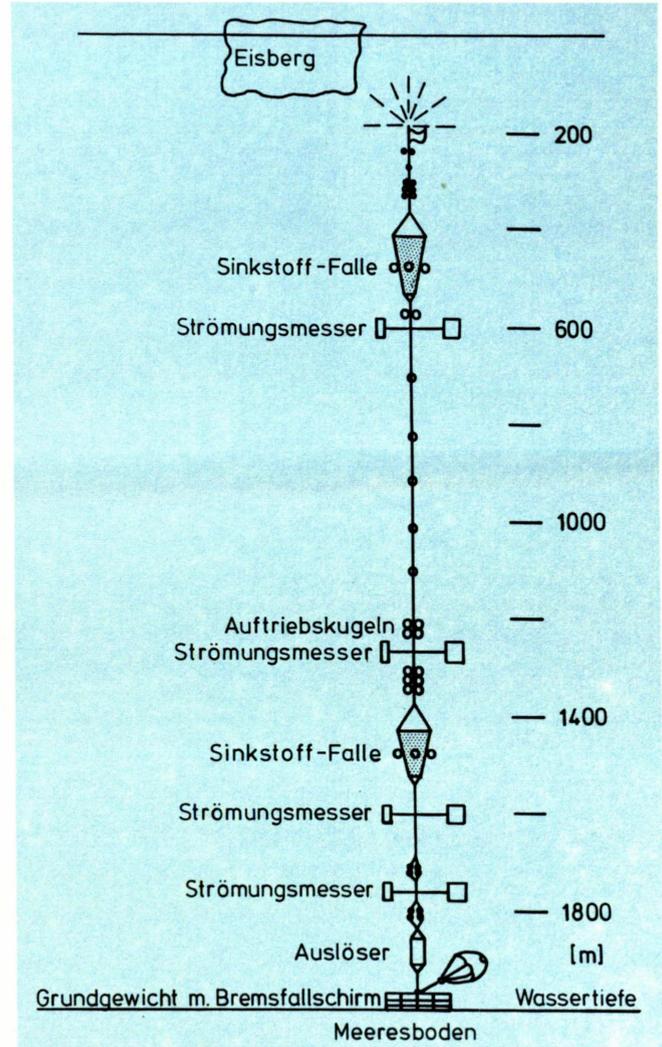


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer Verankerung mit Sinkstoff-Fallen.

12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

LSH/KSL USI  
Oktober 2011

41. Woche

Einarbeitung  
29/09/11

11:00 - 13:00  
Herz Schu be

Herz Crocker  
14.00 -

Volksbank eG Bremerhaven-Cuxland



Abb. 2:  
Auslegung einer  
Sinkstoff-Falle in der Branfield Straße  
(Foto: Hausmann).

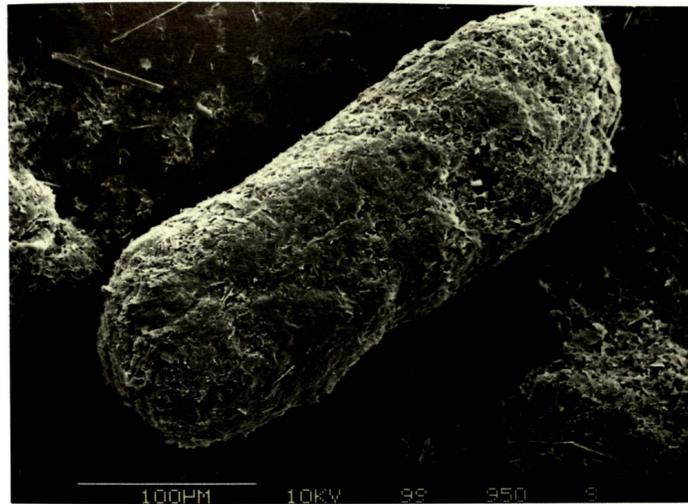


Abb. 3a:  
Kotballen von Krill.

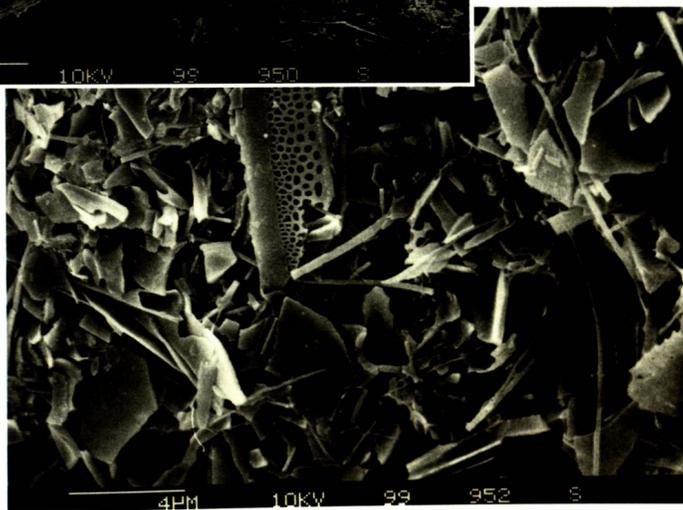
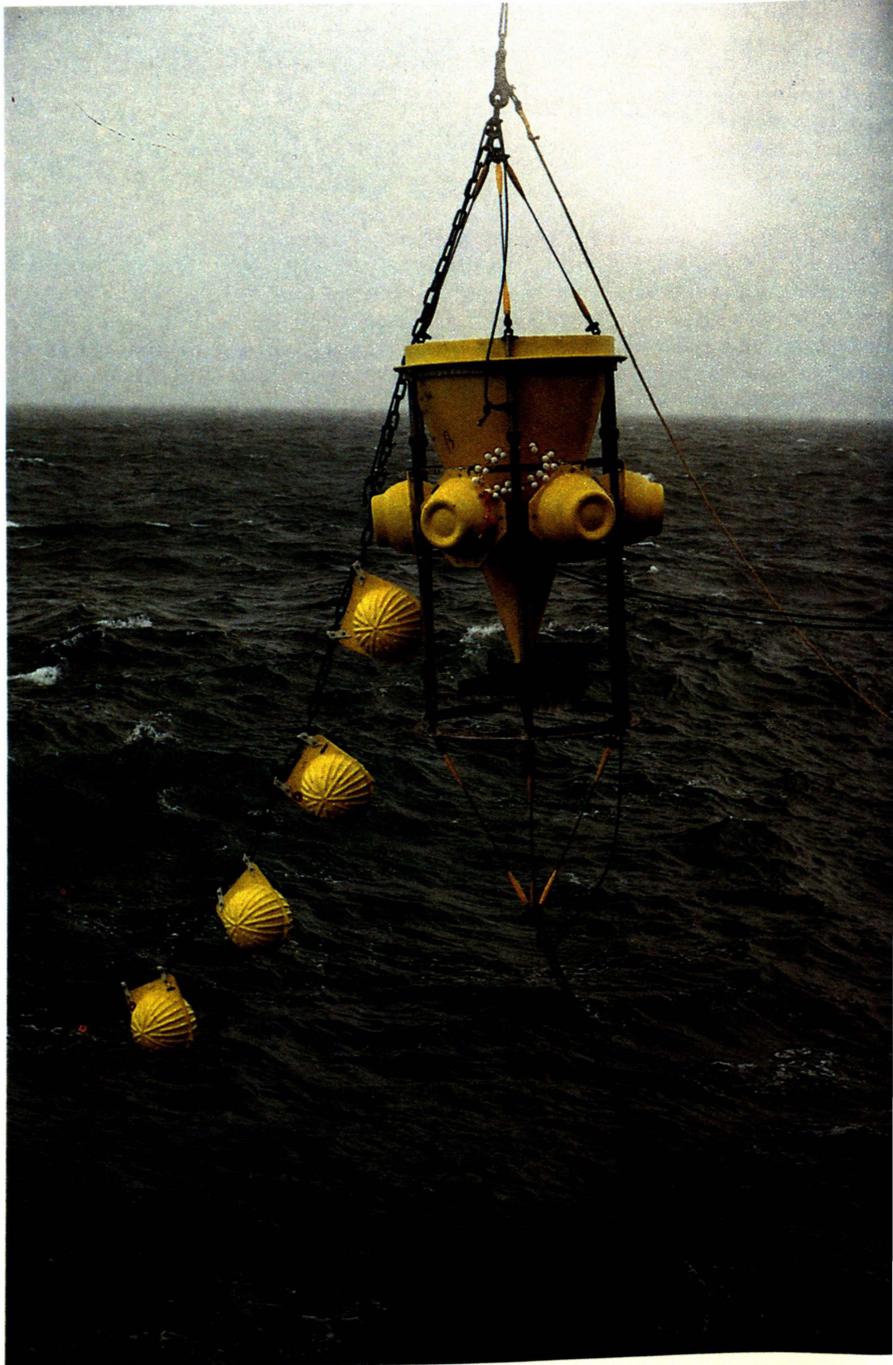


Abb. 3b:  
Detailaufnahme des Kotballen-  
Inhaltes mit stark zerkleinerten  
Diatomeengehäusen.

---

Abb. 2:  
Auslegung einer  
Sinkstoff-Falle in der Bransfield Straße  
(Foto: Hausmann).



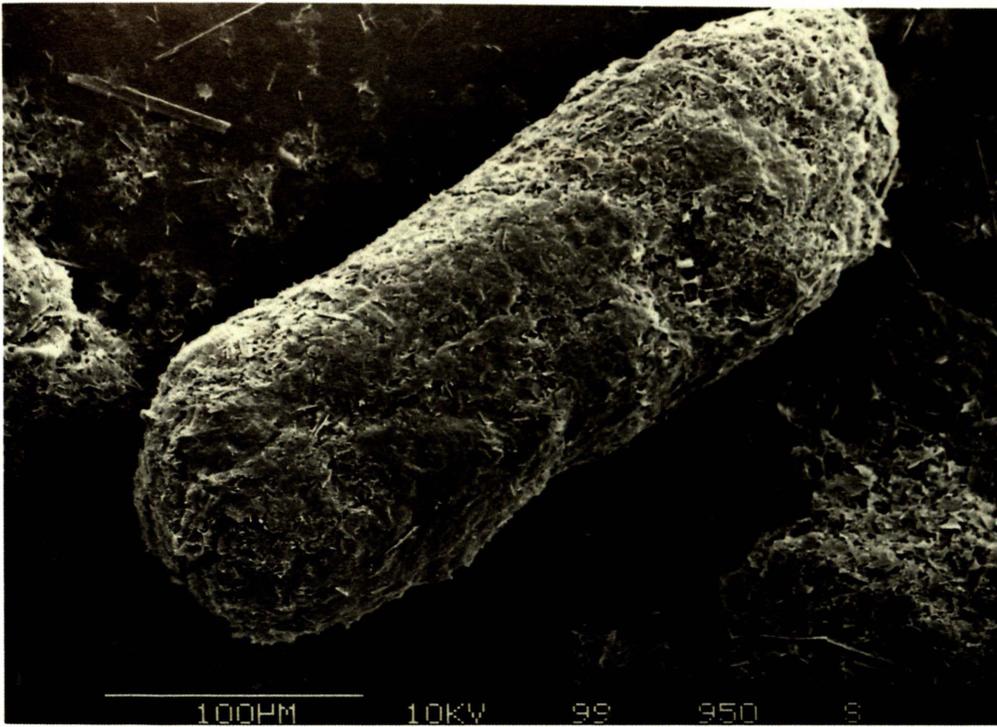


Abb. 3 a:  
Kotballen von Krill.

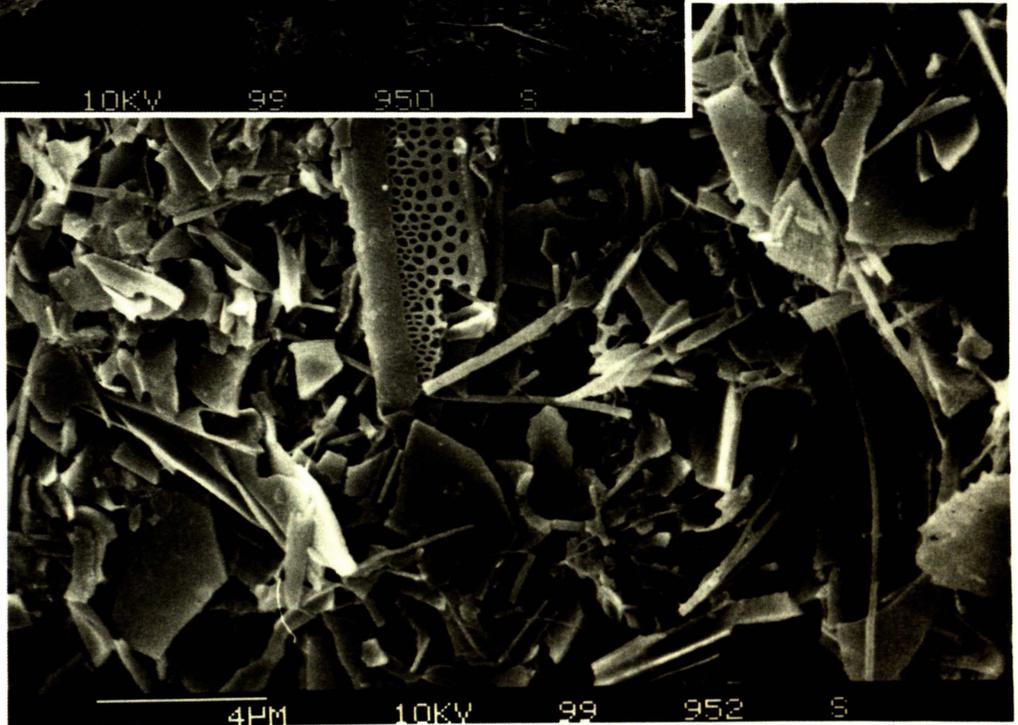


Abb. 3 b:  
Detailaufnahme des Kotballen-  
Inhaltes mit stark zerkleinerten  
Diatomeengehäusen.

te Diatomeenvergesellschaftung. Dabei spielt die mechanische Zerkleinerung vor allem im Bereich des Oberflächenwassers eine Rolle. Dies wird besonders in der Bransfield Straße deutlich, wo große Diatomeenarten (u. a. *Corethron criophilum*) fast vollständig durch Krillfraß zerstört werden. Trotzdem erreicht in der Bransfield Straße ein signifikanter Anteil der produzierten Diatomeenarten das Sediment und kann sinnvoll zu palökologischen Rekonstruktionen genutzt werden. Am Material aus dem NW-Weddellmeer wird vor allem der Einfluß durch Opallösung in der Wassersäule – insbesondere an der Grenzfläche Meer/Meeresboden – deutlich. Dabei kommt es zu einer starken Anreicherung von Arten, die die Umweltbedingungen in der euphotischen Zone nicht mehr widerspiegeln. Dies kann einerseits mit der großen Wassertiefe (ca. 4000 m), andererseits mit der relativ geringeren Produktion biogenen Opals im NW-Weddellmeer erklärt werden.

Die Absinkgeschwindigkeit des sedimentierten Materials kann Werte bis zu 200 m/Tag erreichen. Diese hohen Geschwindigkeiten weisen darauf hin, daß Transportmechanismen das Absinken von kleinen Partikeln (5 - 100 µm) – wie Diatomeen – beschleunigen. Eine wichtige Rolle beim Transport biogenen Opals spielen Kotballen, die vom Zooplankton (u. a. Krill, Copepoden) produziert werden. Aus unseren Daten konnten Flüsse bis zu  $6 \times 10^5$  Kotballen/m<sup>2</sup>/Tag abgeleitet werden. Allerdings enthalten vor allem Krill-Kotballen zumeist stark beim Freißvorgang zerkleinerte Diatomeengehäuse, die – da sie nicht mehr bestimmbar sind – nicht als „palökologische Indikatoren“ im Sediment genutzt werden können (Abb. 3 a, b). Auf Grund dieser Befunde postulieren wir, daß ein großer Teil der im Sediment überlieferten Diatomeenvergesellschaftungen in Form von Aggregaten („Mariner Schnee“) durch die Wassersäule absinken. Leider sind solche Aggregate nur selten im Fallenmaterial nachweisbar, da sie bei den hier einwirkenden Beanspruchungen (u. a. beim Probentransport) zerfallen.

In der Bransfield Straße und im NW-Weddellmeer erfolgen > 90% des ganzjährigen Partikelflusses in einem kurzen Zeitintervall während der antarktischen Sommerperiode. In der Bransfield Straße ist dieses Zeitintervall auf wenige Wochen im Dezember und Januar begrenzt. Dabei werden Gesamtpartikelflüsse bis zu 2 g/m<sup>2</sup>/Tag mit Diatomeenanteilen bis zu  $10^8$  -  $10^9$  Diatomeenklappen/m<sup>2</sup>/Tag erreicht (Abb. 4). Im NW-Weddellmeer liegt das Maximum des Partikelflusses im Februar und März, wobei der Fluß an Diatomeenklappen gegenüber der Bransfield Straße allerdings um ein bis zwei Zehnerpotenzen niedriger liegt. Da also der weitaus größte Teil der Diatomeen in einem eng begrenzten Zeitintervall produziert und sedimentiert wird, können die im Sediment überlieferten Diatomeenvergesellschaftungen auch nur die Bedingungen während dieser Zeit im antarktischen

Sommer widerspiegeln. Diese Einschränkung ist bei der Bewertung von palökologischen Rekonstruktionen von entscheidender Bedeutung.

In der Bransfield Straße wurden in dem Zeitabschnitt Dezember 1983 bis November 1985 Diatomeenvergesellschaftungen sedimentiert, die weitgehend und gleichmäßig von Arten der Gattung *Chaetoceros* bestimmt werden und in ähnlicher Zusammensetzung auch in den Sedimenten der Bransfield Straße überliefert sind (Abb. 5). Da die Vergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten das Produkt vieler Jahre sind, mag diese Übereinstimmung ein Hinweis darauf sein, daß dieser Sedimentationsablauf

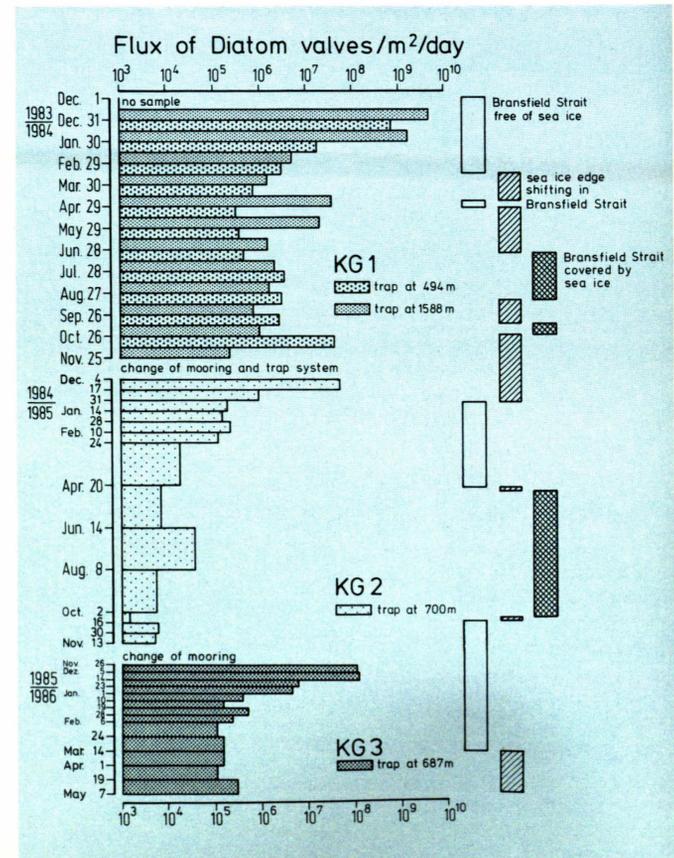


Abb. 4: Diatomeen-Partikelfluß (Anzahl Diatomeenklappen/m<sup>2</sup>/Tag) im Bereich der Bransfield Straße (King George Becken) für den Zeitraum Dezember 1983 bis Mai 1986 und Verbreitung des Meereises in der Bransfield Straße.

typisch für die Bransfield Straße ist. Demgegenüber wurde während des Zeitabschnittes Dezember 1985 bis Mai 1986 im selben Gebiet eine völlig anders zusammengesetzte Artengemeinschaft sedimentiert, die eine zeitliche Aufeinanderfolge des vegetativen und des Dauersporen-Stadiums der Art *Thalassiosira antarctica* erkennen läßt. Das Vorkommen dieser Artengemeinschaft, die für den an die Bransfield Straße anschließenden westlichen Abschnitt des Weddellmeeres charakteristisch ist, weist auf einen Zustrom von Oberflächenwasser aus diesem Bereich hin. Die Zusammensetzung der Diatomeenvergesellschaftungen in den Oberflächensedimenten spricht allerdings dafür, daß solche Zuströme in den zentralen Bereich der Bransfield Straße lediglich sporadisch vorkommen. Insgesamt läßt sich aus den sediment-

tierten Artengemeinschaften kein Hinweis auf die zeitweilig starke Meereisbedeckung der Bransfield Straße ableiten.

Die Artengemeinschaften, die in der Sinkstoff-Falle im NW-Weddellmeer aufgefangen worden ist, zeigt ebenfalls keine Diatomeensukzessionen. Ein großer Teil der Vergesellschaftungen setzt sich aus Diatomeenarten zusammen, die als „Eisalgen“ bekannt sind. Dies weist darauf hin, daß zumindest ein Teil der in diesem Gebiet im antarktischen Sommer produzierten Arten aus abgeschmolzenem Winter-Meereis stammt. Wegen der starken Opallösung in der Wassersäule und an der Grenzfläche Meer/Meeresboden, die besonders die Gehäuse der „Eisdiatomeen“ betrifft, wird dieses Signal allerdings nicht im Sediment gespeichert.

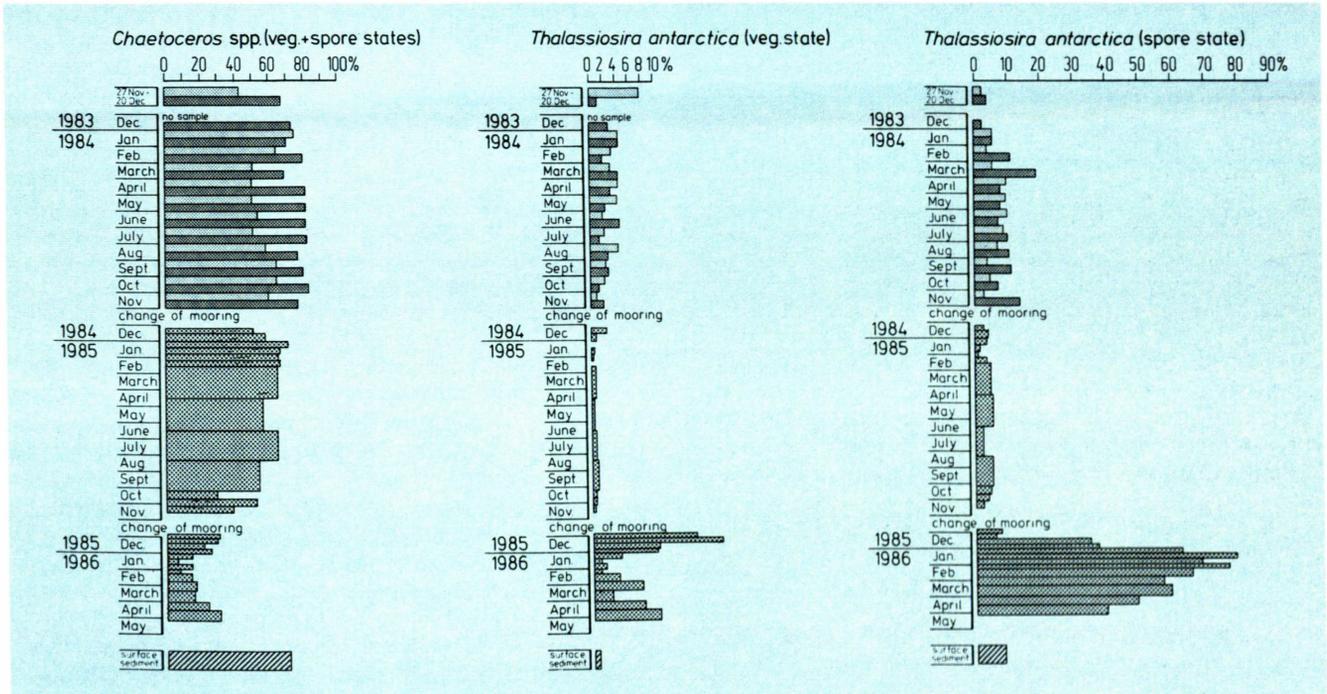


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der wichtigsten Diatomeenarten (in Prozent) in den Sinkstoff-Fallen aus der Bransfield Straße (Zeitraum Dezember 1983 - Mai 1986) und in den Oberflächensedimenten des gleichen Gebietes.

# Tierartsspezifische Eliminierung von polychlorierten Biphenylen

Helmut Goerke und Kurt Weber

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind Umweltchemikalien, die in allen Bereichen des Meeres, im Wasser, in Sedimenten und in Organismen, vorhanden und ökotoxikologisch bedenklich sind. Meerestiere nehmen die PCB-Komponenten aufgrund deren hoher Lipidlöslichkeit aus dem Wasser und mit der Nahrung hauptsächlich passiv auf. Für die Eliminierung, welche die Ausscheidung und die Biotransformation umfaßt, sind hingegen aktive Prozesse bedeutsam.

Um die Signifikanz dieser Prozesse aufzuzeigen, wurden die Eliminierungskonstanten von sechs PCB-Komponenten unterschiedlichen Chlorierungsgrades und unterschiedlicher Struktur bei drei Tierarten verschiedener Stämme bestimmt: Seeringelwurm - *Nereis diversicolor*, Schwimmgarnele - *Palaemon longirostris*, Flunder - *Platichthys flesus*. Dazu wurden die Versuchstiere konstanten Temperatur- und Salzgehaltsbedingungen, sowie definierten Fütterungsverhältnissen angepaßt. Die ausgewählte PCB-Mischung wurde mit dem Futter an 30 Exemplare jeder Spezies verabreicht (Abb. 2).

Nach beendeter Anreicherung und während der anschließenden fünfmonatigen Eliminierungsphase wurden die PCB-Komponenten in den Tieren durch Gaschromatographie und Flüssigkeitszintillationszählung analysiert. Alle drei Spezies zeigten substanzspezifische Eliminierungen. Für jede Substanz bewies die Schwimmgarnele die beste Eliminierungskapazität; sie besaß stets die kürzesten Eliminierungshalbwertzeiten. Da eine PCB-Komponente radioaktiv markiert eingesetzt wurde, konnte ermittelt werden, daß die hohe Eliminierungskapazität mit erheblicher Biotransformation gekoppelt ist. Für vier PCB-Komponenten war die Flunder in der Eliminierung schneller als der Seeringelwurm, für zwei Komponenten war sie langsamer (Abb. 1). Die Diagramme der Halbwertzeiten sind für alle Spezies unterschiedlich (Abb. 3). Demzufolge gibt es keine repräsentative Tierart, von deren Halbwertzeiten man auf die aller anderen Arten schließen kann.

Die Konzentrationsmuster der sechs Komponenten in Tieren der Umwelt sind ebenfalls charakteristisch für die einzelnen Spezies. Die Gegenüberstellung von Konzentrationen und Halbwertzeiten in Abb. 3 macht deutlich, daß die Tiere ihre PCB-Gehalte durch Eliminierung signifikant und sehr individuell beeinflussen.

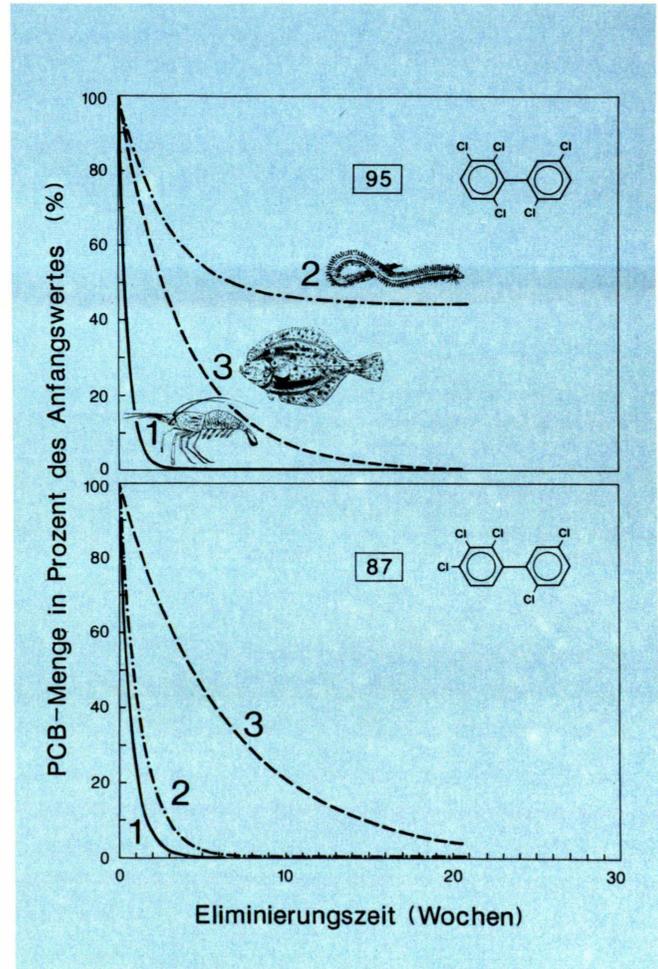


Abb. 2: Eliminierung zweier Pentachlorbiphenyle bei Schwimmgarnele (1), Seeringelwurm (2) und Flunder (3).

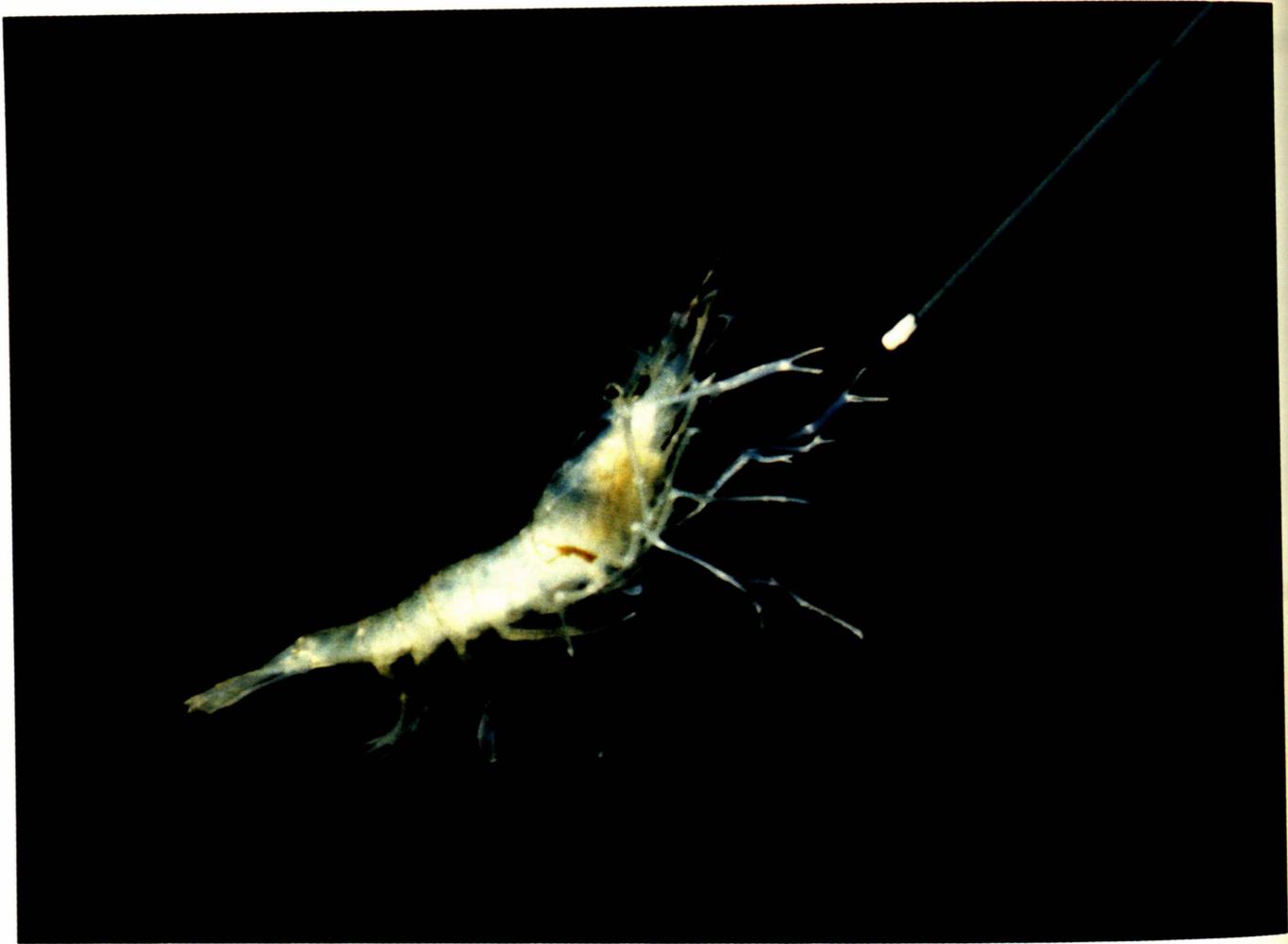


Abb. 1 : Schwimmgarnele - *Palaemon longirostris*. Orale Verabreichung von PCB mit der Nahrung.

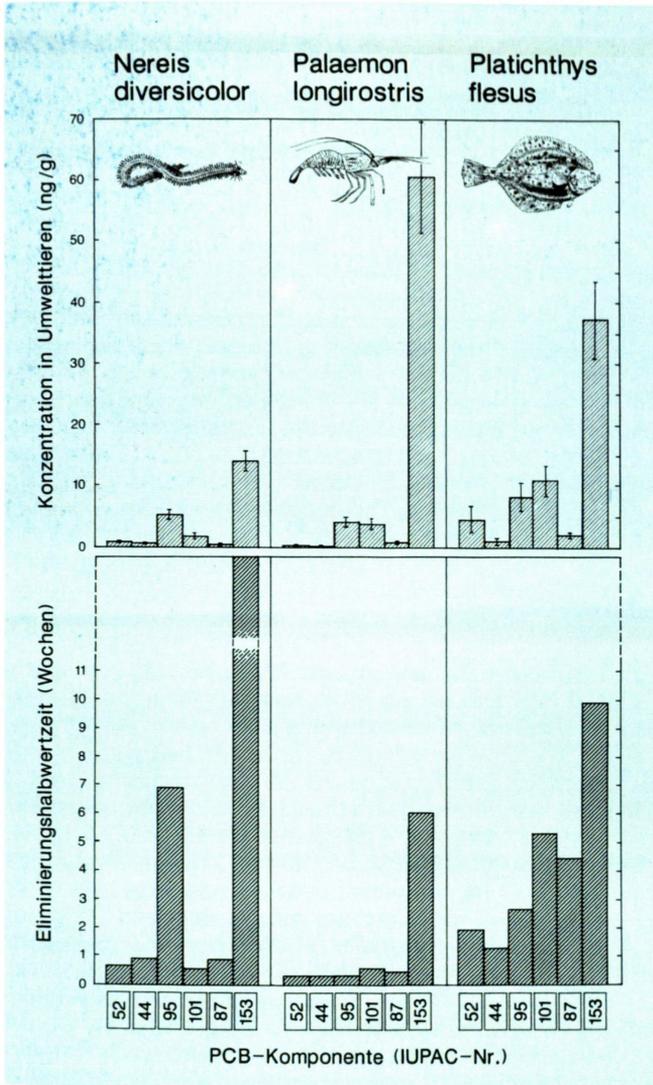


Abb. 3:  
 Mustervergleich der Konzentrationen (Nov. 86, Tiere des mesohalinen Bereichs der Weser) und Halbwertszeiten von sechs PCB-Komponenten bei Seeringelwurm, Schwimmgarnelle und Flunder.

---

# Zur quartären Sedimentationsgeschichte am Kontinentalhang des östlichen Weddellmeeres

Hannes Grobe und Dieter Fütterer

Während der POLARSTERN-Expeditionen ANT I-IV (1983-1986) wurde auf der Grundlage einer flachseismischen Vorerkundung eine gezielte Beprobung ungestörter Bereiche des antarktischen Kontinentalhanges von POLARSTERN aus durchgeführt. Sedimentkerne von insgesamt 430 m Länge von vier Profilen über dem Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres wurden stratigraphisch und sedimentologisch bearbeitet. Die paläontologischen, chemischen, physikalischen und sedimentologischen Parameter erlauben eine Gliederung der Hangsedimente in mehrere Faziestypen, die unterschiedlichen Ablagerungsräumen und -bedingungen zugeordnet werden können. Für einen Zeitraum von etwa 1,3 Millionen Jahren lassen sich daraus die spezifischen Sedimentationsverhältnisse während der quartären Klimazyklen rekonstruieren.

Während der kurzen *Übergangsphase von einem Glazialstadium zu einem Interglazialstadium*, die nur einen Zeitraum von etwa 10.000 Jahren umfaßt, bestimmen im wesentlichen zwei Prozesse die Sedimentation am Kontinentalhang (Abb. 1). Der durch das Abschmelzen der Eiskappe im Nordpolarbereich hervorgerufene beträchtliche Meeresspiegelanstieg von ca. 150 m läßt große Teile der auf dem Schelf aufliegenden Schelfeis Massen aufschwimmen. Die dadurch instabil gewordenen randlichen Bereiche zerbrechen in Tafelberge, die an der Basis noch reichlich anhaftendes Sediment mitführen. Die mit dem Abschmelzen einhergehende Sedimentation dieses Materials beginnt bereits auf dem Schelf, verstärkt sich jedoch noch über dem Hangbereich im Kontakt mit dem hier wärmeren Wasser.

Mit der Verringerung der Meereisbedeckung erhöht sich die biogene Primärproduktion einerseits aufgrund einer besseren Durchlichtung des Oberflächenwassers, zum anderen aber auch durch einen verstärkten Auftrieb im Küstenbereich, angetrieben durch die ablandigen Winde. Im nährstoff-, besonders SiO<sub>2</sub>-reichen Wasser tragen vorwiegend kieselige Plankton- und Benthosgemeinschaften aus Radiolarien, Diatomeen, Silicoflagellaten und Schwämmen zusammen mit den terrigenen Komponenten zu einer höheren Sedimentationsrate bei.

Mit Beginn des *Interglazials* werden im Sediment die kieseligen Fossilanteile durch karbonatisches Schalenmaterial abgelöst

(Abb. 2). Die für polare Sedimente ungewöhnlich hohen Karbonatgehalte im Untersuchungsgebiet sind nahezu ausschließlich auf die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (s. Spindler) zurückzuführen, sie könnten mit einer begünstigten Produktion im Bereich der Weddellmeer-Polynya (Abb. 5) erklärt werden. Der sich zyklisch verändernde Karbonatgehalt (Abb. 7a, Kern 1388-3 nördlich der Atka Bucht, 2800 m Wassertiefe) läßt sich gut mit Isotopen-Klimakurven korrelieren (Abb. 7b). Hieraus könnte sich die Möglichkeit ergeben, die Sedimente mit Hilfe einer Karbonatstratigraphie hochauflösend zu datieren. Unterstützt wird diese Gliederung durch die paläomagnetische Bestimmung der Brunhes/Matuyama-Grenze (730.000 Jahre) bei 960 m Kerntiefe, die, in Übereinstimmung mit der Klimakurve, mit der Basis des Isotopenstadiums 19 zusammenfällt (Abb. 7, B/M).

Die terrigene Sedimentation während einer Warmzeit wird vorwiegend durch Eis- und Strömungstransport bestimmt. Die „grounding line“ (die Grenzlinie des schwimmenden Schelfeises zum aufliegenden Inlandeis) hat sich bis zu einer Linie zurückgezogen, an der die Eislieferung vom Kontinent und der Abbau durch Eisbergkalbung im Gleichgewicht stehen. Über dem Schelf verhindern Küsten- und Gezeitenstrom eine vollständige Sedimentation des durch Eisberge angelieferten Materials. Ein Teil der feineren Fraktionen wird weggeführt, so daß die Schelfsedimente eine Art Restsediment (Paratill) darstellen. Laterale Strömungen am Hang liefern hier zusätzlich feinsiltiges bis toniges Material an, das den Eisfrachtanteil in den feineren Fraktionen ergänzt.

Während des langsamen *Übergangs vom Interglazial zum Glazial* (Abb. 3) sinkt mit der beginnenden Vereisung auf der Nordhalbkugel der Meeresspiegel. Die „grounding line“ verlagert sich entsprechend seewärts, verbunden mit einer abnehmenden Eisberghäufigkeit und damit des Eisfrachtanteils im Sediment. Ebenso trägt die sowohl zeitlich, als auch räumlich zunehmende Meer eisbedeckung zu einer Abnahme der biogenen Komponenten sowie der Bioturbation bei.

Während eines *Glazialen Maximums* liegt das Eis in weiten Bereichen dem Schelf auf und die „grounding line“ rückt bis in den Bereich des Schelf/Hang-Übergangs vor (Abb. 4). Die Schelfsedimente werden durch das aufliegende Eis kompaktiert, teilweise

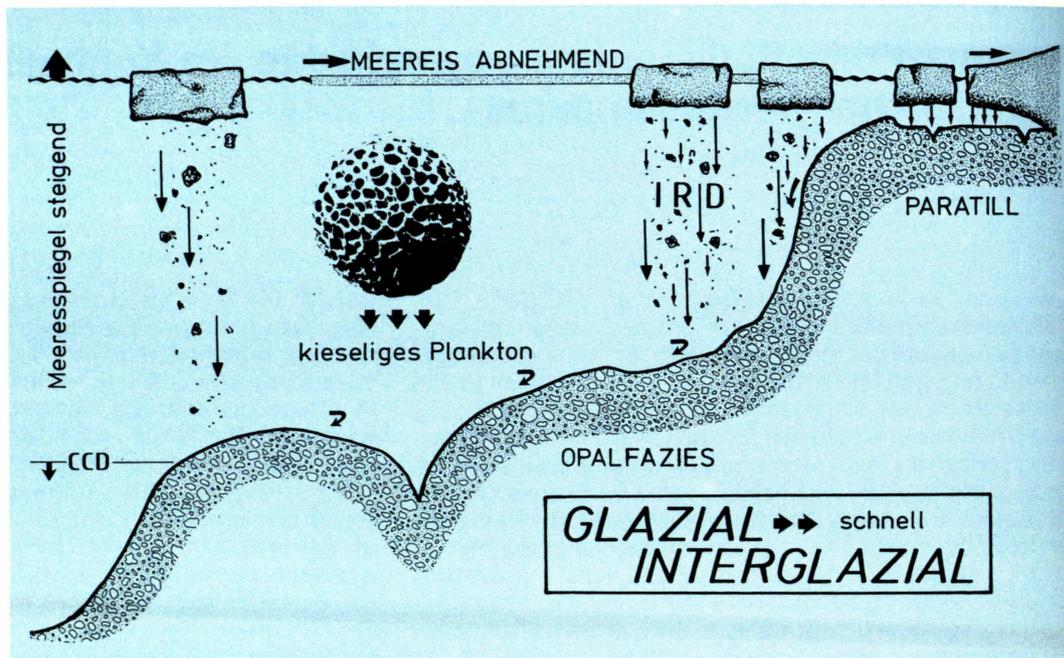


Abb. 1:  
Sedimentationsverhältnisse  
während des Überganges  
vom Glazial zum Interglazial.

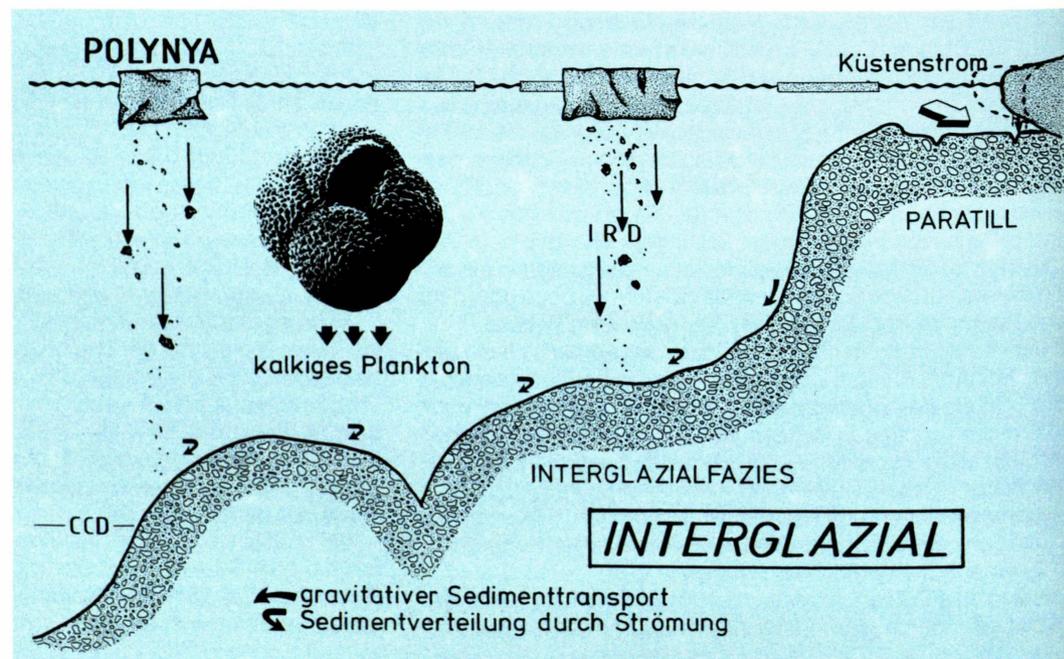


Abb. 2:  
Sedimentationsverhältnisse  
während einer Interglazialzeit.



jedoch auch vom Eis aufgenommen, weitertransportiert und den Hang hinabgeschüttet. In Sedimentkernen vom Fuß des Hanges sind deutlich Lagen mit charakteristischer Mineralogie und Textur (gradierter Schichtung) zu erkennen, die kennzeichnend für diese Vorgänge sind (Abb. 6). Die weitgehend fossilfreien, glazialen Sedimente werden mit zunehmender Entfernung vom Schelf feinkörniger, da während dieses Zeitraumes vorwiegend von der Strömung transportiertes Material abgelagert wird. Die Bildung von Eisbergen ist stark herabgesetzt, da bei einer geringeren Verdunstung aufgrund der ständigen Meereisbedeckung und der niedrigeren Temperaturen der Niederschlag über dem Kontinent geringer ist.

Die Zusammensetzung der Sedimente vom Kontinentalhang wird im wesentlichen durch vier Prozesse kontrolliert :

Der *Sedimenttransport durch Eisberge* überwiegt beim Abbau der Schelfeise während des Überganges von einem Glazial zum Interglazial. In einem Interglazial tragen verstärkt *benthische Organismen* zur Durchmischung des Sedimentes und *Schalenreste des Plankton* zur Sedimentbildung bei. Während der glazialen Meeresspiegelabsenkung findet im Schelf- und oberen Hangbereich vorwiegend *gravitativer Sedimenttransport* sowie in den entfernteren Bereichen *Transport durch Strömung* statt.

Aus der zeitlichen Abfolge und dem Zusammenwirken der genannten Prozesse sowie aus ihrer von der Morphologie des Hanges und der Entfernung vom Kontinent abhängigen unterschiedlichen Bedeutung für die Bildung der spezifischen glazialmarinen Sedimenttypen entsteht ein charakteristisches Bild sich zeitlich und räumlich verzahnder Fazieskörper. Die klimatisch gesteuerten Oszillationen der Schelfeiskante, die Meereis- und Polynyaverbreitungen sowie die biogene Produktion spiegeln sich im Zyklus der Glazial/Interglazialstadien wider.

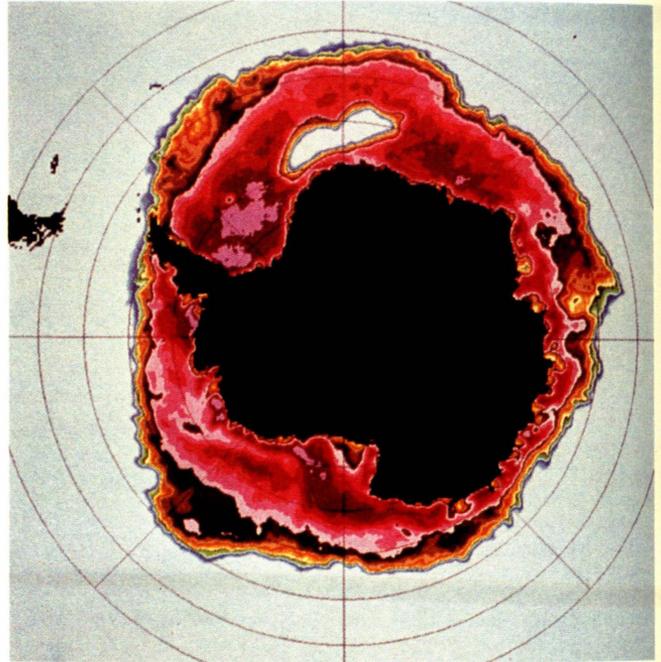


Abb. 5 : Die Weddellmeer-Polynya (eisfreie Fläche im östlichen Weddellmeer) beeinflusst vermutlich das Sedimentationsgeschehen am antarktischen Kontinentalhang durch eine erhöhte Produktion planktischer und benthischer Organismen in Warmzeiten. (Mikrowellen-Satellitenfoto, NASA, Okt. 1974).



Abb. 6 : Sedimentkerne vom Fuß des Kontinentalhanges zeigen markante Lagen, aus deren Gefüge und Zusammensetzung sich erkennen läßt, daß das Material zu Beginn eines Glazials vom Schelfeis transportiert und den Kontinentalhang hinabgeschüttet wurde.

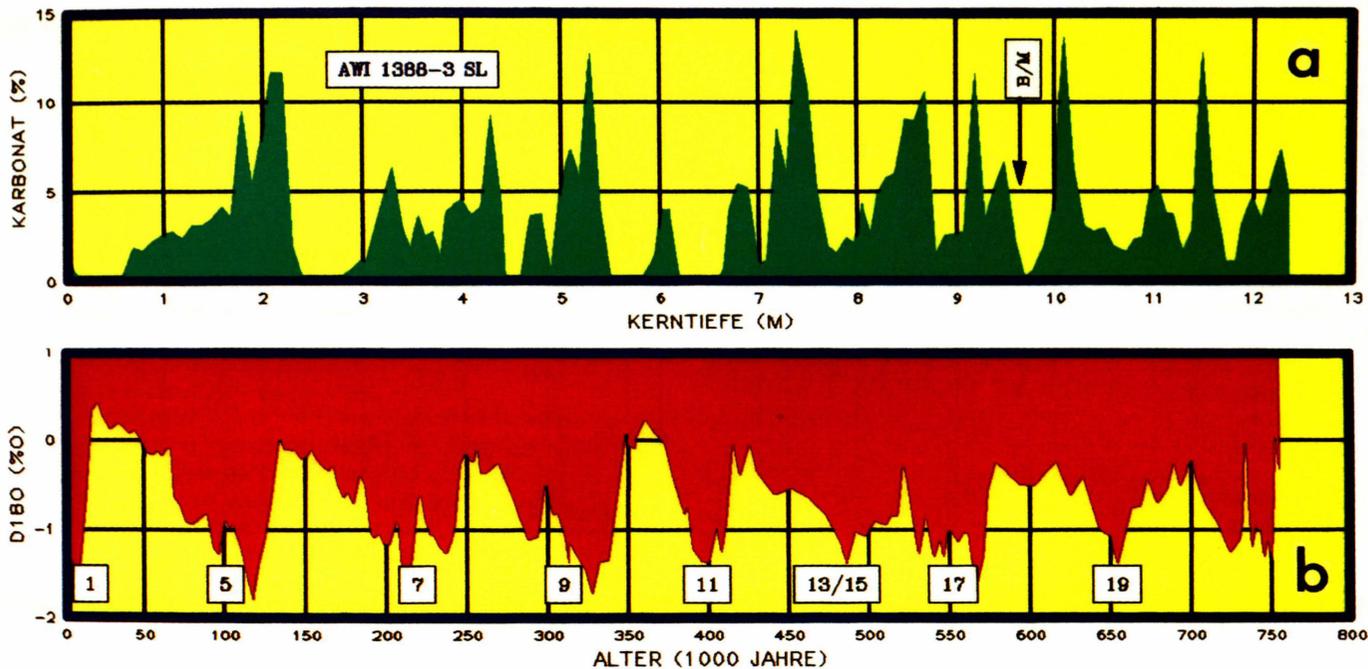


Abb. 7: Die zyklische Verteilung des Karbonates in einem Sedimentkern vom unteren Kontinentalhang (AWI 1388-3, SL, 7 a) läßt sich in ihren wesentlichen Zügen mit der Isotopen-Klimakurve (hier aus einem Kern vom äquatorialen Atlantik, SARNTHEIN et al., 1978, 7 b) korrelieren. Die Übereinstimmung wird durch die Lage der paläomagnetischen Brunhes-Matuyama-Grenze (B/M) an der Untergrenze des Isotopenstadiums 19 (730.000 Jahre) gestützt.

# Die Entwicklung der atmosphärischen Grenzschicht im Eisrandbereich - eine Modellrechnung

Marianne Gube-Lenhardt und Rainer Launspach

In der Übergangszone zwischen offenem und eisbedecktem Ozean sind die Prozesse in der atmosphärischen Grenzschicht wesentlich von den inhomogenen Oberflächeneigenschaften bestimmt: Das Meereis ist kälter und aerodynamisch rauher als der eisfreie Ozean, so daß der Austausch von Impuls und Wärme beiderseits des Eisrandes verschieden verläuft.

Um diese unterschiedliche Wirkung auf die Vertikalstruktur der Atmosphäre zu untersuchen, wurde die Grenzschichtentwicklung bei aufeisigem Wind mit einem numerischen Modell simuliert. Eine über dem Wasser leicht labil geschichtete Luftmasse wird über dem Eis durch Auskühlung am unteren Rand stabilisiert. Sie erfährt zugleich einen höheren Impulsverlust an der rauheren Eisdecke. Das Modell löst das Strömungs-, Temperatur- und Feuchtefeld in zwei Dimensionen – der vertikalen und der horizontalen Richtung senkrecht zum Eisrand – auf.

Grundlage des Modells sind die sogenannten „Primitiven Gleichungen“ für die mittleren atmosphärischen Größen. Die kleinskaligen turbulenten Flüsse, die nicht explizit berechnet werden können, müssen durch mittlere Größen des Modellgitters näherungsweise dargestellt werden. Dieses als Parameterisierung bezeichnete Verfahren hängt im Modell von der vertikalen Dichteschichtung ab, so daß die turbulenten Flüsse an jedem Ort u. a. auch von den dort herrschenden unteren Randbedingungen bestimmt werden.

Zur Initialisierung des Modells und zur Beurteilung der Ergebnisse dienen aerologische Meßdaten des Marginal Ice Zone Experiments (MIZEX) 1984, das in der arktischen Eisrandzone zwischen Spitzbergen und Grönland stattfand.

Das Modell erstreckte sich in diesem Fall 285 km in horizontaler Richtung, die mit 20 Gitterpunkten aufgelöst wurde. Die Ozean/Eis-Grenze liegt in den Abbildungen 1 und 2 zwischen den Gitterpunkten 7 und 8. Die Oberflächentemperatur des Wassers oder des Eises nimmt von  $+2,0^{\circ}\text{C}$  am Einströmrand auf  $-1,3^{\circ}\text{C}$  in der Packeiszone ab. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die im Modell errechneten Temperatur- und Feuchteprofile an den 20 Gitterpunkten. Die bodennahe Abkühlung der Luft über dem Packeis führt dort zur Ausbildung einer internen Grenzschicht, die wegen der stabilen Dichteschichtung 150 m Höhe nicht übersteigt. Mit

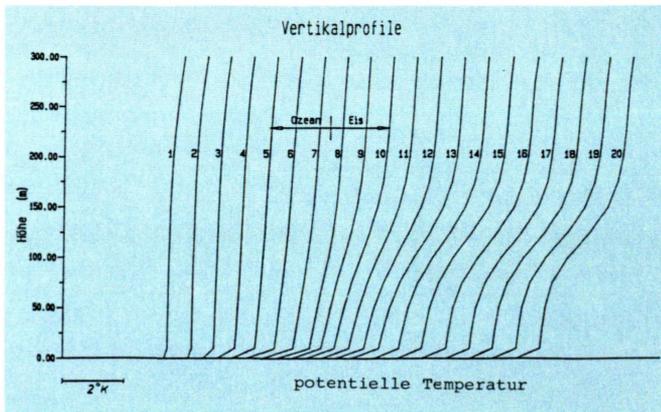


Abb. 1: Versetzte Vertikalprofile der potentiellen Temperatur für jede Gitterspalte, nummeriert in Strömungsrichtung.

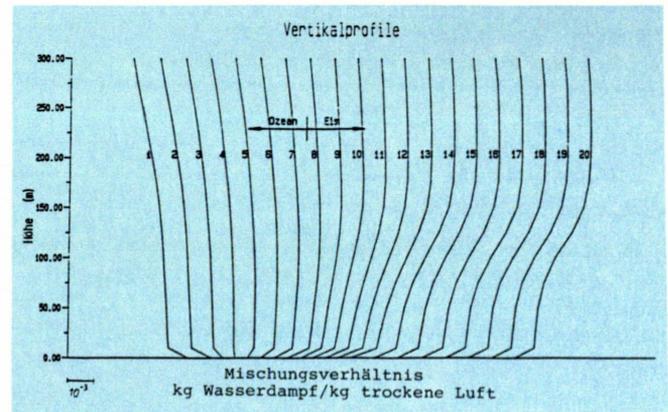


Abb. 2: Versetzte Vertikalprofile des Massenmischungsverhältnisses für jede Gitterspalte, nummeriert in Strömungsrichtung.

der Abnahme der Oberflächentemperatur in Strömungsrichtung verringert sich der Sättigungsdampfdruck, so daß Wasserdampf an der Eisoberfläche kondensiert und das Massenmischungs-

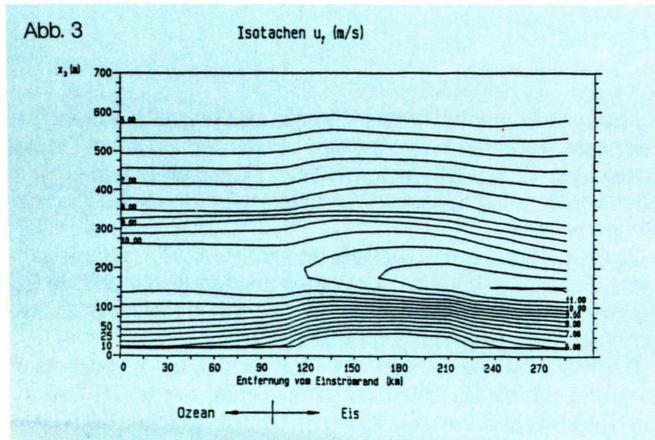


Abb. 3: Isotachen der Windgeschwindigkeitskomponente  $U_1$  senkrecht zum Eisrand.

verhältnis von Wasserdampf und Luft längs der Strombahn abnimmt. In dieser Simulation wird die Eisrandzone bis etwa 100 km hinter der Wasser/Eis-Grenze als besonders rauh angesetzt. Beobachtungen ergaben hier Eiskonzentrationen von etwa 50 %. Demnach tragen die Kanten vieler Schollen fraglos zu einer erhöhten Rauigkeit bei. Diese sinkt weiter eiseinwärts, wo die Eisdecke mehr oder weniger kompakt liegt, wieder auf Werte des offenen Ozeans. Der deutliche Impulsverlust der Luftströmung über der besonders rauhen Zone im Eisrandbereich führt zu einer erkennbaren Geschwindigkeitsabnahme in den unteren Atmosphärenschichten (Abb. 3). Über der geschlossenen glatten Eisdecke weiter im Inneren wird die Strömung durch die Druckgradientkraft beschleunigt und das mittlerweile abgesunkene Windmaximum übersteigt sogar die Werte über dem Ozean. Diese Variationen der Horizontalströmung rufen eine nach oben gerichtete Vertikalbewegung direkt hinter der Wasser/Eis-Grenze des Modells und ein Absinken über der geschlossenen Meereisdecke hervor.

Abgesehen von dem letztgenannten Befund, der wegen seiner geringen Werte nicht meßbar ist, werden die übrigen Rechenergebnisse durch MIZEX-Daten bestätigt. Folglich eignet sich dieses Modell dazu, auch andere hypothetisch vorgegebene Strömungsverhältnisse in der Eisrandzone zu untersuchen.

# Untersuchungen zum Energiefluß im Wattenmeer : Ein neues Projekt mit den „Bremerhavener Caissons“

Carmen-Pia Günther

Die Funktion des Ökosystems Wattenmeer als Teilbereich der Nordsee wird besonders durch zwei Begriffe charakterisiert: Sinkstoffalle und Kinderstube. Die Nahrungsketten der Watten basieren zu einem großen Teil auf dem Angebot partikulärer organischer Substanz, die – aus der Nordsee kommend – in dem küstennahen Gezeitenbereich sedimentiert und in Biomasse benthischer Makrofauna umgeformt wird. Das herbivore Makrobenthos bietet seinerseits aus der Nordsee einwandernden Räubern, wie jungen Plattfischen und Krebsen, ein reichhaltiges Nahrungsangebot.

Käfigexperiment, bei denen die epibenthischen Räuber ausgeschlossen wurden, zeigten einen nachhaltigen Feinddruck auf das benthische System der Watten. Unter dem Schutz der Käfige stieg die Individuendichte der Infauna stark an. Dabei sind allerdings Käfigartefakte, wie z. B. die vermehrte Ansiedlung von Op-

portunisten nicht auszuschließen. Bislang ist kaum abschätzbar, inwieweit der Wegfraß direkt auf die Dynamik der Benthosgemeinschaft einwirkt und welche Arten oder Altersgruppen am stärksten betroffen sind. Unbekannt ist auch, wie der Energiefluß von den Beuteorganismen zu den Räubern quantitativ erfolgt. Um diese Zusammenhänge zu klären, sind vor allem Einschlußexperimente mit Räubern erforderlich.

1985 wurden die „Bremerhavener Caissons“ erstmals auf ihre Eignung für Einschlußexperimente mit epibenthischen Räubern erprobt. Die Caissons sind experimentelle Systeme (Mesokosmen), die speziell für den Einsatz im Gezeitenbereich entwickelt wurden. Der Schwerpunkt der bislang durchgeführten Untersuchungen lag auf der Wirkung und dem Verhalten von Schadstoffen (Öl, chemische Ölbekämpfungsmittel, Schwermetalle) im Wattenmeer.

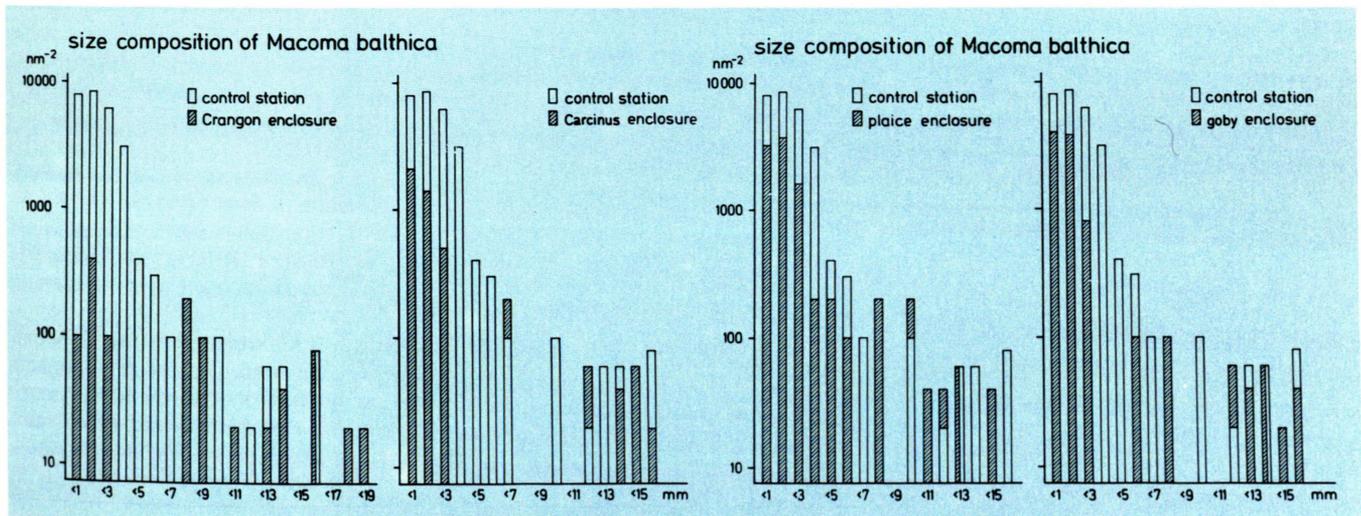
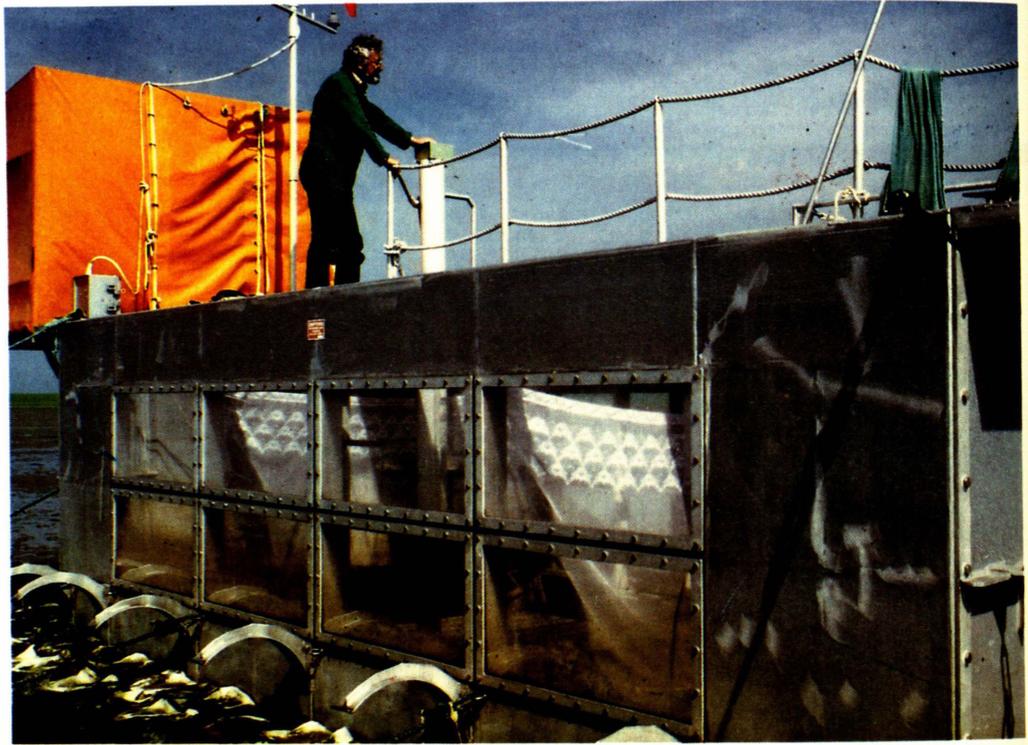


Abb. 1: Größenspektrum der Muschel *Macoma balthica* von den Einschlußflächen mit unterschiedlichen epibenthischen Räubern (links Krebse, rechts Fische) und von freiem Watt (control station) nach ca. 4 Wochen Versuchsdauer. Aufgetragen ist die Schalenlänge (mm) gegen die Abundanz ( $n/m^2$ ) in semilogarithmischer Darstellung.

Abb. 2:  
Auch die Wissenschaft arbeitet mit Provisorien: 1985 diente Gardinengaze zur Abtrennung der einzelnen Versuchsfelder und damit gleichzeitig sowohl zum Einschluß der einzelnen epibenthischen Räuber auf die Versuchsfelder als auch zum Ausschluß unerwünschter räuberischer Arten (Foto: Farke).



Für die Räuber-Beute-Experimente im Jahr 1985 wurden die 13m<sup>2</sup> großen Caissoninnenflächen in jeweils 2 Felder unterteilt, die vom Zuflußsystem und untereinander durch Gaze (1 mm Maschenweite) getrennt waren (Abb. 2). Diese Vorrichtung hielt die eingesetzten Schollen, Grundeln, Strandkrabben und Garnelen auf den Versuchsfeldern zurück und verhinderte gleichzeitig die Einwanderung anderer Räuber. Es zeigte sich, daß die eingeschlossenen epibenthischen Räuber die adulte Makrofauna nur mäßig beeinflussen. Deutlicher Wegfraß wurde im Bereich der juvenilen Makrofauna, insbesondere bei einer Reihe von Polychaeten, nachgewiesen. Besonders stark wurden Juvenile der Muschel *Macoma balthica* reduziert, die während des Experimentes in hohen Dichten auftrat. Analysen der Größenklassenverteilungen dieser Muschel vom freien Watt und aus den Einschlußflächen zeigen, daß im wesentlichen das Größenspektrum < 7 mm gefressen wird (Abb. 1).

Die Erkenntnis aus den ersten Experimenten, daß die epibenthischen Räuber der 0-Altersklasse überwiegend die gleiche Altersstufe der herbivoren Makrofauna beeinflussen, wurde in ein neues Projekt eingebracht, das im April 1986 begann. Dabei soll überprüft werden, ob eine der Hauptlinien des Energieflusses im Wattenmeer tatsächlich von der in dieser Hinsicht wenig beachteten 0-Altersklasse der herbivoren Makrofauna zu der 0-Altersklasse der epibenthischen Räuber führt. Dies ist nur möglich, wenn die Sekundärproduktion der makrobenthischen Juvenilstadien höher ist als bisher angenommen. Messungen der Sekundärproduktion stehen also im Vordergrund der Untersuchungen. Gleichzeitig muß der Feinddruck der epibenthischen Räuber in Einschlußexperimenten quantifiziert werden. Die Ergebnisse sollen einen tieferen Einblick in die Vorgänge ermöglichen, die jedes Jahr die benthische Lebensgemeinschaft im Watt erneut strukturieren.

# Hälterung lebender antarktischer Schnecken und Muscheln

Stefan Hain

Die beschalteten Mollusken (Käferschnecken, Schnecken und Muscheln) spielen in der benthischen Lebensgemeinschaft der Antarktis in Bezug auf Biomasse und Häufigkeit des Auftretens eine untergeordnete Rolle. Diese Gruppe ist nicht so auffällig wie die z. T. als Riesenformen auftretenden Schwämme, Krebse oder Borstenwürmer, aber die Mollusken zeigen doch eine erstaunliche Artenvielfalt verbunden mit unterschiedlichen Anpassungen an die Lebensbedingungen der antarktischen Meere.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme der hochantarktischen Fauna wurde im Februar 1986 mit einer eingehenden Untersuchung der Mollusken des östlichen Weddellmeeres begonnen. Unter Einsatz von Bodennetzen und Greifern wurden an Bord von FS POLARSTERN gezielt Proben aus Tiefenhorizonten von 200-

1000m entnommen. Der größte Teil der Mollusken aus diesen Fängen wurde für systematisch/faunistische Analysen konserviert und unverletzte Individuen wurden für die Aquarienhälterung in gekühlten Labor-Containern ausgesucht.

Anfängliche Schwierigkeiten bei der Pflege der ca. 450 Exemplare, die in 40 Aquarien von 30 - 50 l Inhalt untergebracht waren, konnten relativ schnell überwunden werden. Eine wöchentliche Fütterung mit Algensuspension sowie ein regelmäßiger Wasserwechsel und die strikte Einhaltung einer Wassertemperatur von 0°C lies die Verlustrate fast auf Null sinken. Schon an Bord von POLARSTERN offenbarte der intensive tägliche Umgang mit den Tieren die verschiedensten Verhaltens- und Aktivitätsmuster. Als Beispiele sind hier Vertreter der filtrierenden Schnecken-Familie

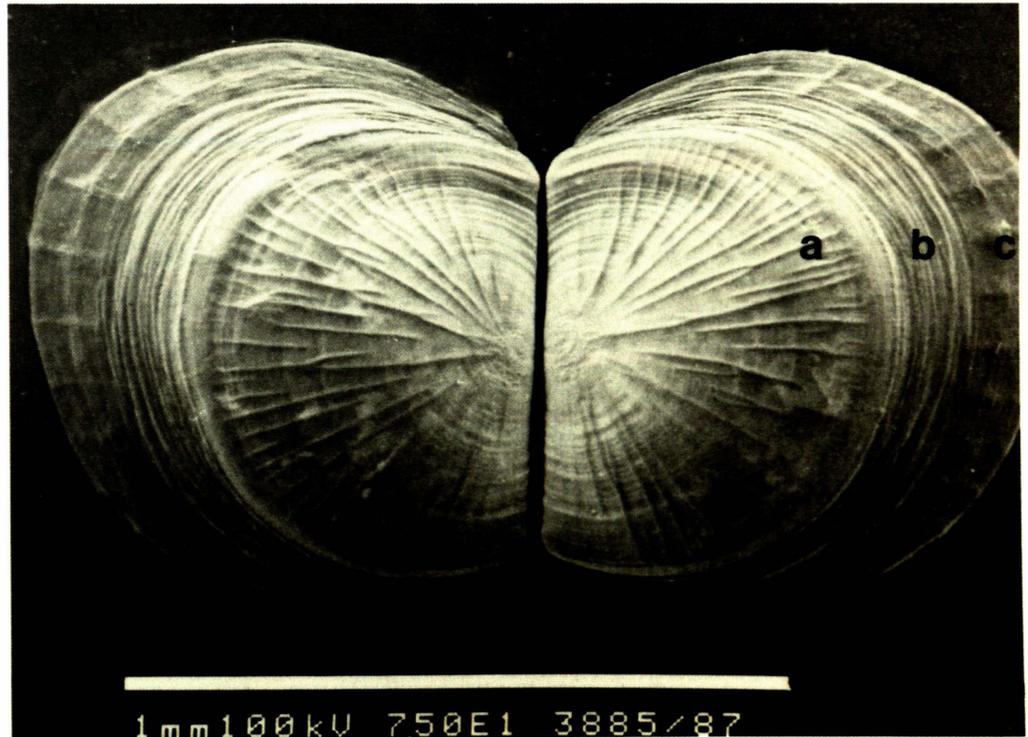


Abb. 1 : REM-Aufnahme eines 77 Tage alten, juvenilen Exemplares von *Philobrya sublaevis*;  
a) Embryonalschale (Prodissoconch I),  
b) Übergangsstrukturen (Prodissoconch II ?),  
c) Adultschale (Dissoconch).

*Trichotropidae* zu nennen, welche immer den höchstmöglichen Aufenthaltsort in den Aquarien direkt unter dem Wasserspiegel aufsuchen, oder die Beobachtung eines Exemplares der Raubschnecken-Gattung *Natica*, das für einen Bohr-/Freßvorgang einer Muschel 7 Tage benötigte. Diese Beobachtungen sowie parallel dazu durchgeführte Vorversuche zur Bestimmung der Wachstumsgeschwindigkeit und des Sauerstoffverbrauchs bestätigten einen sehr niedrigen Basismetabolismus und trugen zu einem besseren Verständnis der Lebensweise der einzelnen Arten bei.

Die gute Kondition der Tiere zeigte sich im August 1987 durch das Abbläuen von Exemplaren der Muschelart *Philobrya sublaevis* (Pelseneer, 1903) und dem Schlupf von Juvenilen der Schneckenart *Philine alata* (Thiele, 1912). Im Fall der Brutpflege betreibenden Art *Philobrya sublaevis* handelte es sich um ca. 1.200 winzige, beschaltete Juvenil-Stadien ( $\varnothing$  ca. 0,5 mm), die von mehreren Weibchen gleichzeitig entlassen wurden. Wöchentlich werden ca. 20 Juvenile entnommen, mit Hilfe einer rechnerge-

stützten Vermessungsanlage vermessen und für rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen präpariert. Die Abb. 1 zeigt die Doppelklappe (REM-Aufnahme der Außenseiten) eines juvenilen Exemplares 77 Tage nach dem Abbläuen.

Die 60 juvenilen Exemplare (Größe 0,5-0,6 mm) von *Philine alata* schlüpften nach 178 Tagen aus 2 Eiballen, die im März im POLARSTERN-Aquarium von zwei adulten Weibchen abgelegt worden waren. Auch hier wurden wöchentlich Proben (3-4 Ex.) entnommen. Da bei *Philine alata* große Teile des Gehäuses von Mantelgewebe verdeckt werden, wurde die Größenmessungen anhand von REM-Präparaten vorgenommen. Abb. 2 zeigt das Gehäuse (REM-Aufnahme, Aufsicht) nach Entfernen des Weichkörpers von einem 35 Tage alten, juvenilen Exemplar.

In beiden Fällen konnte erstmals das Wachstum juveniler Exemplare hochantarktischer Mollusken dokumentiert werden. Die bis jetzt vorliegenden Daten ergeben einen geringen, kontinuierlichen Größenzuwachs der Schalen von ca. 0,2 mm in 5 Monaten. Extrapoliert man diesen Wert auf adulte Tiere beider Arten

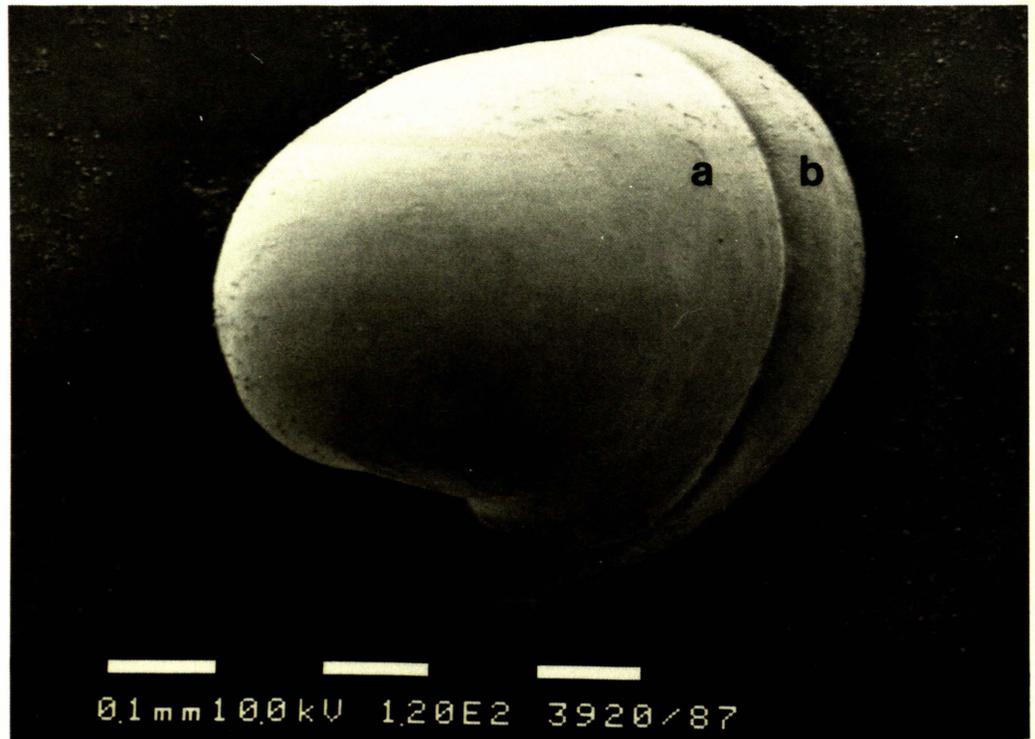


Abb. 2 : REM-Aufnahme eines 35 Tage alten, juvenilen Exemplares von *Philine alata*;  
a) Embryonalschale (Protoconch),  
b) Adultschale (Teleoconch).

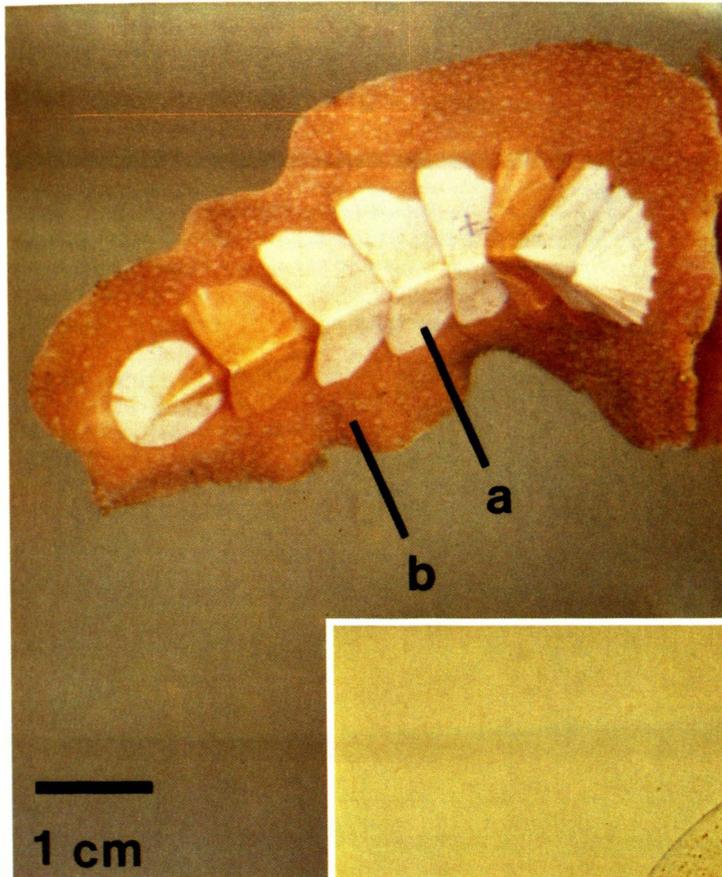


Abb. 3: *Nuttallochiton mirandus* beim Ablaihvorgang. Das Weibchen sitzt an der Aquarienscheibe knapp unter der Wasseroberfläche. Die Eier werden durch das Abknicken des Hinterendes direkt ins Wasser abgegeben. a) Rückenplatten, b) Mantel.

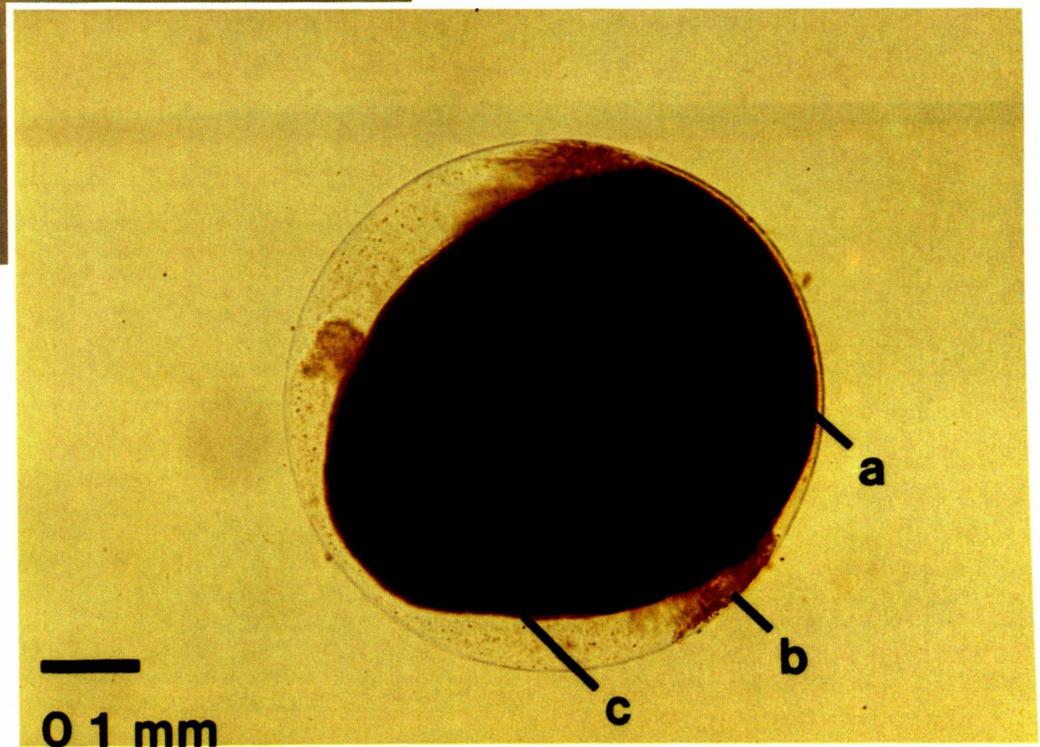


Abb. 4: 49 Tage alte Trochophora-Larve von *N. mirandus* in der Eihülle;  
 a) Vorderregion (Episphäre),  
 b) Wimpernkranz (Protoconch),  
 c) Hinterregion (Hyposphäre).

---

(ohne Berücksichtigung der nach Bertalanffy zu fordernden Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit mit der Zeit), so hätten ausgewachsene Exemplare beider Arten ein Mindestalter von 70-80 Jahren.

Weitere Beobachtungen der Jugendstadien sowie eingehendere Vergleiche mit Wachstumsdaten von Mollusken aus subantarktischen/gemäßigten Breiten müssen durchgeführt werden, um diese Vermutungen zu untermauern.

Neben diesen Untersuchungen zum Wachstum von juvenilen Stadien konnte an der Käferschneckenart *Nuttalochiton mirandus* (Thiele, 1906) die frühontogenetische und larvale Entwicklung beobachtet werden. Im Oktober 1987 laichten adulte Individuen in verschiedenen Aquarien ab (Abb. 3). 49 Tage nach der

Vermischung von Eiern und Spermien wurde eine ausdifferenzierte Trochophora-Larve in der Eihülle beobachtet (Abb. 4). Nach ca. 63 Tagen sprengte die schon deutlich segmentierte Larve die Eihülle und schwamm 1-2 Tage frei beweglich umher. Danach setzen sich die Larven fest und beginnen mit der Metamorphose. Die typischen Larvalmerkmale wie Wimpernkranze und Pigmentflecken werden reduziert, erste Ansätze der 8 Rückenplatten erscheinen. Nach weiteren 3 Wochen ist die Umwandlung beendet, alle Adultorgane wie Kriechfuß, Mantel und Rückenplatten sind voll ausgebildet. Die Fortführung der Beobachtungen muß klären, ob diese für antarktische Verhältnisse schnelle Larvalentwicklung sich im Wachstum der juvenilen Exemplare fortsetzt oder ob die bei *Philobrya* und *Philine* ermittelten Wachstumsraten auch für *Nuttalochiton mirandus* zutreffen.

# Hydrographie im Bereich des Küstenstromes des östlichen Weddellmeeres

Hartmut Hellmer

Das großräumige Bewegungsfeld des Weddellmeeres wird geprägt von einer durch die ganze Wassersäule reichenden Zyklone, dem Weddell-Wirbel. Dieser besteht im östlichen Teil des Weddell-Beckens aus einem stark gebündelten Zweig, der entlang der Küste – etwa der 500-m-Tiefenlinie folgend – nach Süden setzt. Der Küstenstrom fächert sich dann mit dem Erreichen des verbreiterten Schelfes bei etwa 30°W auf und verliert stromabwärts seine deutlichen Konturen, die ihn noch vor dem Riiser-Larsen-Schelfeis, einem bevorzugten Arbeitsgebiet des AWI, charakterisieren. Hier sind signifikante Wechselwirkungen zwischen dem Schelfeis und dem Ozeanwasser zu vermuten und

im Winter wird häufig offenes Wasser (Küstenpolynyen) auf Satellitenbildern sichtbar. Damit scheinen gute Voraussetzungen für eine tiefreichende Vermischung und die Ausbildung *Antarktischen Bodenwassers* zu bestehen.

Die auf einem zur Schelfeiskante senkrechten Schnitt während der POLARSTERN-Reise ANT III 1985 gewonnenen Meßdaten der potentiellen Temperatur (Abb. 1) und des Salzgehaltes (Abb. 2) markieren folgende Tatbestände:

– Über dem engen Schelf liegt unterhalb der etwa 50 m dicken Deckschicht kaltes (0 - 1,8°C) relativ salzarmes „Schelfwasser“, das 15 bis 20 km vor der Schelfeiskante durch eine markante

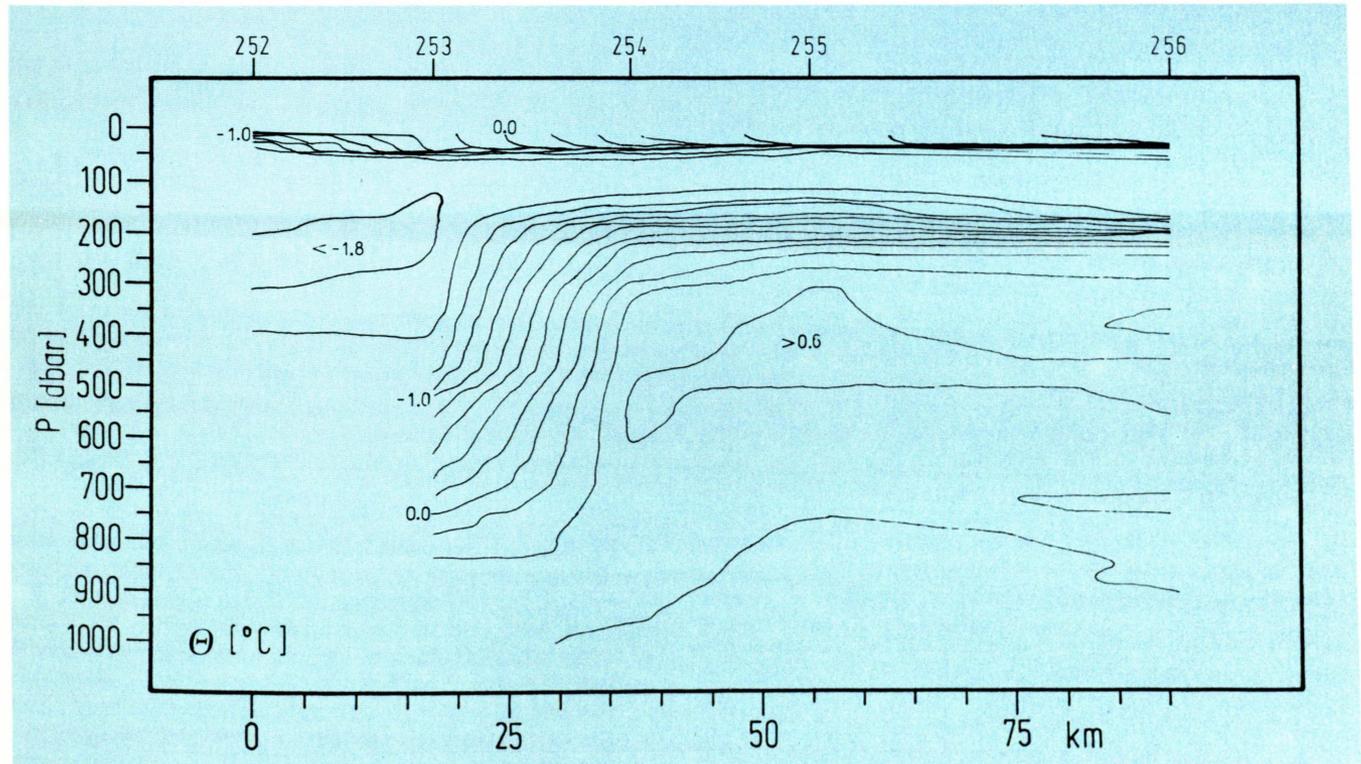


Abb. 1: Vertikalschnitt der Ozeantemperatur senkrecht zur links gelegenen Schelfeiskante (Einheiten: Grad Celsius).

Front von dem stark geschichteten, etwas salzreicheren „Warmen Tiefenwasser“ getrennt wird.

– Die Front reicht am Kontinentalabhang fast bis zu 1.000 m Tiefe hinab. Die Dichtegradien treiben den Küstenstrom in diesem Gebiet an. Die aus unseren Daten abgeleitete horizontale Dichteverteilung ist einer Stromgeschwindigkeit von  $20 \text{ cm s}^{-1}$  äquivalent.

– Die hier beobachtete sommerliche Temperatur- und Salzgehaltsstruktur bedingt eine stabile vertikale Dichteschichtung und

unterdrückt damit den konvektiven Abwärtstransport des kalten Schelfwassers. Unter diesen Umständen kann Antarktisches Bodenwasser zumindest im Sommer nicht entstehen.

Gleichartige Messungen wurden während des gerade abgeschlossenen Winter-Weddell-See-Projektes 1986 im Oktober und November wiederholt. Beide Datensätze werden sowohl zur Wassermassenanalyse als auch zur Konzeption und Überprüfung numerischer Ozeanmodelle im Küstenbereich des Weddellmeeres genutzt.

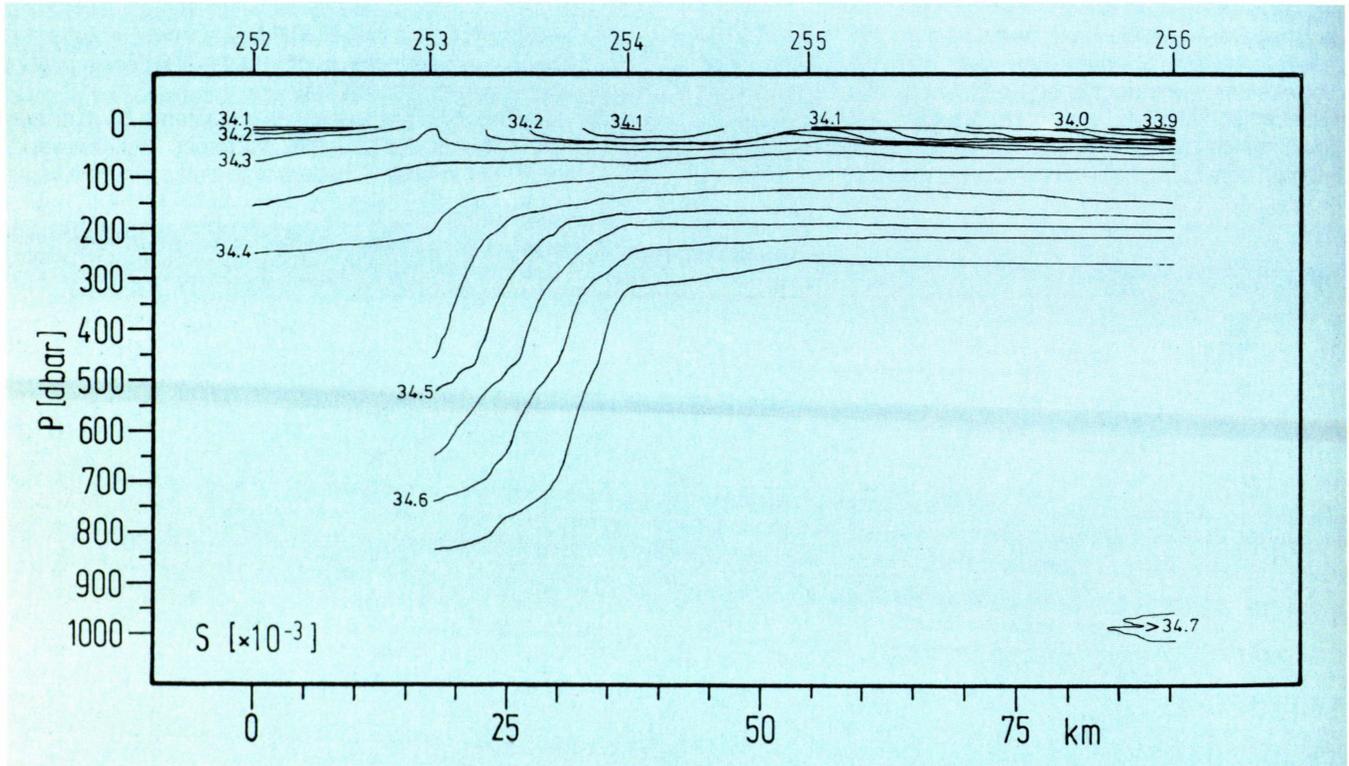


Abb. 2: Vertikalschnitt des Salzgehaltes senkrecht zur linken gelegenen Schelfeiskante (Einheiten: Promill).

# Phytoplanktonverteilung und -produktivität an Fronten in der Deutschen Bucht

Karl J. Hesse und Karsten Schaumann

Die Vermischung der verschiedenen, in der Deutschen Bucht aufeinandertreffenden Wassermassen (Nordseewasser, Ästuarwasser, Wattenwasser u. a.) erfolgt nicht entlang einer einzigen, geschlossenen Konvergenzzone – wie lange Zeit angenommen – sondern auf sehr heterogene Weise unter Ausbildung zahlreicher Fronten, Wirbel und Mäander mit unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen.

Die seit 1982 laufenden Forschungsarbeiten im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten, interdisziplinären *Fronten-Projekts* haben gezeigt, daß in der Deutschen Bucht hauptsächlich drei Frontentypen anzutreffen sind: – *Flachseefronten* („tidal mixing fronts“) finden sich vor allem im Sommer vor der ostfriesischen Küste, wo das vertikal voll durchmischte Küstenwasser in das geschichtete Nordseewasser übergeht;

– *Elbabflußfronten* („river plume fronts“) herrschen im Seegebiet östlich von Helgoland vor; und

– *Auftriebsfronten* („upwelling fronts“) werden entlang des ehemaligen Elbe-Urstromtales bei östlichen Winden angetroffen.

Diese heterogene Struktur und Dynamik der hydrographischen Verhältnisse in der Deutschen Bucht bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die Biologie dieses Meeresgebietes. In Bezug auf das Phytoplankton konnten wir nachweisen, daß die Bedeutung und Funktion der Fronten vor allem in vier, sich teils ausschließenden, teils ergänzenden Aspekten liegt.

1. Fronten können als einfache Übergangs- oder Vermischungszonen zwischen verschiedenen Wasserkörpern und deren Phytoplanktonassoziationen wirken. Dementsprechend kommt es im Bereich der Frontenzone zu einer mehr oder weniger homogenen Vermischung der beiderseitigen Phytoplanktongemeinschaften.

2. Fronten stellen zum Teil ausgeprägte Trennungszonen zwischen unterschiedlichen Wassermassen und ihren jeweiligen Phytoplanktonassoziationen dar. Je nach Frontentyp kann die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Phytoplanktons in der Front selbst entweder der einen oder der anderen Phytoplanktonassoziation der beiderseitigen Wasserkörper angehören, oder es liegt in der Frontenzone eine eigenständige Phytoplanktongemeinschaft vor, die von derjenigen der beiderseitigen

Wasserkörper signifikant verschieden ist. Letzteres wurde beispielsweise an einer relativ stabilen Elbabflußfront im Spätsommer beobachtet.

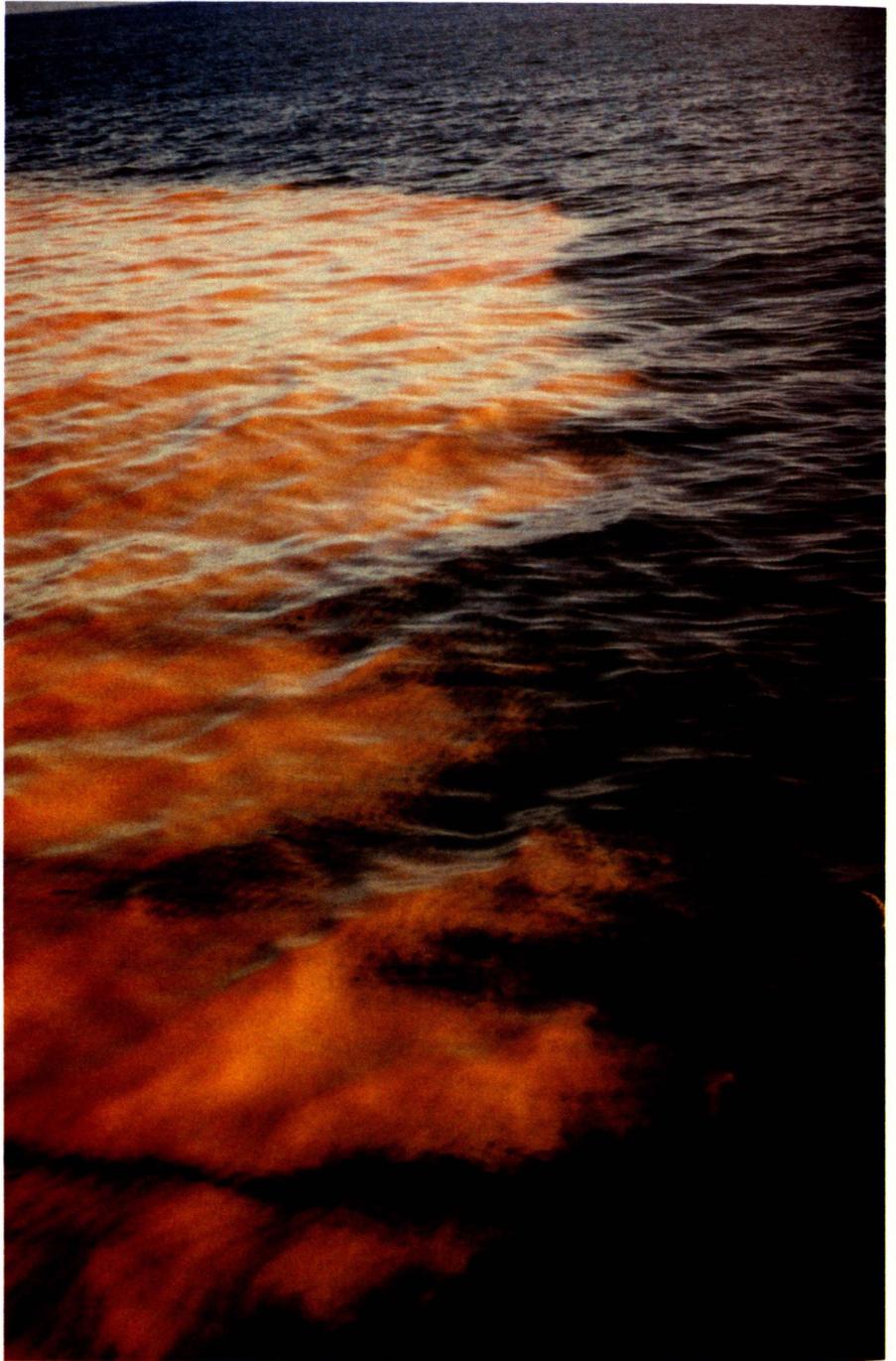
3. Fronten tragen wesentlich zum Transport des Phytoplanktons bei. Dieser Transport erfolgt selektiv (artenspezifisch) und kann sowohl horizontal – quer zur oder längs der Front –, als auch vertikal – auf- oder abwärts in der Front –, erfolgen. Letzteres wurde für den Larvenfall meroplanktischer Tiere seit längerem postuliert, konnte für das Phytoplankton aber erst im Frühjahr 1986 an einer Elbabflußfront östlich von Helgoland nachgewiesen werden. Dort, wo die Isopyknen des Frontengradienten auf den Meeresboden trafen, fand sich ein zum Oberflächenmaximum paralleles, bodennahes Chlorophyll-a- und Phytoplanktonmaximum. Dieses enthielt im übrigen vermehrt Dauersporen von *Chaetoceros teres*, einer neritischen Diatomeenart, die in diesem Entwicklungsstadium am Meeresboden „übersommert“.

4. Fronten bewirken unter bestimmten, noch nicht restlos geklärten Voraussetzungen, die Akkumulation des Phytoplanktons unmittelbar an der Konvergenzlinie. Diese Akkumulation erfolgt ebenfalls selektiv und basiert sowohl auf passiver Advektion (wie im Beispiel der *Noctiluca* „red-tide“, s. Abb. 1), als auch auf aktiv erhöhten Wachstumsraten des Phytoplanktons im Frontenbereich. In letzterem Fall registriert man unmittelbar an der Front ein Chlorophyll-a Maximum und erhöhte Werte des Produktionsindex (P<sub>max</sub>), (Abb. 2). Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang das vermehrte Auftreten mißgestalteter (heteromorpher) Individuen des Dinoflagellaten *Ceratium fusus*, als dessen Ursachen u. a. die zu hohe Populationsdichte und der eventuelle Mangel an bestimmten Mikronährstoffen in Betracht zu ziehen sind.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß Fronten die Verteilung und Produktivität des Phytoplanktons in der Deutschen Bucht nachhaltig beeinflussen. Insbesondere die qualitativ und quantitativ ungleiche, fleckenhafte Verteilung (patchiness) des Phytoplanktons ist zu einem wesentlichen Teil frontenbedingt. Darüber hinaus steht die Ausbildung von „red-tides“ in engem Zusammenhang mit dem Auftreten von Fronten – und zwar auch dann, wenn bei ruhiger Wetterlage die Frontengradienten nur minimal ausgeprägt sind.

---

Abb. 1 : „red-tide“ (Planktonblüte) des Dinoflagellaten *Noctiluca miliaris* in der westlichen Deutschen Bucht im Sommer 1984 bei gleichzeitigem Vorkommen einer Front, die den „Fleck“ im Südosten scharf begrenzte und zu seiner Entstehung beitrug (Schaumann).



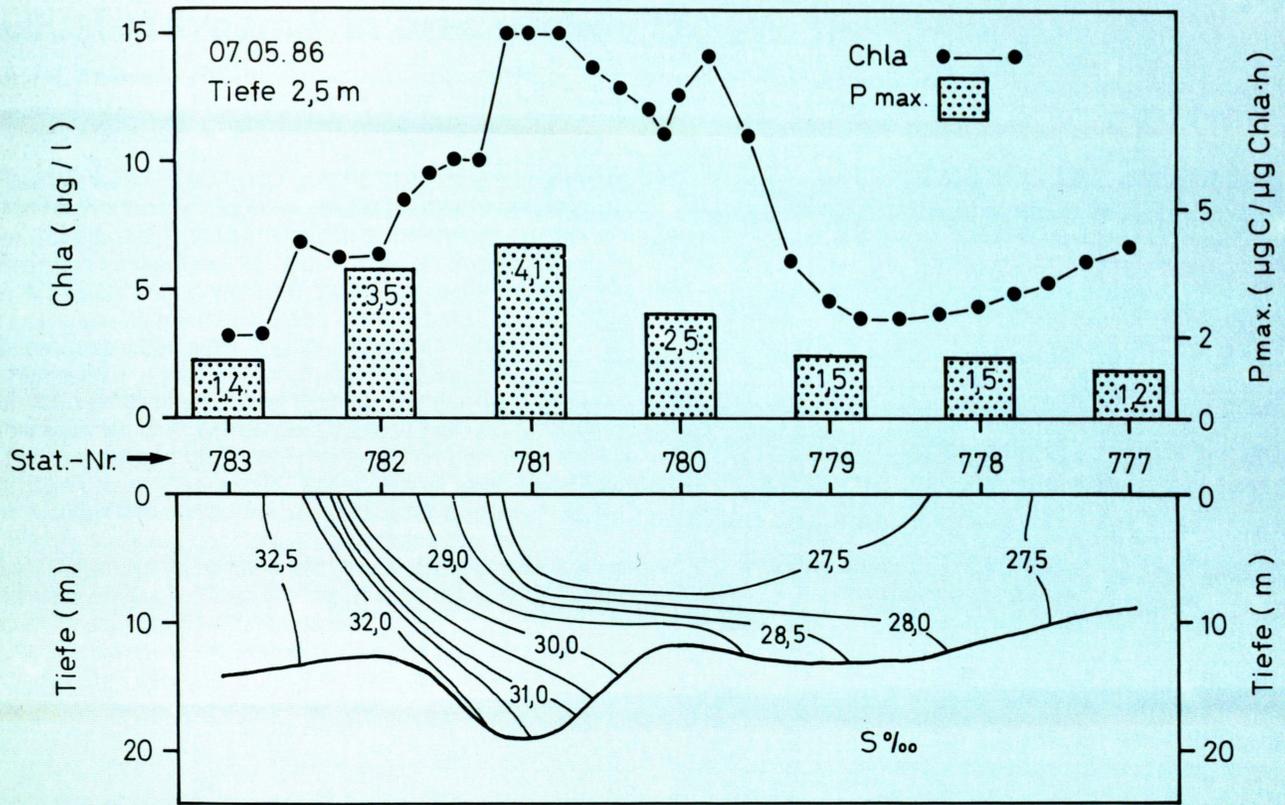


Abb. 2: a) Chlorophyll-a Konzentration und Produktionsindex in 2,5 m Wassertiefe entlang eines Stationsprofils quer über eine Elbabflußfront („river plume front“) im Mai 1986 (Hesse); b) vertikale Salinitätsverteilung entlang desselben Stationsprofils, wobei die Existenz einer Front zu erkennen ist (Budeus).

# Nährstoffdynamik in ozeanischen Fronten der Grönland-See

Gerhard Kattner

Das Wachstum des Phytoplanktons ist von den vorhandenen Nährstoffen abhängig. Hohe Nährstoffkonzentrationen bilden, neben weiteren Bedingungen wie z.B. ausreichende Lichtverhältnisse und Stabilisierung der Wassersäule, die Voraussetzung für ein schnelles und starkes Phytoplanktonwachstum. Der Verbrauch eines Nährstoffs behindert das Wachstum und kann sogar zum Absterben einer Phytoplanktonblüte führen.

Während der Arktis-Expedition der POLARSTERN 1987 wurden zwei verschiedene Frontensysteme untersucht; die arktische Front zwischen dem Wasser der Grönland-See und dem atlantischen Wasser und die Polar-Front zwischen der Grönland-See und dem polaren Wasser des Ost-Grönland-Stroms. Beide Fronten zeichnen sich durch eine hohe biologische Produktivität aus.

Bei der Messung der Nährstoffe werden Nitrat, Nitrit, Ammonium, Silikat und Phosphat erfaßt. Ihre Konzentrationen können sofort aus einigen Millilitern Wasser an Bord mit einem automatischen Meßsystem bestimmt werden.

Als Beispiel für die Nährstoffverteilungen sind die Nitrat-Konzentrationen in den Abb. 1 und 2 dargestellt, und zwar jeweils die

Ergebnisse eines Schnittes durch die Arktik- und die Polar-Front, wo besonders ausgeprägte Gradienten gefunden wurden. Beide Fronten unterscheiden sich beträchtlich in ihrer Nährstoffverteilung. Während an der Arktik-Front Nitrat noch in relativ hohen Konzentrationen vorhanden ist (Abb. 1), betragen die Werte an der Polar-Front nur noch ein Drittel davon; sie liegen nahe der Oberfläche bereits unter  $2 \mu\text{mol/l}$  (Abb. 2). Die nährstoffarme

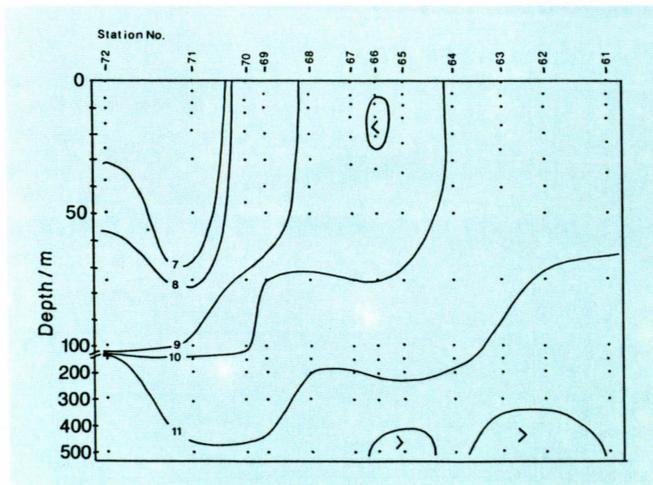


Abb. 1:  
Nitratverteilung im Bereich der Arktik-Front auf einem Schnitt von  $74^{\circ}30'N$   $4^{\circ}11'E$  nach  $9^{\circ}30'E$  (Konzentrationen in  $\mu\text{mol/l}$ ).

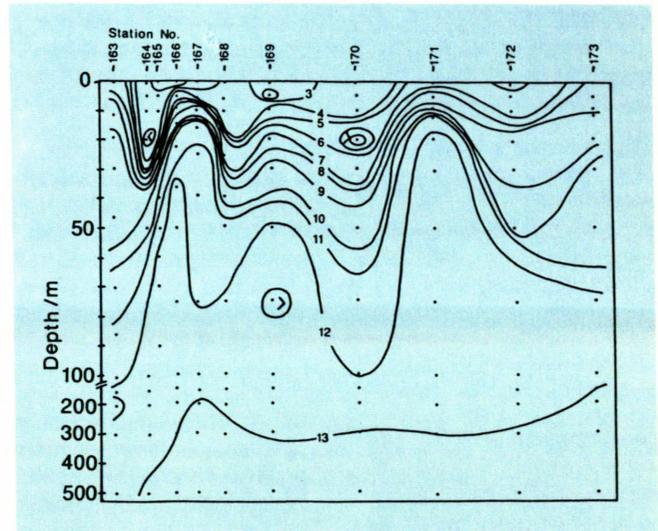


Abb. 2:  
Nitratverteilung im Bereich der Polar-Front auf einem Schnitt von  $78^{\circ}16'N$   $4^{\circ}07'W$  nach  $78^{\circ}37'N$   $1^{\circ}47'E$  (Konzentrationen in  $\mu\text{mol/l}$ ).

Zone an der Polar-Front ist auf der polaren Seite scharf begrenzt, da im Ost-Grönland-Strom das Planktonwachstum zusätzlich durch eine starke Eisbedeckung eingeschränkt wird.

Im Gegensatz zu den unterschiedlichen Nitratkonzentrationen ist das Silikat an beiden Fronten bis auf 1 bis  $2 \mu\text{mol/l}$  aufgebraucht worden. Die Werte sind teilweise an der Arktik-Front sogar niedriger als an der Polar-Front.

Phosphat ist im Bereich der Fronten ebenfalls erniedrigt, und zwar etwas stärker an der Polar- als an der Arktik-Front. Die Kon-

---

zentrationen sind jedoch noch so hoch, daß sie nicht limitierend für das Phytoplankton werden.

Mit dem Verbrauch der Nährstoffe Nitrat, Silikat und Phosphat beginnt eine allmähliche Zunahme des Ammoniums, das bei der Zersetzung von organischem Material, wie z. B. abgestorbenen Planktonorganismen entsteht und vom Zooplankton ausgeschieden wird. Da Ammonium aber auch wieder vom Phytoplankton als stickstoffhaltiger Nährstoff aufgenommen wird, kommt es zu keiner stärkeren Anreicherung in den oberflächennahen Wasserschichten. Unterhalb der euphotischen Zone findet man bei fortgeschrittenen Phytoplanktonblüten erhöhte Konzentrationen, da dort das Phytoplankton wegen der Lichtlimitierung nicht wachsen kann.

Die Nährstoffkonzentrationen charakterisieren nicht nur das Phytoplanktonwachstum und damit den engen Bereich von Fronten, sondern sie ermöglichen sogar eine Unterscheidung der verschiedenen Frontensysteme. Aufgrund des unterschiedlichen Nährstoffspektrums erlauben sie eine eindeutige Zuordnung zu den jeweiligen Wassermassen der Fronten. Während in der Polar-Front-Zone sowohl Nitrat als auch Silikat bis auf zum Teil geringe Konzentrationen aufgebraucht sind, findet man an der Arktik-Front bei geringen Silikat- noch relativ hohe Nitratkonzentrationen. Diese unterschiedlichen Zusammensetzungen haben offenbar merkbare Konsequenzen für das Phytoplanktonwachstum und deren Sukzession und somit auch für die Produktivität dieser Gebiete.

# Die frühe Lebensgeschichte antarktischer Fische

Adolf Kellermann

Die nach Anzahl und Biomasse häufigste Gruppe der antarktischen Bodenfische sind die Notothenioidei, eine Unterordnung der barschartigen Fische (Perciformes), die auf der Südhalbkugel endemisch ist. Ihre Fortpflanzungsbiologie kennzeichnet die Erzeugung relativ großer, dotterreicher Eier, die von der Mehrzahl der Arten im antarktischen Herbst und Frühwinter am Boden abgelaicht werden. Sie können vor allem bei Weißblut- oder Eisfischarten (Channichthyiden) mehr als 5 mm Durchmesser errei-

chen. Derart große und nährstoffreiche Eier sind ansonsten nur von Lachsen und Muränen bekannt.

Aufgrund der niedrigen Temperaturen im Bodenwasser und der Größe der Eier sind die Entwicklungszeiten für die Embryonen (Inkubationszeiten) recht lang. Eier des Fisches *Notothenia neglecta* von 4,5 mm Durchmesser (Abb. 1) benötigen 15 - 21 Wochen bis zum Schlupf der um 12 mm langen Larven, während aus den 2,8 mm messenden Eiern einer Plunderfischart (*Harpagifer bispinis*) nach 8 - 18 Wochen um 5 mm lange Larven schlüpfen.

Laichzeit und Eigröße sind bei Fischen darauf abgestimmt, daß die Brut nach dem Schlupf möglichst günstige Aufwuchsbedingungen vorfindet. Dadurch werden gute Überlebenschancen in den ersten Lebensmonaten gesichert, so daß langfristig die Art erhalten bleibt. Bei notothenioiden Fischen haben wenigstens zwei Wege zum Erfolg geführt. Bei einer Reihe von Fischarten mit Eigrößen von 1,3 - 2,3 mm liegen die Laichzeiten so, daß ihre Larven sukzessive vom zeitigen Frühjahr bis in den Sommer hinein schlüpfen. Die Larven (Abb. 2 a), ernähren sich überwiegend von Kleinkrebsen (Copepoden, Abb. 3), die sich nach den im Frühjahr einsetzenden Algenblüten zeitgleich zum Schlupf entwickeln. Zur Hauptlaichzeit des antarktischen Krills in den Sommermonaten bieten Krillleier den Fischlarven reichhaltige Nahrung. Larven von *Nototheniops larseni* halten sich vorwiegend in Laichgebieten des Krills über dem Schelf auf und bevorzugen Krillleier vor anderen Futterpartikeln. Die Eier werden offenbar kurz nach dem Ablai-chen gefressen, während die in größeren Tiefen schlüpfenden Krilllarven als Nahrung kaum von Bedeutung sind. Die täglichen Längenwachstumsraten der Fischbrut liegen bei 0,08 - 0,2 mm.

Einen anderen Weg sind die meisten Eisfische gegangen, die im Spätsommer und Herbst ablaichen. Aus den 4 - 5 mm großen Eiern schlüpfen im Frühjahr sehr große Larven von 14 - 18 mm Länge (Abb. 2 b), die sich von älteren Krilllarven (Furcilia-Stadien), aber auch von Fischbrut ernähren (Abb. 3). Furcilien bilden bereits früh Schwärme, deren Vorkommen viel geringeren zeitlich-räumlichen Variationen unterworfen ist als das jüngerer Krilllarven. Hohe Wachstumsraten von 0,24 - 0,36 mm pro Tag befähigen die

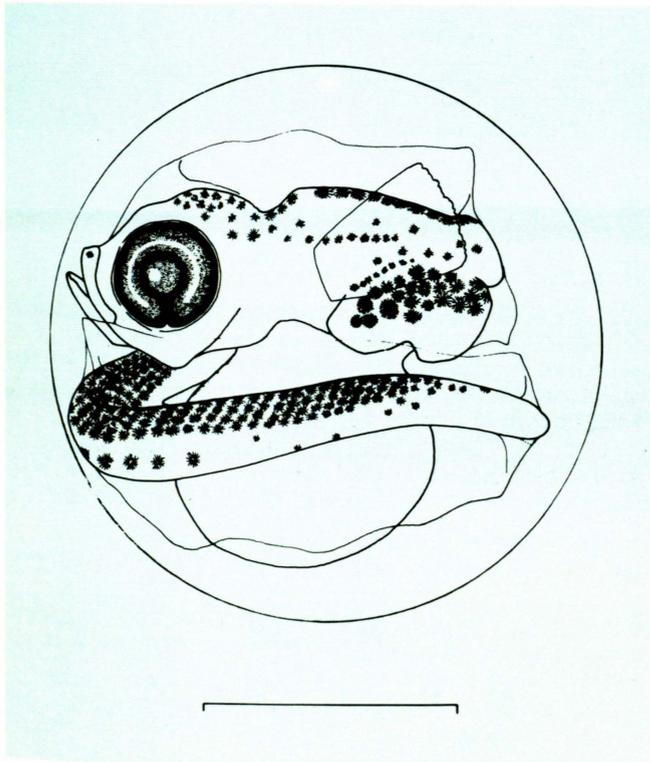


Abb. 1: Ei mit Embryo von *Notothenia neglecta* kurz vor dem Schlupf.

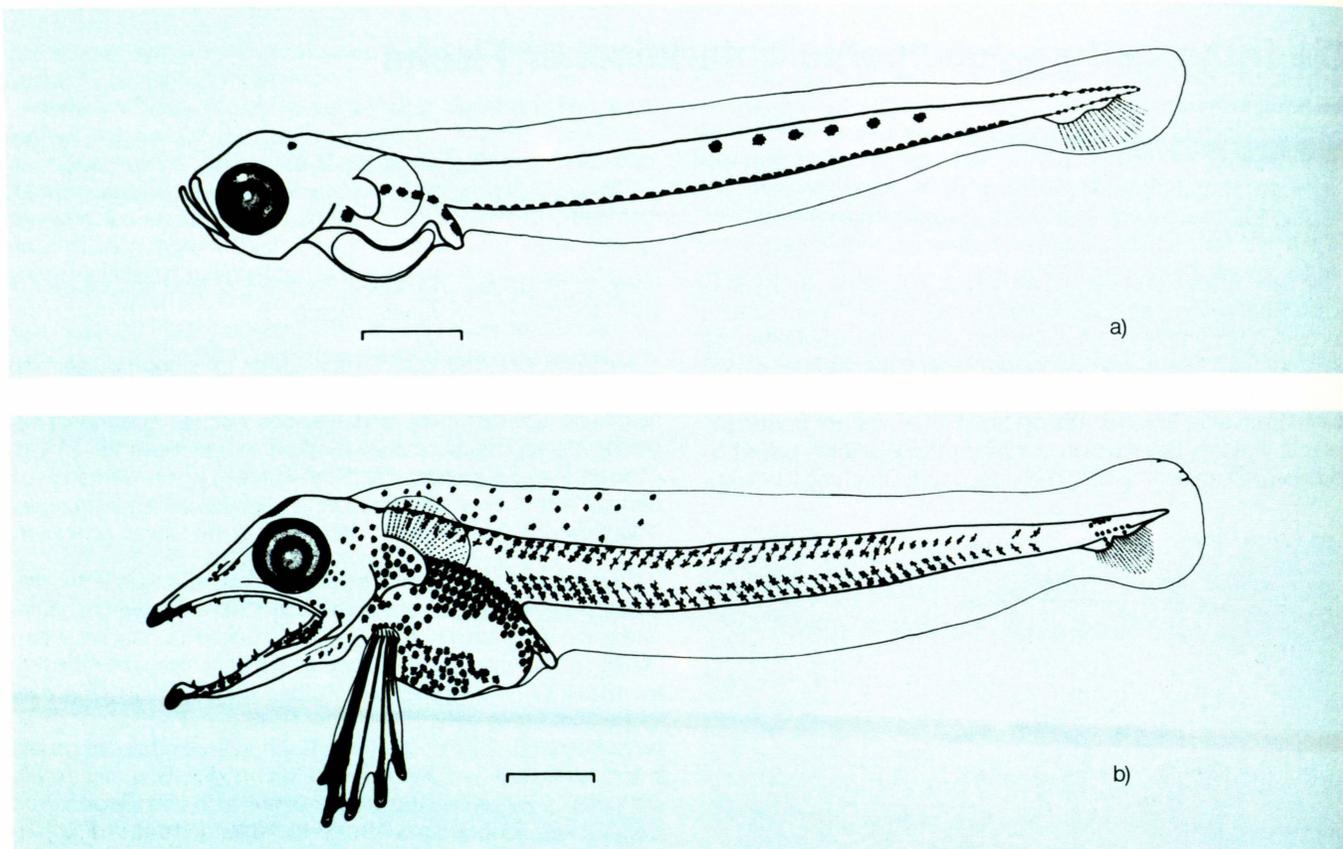


Abb. 2: Larven des Nototheniiden *Nototheniops larseni* (a, 7,8 mm Länge), und des Eisfisches *Chionodraco rastrospinosus* (b, 24,5 mm Länge).

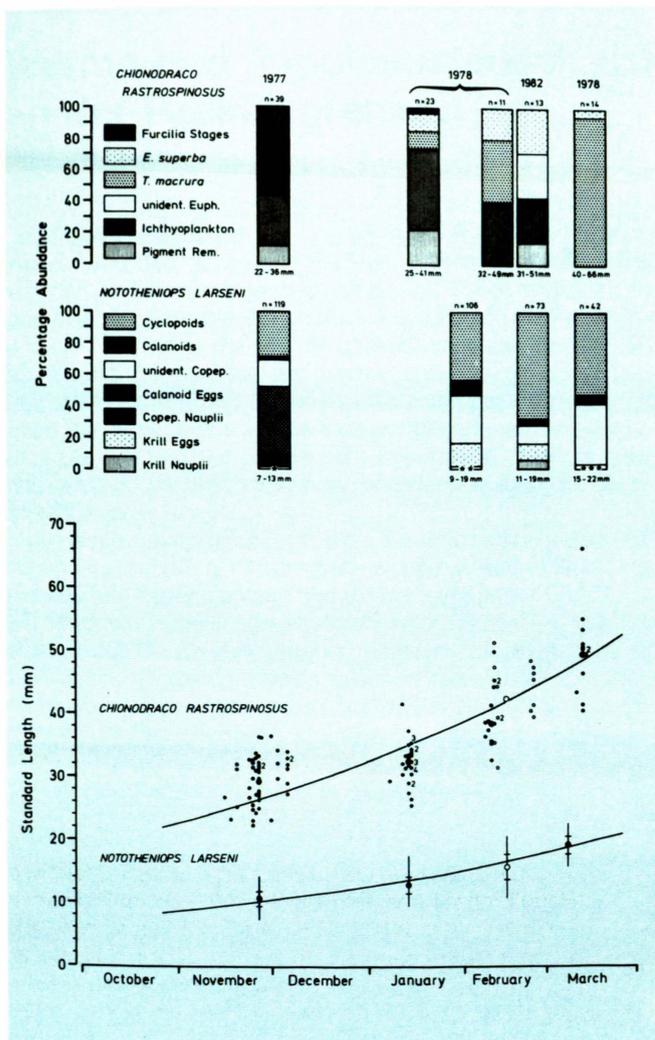
Fischlarven bereits im Sommer, den jungen Krill und andere Leuchtgarnelen zu fressen. Dabei bewältigen sie Beute von bis zu zwei Dritteln ihrer Eigenlänge.

Das pelagische Ökosystem der antarktischen Packeiszone mit dem Krill als zentralem Organismus muß nach unseren Untersu-

chungen als ausgereift gelten. Die Fische haben ihren Reproduktionszyklus und die Eigröße während der erdgeschichtlichen Entwicklung dieses Ökosystems gleichermaßen an den saisonalen Produktionsablauf und an die Lebensgeschichte des Krill angepaßt.

Abb. 3:

Nahrungszusammensetzung und Wachstumskurven der Larven zweier häufiger Fischarten an der Antarktischen Halbinsel (*Nototheniops larseni* und *Chionodraco rastrospinosus*, Abb. 2). Larven von *Nototheniops* fressen im Jahr fast nur noch Copepoden. Im Sommer (Januar/Februar) machen Krill-eier etwa 10 % des Futters aus. Larven des Eisfisches erbeuten zunächst Furciliae und Larven von *Nototheniops*, deren Anteil am Futter im Laufe der Saison zugunsten junger Leuchtgamelen (Krill *Euphausia superba*, und *Thysanoessa macrura*) zurückgeht.



# Wärme und Impulsaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre an der Packeisgrenze

Günter Kellner

Die Eisverhältnisse in der Übergangszone zwischen offenem Wasser und dem arktischen Packeis variieren in Abhängigkeit von den jeweils herrschenden Wind- und Seegangbedingungen. In jedem Falle gilt jedoch qualitativ, daß sich die Rauigkeit und die Temperatur der offenen und eisbedeckten Meeresoberflächen deutlich voneinander unterscheiden. Diese verschiedenen dynamischen und thermischen Bedingungen am unteren Rand der Atmosphäre wirken sich auf die atmosphärische bodennahe Turbulenz, die damit verbundene vertikale Vermischung und schließlich auf den vertikalen Aufbau der Grenzschicht aus.

Um diese Zusammenhänge in der Eisrandzone der Grönländischen See im Sommer aufzuklären, wurden während des Marginal Ice Zone Experimentes 1984 die Messungen auf FS POLARSTERN durch Turbulenzuntersuchungen mit einem Flugzeug, der „Falcon 20“ der DFVLR, ergänzt. Dabei wurde angestrebt, die Schiffs- und Flugzeugeinsätze passend aufeinander abzustimmen und in einer relativ kurzen Zeitspanne die Verhältnisse beiderseits der Packeisgrenze zu erfassen. Abbildung 1 zeigt einen

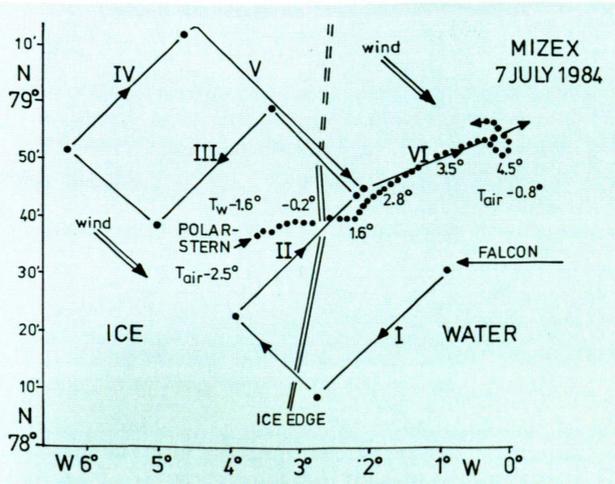


Abb. 1: Skizze der Meßabschnitte der FALCON 20 und des Kurses von FS POLARSTERN am 7. Juli 1984.

dieser Meßfälle mit einer vom Eis zum offenen Wasser gerichteten Luftströmung.

Unter diesen Umständen fließt relativ kalte Luft von der etwa ebenso kalten Eisdecke auf das um mehrere Grad wärmere Wasser. Dort wird ihr ständig Wärme vom Ozean zugeführt, so daß sich die bodennahe Luft auf einer etwa 50 km langen Strecke um 2°C erwärmt (Abb. 2). Dieser Darstellung, die aus Schiffs- und

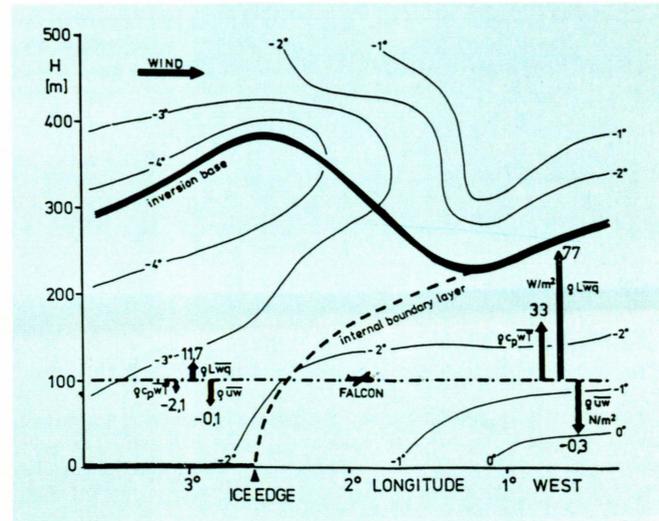


Abb. 2: Entwicklung der atmosphärischen Grenzschicht in der Eisrandzone bei abeisiger Luftströmung.

Flugzeugdaten kompiliert wurde, ist weiter zu entnehmen, daß die vertikalen Flüsse von Wärme und Wasserdampf (latente Wärme) über dem Wasser auch noch in 100 m Höhe große aufwärtsgerichtete Werte besitzen. Dagegen sind die entsprechenden Größen über dem Eis um eine Größenordnung kleiner und der Wärmefluß ist dort sogar abwärts gerichtet.

Angetrieben durch die Erwärmung an der Meeresoberfläche wird über dem offenen Wasser die vertikale Durchmischung der unteren Luftschicht verstärkt. Als Folge bildet sich eine neue Grenzschicht aus, die stromabwärts rasch bis zu einer in der

---

großräumigen Strömung mitgeführten Temperaturinversion ansteigt.

Aus den Turbulenzdaten der Flugzeugmessungen werden mit Hilfe der Spektralanalyse ferner die Dimensionen der an den Ver-

tikaltransporten beteiligten Störbewegungen (Turbulenzelemente) ermittelt. Deren spektrale Verteilung und Intensität hängt neben anderen Einflüssen auch von der Temperaturdifferenz zwischen der Luft und dem Untergrund und der Bodenrauigkeit ab.

# Video-Beobachtungen am antarktischen Meeresboden

Hans-Peter Marschall und Wolf Arntz

Seit nunmehr fast einem Jahrhundert wird marine Benthosforschung vorwiegend „blind“ betrieben: Bodengreifer und Stechrohre werden zumeist vom festliegenden, Dredgen und Agassiztrawls vom fahrenden Schiff aus eingesetzt, ohne daß der Sammler den Ort der Probenahme sieht. Der Siebrest solcher Greiferproben und die zusammengepreßte Masse von Tierleibern, biogenen Resten, Sediment und Gesteinsbrocken im Netz geben nur ein sehr verfälschtes Bild von der Struktur der intakten Lebensgemeinschaft am Boden. Im Flachwasser bis etwa 40 m können Taucher mit Kameras und Airlifts eingesetzt werden. Im tiefen Wasser helfen bemannte Tauchboote, die aber sehr teuer und aufwendig sind, oder unbemannte Unterwasserfahrzeuge (Abb. 1).



Abb. 2: Agassiztrawl-Fang. Vestkapp, ca. 400 m Tiefe.

Abb. 1:

Das Unterwasserfahrzeug des AWI kann von der Oberfläche bis in max. 600 m Tiefe ferngesteuert eingesetzt werden. Es ist ausgerüstet mit einer Restlicht- und Farbvideokamera sowie einer 35-mm-Fotokamera und allen notwendigen Beleuchtungseinrichtungen. Fünf Propeller verleihen dem Fahrzeug eine große Wendigkeit und eine Maximalgeschwindigkeit von 2,5 Knoten. Kompaßkurs und Tiefe werden über Computer automatisch mit hoher Genauigkeit konstant gehalten.

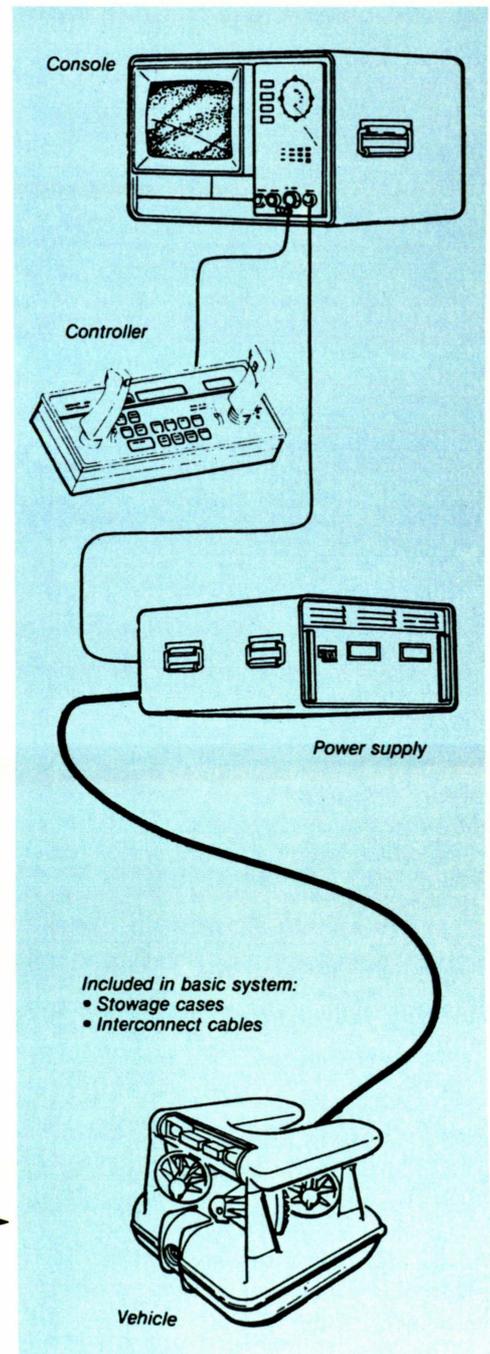




Abb. 3:  
Großer Schwamm mit  
Haarsternen, Seegurken und  
Amphipoden als Epibionten.

Südöstlich Weddellmeer, östlicher  
Rand des Filchner Grabens,  
Tiefe 420 m.



Abb. 4:  
Stein besiedelt von  
verschiedenen Schwämmen,  
Seescheiden und Seefedern.

---

Allerdings eignen sich nicht jedes Meeresgebiet und jede Organismengemeinschaft gleich gut für Untersuchungen mit dem Unterwasser-Video. Tiefgründige Schlickböden und starke Trübung bieten schlechte Voraussetzungen; geringe Lichtstärke wird dagegen durch die Restlichtkamera noch bis in erhebliche Tiefen – im Weddellmeer bis über 200 m ohne Einsatz der Scheinwerfer – ausgeglichen. Von der im Sediment lebenden Endofauna werden deutliche Strukturen nur an der Sedimentoberfläche erfaßt. Dazu zählen Muschelsiphonen, Wurmröhren, Kothäufchen, Gangöffnungen, Wühl- oder Fraßspuren. Vorzüglich zu erkennen sind nicht zu kleine (möglichst > 3 cm große) Vertreter der benthischen Epifauna.

Gerade an diesen Organismen ist das Benthos des Weddellmeerschelfs ungewöhnlich reich. Bereits aus dem – oft tonnenschweren – zusammengewürfelten Fang der Agassiztrawls (Abb. 2) konnten die Benthosforscher erkennen, daß ein sehr wesentlicher Teil des Benthos in der Antarktis von großen Schwämmen, Bryozoen und Seegurken gestellt wird. Auch See-, Haar- und Schlangensterne, Seeigel und Einzelkorallen, Asselspinnen und große Schuppenwürmer sind häufig. Unter den Krebsen dominieren – manchmal riesige – Asseln und Flohkrebse, während die andernorts häufigen Dekapoden zurücktreten; dies allerdings mit einer Ausnahme: Garnelen sind mit vier Arten häufig und meist auch in beträchtlicher Größe vertreten.

Die ersten Aufnahmen des Unterwasser-Videos auf dem Monitor übertrafen die Netzfänge an Aussagekraft bei weitem. Im klaren Bodenwasser des antarktischen Schelfs zeigte sich eine artenreiche Gemeinschaft von großer struktureller Komplexität. Seegurken, Polychäten und Aktinien (Abb. 3), aus dem Trawl nur als zusammengezogene Klumpen bekannt, bewegten ihre zarten

Tentakelkränze langsam in der Strömung, Seescheiden strudelten Organismen in ihre transparenten Einstromöffnungen, und Haarsterne – im Netz häufig gerade noch als wirres Knäuel zerstörter Gliedmaßen zu identifizieren – breiteten ihre zerbrechlichen Fangarme aus, um Organismen aus dem vorbeitreibenden Wasser zu filtern. Am meisten beeindruckte die Benthologen der ungewöhnlich hohe Assoziationsgrad der Fauna: Kaum ein Schwamm, der nicht seinerseits wieder Haar- und Schlangensterne, Seegurken oder Hydrozoen als Untermieter hatte, kaum ein Stein, der nicht von mehreren Organismen bewachsen war (Abb. 4). Selbst bisher im Netz wegen ihrer Zartheit überhaupt noch nicht beobachtete Organismen wurden entdeckt. Auf einer Stelle traten sechs Exemplare einer bis zu zwei Meter hohen unbekanntem Staatsqualle auf. Auf mehreren Stationen wurden > 1 m lange, stabförmige Gebilde gesehen, bei denen es sich vermutlich um Ascidien-Kolonien handelte.

Die ersten Aufnahmen des Unterwasser-Videos hatten qualitativen Charakter. Sie haben unser Bild von den antarktischen Epifaunagemeinschaften revolutioniert und erleichtern uns die Planung für tiefergehende quantitative und großflächige Untersuchungen. So ist geplant, Daten über Stetigkeit und Siedlungsdichte bestimmter Epifauna-Organismen durch das Abfahren von Transekten bekannter Länge zu erhalten, auf denen Kurs, Geschwindigkeit und Abstand vom Boden über längere Zeit konstant gehalten werden. Gleichzeitig könnten, unterstützt durch Probenahme quantitativ arbeitender Greifer oder Stecher, Daten über die kleinräumige Verteilung und Vergesellschaftung von Benthostieren gesammelt werden. Eine Stereokamera soll die exakte dreidimensionale Vermessung von Objekten ermöglichen, und ein Greifarm soll zu gelegentlicher gezielter Probenahme dienen.

---

# Modellierung der Zirkulation im Südlichen Ozean und im Weddellmeer

Dirk Olbers, Manfred Wenzel und Chresten Wübbler

Dem südlichen Ozean fällt wegen der Bildung und Ventilation der tiefen ozeanischen Wassermassen und der dadurch hervorgerufenen Wärmeabgabe des Ozeans an die polare Atmosphäre eine bedeutende Rolle im globalen Klimasystem zu. Dennoch sind viele der dominanten Prozesse als Folge des komplexen Ineinandergreifens der polaren Klimakomponenten Ozean, Atmosphäre, Meereis, Schelf- und Landeis nur ungenügend erforscht. So ist die grundlegende Kräftebilanz der Zirkumpolarströmung nicht bekannt. Vorstellungen über den meridionalen Austausch von Wärme und Frischwasser mit subtropischen Regionen und der Atmosphäre beruhen auf sehr groben Schätzungen. Auch sind die Bildungsregionen und -mechanismen sowie die Pfade des antarktischen Bodenwassers nur oberflächlich bekannt. Viele dieser Gegebenheiten können nur durch aufwendige Feldexperimente geklärt werden, wie sie in den nächsten Jahren im Rahmen des World Ocean Circulation Experiments (WOCE) geplant sind. Dem Modellierer kommt hier eine besondere Funktion zu, indem er durch gezielte numerische Experimente und Auswertung historischer Daten beiträgt, Meßkonzepte entwickelt und der Beobachtung schwer zugänglicher Bereiche durch Modelle erschließt. Letzteres trifft u. a. auf die ozeanische Zirkulation unter dem Meereis und auf die großräumige dynamische Balance der Zirkumpolarströmung zu. Um hier einen Beitrag zu leisten, wird die Ozeanströmung im Südlichen Ozean und im Weddellmeer mit zwei verschiedenen Konzepten untersucht. Für den atlantischen Sektor einschließlich des Weddellmeeres wird ein ozeanisches Zirkulationsmodell entwickelt, das später durch Ankopplung eines Meereismodells ergänzt werden soll. Für den Gesamtbereich der Zirkumpolarströmung liegt bereits ein diagnostisches Inversmodell vor, mit dem aus historischen hydrographischen Daten die absolute geostrophische Zirkulation abgeleitet werden konnte.

## I. Ein prognostisches Modell für den atlantischen Sektor und das Weddellmeer

Das Kernprojekt 2 des WOCE zielt auf ein verbessertes Verständnis der Zirkulation des Südlichen Ozeans und der Wechsel-

wirkung des südlichen Wasserrings mit den im Norden angrenzenden Ozean. Wärme-, Süßwasser- und Spurenstoffaustausch zwischen dem Pazifischen, Atlantischen und Indischen Ozean erfolgt hier durch den windgetriebenen antarktischen Zirkumpolarstrom. Weiter im Süden reagiert der Ozean auf Wärmeverlust an die Atmosphäre mit der Bildung von Eis und der Produktion von antarktischem Bodenwasser, das in die nördlichen Ozeane eingespeist wird und eine der Hauptkomponenten der thermohalinen Zirkulation ist. Im Zentrum dieser polaren Prozesse liegt das Weddellmeer. Abgesehen von einigen Grundzügen sind viele der hier stattfindenden klimarelevanten Prozesse nur ungenügend bekannt. Wegen der Eisbedeckung, die während mehrerer Monate in großen Bereichen die Messungen im Ozean verhindert, liegen nur wenig Daten über den Jahresgang der Hydrographie und der Deckschichtparameter vor. Insbesondere sind die Wärme- und Salzaustauschprozesse unter einem Teil der Meereisdecke und unter dem Schelfeis bisher völlig der Beobachtung entzogen.

Für den Bereich des Weddellmeeres existiert bislang kein gekoppeltes Ozean-Meereis-Modell mit vollständiger Dynamik und Thermodynamik. In bisherigen Studien der Ozean- und Eiszirkulation wurde zumindest eine der Komponenten in stark vereinfachter Form dargestellt. Im vorliegenden Projekt sollen vollständige Modelle für beide Komponenten – Ozean und Meereis – entwickelt und miteinander gekoppelt werden. Die ozeanische Komponente liegt bereits vor. Die Geometrie und die Topographie des Modells ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Modell umfaßt den Bereich von der Südspitze Afrikas (35°S) bis zum antarktischen Kontinent und ist zonal bei 85°W und 85°E begrenzt. Bei 35°S ist der Modellozean angeschlossen, während die Begrenzungen im Osten und Westen offen sind. Hier wurde die Topographie leicht modifiziert, um einen periodischen Übergang zu erreichen. Wassermassen, welche die östliche Berandung verlassen, werden wieder in den westlichen Rand eingespeist (und umgekehrt). Durch dieses Vorgehen wird die Zirkulation im Innern des Gebietes, insbesondere im Weddellmeer, nur wenig verfälscht.

Die Auflösung des Modells beträgt 1.5° in Ost-West-Richtung (entsprechend 136 km bei 35°S und 29 km bei 80°S) und 1° in

Nord-Süd-Richtung. Die vertikale Struktur wird in 18 Schichten dargestellt. Der Zeitschritt der numerischen Integration beträgt 30 Minuten. Gegenwärtig werden Probeläufe mit vorgeschriebener Eisbedeckung gemacht. Hierbei wird das Modell mit beobachteten Werten der Temperatur und des Salzgehaltes initialisiert und mit vorgegebenen oberen Randbedingungen angetrieben. Abbildung 2 zeigt den ostwärtigen Volumentransport langs 50°W.

## II. Ein diagnostisches Inversmodell für den Zirkumpolarstrom

Das Grundkonzept eines diagnostischen Inversmodells der ozeanischen Zirkulation besteht in der Kombination von dynamischen und thermodynamischen Eigenschaften des Strömungsfeldes mit der Information, die in Beobachtungsdaten der ozeani-

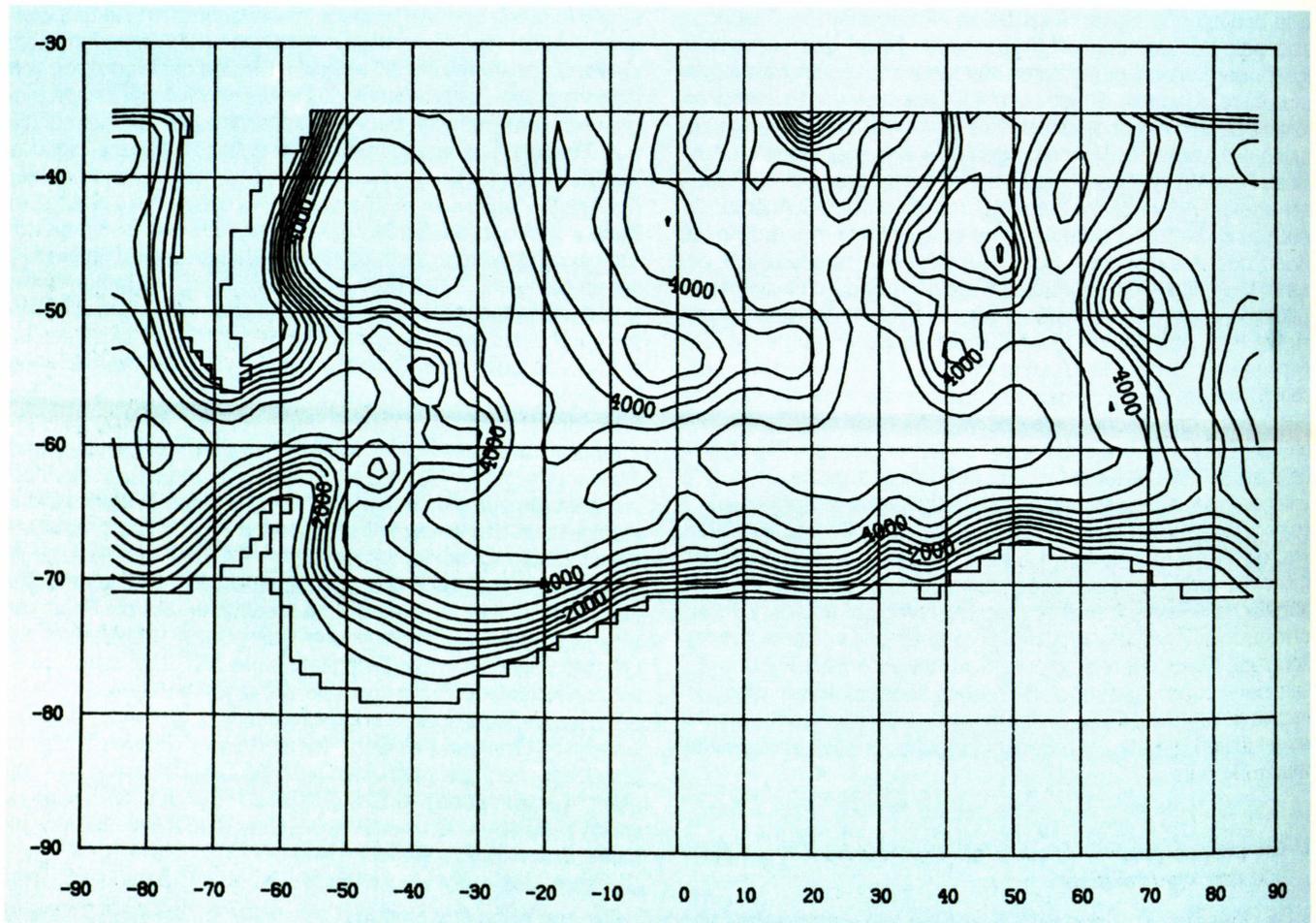


Abb. 1: Topographie des Weddellmeer-Modells; Linienabstand 500 m.

schen Variablen und des atmosphärischen Antriebs vorliegt. Das Ziel eines solchen Verfahrens ist die Bestimmung von unbekanntem Zirkulationsparametern sowie das Erproben dynamischer Konzepte und vielfach auch die Entwicklung von Strategien für Feldexperimente. Die häufigste Anwendung inverser Modellierung ist die Bestimmung des absoluten geostrophischen Geschwindigkeitsfeldes aus hydrographischen Daten.

Großskalige ozeanische Strömungen sind geostrophisch, d. h. Corioliskräfte und Druckkräfte balancieren sich. Druckkräfte entstehen durch Gradienten im internen Massenaufbau und durch die Schrägstellung der Ozeanoberfläche, sie können daher aus hydrographischen Daten bei bekannter Meeresoberflächentopographie berechnet werden. Ist letztere nicht bekannt, so können aus der geostrophischen Bilanz nur Profile der relativen geostro-

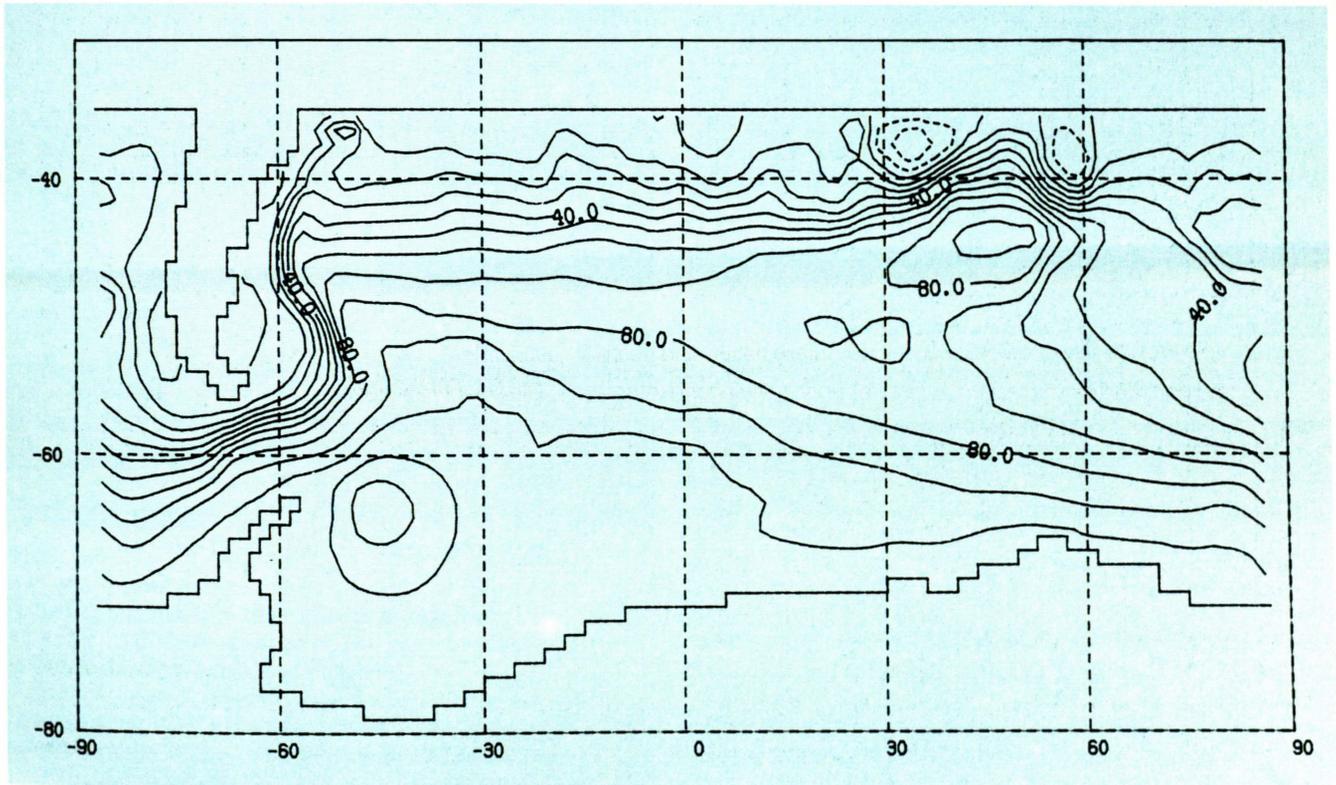


Abb. 2: Ostwärtiger Volumentransport nach 500 Modelljahren; Linienabstand  $10^7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

phischen Strömung berechnet werden. Man erhält nur die Differenz der Strömungsvektoren zwischen zwei Tiefen. So ist in Abbildung 3 das Strömungsfeld in 100 m Tiefe relativ zu dem (unbekannten) Strömungsfeld in 2000 m Tiefe dargestellt. Die Berech-

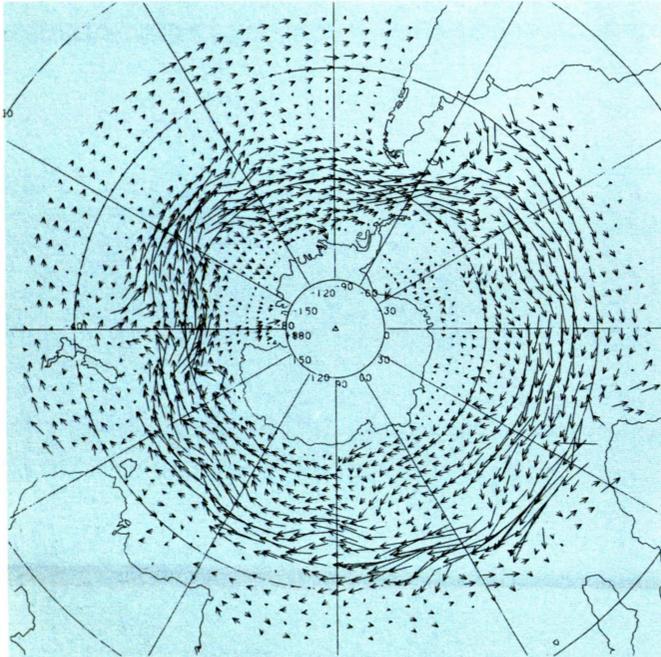


Abb. 3: Geostrophische Strömung in 100 m Tiefe relativ zu 2000 m.

nung des absoluten Strömungsprofils (oder gleichbedeutend des Strömungsfeldes in 2000 m Tiefe) kann durch eine erweiterte Nutzung der hydrographischen Daten erreicht werden. Ein in den letzten Jahren entwickeltes Verfahren ist die sogenannte  $\beta$ -Spiralmethode, die zusätzlich die Erhaltung von Wärme, Salz und Vorticity ausnutzt. Damit können außer dem Strömungsprofil auch andere unbekannte Parameter wie turbulente Vermischungskoeffizienten von Wärme und Salz bestimmt werden: Die Anwendung dieses Verfahrens auf den zirkumpolaren Bereich stößt auf das grundlegende Problem, daß nur die vorzugsweise zonale Struktur der Temperatur- und Salzfelder eine nur ungenaue Bestimmung der absoluten Zonalgeschwindigkeit erlaubt. Um dem entgegenzuwirken haben wir zusätzliche Informationen berücksichtigt, welche die schwache Abweichung von der Zonalität besonders beachten. Im Gegensatz zu anderen Stromsystemen des Welt-

ozeans wird der Zirkumpolarstrom in den tiefen Bereichen wesentlich von der Topographie geführt. Durch Hinzunahme dieser topographischen Steuerung in Form einer kinematischen Bodenrandbedingung und des tiefen Dichtefeldes konnte die Gesamtstruktur der Strömung zufriedenstellend abgeleitet werden. Abbildung 4 zeigt die absolute Strömung in 2000 m Tiefe. Das Modell quantifiziert die wesentlichen Eigenschaften des Zirkumpolarstromes (wie die Tiefenstruktur, den Massentransport, die meridionale Zirkulation usw.) und vermittelt überdies ein neues Verständnis der turbulenten Impuls- und Wärmetransporteigenschaften in der Wassersäule.

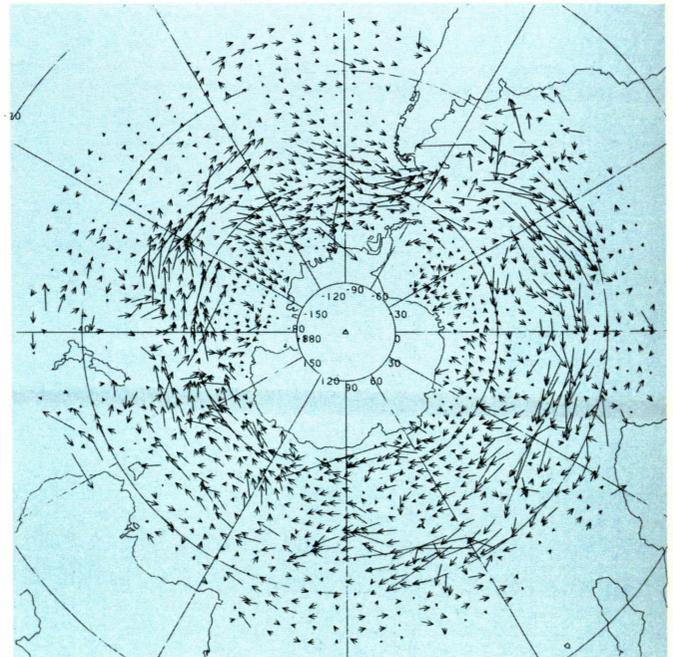


Abb. 4: Absolute geostrophische Strömung in 2000 m Tiefe.

---

# Analyse glazial-mariner Gerölle am antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres

Wolfgang Oskierski

Mehr als 95 % des antarktischen Kontinents sind von Schnee und Eis bedeckt, so daß der direkten geologischen Beobachtung nur ein sehr kleiner Teil zugänglich ist. Aus der Kartierung glazial verfrachteten Gesteinsmaterials am Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres können Beziehungen von Ablagerungsraum, Transportweg und Liefergebiet abgeleitet und der geologische Bau des eisbedeckten Hinterlandes modellhaft konstruiert werden.

Aus der mit petrographisch-geochemischen Methoden durchgeführten Kartierung lassen sich fünf Provinzen mit jeweils spezifischen petrographisch bzw. geochemischen Eigenschaften ableiten (Abb. 1).

Die *Provinz I*, im Nordosten des Arbeitsgebietes, wird durch das verbreitete Auftreten vulkanischer, hauptsächlich basaltischer Gesteine charakterisiert. Hinzu kommen ein geringer Anteil klastischer Sedimentgesteine; Metamorphite und Plutonite treten kaum auf.

Auch in der nach Südwesten anschließenden *Provinz II* stellen basaltische Vulkanite die häufigste Gesteinsgruppe. Der Anteil metamorpher und sedimentärer Gesteine nimmt jedoch deutlich zu. Plutonite treten nur als Einzelgerölle auf.

Die *Provinz III* wird durch wechselnde Anteile mittel- und hochgradiger Metamorphite und Plutonite, aber vorwiegend durch Granite geprägt. Der Vulkanitanteil ist deutlich geringer, gleiches gilt für die Gruppe der Sedimentgesteine.

Charakteristisch für die *Provinz IV* sind relativ ausgeglichene Anteile saurer und intermediärer Plutonite, mittel- und hochgradiger Metamorphite sowie klastischer Sedimentgesteine. Die Häufigkeit vulkanischer Gesteine hat sich weiter verringert.

In der *Provinz V* dominieren deutlich die Sedimentgesteine. Neben klastischen Varietäten kommt eine größere Gruppe karbonatischer Sedimentgesteine vor. Nur untergeordnet finden sich Vulkanite, Metamorphite und Plutonite.

Weitere Unterschiede zwischen den einzelnen Provinzen ergeben sich auch aus den geochemischen Untersuchungen von Basaltproben entlang des bearbeiteten Küstenabschnittes. Für alle untersuchten Proben läßt sich ein tholeiitisches Ausgangsmagma nachweisen. Sowohl Haupt- als auch Spurenelemente

lassen eine regionale Trennung in Basalte einer sogenannten Nordgruppe, entsprechend den Provinzen I und II, und Basalte einer Südgruppe, entsprechend den Provinzen IV und V, zu.

In Bezug auf ihre geotektonische Stellung belegen die zur Diskriminanzanalyse verwendeten Diagramme eine an divergierenden Plattengrenzen gebundene Genese. Dabei weisen insbesondere Basalte der Nordgruppe einen stärker ozeanischen Charakter auf. Das entspricht der Vorstellung von Basalteigenschaften initialer Spreizungszentren, die trotz einer rezenten, geographisch kontinentalrandnahen Lage alle Eigenschaften ozeanischer Basaltfolgen besitzen. Somit belegen die Basaltzusammensetzungen der Provinzen I und II einen engen räumlichen Bezug zu den Basaltfolgen im entsprechenden Hinterland des westlichen Neuschwabenlandes. Entsprechend deuten sich für Basalte der Provinzen IV/V Einzugsgebiete aus dem Bereich des südlichen Coats Land (Theron Mts.) bis zum Südostrand der Berkner Insel an. Die durchgeführten geochemischen Untersuchungen unterstützen die These, daß dieses Gebiet ein Übergangsbereich zwischen den durch unterschiedliche krustale Kontamination oder Heterogenitäten im oberen Mantel gekennzeichneten Basaltprovinzen Neuschwabenlands und des transantarktischen Gebirges darstellt.

Die sowohl vor dem westlichen Neuschwabenland als auch im Bereich der Filchner Depression auftretenden Basaltgerölle sind mit der mesozoischen Fragmentierung Gondwanas assoziiert. Die festgestellte Gliederung belegt auf der einen Seite den paläogeographischen Bezug der ostantarktischen Plattform zur Karoo-Provinz des südlichen Afrikas sowie zur Südamerikanischen Sierra Geral-Provinz. Auf der anderen Seite zeigt sich eine enge Beziehung der Südgruppe zur antarktisch-australischen Vulkanit-Provinz. Aus dem differenzierten Auftreten von petrographisch-geochemischen definierten Gesteinsassoziationen auf dem Schelf des östlichen Weddellmeeres deutet sich eine starke Abhängigkeit vom petrologischen Aufbau des jeweiligen Hinterlandes an.

Die bei der Korrelation der Geröllspektren mit entsprechenden Einzugsgebieten zu berücksichtigender Inlandsisströme sind im Bereich des westlichen Neuschwabenlandes und Coats Land

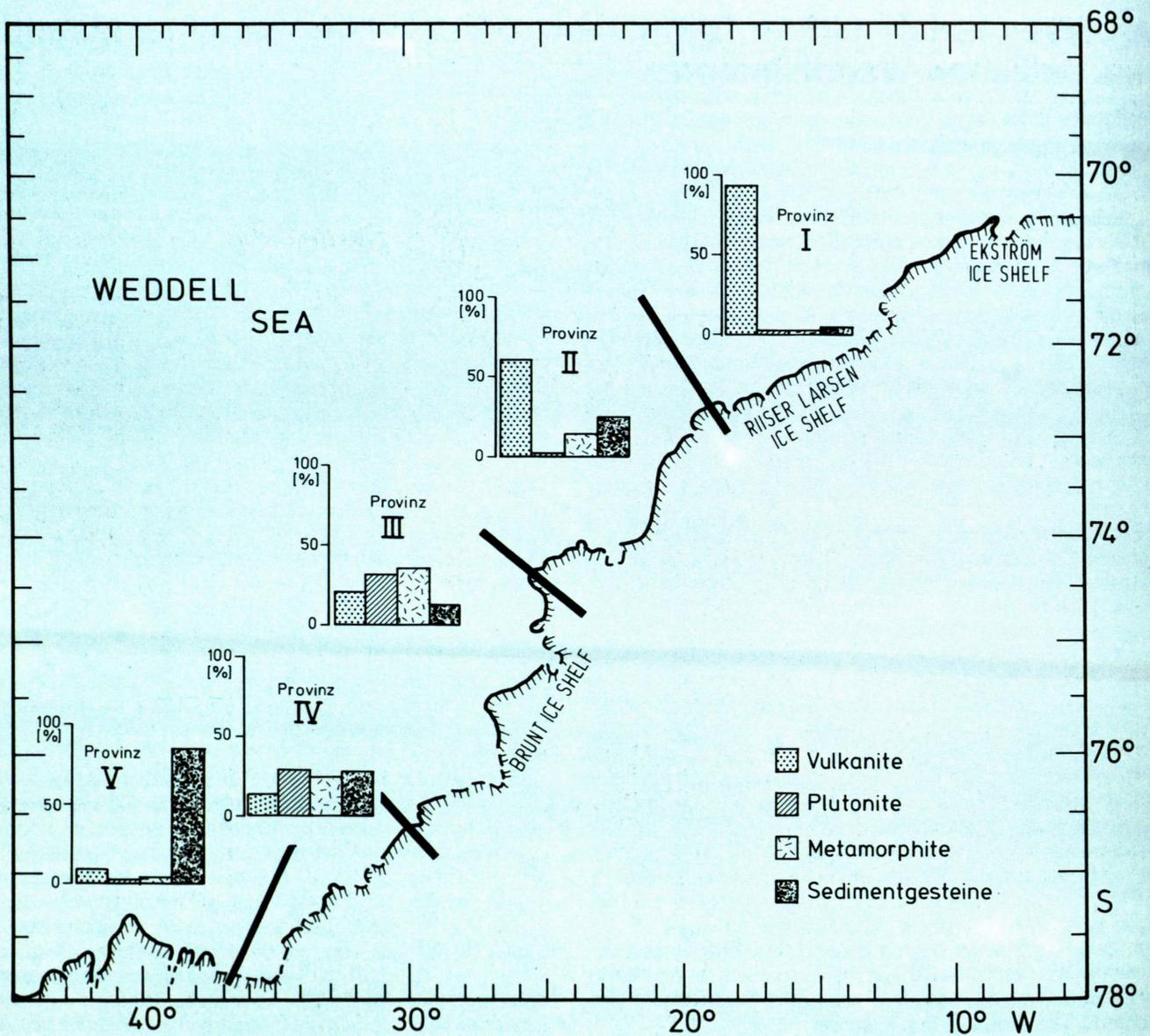


Abb. 1: Lage der abgrenzbaren Geröllprovinzen und Zusammensetzung der jeweiligen Geröllassoziation auf dem Schelf des östlichen Weddellmeeres.

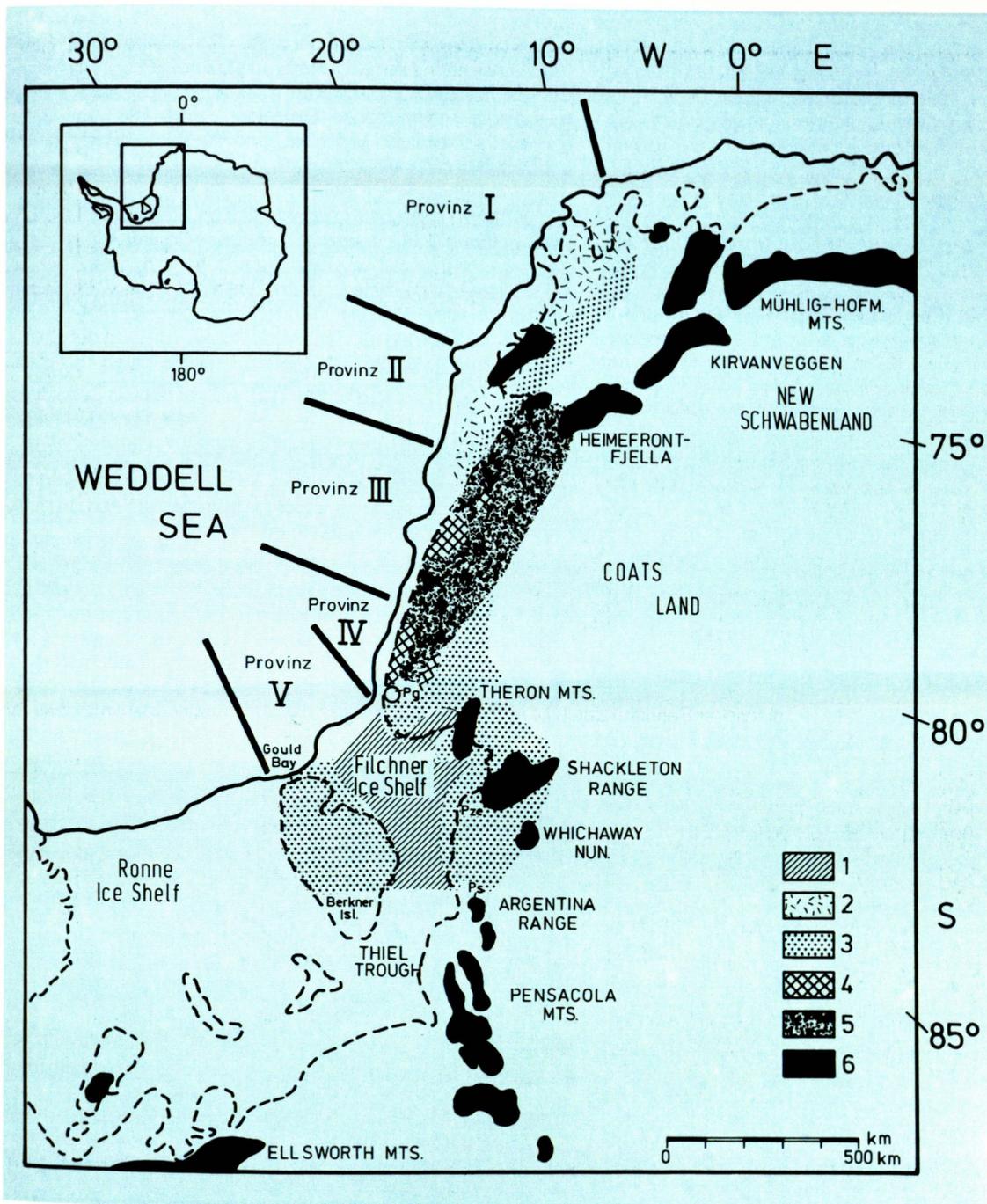


Abb. 2:  
Lithologisch-petrographische Groß-einheiten in der Umrandung des östlichen Weddellmeeres, modellhaft abgeleitet aus der Geröllkartierung auf dem Schelf und den durch Aufschlüssen belegten Landgebieten.  
1 = meso- bis känozonische Sedimentgesteine,  
2 = mesozoische Basalte,  
3 = Sedimentgesteine der Beacon Serie,  
4 = Plutonitkörper,  
5 = mittel- bis hochgradige Metamorphite.

---

küstennormal orientiert. Das Gebiet zwischen Luitpold Coast und Berkner Island wird dagegen durch konvergierende Eisströme aus dem Gebiet Shackleton Range - Pensacola Mts. beeinflusst. Bei der darauf folgenden Verknüpfung der petrographisch-geochemischen Daten der verschiedenen Provinzen mit den vereinzelt im jeweiligen Einzugsgebiet aufgeschlossenen Gesteinsfolgen ergibt sich eine Modellvorstellung für die regionale Geologie (Abb. 2).

Das eisbedeckte Gebiet im Hinterland der Provinz I, zwischen Atka Bucht und Vestfjella, wird küstennah von deckenhaft verbreiteten, effusiven Basaltfolgen aufgebaut. Sie setzen sich südlich Vestfjella bis etwa 75°S fort. In diesem Areal deutet sich eine dem Staffelbruchsystem Vestfjella/Heimefrontfjella vergleichbare strukturelle Situation an, die durch Gesteine eines mittel- bis hochgradig metamorphen Grundgebirges belegt wird. Im Bereich Halley ist eine Hochlage des kristallinen Grundgebirges mit größeren Plutonitkörpern, die in mittel bis hochgradig metamorphe Folgen eingeschaltet sind, zu erwarten. Sie erstreckt sich entlang der Luitpold Coast, weist aber hier eine sedimentäre Hüllserie vom „Beacon-Typ“ sowie vereinzelt basischen Gangmagmatismus auf.

Somit deutet sich für den gesamten Bereich des Kontinentalrandes zwischen Heimefrontfjella und Luitpold Coast (Hinterland der Provinzen II, III und IV) aus dem Nebeneinander von mittel- bis hochgradig metamorphen Gesteinen, zusammen mit untergeordnet auftretenden Myloniten, eine nördliche Fortsetzung der transantarktischen Mobilzone an.

Das Gebiet zwischen Luitpold Rücken, Pensacola Mts. und Berkner Island ist dagegen durch mächtige Sedimentgesteinsfolgen gekennzeichnet. Die größte Verbreitung haben nach der Geröllhäufigkeit die permo-karbonen „Beacon“ Gesteine. Im Gegensatz dazu besitzen die an vermutlich känozoische Horste gebundenen Aufschlußgebiete der Shackleton Range und der Pensacola Mts. mit ihren präkambrischen Gesteinsfolgen nur lokale Bedeutung im Hinblick auf die flächenhafte Verbreitung ihrer Gesteinsfolgen.

Insgesamt zeigt sich eine gute Korrelation zwischen der regionalen Geröllpetrographie auf dem Schelf des östlichen Weddellmeeres und dem bisher bekannten geologischen Aufbau punktuell aufgeschlossener Gebiete im Hinterland.

# Der Wasserläufer „*Halobates micans*“ als Bioindikator für Cadmium im tropischen und subtropischen Atlantik

Meinhard Schulz-Baldes

Schwermetallkonzentrationen im offenen Ozean sind bisher nur an einzelnen Stationen und dann meist im Vertikalschnitt analysiert worden. Weiträumige horizontale Aufnahmen fehlen, auch zeitliche Veränderungen wurden kaum untersucht.

Planktongemeinschaften werden seit langem mit ihren Leitformen zur Charakterisierung von Wasserkörpern herangezogen. Die Organismen benötigen bestimmte Metalle in ihrem Metabolismus und konzentrieren diese Elemente aus dem umgebenden Seewasser. Dabei werden nicht-essentielle Elemente gleichermaßen aufgenommen.

Als Bioindikatoren werden solche Organismen bezeichnet, die der Erkennung und Quantifizierung von Umweltfaktoren dienen. In den vorliegenden Untersuchungen wird der Wasserläufer *Halobates micans* als Bioindikator für das Schwermetall Cadmium im Atlantik verwendet.

Die Wanze *Halobates* (Abb. 1) ist das einzige Insekt, welches den offenen Ozean besiedelt. Von 39 bekannten Arten kommt im tropischen und subtropischen Atlantik nur *H. micans* vor. Die flügellosen Tiere leben auf der Oberfläche des Wassers und werden daher dem Neuston zugeordnet.

Die Fahrten von FS POLARSTERN zwischen Deutschland und der Antarktis werden auch zu Neustonfängen dicht über und



Abb. 1: *Halobates*, Weibchen.

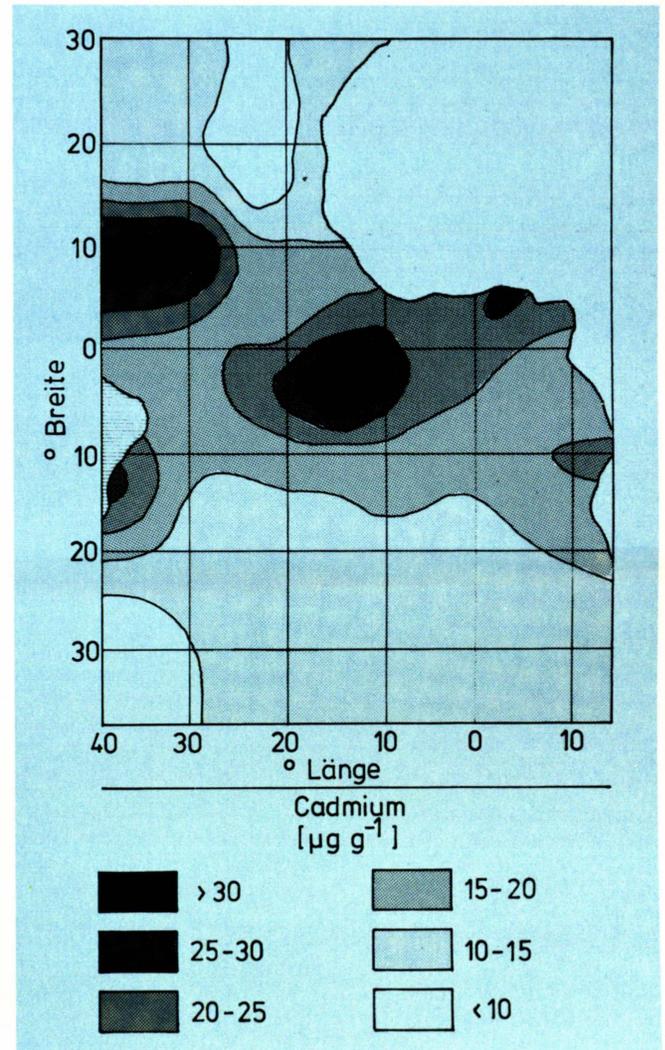


Abb. 2: Cadmiumverteilung bei *H. micans* im tropischen und subtropischen Atlantik.

unter der Grenze zwischen Luft und Wasser genutzt. Das untersuchte Tiermaterial mit den in Abb. 2 dargestellten Cadmiumkonzentrationen stammt jedoch auch aus Expeditionen mit anderen Schiffen. Für Abb. 2 wurden über 800 Individuen an 124 Stationen

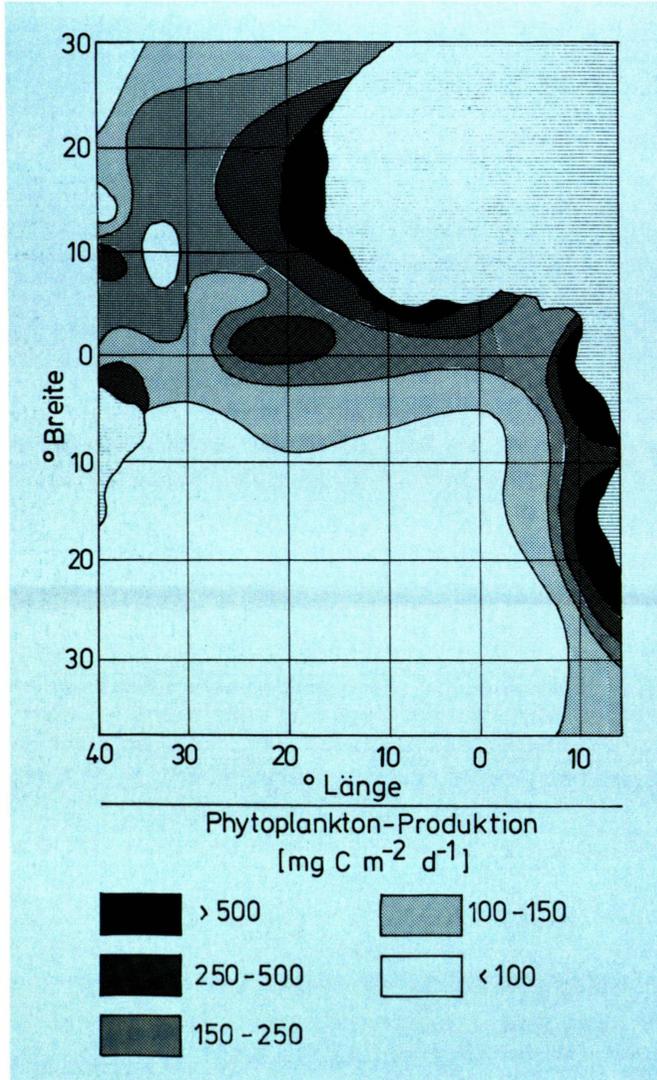


Abb. 3: Phytoplankton-Produktion im tropischen und subtropischen Atlantik (nach FAO, 1981).

analysiert. Mit einem Computerprogramm wurden Isolinien gleicher Metallkonzentrationen errechnet und geplottet.

Die Cadmiumverteilung bei *Halobates* wird mit der Primärproduktion im Atlantik (Abb. 3) verglichen. Aus zahlreichen Arbeiten ist die enge Korrelation zwischen Cadmium und Phosphor bekannt, in Vertikalprofilen weist Cadmium eine „nährstoffartige“ Verteilung auf. Dieses Metall nimmt intensiv am biogeochemischen Kreislauf teil, indem es in der euphotischen Zone vom Plankton aufgenommen und während des Absinkens beim Abbau der organischen Substanz wieder freigesetzt wird. In Ermangelung einer Karte der Phosphorverteilung im Oberflächenwasser des Atlantik wird eine Darstellung der Primärproduktion herangezogen, da Orte hoher Produktion auch reich an Nährstoffen sein sollten.

Der Vergleich beider Karten zeigt in vielen Gebieten Übereinstimmungen: Niedrige Cadmium- und Primärproduktionswerte im subtropischen zentralen und östlichen Südatlantik, hohe Werte in den südwestafrikanischen und äquatorialen Auftriebsgebieten sowie in den nördlichen Ausläufern des Südäquatorialstroms. Nur das Auftriebsgebiet vor Nordwestafrika spiegelt sich nicht in den Cadmiumwerten von *Halobates* wieder, hier liegen allerdings auch nur wenige Messungen vor.

Die Verwendung von Akkumulations-Bioindikatoren im offenen Ozean ist neu und verspricht interessante Einblicke in die großräumige Metallverteilung. Weitere Meridionalschnitte mit FS POLARSTERN lassen verfeinerte Erkenntnisse erwarten.

# Phytoplanktonblüte unter dem Eis des südlichen Weddellmeeres

Victor Smetacek, Renate Scharek, Hajo Eicken, Eberhardt Fahrbach und Gerd Rohardt

Während des Winter-Weddell-See-Projektes 1986 wurde im Spätwinter (Okt. - Dez. 1986) an den Rändern der Küstenpolynya auf dem Südschelf des Weddellmeeres (südlich von 74°S) eine auffällige Braunfärbung des Wassers unter dem Packeis beobachtet (Abb. 1, 2). Die Färbung wurde durch eine üppige Phytoplanktonblüte in einer ca. 0,5 - 1,0 m dicken Wasserschicht unmittelbar unter dem Packeis verursacht. Um die Hintergründe dieser Blüte zu erkunden, wurde an Bord ein Probennahmegerät entwickelt und eingesetzt. Die Wassersäule wies, im Gegensatz zur Wasserschicht unter dem Eis, zu dieser Zeit extrem niedrige

Biomassenwerte auf, die nur sehr langsam zum Dezember hin anstiegen.

Die Wasserschicht unter dem Eis war durch loses Plättcheneis beruhigt und durch niedrige Salinität stabilisiert. In dieser Schicht wurde Nährsalzerschöpfung (Stickstoff) festgestellt, wie sie bisher nur einmal in antarktischen Gewässern beobachtet wurde. Das Phytoplankton dieser Schicht (dominiert durch die zentrischen Diatomeen *Thalassiosira* und *Porosira* spp.) zeigte die typischen Eigenschaften einer stickstoffverarmten Population (Abb. 3), nämlich Absinkverhalten bei gleichzeitiger Verschiebung der Pig-



Abb. 1:  
Fahrspur von POLARSTERN: Die Oberfläche der bei der Durchfahrt zerbrochenen Eisschollen ist durch das hochspritzende algenreiche Wasser braun gefärbt (Foto: Schaumann).

mentzusammensetzung (Erhöhung des Carotinoid/Chlorophyll Verhältnisses).

Diese Blüte wurde sowohl unter dünnem, jungem Meereis als auch unter sehr dicken, schneebedeckten Eisschollen beobachtet. Bei der Bildung einer Eisdecke wird Wasser erhöhten Salzgehaltes freigesetzt, das nach unten absinkt; deshalb ist die Entstehung einer stabilen, salzarmen Schicht unmittelbar unter jungem Eis besonders erstaunlich. Allerdings ist gerade eine solche Schichtung Voraussetzung für die Entwicklung einer Phytoplanktonblüte. Geschützt wurde diese Schicht durch die Eisplättchen, die wahrscheinlich an der Schelfeiskante gebildet werden und sich unter der Meereisdecke ablagerten. Anhand von Profilen (Abb. 3), die offensichtlich verschiedene Stadien dieser Blüte charakterisierten, konnte die Entwicklungsgeschichte dieser großflächigen Untereisblüte rekonstruiert werden. Nach jeder Öffnung einer Küstenpolynya friert die offene Wasserfläche im zeitigen Frühjahr schnell wieder zu. Eine neue Plättchenschicht kann rasch unter dem Neueis akkumulieren. Unter einer jungen, noch

schneefreien Eisdecke herrschen im Frühjahr hohe Lichtstärken, die ein sehr schnelles Wachstum der Algen ermöglichen. Die Eisdecke verdickt sich mit der Zeit, indem die angrenzende Wasserschicht zusammen mit den Plättchen und den dazwischen lebenden Algen in das Eis inkorporiert werden. Durch das Absinken der Algen aus der Plättchenschicht infolge der Nährsalzerschöpfung gelangt ein Großteil der Blüte jedoch früher in die Wassersäule, wo die Zellen ihr Wachstum fortsetzen können.

Weil diese Blüte sich bereits im zeitigen Frühjahr in der Untereissschicht entfalten kann, wirkt diese Wasserschicht wie ein „Frühbeet“ für das Phytoplankton und ist somit für die Produktivität des Weddellmeeres von Bedeutung. Die eingefrorenen Algen driften mit dem Eis nach Westen und Norden, wo sie nach der Schmelze im Frühsommer als Saatpopulation dienen, indem sie zum Aufbau von Phytoplanktonblüten im nördlichen Weddellmeer beitragen. Die Algen, die bereits auf dem Südschelf in die Wassersäule gelangen, tragen schon dort zu einer Erhöhung der Produktivität bei.



Abb. 2 :  
Das Gebiet der südlichen Polynya aus der Vogelperspektive : Durch das junge, dünne Meereis schimmert das phytoplanktonreiche, braune Wasser hindurch (Foto : Smetacek).

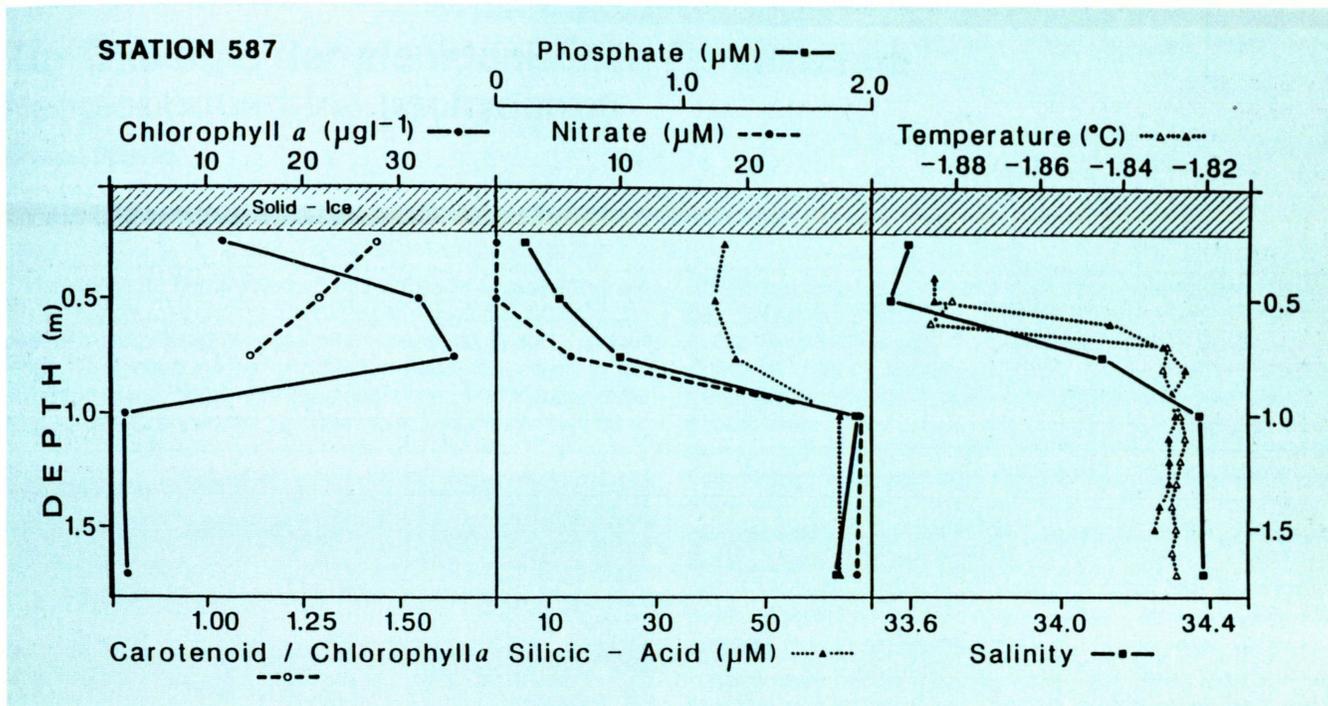


Abb. 3: Vertikal-Profile verschiedener Eigenschaften der Untereis-Wasserschicht von einer Station ( $76^{\circ}06'S/28^{\circ}27'W$ ). Die Unterkante der Plättcheneis-schicht lag bei ca. 0,8 m. Temperatur und Salzgehalt zeigen eine deutliche Stabilisierung der obersten Schicht, in der die Nährsalze (vor allem Nitrat) verbraucht sind. Das Chlorophyllmaximum an der Sprungschicht ist ein Zeichen für ein Absinken der Algenproduktion aus der darüber liegenden Schicht. Das mit der Tiefe abnehmende Carotinoid/Chlorophyll-Verhältnis spiegelt den Stickstoffgehalt der Algenzellen wider.

# Zur Ökologie der planktonischen Foraminifere *Neoglobobquadrina pachyderma*

Michael Spindler

Planktonische Foraminiferen sind einzellige Organismen, die zu den Protozoen gehören. Sie bauen ein Gehäuse aus Kalk, das aus mehreren Kammern zusammengesetzt ist. In den Ozeanen leben heute etwa vierzig verschiedene Arten, die jeweils in bestimmten Klimazonen oder Meeresgebieten ihre Hauptverbreitung haben. Ozeane aller Klimabereiche, von den Tropen bis in

die Polargebiete, sind von planktonischen Foraminiferen besiedelt. *Neoglobobquadrina pachyderma* ist jedoch die einzige Art, die hauptsächlich in polaren Bereichen verbreitet ist. *N. pachyderma* ist eines der wenigen Beispiele mit bipolarer Verbreitung. Es ist jedoch möglich, daß ein Faunenaustausch zwischen den Populationen beider Polarregionen besteht, da *N. pachyderma* in geringer Individuenzahl auch in gemäßigten Breiten vorkommt. Unsere Kulturversuche haben darüber hinaus gezeigt, daß *N. pachyderma* selbst unter optimalen Temperatur- und Futterbedingungen weit über hundert Tage alt werden kann. Bei schlechten Bedingungen wird das Wachstum verlangsamt und der Zeitpunkt der Reproduktion weiter hinausgezögert. Man kann daher nicht ausschließen, daß einzelne Individuen den tropischen Klimagürtel in kälteren Meeresströmungen überwinden können.

Nach dem Gehäuseaufbau lassen sich zwei verschiedene Morphotypen unterscheiden. Ein Teil der Individuen baut seine Kammern im, ein anderer Teil entgegen dem Uhrzeigersinn. Schon Ericson hat 1959 herausgefunden, daß die Windungsrichtung bei *N. pachyderma* von der Temperatur des umgebenden Wassers abhängig ist. Über 90% aller Individuen, die in arktischen Gewässern nördlich der 7,2°C April-Isotherme leben, bilden ein linksgewundenes Gehäuse aus, während Individuen, die in wärmerem Wasser aufwachsen, überwiegend rechtsgewunden sind. *N. pachyderma* wurde damit das Paradebeispiel für Mikropaläontologen und Paläozeanographen, um aus der Windungsrichtung in fossilen Sedimenten frühere Kalt- und Warmzeiten zu dokumentieren (Abb. 1). Interessant ist dabei, daß selbst Individuen, die wir im südlichen Weddellmeer bei extrem niedrigen Temperaturen rund um das Jahr fangen, immer ein geringer Anteil von rechtsgewundenen Gehäusen auftritt.

*Neoglobobquadrina pachyderma* kommt im Weddellmeer hauptsächlich in den oberen Wasserschichten vor. Die höchsten Konzentrationen erreicht sie in den oberen 25 m, wo über 100 Individuen pro m<sup>3</sup> gefunden werden. Die Individuenzahl nimmt vom Schelf zum ozeanischen Bereich deutlich zu. In den obersten 200 m der Wassersäule findet man meist juvenile bis subadulte Individuen (Abb. 2). Adulte Gehäuse (Abb. 3), die durch eine zusätzliche (meist kleinere) letzte Kammer einen mehr quadratischen

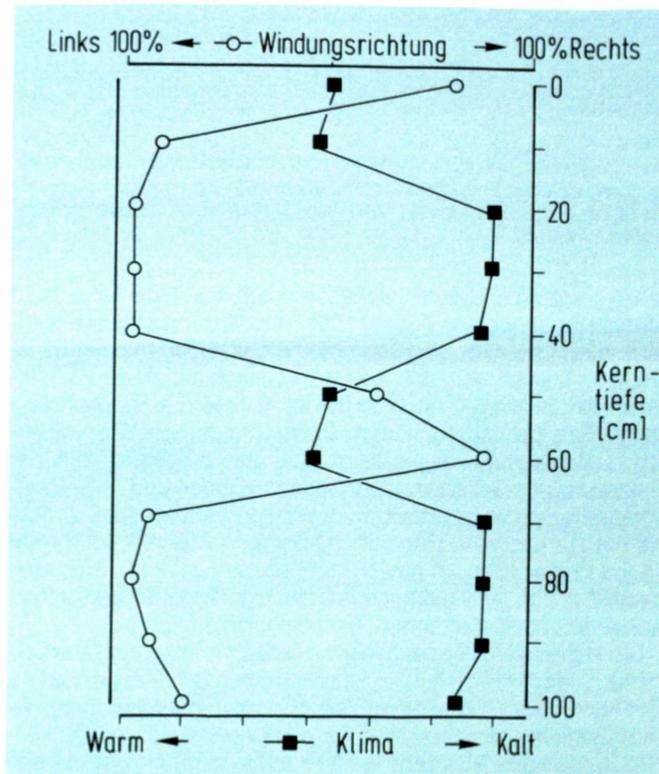


Abb. 1: Windungsrichtung von *N. pachyderma* in Abhängigkeit zum Klimageschehen in einem Kern aus dem Nordatlantik (verändert nach Ericson 1959).

# Zur Ökologie der planktonischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma*

Michael Spindler

Planktonische Foraminiferen sind einzellige Organismen, die zu den Protozoen gehören. Sie bauen ein Gehäuse aus Kalk, das aus mehreren Kammern zusammengesetzt ist. In den Ozeanen leben heute etwa vierzig verschiedene Arten, die jeweils in bestimmten Klimazonen oder Meeresgebieten ihre Hauptverbreitung haben. Ozeane aller Klimabereiche, von den Tropen bis in

die Polargebiete, sind von planktonischen Foraminiferen besiedelt. *Neogloboquadrina pachyderma* ist jedoch die einzige Art, die hauptsächlich in polaren Bereichen verbreitet ist. *N. pachyderma* ist eines der wenigen Beispiele mit bipolarer Verbreitung. Es ist jedoch möglich, daß ein Faunenaustausch zwischen den Populationen beider Polarregionen besteht, da *N. pachyderma* in geringer Individuenzahl auch in gemäßigten Breiten vorkommt. Unsere Kulturversuche haben darüber hinaus gezeigt, daß *N. pachyderma* selbst unter optimalen Temperatur- und Futterbedingungen weit über hundert Tage alt werden kann. Bei schlechten Bedingungen wird das Wachstum verlangsamt und der Zeitpunkt der Reproduktion weiter hinausgezögert. Man kann daher nicht ausschließen, daß einzelne Individuen den tropischen Klimagürtel in kälteren Meeresströmungen überwinden können.

Nach dem Gehäuseaufbau lassen sich zwei verschiedene Morphotypen unterscheiden. Ein Teil der Individuen baut seine Kammern im, ein anderer Teil entgegen dem Uhrzeigersinn. Schon Ericson hat 1959 herausgefunden, daß die Windungsrichtung bei *N. pachyderma* von der Temperatur des umgebenden Wassers abhängig ist. Über 90% aller Individuen, die in arktischen Gewässern nördlich der 7,2°C April-Isotherme leben, bilden ein linksgewundenes Gehäuse aus, während Individuen, die in wärmerem Wasser aufwachsen, überwiegend rechtsgewunden sind. *N. pachyderma* wurde damit das Paradebeispiel für Mikropaläontologen und Paläozeanographen, um aus der Windungsrichtung in fossilen Sedimenten frühere Kalt- und Warmzeiten zu dokumentieren (Abb. 1). Interessant ist dabei, daß selbst Individuen, die wir im südlichen Weddellmeer bei extrem niedrigen Temperaturen rund um das Jahr fangen, immer ein geringer Anteil von rechtsgewundenen Gehäusen auftritt.

*Neogloboquadrina pachyderma* kommt im Weddellmeer hauptsächlich in den oberen Wasserschichten vor. Die höchsten Konzentrationen erreicht sie in den oberen 25 m, wo über 100 Individuen pro m<sup>3</sup> gefunden werden. Die Individuenzahl nimmt vom Schelf zum ozeanischen Bereich deutlich zu. In den obersten 200 m der Wassersäule findet man meist juvenile bis subadulte Individuen (Abb. 2). Adulte Gehäuse (Abb. 3), die durch eine zusätzliche (meist kleinere) letzte Kammer einen mehr quadratischen

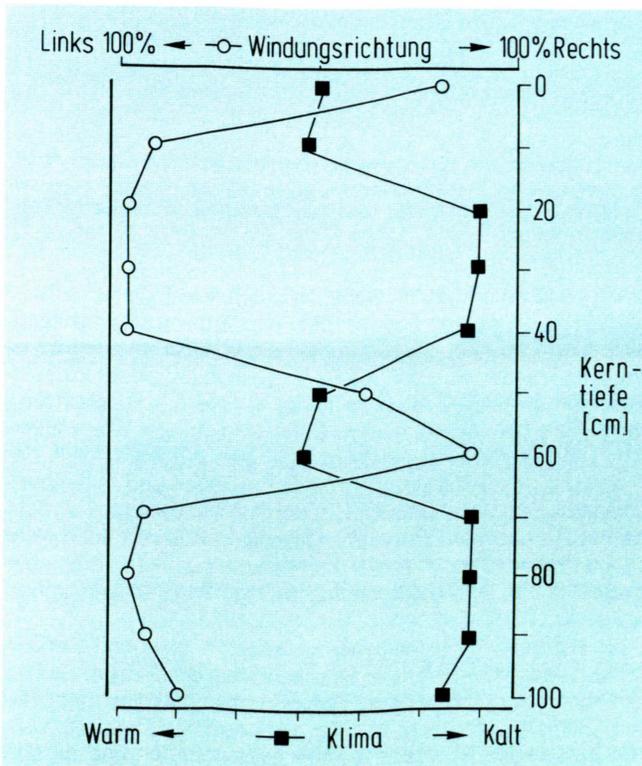


Abb. 1: Windungsrichtung von *N. pachyderma* in Abhängigkeit zum Klimageschehen in einem Kern aus dem Nordatlantik (verändert nach Ericson 1959).

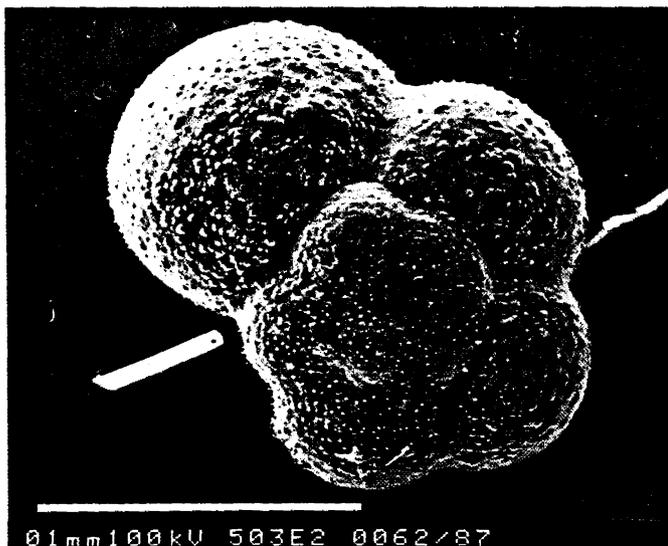


Abb. 2:  
Spiralansicht einer subadulten *N. pachyderma*. Rasterelektronenmikroskop-  
aufnahme.

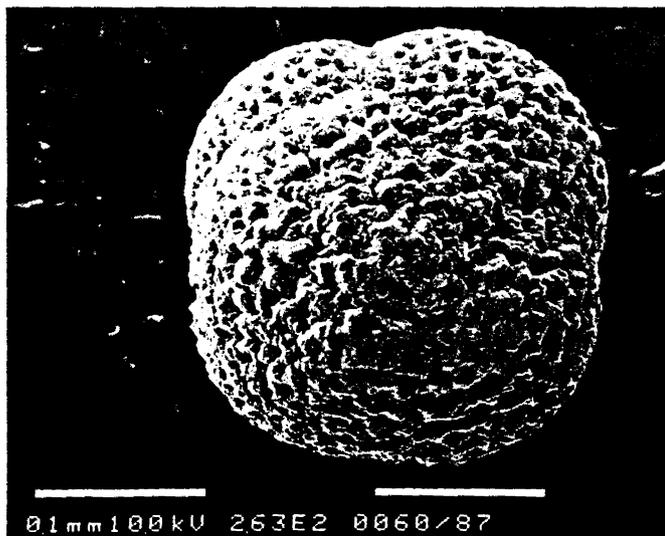


Abb. 3:  
Spiralansicht einer adulten *N. pachyderma* mit mehr quadratischem Umriss  
und einem stark verdickten Gehäuse. Rasterelektronenmikroskop-  
aufnahme.

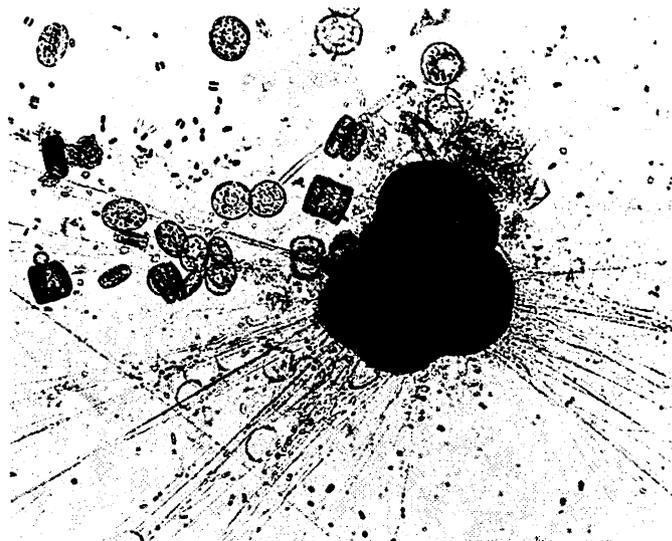


Abb. 4:  
Lebendaufnahme von *N. pachyderma*. Vom Foraminiferengehäuse erstrecken  
sich unzählige Pseudopodien, mit deren Hilfe die Futterdiatomeen an  
das Gehäuse gezogen werden. Maximaler Gehäusedurchmesser der For-  
aminifere: 245  $\mu$ m.

Umriss besitzen und deren Gehäuse durch eine Extrakalkschicht verdickt ist, die wenige Tage vor der Fortpflanzung abgeschieden wird, finden wir hauptsächlich unterhalb von 200 m Tiefe. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Reproduktion in tieferen Wasserschichten stattfindet. Auch im Labor konnte die Fortpflanzung einige Male beobachtet werden. Dabei wird das gesamte mütterliche Cytoplasma in zweieißige Gameten aufgeteilt. Nach der Entleerung des Gehäuses sinkt dieses zu Boden und verbleibt im Sediment. Eine Weiterentwicklung der Gameten über eine Zygote bis hin zur nächsten Generation konnte in Kulturen noch nicht beobachtet werden. Im natürlichen Lebensraum kann man aber zweikammrige Individuen, die erst wenige Tage alt sind, schon wieder in oberflächennahen Wasserschichten finden.

Die Nahrung von *N. pachyderma* besteht vorwiegend aus Diatomeen. Mit Hilfe von langen Pseudopodien (ein 260  $\mu$ m großes Tier kann bis zu 4 mm lange Pseudopodien hervorbringen), die vom Gehäuse aus nach allen Seiten ausgebracht werden, können Kieselalgen aus dem Wasser aufgenommen und an das Gehäuse transportiert werden. Der Zellkörper der großen zentralen Diatomeen wird ausgesaugt, während kleinere Diatomeen-arten vollständig in das Gehäuse gezogen werden (Abb. 4).

---

Neben ihrer planktonischen Lebensweise hat *N. pachyderma* im Meereis ein zweites Ökosystem erfolgreich besiedelt, wo sie mehr „benthische“ Verhaltensweisen zeigt. In dem System von Salzlakunen, die sich im Eis bilden, bewegt sie sich mit Hilfe der Pseudopodien und frißt auch hier die in großen Zahlen vorkommenden Diatomeen. Die Konzentration von Foraminiferen, die in der Anzahl die weitaus wichtigsten heterotrophen Organismen im Meereissystem sind, kann dabei an bestimmten Stellen mehrere hunderttausend Individuen pro m<sup>3</sup> betragen. Im Meereis findet man vor allem juvenile bis subadulte Tiere, nie jedoch Individuen mit den typischen Merkmalen reproduktionsbereiter Adulter. Folglich verbringen die Tiere nicht die gesamte Generationszeit im Eis, sondern verlassen es zur Reproduktion, um größere Wassertiefen aufzusuchen.

An das Leben im Meereis mit seinen extremen Temperatur- und Salzgehalten ist *N. pachyderma* hervorragend angepaßt.

Während alle bisher untersuchten Arten planktonischer Foraminiferen oberhalb von 48 ‰ Salinität ihr Wachstum einstellen und sterben, baut *N. pachyderma* in Salzgehalten von 58 ‰ noch neue Kammern und bildet in 70 ‰ Seewasser Pseudopodien aus, mit denen sie umherwandert und Nahrung sammelt. Die Versuche zur Salztoleranz sind noch nicht abgeschlossen. Es ist möglich, daß noch höhere Salinitäten toleriert werden, wie dies für Diatomeen schon gezeigt werden konnte. Salzgehalte um 70 ‰ sind im Meereis keine Seltenheit, denn schon bei einer Temperatur von -4°C kann im Eis eine Salzlake von 70 ‰ entstehen.

Durch ihre hohen Individuenzahlen, vor allem im Meereis, spielt *N. pachyderma* eine besondere Rolle als Konsument der Primärproduzenten und stellt so ein wichtiges Glied in der Nahrungskette dar. Ihre aktuopaläontologische Bedeutung (z. B. bei der Bestimmung von Meereisausbreitungsmustern vergangener Epochen) wird zur Zeit untersucht.

---

# Natürliche Halogenverbindungen in marinen Wirbellosen

Kurt Weber, Helmut Goerke, Rolf Emrich und Wolfgang Ernst

Viele marine Organismen enthalten im Gegensatz zu terrestrischen Pflanzen und Tieren signifikante Mengen natürlicher Halogenverbindungen. Über deren Bedeutung ist bislang wenig bekannt, doch nehmen diese Substanzen nicht am Primärstoffwechsel der Organismen teil und werden deshalb als Sekundärmetabolite bezeichnet.

Halogenhaltige Sekundärmetabolite können nach geeigneter chemischer Aufarbeitung mit selektiven gaschromatographischen und massenspektrometrischen Analysemethoden gefunden und charakterisiert werden. So wurden in einem röhrenwohnenden Polychaeten *Lanice conchilega* (Abb. 1) Brompheno-

nole und Bromchlorphenole im  $\mu\text{g/g}$ -Bereich nachgewiesen. Da halogenierte Phenole bakterizide Wirkung besitzen, ist eine ökologische Bedeutung naheliegend.

Um Hinweise zu erhalten, ob das Vorkommen dieser Verbindungen von der Umwelt beeinflusst wird, wurden sämtliche bekannten *Lanice*-Populationen der deutschen Küsten analysiert. In allen Fällen wurden die gleichen vier Hauptkomponenten nachgewiesen. Stets ergaben sich nur geringe Konzentrationsunterschiede zwischen den einzelnen Populationen. Auch Tiergröße und Geschlecht schienen ohne Einfluß zu sein. Im Plankton der Deutschen Bucht, das direkt oder indirekt für die Nahrung der un-



Abb. 1 : *Lanice conchilega*  
in Wohnröhren nach der  
Entnahme aus dem Bodengreifer.

tersuchten Polychaeten in Betracht kommt, konnten Bromphenole nicht gefunden werden. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Eigensynthese der nachgewiesenen Verbindungen durch *Lanice conchilega* sehr wahrscheinlich.

Da Organobromverbindungen in mehreren Arten von Entropneusten beschrieben sind, konnten die Verbindungen auch in weiteren Arten der Polychaetenfamilie Terebellidae vermutet werden. Wider Erwarten wurden nennenswerte Mengen von Halo-

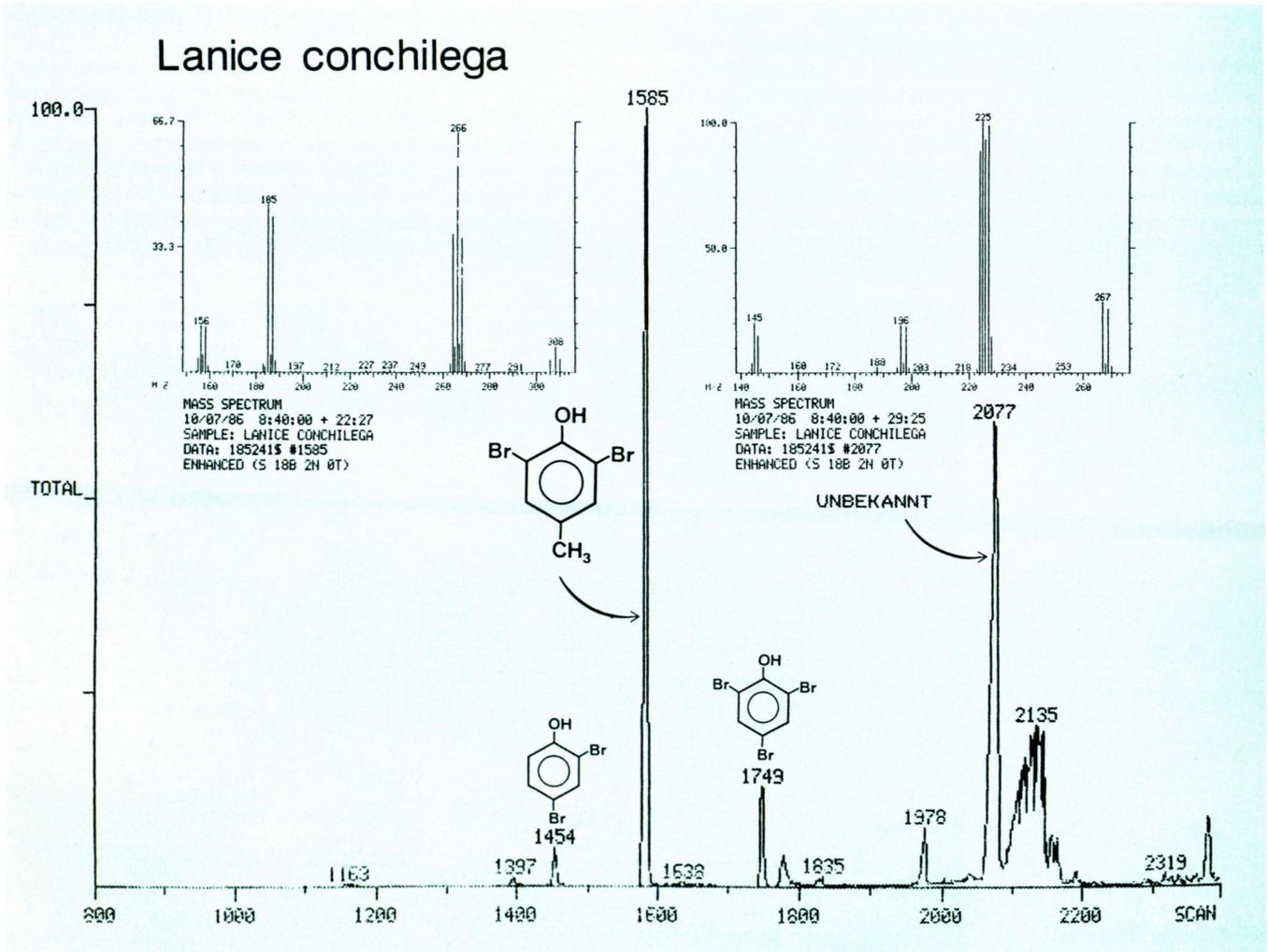


Abb. 2a: Gaschromatogramme und Massenspektren bromphenolhaltiger Sekundärmetabolite von *Lanice conchilega*.

genphenolen nur in *Thelepus setosus* von der schwedischen Westküste und den Kerguelen gefunden, nicht aber in weiteren acht Terebelliden, darunter zwei Spezies des Weddellmeeres. Zudem zeigten die beiden Terebelliden *Lanice conchilega* und *The-*

*lepus setosus* nur in bezug auf wenige Spurenkomponenten Übereinstimmung; die Hauptkomponenten der beiden Arten waren nicht identisch (Abb. 2). Enge systematische Beziehungen sind demnach noch kein Indiz für biochemische Ähnlichkeit.

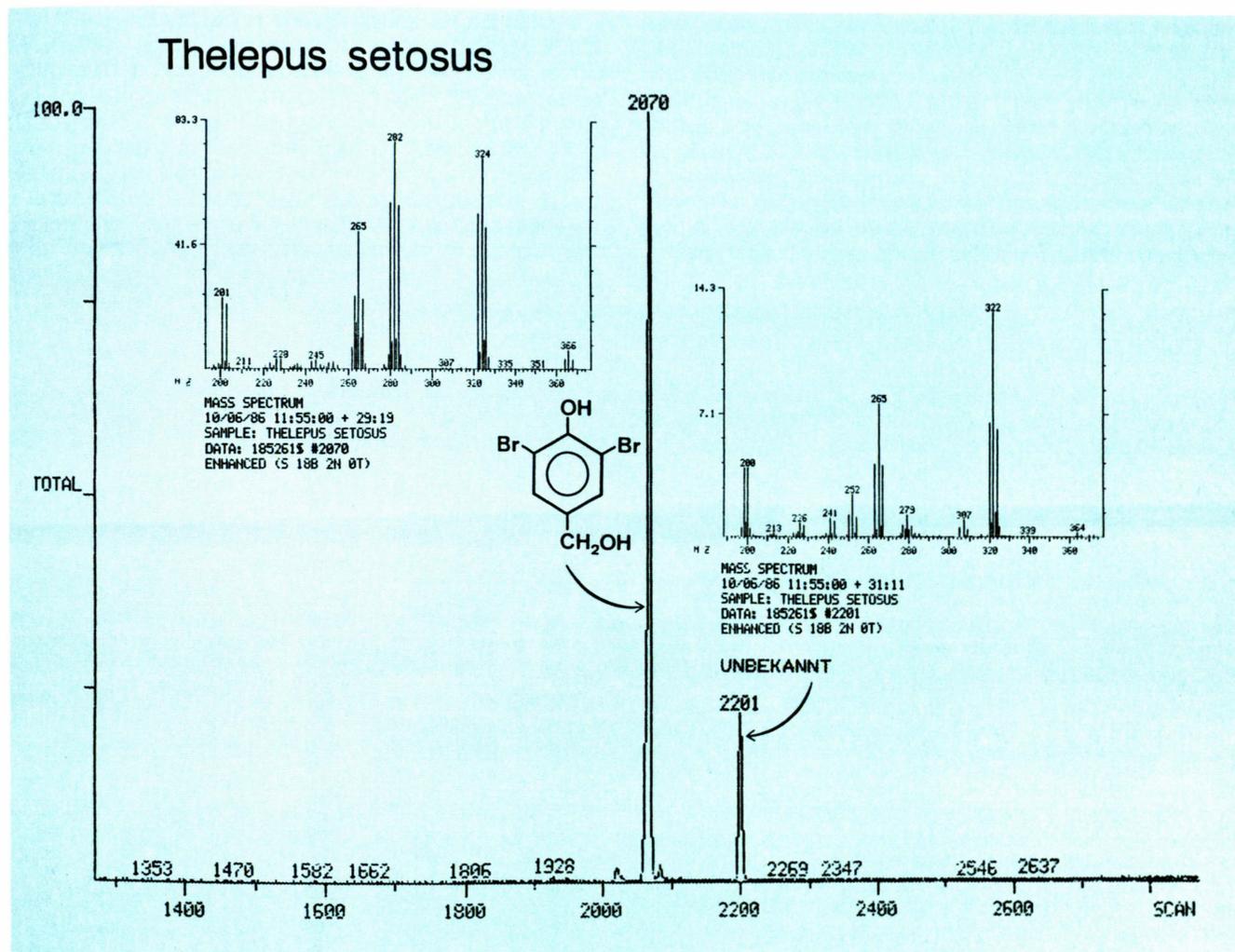


Abb. 2 b: Gaschromatogramme und Massenspektren bromphenolhaltiger Sekundärmetabolite von *Thelepus setosus* (GC/MS-Analyse als Acetate).

# Tiefenangepaßte Bakterien im östlichen Weddellmeer

Horst Weyland und Elisabeth Helmke

Die Tiefsee ist die größte ökologische Einheit der Biosphäre. Sie ist neben geringer Nährstoffkonzentration und niedriger Temperatur durch hohen hydrostatischen Druck gekennzeichnet. Der Nahrungseintrag erfolgt im wesentlichen durch Sinkstoffe aus der euphotischen Zone des Oberflächenwassers. Im Antarktischen Ozean geschieht dies saisonal durch die Freisetzung der im Meereis eingeschlossenen Mikrobenthosgemeinschaften während der Eisschmelze und im Verlauf der Planktonblüte im Süd-Frühjahr und -Sommer. In Abhängigkeit von der Größe und Dichte der Mikroben-Aggregate und der Exkrete von Zooplanktern

(fecal pellets, insbesondere vom Krill) in denen Mikroorganismen konzentriert sind, können diese schon nach Tagen oder Wochen in größere Tiefe gelangen.

Während des „Winter Weddell Sea Project 1986“ wurde dem Schicksal der in die Tiefe sedimentierenden Bakterien nachgegangen und geprüft, ob Bakterien des Oberflächenwassers, die in dieser Meeresprovinz bereits an kalte Temperaturen angepaßt sind, funktionstüchtige Mitglieder der Tiefseegemeinschaft werden können oder ob die bakteriellen Stoffumsetzungen in der Tiefsee durch spezifisch druckadaptierte Organismen erfolgen.

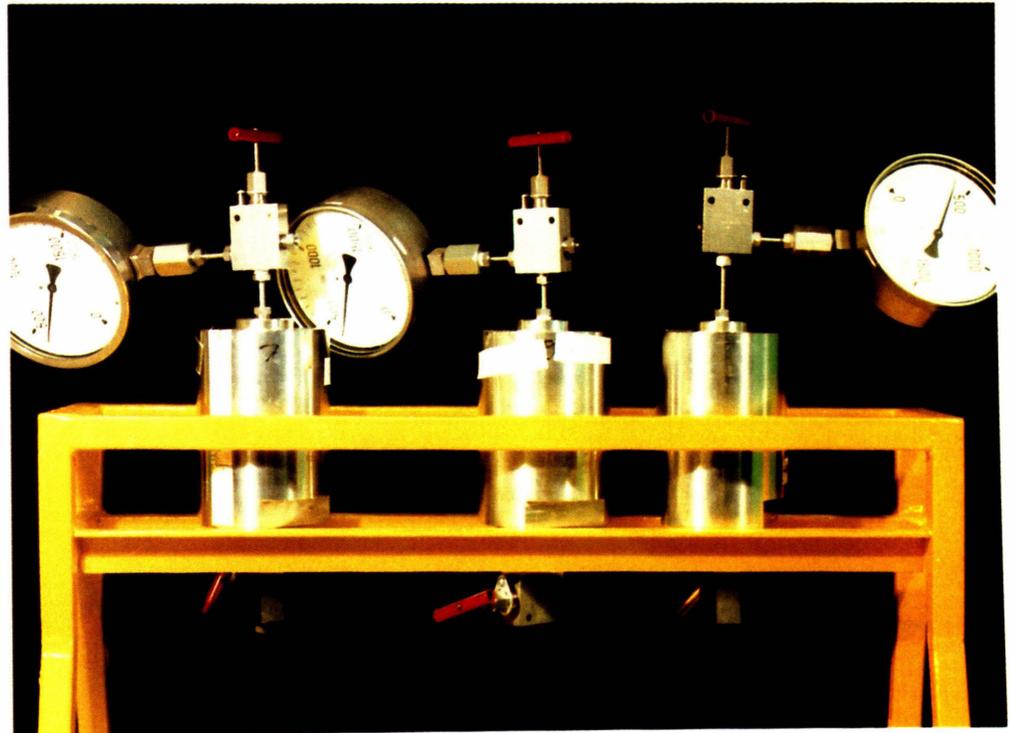


Abb. 1: Druckzylinder für die Bakterienkultivierung unter hohem hydrostatischem Druck.

Dazu wurden Untersuchungen über die Anpassung von Bakterien an den hydrostatischen Druck mit Organismen des Oberflächenwassers und des bodennahen Tiefenwassers durchgeführt.

Wasserproben aus 25 m und 5000 m Tiefe des östlichen Weddellmeeres wurden mit Nährmedium versehen und in Parallelansätzen bei Atmosphärendruck sowie bei Tiefseedruck inkubiert und die reproduktionsfähigen Bakterien quantitativ bestimmt. Die Inkubation der Kulturansätze unter höherem hydrostatischem Druck erfolgt in dickwandigen Stahlgefäßen (Abb. 1) bei niedriger Temperatur (1°C). Um für die Organismen während langer Inkubationsperioden in abgeschlossenen Drucksystemen optimale Sauerstoffbedingungen sicherzustellen, wurden die Kulturen in gaspermeablen Plastikbeuteln (Abb. 2) angelegt und in einer spezifischen hydraulischen Flüssigkeit mit hohem Sauerstofflösungsvermögen eingebettet.

Den Kultivierungsversuchen zufolge sind die heterotrophen Bakterien in der Wassersäule des östlichen Weddellmeeres eng an den Druck ihrer Herkunftstiefe angepaßt. Die Bakterien des

Oberflächenwassers, obgleich hier bereits an kalte, der Tiefsee entsprechende Temperatur adaptiert, erwiesen sich als extrem druckempfindlich. Sie starben schon bei einem Druck von 250 bar ab und sind anscheinend nicht befähigt, aktive Mitglieder der Tiefseegemeinschaft zu werden.

Aus der Tiefseeprobe wurde Bakterienzuwachs sowohl bei Atmosphärendruck als auch bei 500 bar erzielt. Durch anschließende Subkultivierung der Primärkulturen wurden zwei sehr unterschiedliche Komponenten der bakteriellen Tiefseegemeinschaft aufgedeckt. Zahlenmäßig dominierten druckempfindliche Bakterien, die unter Tiefseedruck nicht zur Vermehrung gelangten, jedoch im Unterschied zu den Oberflächenwasser-Bakterien, Tiefseedruck überlebten und als Einwanderer aus mittleren Tiefen zu betrachten sind. Neben dieser barosensiblen Gruppe wurde eine zweite Bakteriengruppe erfaßt, die sich nur unter höherem Druck reproduzieren konnte. Diese sogenannten obligat barophilen Bakterien wurden quantitativ erfaßt und einzelne Stämme wurden als Reinkulturen (Abb. 3) isoliert. Sie sind die

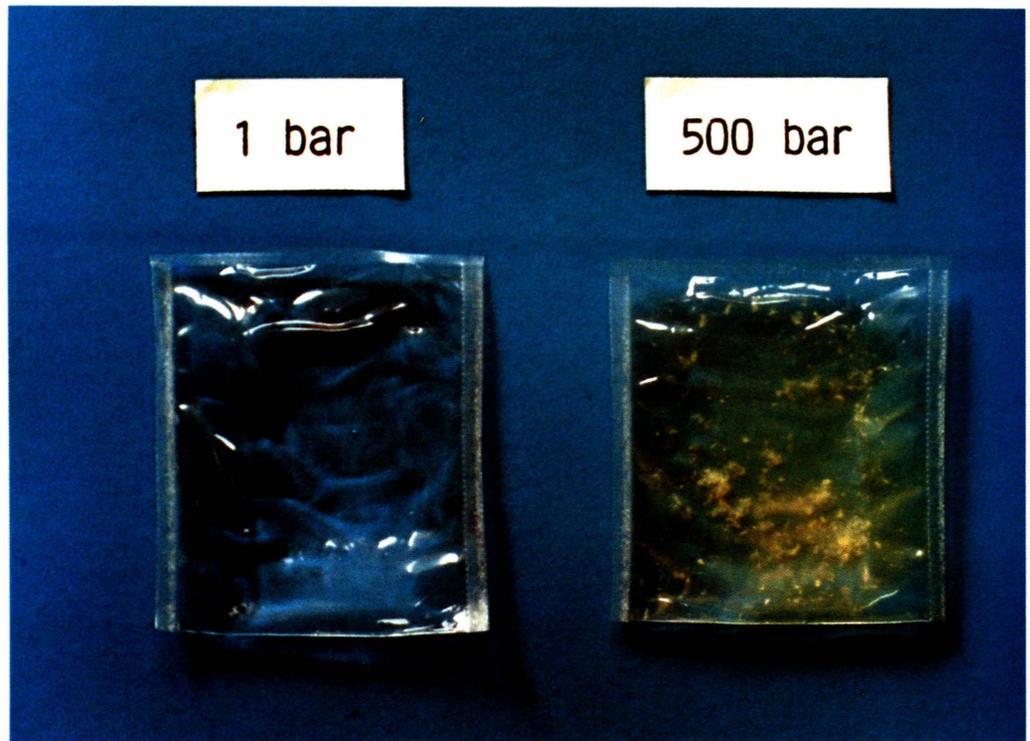


Abb. 2:  
Bakterien aus 5000 m Tiefe, die in gaspermeablen Behältern unter Atmosphärendruck und unter hohem Druck kultiviert wurden und sich nur bei 500 bar vermehren.

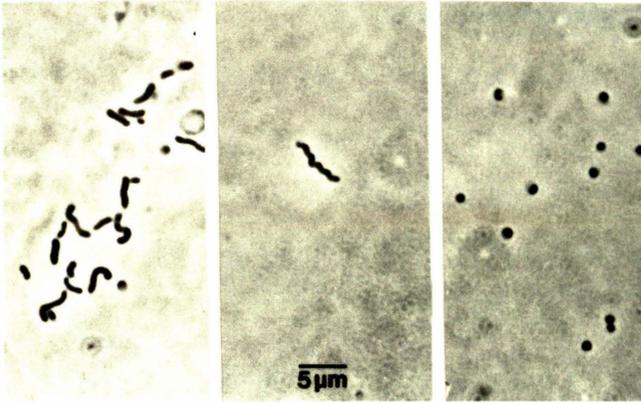


Abb. 3: Obligat barophile Bakterien.

Basis für Untersuchungen ihrer Physiologie und der zellulären sowie molekularen Mechanismen zur Anpassung an den hohen hydrostatischen Druck. Bakterien, die sich sowohl bei Atmosphärendruck als auch bei 500 bar vermehren, also ein breites Drucktoleranzspektrum aufweisen, konnten in 5000 m Tiefe nicht nachgewiesen werden. Dort erwiesen sich demnach von den aeroben heterotrophen Bakterien der Antarktischen Tiefsee allein die obligat Barophilen als funktionstüchtig.

Die enge Anpassung der erfaßten Bakteriengruppen an die Tiefe ihrer Herkunft wurde auch durch Bestimmungen ihrer Drucktoleranzspektren erhärtet. Prinzipiell zeigte sich, daß realitätsbezogene Aussagen über Struktur und Aktivität bakterieller Tiefseegemeinschaften nur zu erzielen sind, wenn der Ökofaktor Druck bei Tiefseearbeiten Berücksichtigung findet. Im anderen Falle werden Bakterien und Reaktionen erfaßt, die mit den Stoffumsetzungen in der Tiefsee wenig gemeinsam haben.

# Kultur von Makroalgen aus der Antarktis

Christian Wienke

Während einer internationalen Expedition im Südsommer 1986 zur König-Georgs-Insel (Südshetlands) ist es uns gelungen, Sporen benthischer Großalgen zu isolieren, und erstmals in größerem Umfang Laborkulturen anzulegen. Für diese Arbeiten sind der freie Zugang zu einer Felsküste und der Einsatz von Tauchern Voraussetzung. Unabdingbar ist darüber hinaus ein Labor mit Temperaturen zwischen  $-1^{\circ}\text{C}$  und  $+6^{\circ}\text{C}$ , um die Algen in lebendem Zustand mikroskopisch untersuchen und sporenbildende Bereiche erkennen zu können. Eine weitere technische Voraussetzung ist eine ständige Kühlung, da auch nur kurzfristige Erhöhungen der Temperatur auf Werte über  $8^{\circ}\text{C}$  von den empfindlichen Algensporen nicht ertragen werden.

Aufgrund der Eisabschürfung ist die Gezeitenzone in der Antarktis bis auf geschützte Tümpel fast vegetationsfrei. Um so üppiger wachsen jedoch die Algen im Sublitoral: Unterhalb einer Wassertiefe von 5 m bis in über 40 m Tiefe wuchern riesige „Wälder“ von vorwiegend Braun- und Rotalgen. Die größten Formen findet man bei den Braunalgen (z. T. über 15 m lang). Auch die Rotalgen erreichen Thallusausmaße bis zu 1 m Länge. Die ebenfalls mit einigen Arten vertretenen Grünalgen bleiben mit 40 cm deutlich kleiner. Aus jeder Gruppe wird jeweils eine der von uns kultivierten Arten näher beschrieben:

Die Rotalge *Iridaea obovata* (Abb. 1) besitzt einen flachwelligen, knorpeligen Thallus mit einem Durchmesser bis zu 1 m. Der Algenkörper verjüngt sich keilförmig nach unten und besitzt hier eine kleine Haftkralle (Abb. 1, Pfeil). Das südlichste nachgewiesene Vorkommen der Alge liegt bei  $77^{\circ}51'\text{S}$ . Es handelt sich um eine weitverbreitete antarktische Art, die auch auf einigen subantarktischen Inseln vorkommt.

Die Braunalge *Adenocystis utricularis* (Abb. 2) hat hohle, flüssigkeitsgefüllte Thalli, an deren Basis sich vegetativ junge Pflänzchen bilden. Die bis knapp 10 cm groß werdende Alge hat eine überwiegend subantarktische Verbreitung, ist aber auch im Bereich der antarktischen Halbinsel anzutreffen.

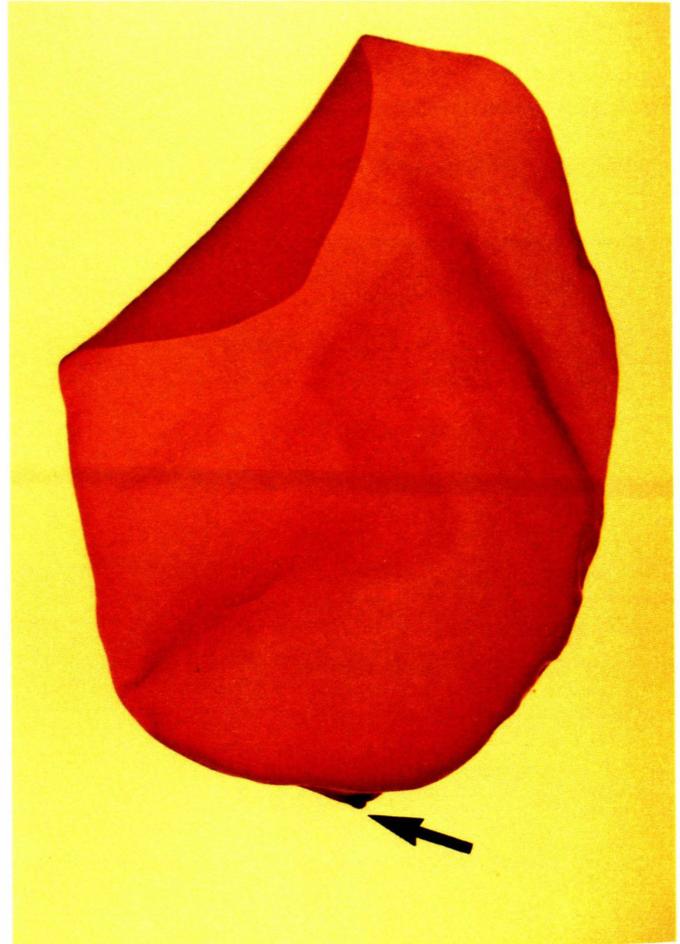


Abb. 1: Rotalge *Iridaea obovata*; der Pfeil deutet auf die Haftkralle.

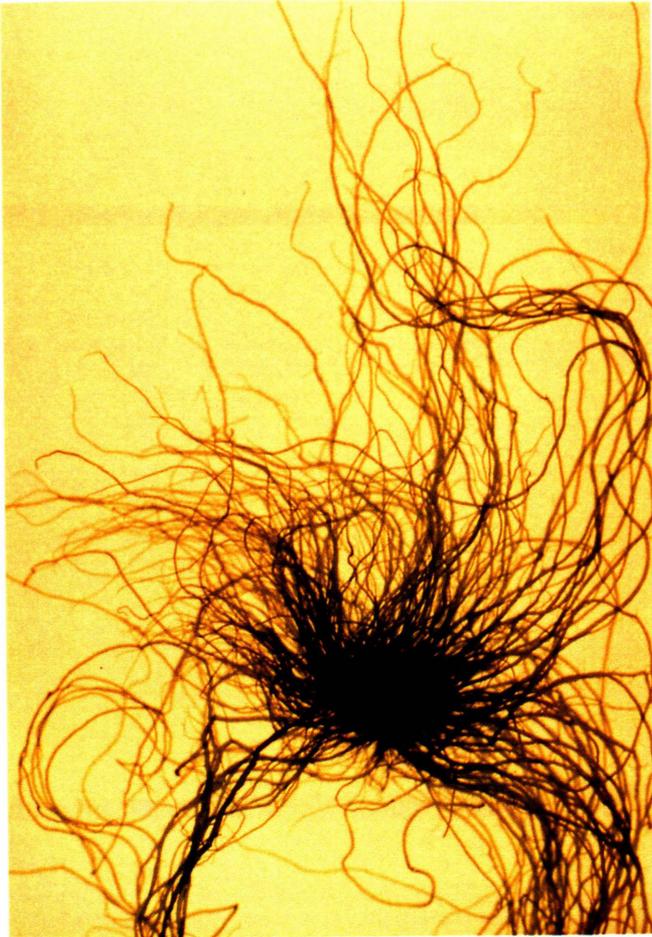


Abb. 3: Grünalge *Enteromorpha bulbosa*.

Die Grünalge *Enteromorpha bulbosa* (Abb. 3) ähnelt dem in der Nordsee vertretenen Darmtang (*E. intestinalis*), ist jedoch ausschließlich antarktisch-subantarktisch verbreitet. Der Thallus ist hohl und kann bis zu 18 cm lang werden.

Die Algen werden in Batteriegläsern von 1 - 3 l Inhalt kultiviert (Abb. 4), um eine starke Bewegung der Algen und damit eine gleichmäßige Belichtung aller Thallusteile zu gewährleisten. Die Turbulenz wird durch starke Belüftung erreicht. Das Lichtregime ist ein Langtag mit einer Dunkelperiode von 6 Stunden, die Temperatur in den Kulturräumen liegt zwischen 0 und +5°C.

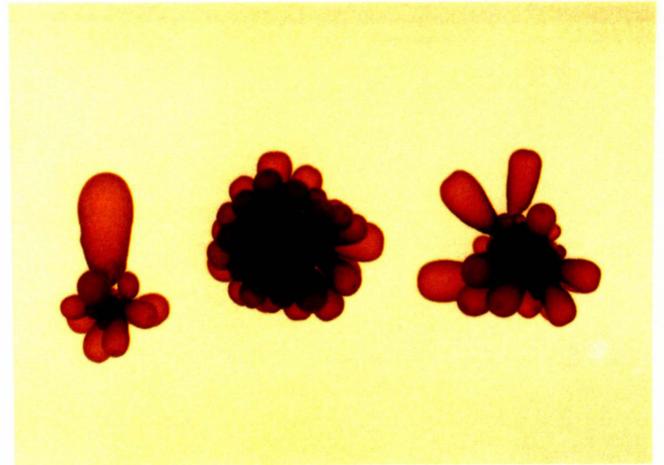


Abb. 2: Braunalge *Adenocystis utricularis*.

Ziel der Untersuchungen ist die Erforschung der biologischen Grundlagen dieser in vielen Aspekten einzigartigen Algen, um sie hinsichtlich ihrer Physiologie, (Fein-)Struktur und Taxonomie näher zu charakterisieren. Unter anderem werden an den Laborkulturen Untersuchungen über die Entwicklungszyklen und den Temperaturbedarf für Wachstum und Reproduktion durchgeführt.

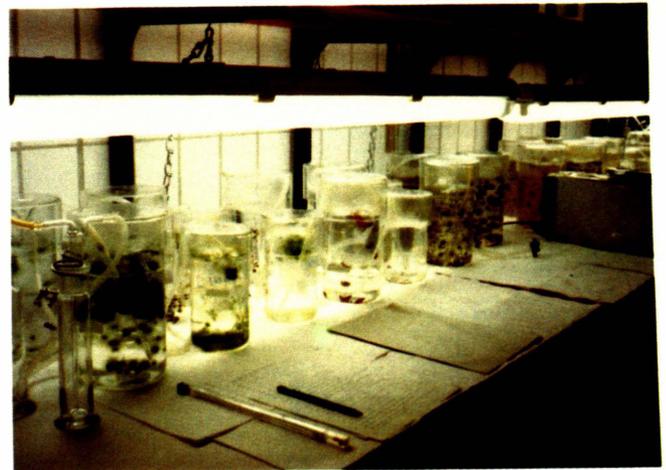


Abb. 4: Kulturanlage.

---

## 4. Logistik

Im Mittelpunkt der logistischen Arbeiten des Instituts standen, die Abfertigung und Ausstattung von „Polarstern“-Reisen, die Versorgung der Antarktisstationen, sowie die Unterstützung und Betreuung von Expeditionen auf dem antarktischen Kontinent.

Für biologische und meteorologische Messungen am Drescher Inlet wurde eine mobile Feldstation, die DRESCHER-STATION entwickelt und eingesetzt, Überlandexpeditionen wurden mit neuen Arbeits-Wohnschlitten ausgestattet und neue Schneefahrzeuge und Schlitten wurden für Traversenarbeiten eingeführt. Die technischen Einrichtungen der GEORG-VON-NEUMAYER- und der FILCHNER-STATION konnten dem Bedarf entsprechend erweitert werden.

Zwölf Schiffs- und sechs Landexpeditionen wurden logistisch ausgestattet und betreut. Nachschub und Umschlag erfolgte überwiegend auf dem Seewege über verschiedene Häfen. Die GEORG-VON-NEUMAYER-STATION wurde regelmäßig versorgt und für die Überwinterungen 1986 und 1987 ausgerüstet. Während der Südsommer 1985/86, 1986/87 und 1987/88 fanden Inlandexpeditionen in die Kottas Berge des westlichen Neuschwabenlandes, auf Ekström- und Filchner Schelfeisen, in der Shackleton Range sowie auf der Antarktischen Halbinsel statt. Auf den Ekström- und Filchner Schelfeisen wurden auch Tiefbohrungen bzw. Durchbohrungen des Eises vorgenommen. Alle diese Expeditionen mußten logistisch und technisch vorbereitet, ausgerüstet und betreut werden. Für die Arbeiten auf dem Filchner Schelfeis wurde die FILCHNER-STATION als logistische Basis in Betrieb genommen.

### 4.1 Antarktisstationen

Das Alfred-Wegener-Institut betreibt derzeit eine Überwinterungsstation und zwei Sommerstationen in der Antarktis. Die Überwinterungsstation Georg-von-Neumayer (GvN) wurde in der Sommersaison 1985/86 durch eine Anlage zur barometrischen Registrierung von atmosphärischen Schwerewellen erweitert.

Ferner wurde eine geophysikalische Außenstation (telemetrische seismische Station) 60 km südlich der Hauptstation errichtet und während der Überwinterung betrieben. Im Januar und Februar 1986 wurde die GvN um eine Flugzeughalle erweitert, die während des Sommers für Wartungs- und Umbauarbeiten an den Polarflugzeugen und während des Winters als Garage für Schneefahrzeuge dient. Während der Sommerkampagne 1985/86 war GvN Basis der geologisch-geophysikalischen Kottas-Expedition, eines umfangreichen Flugmeßprogramms sowie der glaziologischen Arbeiten auf dem Ekström Schelfeis. Die Station mit ihren Außeneinrichtungen beherbergte und versorgte zeitweise über 50 Personen. Der eigene Forschungsbetrieb konnte aber trotz solcher sommerlichen Spitzenbelastungen in vollem Umfang durchgeführt werden.

Im Januar und Februar 1987 war GvN wieder das Zentrum des glaziologischen Ekström Schelfeisprojektes. Dieses Programm umfaßte Traversenarbeiten, zwei Tiefbohrungen und Flugeinsätze. Auch in dieser Sommersaison war GvN mit über 50 Personen belegt. Schließlich wurde eine aerologische Station auf hochfahrbaren Stelzen (Jack-Up Plattform) für Ballonaufstiege errichtet. Alle Stationsschächte, Antennenmasten sowie die Ausfahrtrampe wurden erhöht, die Station wurde durch den Germanischen Lloyd sicherheitstechnisch abgenommen.

Ende des Jahres 1987 startete an der Neumayer-Station die deutsch-schwedische Expedition in die Kottasberge. An der britischen Station Halley wurde eine Basis zur Unterstützung der Shackleton-Expedition errichtet. Die Station auf dem Filchner/Ronne Schelfeis diente vorwiegend den Sommerkampagnen des glaziologischen Filchner Schelfeisprojektes. Die Stelzen der Station wurden während der Monate Januar und Februar 1986 um 2 m erhöht. Ferner wurde eine neue Generatorstation eingebracht sowie ein Kran auf der Plattform errichtet, um die aufgeständerte Station leichter versorgen zu können. In der Sommersaison 1985/86 wurden die glaziologische Filchner Traverse weit nach Süden abgearbeitet und kleine Meßtrupps zu ihren Einsatzorten geflogen. Die Polarflugzeuge waren für 5 Wochen bei

FILCHNER stationiert und haben von dort aus ein umfangreiches geophysikalisches Meßprogramm sowie Versorgungs- und Erkundungsflüge durchgeführt.

Die Filchner-Station wurde 1987 weiter erhöht, mit Startaggregat und Heizgerät für die Flugzeuge versorgt sowie mit einem Ski-Doo und einem Funkgerät für den autarken Betrieb ausgerüstet.

## 4.2 FS POLARSTERN und FK VICTOR HENSEN

### FS POLARSTERN

1986 operierte FS POLARSTERN ganzjährig in der Antarktis. In diese Zeit fielen die Versorgung der Stationen und die Phase II des Filchner Schelfeisprojektes, das Winter-Weddell-See-Projekt (WWSP 86) sowie die Sommersversorgungsfahrt 1986/87 zur GvN mit dem Ekström Schelfeisprojekt. Zur Behebung von Brandschäden mußte POLARSTERN ihren Hafenaufenthalt in Kapstadt im Dezember 1986 um eine Woche verlängern. Ein Werftaufenthalt war 1986 nicht erforderlich. Alle Um- und Einbauten sowie die speziellen technischen Vorkehrungen für das Winter-Weddell-See-Projekt waren während der Wertzeit im Sommer 1985 vorgenommen worden. Im April 1987 kehrte das Schiff nach fast zweijährigem Einsatz in der Südhemisphäre nach Bremerhaven zurück.

Hervorzuheben sind die Fahrabschnitte ANT V/2 und ANT V/3, auf denen erstmalig ein Forschungsschiff während des antarktischen Winters bei maximaler Eisbedeckung im zentralen und südlichen Weddellmeer nach Plan manövrierte.

Das Werftprogramm im April/Mai 1987 in Bremerhaven umfaßte umfangreiche Verbesserungs-, Instandsetzungs- und Klassearbeiten. Der Fahrstand des Windenleitstandes wurde auf die Brücke verlegt und ein neuer Flugleitstand mit Navigationsradar wurde installiert. Die Personenkapazität des Schiffes wurde von 106 auf 120 erweitert. Ferner wurden Vorbereitungen zur Veränderung der Schiebepalken und Winden getroffen, die Belüftung des Laborcontainerraumes verbessert sowie weitere Rechnerleitungen verlegt, Monitore zur Überwachung des Seabeamraumes eingebracht und das Brückenfenster an Steuerbord achtern vergrößert. Nach der Entladung und Entsorgung des Schiffes wurde es sofort für die drei Arktisfahrabschnitte von Mai bis September 1987 ausgerüstet und beladen.

Nach Rückkehr aus der Arktis ging POLARSTERN in Hamburg ins Dock, um Reparaturen und Klassearbeiten am Schiffsrumpf durchführen zu lassen. Es war dies die erste Dockung nach zweijährigem Einsatz im Eis. Das Werftprogramm von insgesamt 16 Tagen enthielt ferner Reparaturen der Seabeamanlage, Überholung von zwei Hauptmaschinen, der Flossen und der Ruderan-

lage, Erneuerung und Austausch von Winden, die Installation der Eisdruckmeßanlage sowie die Verstärkung der Schiebepalkenausleger. Im Anschluß an die Werftarbeiten wurde das Schiff in Bremerhaven für die nachfolgende Antarktisexpedition des Sommers 1987/88 ausgerüstet.

### FK VICTOR HENSEN

Der Forschungskutter VICTOR HENSEN führte im Jahre 1986 insgesamt 52 kurze Forschungsreisen durch, bei denen 16.494 Seemeilen zurückgelegt wurden. Das Schiff war 179 Tage auf See, vorwiegend in der Deutschen Bucht und der zentralen Nordsee.

VICTOR HENSEN wurde u. a. für das interdisziplinäre Projekt „Fronten und Wassermassen in der Deutschen Bucht“ eingesetzt, an dem neben dem AWI auch Arbeitsgruppen der Universitäten Hamburg und Oldenburg sowie des Fernerkundungszentrums der Europäischen Gemeinschaft ISPRA/Italien beteiligt waren. Sie arbeitete dabei mit anderen Forschungsschiffen und auch mit Forschungsflugzeugen zusammen.

Biologische Arbeitsgruppen nutzten VICTOR HENSEN für die Projekte „Fortpflanzungsbiologie der Sprotte“ und „Wachstum, Rekonstruierung, Langzeituntersuchungen (Monitoring) im Benthos“. Für das Projekt „Schadstoffe im Küstenbereich“ wurde eine Fahrt in den Englischen Kanal und die nördliche Nordsee mit einem viertägigen Aufenthalt in Aberdeen unternommen. Eine Reise in das Skagerrak diente der Geräteerprobung und zu Vergleichen unterschiedlicher Strömungsmeßmethoden.

Zur Unterstützung der Lehre an der Universität Bremen wurden fünf Praktikums- und Exkursionsfahrten durchgeführt. Das Schiff wurde 1986 ferner für zwei Fahrten in die Ostsee vom Deutschen Hydrographischen Institut, Hamburg, eingesetzt. Auf dem Deutschen Schifffahrtstag in Cuxhaven vom 31. 5. - 1. 6. 1986 konnte die VICTOR HENSEN besichtigt werden. Mitarbeiter des AWI erläuterten den Besuchern Aufgaben, Einsatzgebiete und Geräte des Schiffes.

1987 führte VICTOR HENSEN 42 Forschungsreisen durch, wobei eine Fahrtstrecke von insgesamt 14.580 Seemeilen zurückgelegt wurde. Während der 127 Seetage war das Schiff in der Deutschen Bucht sowie in der zentralen Nordsee tätig. Dabei wurden die ausländischen Häfen Lerwick auf den Shetland-Inseln und Stavanger in Norwegen angelaufen. Hauptnutzer des Schiffes waren in diesem Jahr biologische Arbeitsgruppen, um die o.g. Projekte weiterzuführen. Die Sektion Chemie setzte das Schiff in der nördlichen Nordsee (Shetlands, Norwegen) zur Untersuchung von Schadstoffen im Küstenbereich ein. Die Universitäten Bremen und Oldenburg nutzten VICTOR HENSEN 1987 für sie-

ben Praktikums- und Ausbildungsfahrten im Rahmen der Kooperationsverträge mit dem AWI.

### 4.3 Flugzeuge und Hubschrauber

Die Polarflugzeuge POLAR 2 und POLAR 4 haben sich während des Antarktiseinsatzes im Januar und Februar 1986 bewährt, nachdem sie 1985 auf das Abfluggewicht von 6,7 t umgerüstet und damit auf das Reichweiten-Nutzlastverhältnis von 1000 kg zu 1000 sm gebracht worden waren. In den Regionen der Ekström- und Filchner-Schelfeise wurde ein umfangreiches Flugmeßprogramm mit Aeromagnetik, Radareisdickenmessung und Photogrammetrie absolviert. Dazu wurden Meßtrupps durch den Einsatzorten geflogen und die Expedition in die Kottasberge sowie die Arbeiten auf der Filchnertraverse betreut und versorgt. Insgesamt wurden 52.000 Flugkilometer ohne größere technische Probleme zurückgelegt. Die Basisstationen GVN und FILCHNER sind inzwischen mit Landepisten, Versorgungseinrichtungen am Boden sowie einer provisorischen Flugüberwachung ausgestattet. Nach Rückführung und Überholung der Maschinen durch die Dornier GmbH, die bis dahin auch die Flugmissionen ausführte, werden die Flugzeuge seit Juli 1986 von Hapag-Lloyd Germanair in Hannover betrieben. Gleichzeitig wurde die Betreuung des wissenschaftlichen Einsatzes der Firma Aerodata, Braunschweig, übertragen. Von beiden Firmen wurde die Aufrüstung der POLAR 4, die bisher vorwiegend für die Logistik genutzt wurde, zu einem Meßträger für meteorologische und luftchemische Messungen vorbereitet.

Mitte November 1986 begann für beide Flugzeuge der nächste Antarktiseinsatz wieder für das Ekström Schelfeisprojekt. Zuvor wurden die Navigationseinrichtungen durch Installation von Laserkreisel und GPS (Global Positioning System) verbessert. In dieser Flugkampagne, deren Gesamtflugstrecke ca. 55.000 km betrug, wurden die Maschinen für GPS-Erprobungen, Photogrammetrie und Logistik eingesetzt, auch die Erhöhung der FILCHNER-STATION konnte mit Flugunterstützung vorgenommen werden. Flüge zur Erkundung der Routen und Landeplätze in den Shackleton- und Theron Bergen schafften die Voraussetzung für die geologischen Expeditionen 1987/88. Schließlich konnten die Flugzeuge eine sowjetische Hubschrauberbesatzung nach Absturz auf dem Filchner Schelfeis bergen.

Die POLAR 2 führte von Mitte Mai bis Anfang Juni 1987 ein Fernerkundungsprogramm in der Grönlandsee von Longyearbyen aus durch. Im Juli 1987 unterstützten beide Maschinen eine glaziologische Kampagne auf dem grönländischen Inlandeis, deren Programm neben Landungen auf der Eiskappe geophysikalische Flugvermessungen sowie die Tests verschiedener Navi-

gationssysteme (GPS, Omega, Doppler, Laserkreisel) vorsah. POLAR 4 nahm im September 1987 an einem Projekt zur Erforschung der Strahlungseigenschaften von Cirrus Wolken über der Nordsee teil. Vor dem neuerlichen Antarktiseinsatz wurden Autopiloten und Datenerfassungsanlagen in beide Maschinen und die meteorologische Routineanlage (Staudruck, Statikdruck, Temperatur, Feuchte, Strahlung, Wind) in die POLAR 4 eingebaut.

Anfang November 1987 verließen die Flugzeuge Hannover, um eine geologische Expedition in die Shackleton Berge zu bringen und zu versorgen. Dieses ist das erste deutsche Inlandprojekt, das ausschließlich mit Flugunterstützung durchgeführt wurde.

Die Hubschrauber auf FS POLARSTERN wurden, wie in den Vorjahren, von der Firma Helicopter-Service-Wasserthal gechartert. Eingesetzt wurden zweimotorige Maschinen des Typs BO 105 und AS 355 Ecureuil, die zusätzlich mit Omega-Navigation, Autopiloten und Kurzwellensprechfunk ausgerüstet sind. Die Hubschrauber wurden zur Eiserkundung, Unterstützung wissenschaftlicher Meßtrupps auf dem Eis sowie für Transportaufgaben genutzt. Nach unserer bisherigen Erfahrung sind Hubschrauber bei Schiffseinsätzen im Meereis ein unverzichtbares Hilfsmittel. Während der Kampagne 1987/88 waren erstmalig drei Hubschrauber auf POLARSTERN stationiert. Zwei von ihnen waren zeitweilig an verschiedenen Orten auf der Antarktischen Halbinsel tätig, um die geowissenschaftlichen Landgruppen bei ihren Arbeiten zu unterstützen. Diese Verfahrensweise hat sich als sehr effektiv erwiesen.

### 4.4 Schneefahrzeuge

Das AWI verfügt über unterschiedliche Landfahrzeuge zur Unterstützung der Stations- und Expeditionsarbeiten. Zu diesen gehören schwere Traversenfahrzeuge, die als mobile Labors und als Zugmaschinen verwendet werden, Kran- und Zugfahrzeuge, Schneefräsen, Schneemobile sowie eine große Anzahl verschiedener Schlitten für Transporte.

Der Fahrzeugpark wurde 1986 um zwei neu entwickelte Traversenfahrzeuge (Typ: Flexmobil) erweitert. Es handelt sich um Kabinenfahrzeuge, angetrieben von luftgekühlten 170 PS Turbodieselmotoren, die mit Satellitennavigation und UKW Funk ausgerüstet sind.

Zur Unterstützung von Überlandunternehmungen wurden vom AWI ein Wohnschlitten konzipiert, in dem bis zu sechs Personen leben können. Der Schlitten, der von einem schweren Traversenfahrzeug gezogen wird, ist mit einem Schlaf-, Wohn-, Arbeits- und Küchenbereich ausgestattet. Zwei dieser mobilen Quartiere wurden auf der Kottastraverse und eins auf der Filchnertraverse ein-

gesetzt. Die Schlitten haben sich auf den beiden Expeditionen gut bewährt.

Der Flugtransport kleiner Gruppen zu ihren Arbeitsgebieten verlangt ein besonders leichtes Expeditionsgerät. Der Fahrzeugpark wurde deshalb durch besonders leichte Schneemobile (125 kg) erweitert, die ebenso wie die neu entwickelten leichten und kurzen Nansen-Schlitten von Flugzeugen transportiert werden können.

1987 wurde ein Schlitten mit einem 5 t Kran entwickelt, der von einem Pistenbully PB 270 geschleppt wird. Diese Kombination ersetzt die 1980 beschafften zwei Chieftains, die wegen wachsender Anfälligkeit ausgemustert werden müssen. Der PB 270 ist eine Neubeschaffung mit einer Leistung von 270 PS, so daß er auch schwere Traversenarbeit durchführen kann.

In Zusammenarbeit mit den Firmen Minimax und Kässbohrer wurde eine mobile Feuerlöschstation entwickelt, die zum Schutz des Flugbetriebes und der Stationsarbeiten im Bereich der GVN eingerichtet wurde. Ein Tankschlitten mit einer Kapazität von 15.000 l wurde in diesem Jahr ebenfalls in Dienst gestellt, um mit

einer leistungsfähigen Pumpenanlage die Flugzeuge schnell und sicher bedienen zu können. Ferner wurde der Fahrzeugpark um einen Flexmobil-Sattelschlepper für Stations- und Traversenarbeiten und um einen Wohncontainerschlitten für Überlandexpeditionen erweitert. Die Fahrzeuge des AWI genügen den hohen technischen Anforderungen für den Polareinsatz, so daß sich auch ausländische Antarktisstationen dieser deutschen Produkte bedient haben.

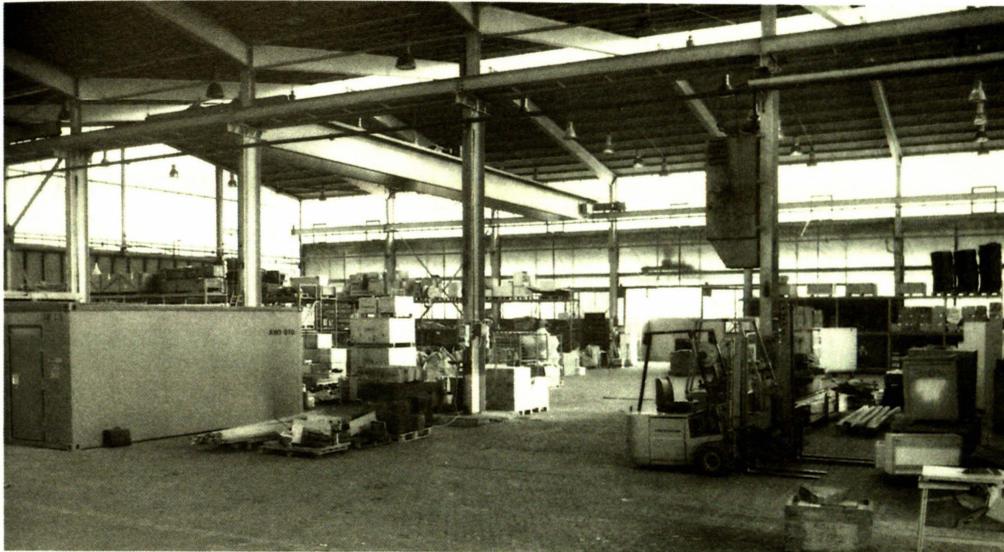
#### 4.5 Hafenerlager

Im Juni 1987 wurde im neuen Hafenerlager des AWI der Betrieb aufgenommen. Das Lagergebäude im Freihafen auf dem Gelände der Lloyd Werft wurde für 15 Jahre angemietet. Zum Gebäude gehört eine unmittelbar angrenzende Freifläche von 2300 m<sup>2</sup>, die zur Lagerung von Containern und schweren Geräten genutzt wird.

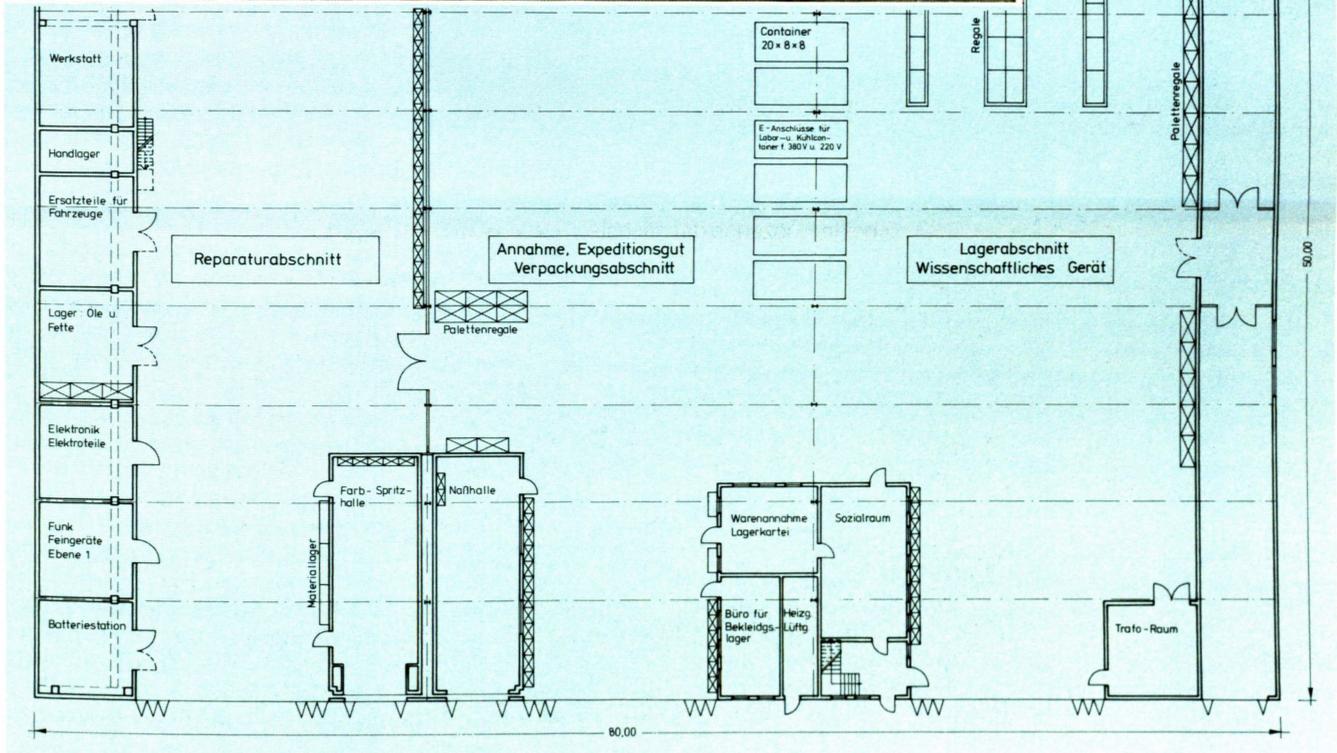
Das dreischiffige Gebäude hat eine Grundfläche von 3750 m<sup>2</sup>. Große Falltüre an den Stirnseiten ermöglichen das Ein- und Aus-



Die neue Lagerhalle des AWI im Freihafen wurde im Juni 1987 in Betrieb genommen. (Foto: Norbert Müller)



Grundriß und Innenaufnahme der Lagerhalle.



---

bringen großer Fahrzeuge und großvolumiger Güter. An der werftseitigen südlichen Querwand liegt ein Seitentrakt von 250 m<sup>2</sup> Grundfläche, der ebenfalls für Lagerungszwecke genutzt wird.

Das Hafenerlager wurde durch Umbau auf die logistischen Aufgabenbereiche abgestimmt. Das erste nördliche Hallenschiff ist der Werkstattbereich, in dem die Wartung und Reparatur von Fahrzeugen sowie die Reparatur und Konstruktion von logistischen Expeditionsgeräten erfolgt. Diese Halle beherbergt die KFZ-Werkstatt, Lager- und Servicräume für Batterien, Fahrzeugersatzteile, elektrische und elektronische Geräte sowie einen Spritzraum und ein Lager für Gefahrgüter. Auf einer Zwischenebene über den Werkstätten ist das Kleiderlager untergebracht. Das mittlere Hallenschiff dient teils als Gerätelager, teils als Umschlag- und Verpackungsplatz für Expeditionsgüter, es besitzt Containerstellplätze. Im dritten, westlichen Hallenschiff befinden sich Lager für die wissenschaftlichen Expeditionsgeräte.

Laufkräne mit 5 t Tragfähigkeit in allen drei Hallenschiffen ermöglichen die Handhabung von schweren Gütern, so daß u. a. das Be- und Entladen von Transportcontainern im Hafenerlager

möglich ist. Wartung und Reparatur der Labor- und Tiefkühlcontainer kann ebenfalls im Lagergebäude erfolgen. Zwischen dem ersten und zweiten Hallenschiff liegen Büros für die Lagerhaltung, die Warenannahme und den Reparaturbetrieb sowie Sozialräume, Umkleidekabinen und Naßzellen.

In den Räumen lagern (Stand 1988) etwa 120.000 Expeditionsgeräte, Ausrüstungsgegenstände und Ersatzteile. Jährlich werden die Güter für die Polarstern-Expeditionen, die Überwinterung und die Landexpeditionen zusammengestellt und umgeschlagen. 200 bis 300 Expeditionsteilnehmer erhalten im Kleiderlager alljährlich ihre persönliche Expeditionsausrüstung.

Nur etwa 500 m vom Hafenerlager entfernt befindet sich der Liegeplatz der POLARSTERN. Die räumliche Nähe dieser beiden Anlagen erleichtert den Umschlag von Expeditionsgütern und die Versorgung des Schiffes wesentlich im Vergleich zu den früheren Bedingungen. Schließlich ist die Lage im Freihafen von Vorteil, da die Zollabfertigung eigener Expeditionsgüter weitgehend entfällt, und die Abfertigung von Expeditionsmaterial anderer Institutionen von diesen in eigener Verantwortung durchgeführt werden kann.

- „Zur Besichtigung des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung“ - ein kleiner Rundgang;
- „Antarktis-Stationen der Bundesrepublik Deutschland“ (Faltblatt);
- „Observatories of the Georg von Neumayer Station“ (Faltblatt);
- „Umweltschutz in der Antarktis“ (Faltblatt);
- „Umweltforschung“ (Broschüre);
- „FS Polarstern - Polarforschungs- und Versorgungsschiff der Bundesrepublik Deutschland“ (Faltblatt, liegt in deutscher, englischer und spanischer Sprache vor);
- „Biologie des Südpolarmeeres“ (Faltblatt);
- „Polarforschung gestern und heute“ (Broschüre zur Ausstellung in der Stadtparkasse Köln);
- „Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research“ (Faltblatt);
- „Wissenschaftliches Komitee für Antarktisforschung und deutscher Landesausschuß SCAR“ (Faltblatt);
- „Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission“ (Faltblatt).

Briefmarkensammler wurden über die Möglichkeiten der Posteinlieferung für Sonderstempel mit neuen „Rundschreiben für Briefmarkensammler“ informiert.

## 5.2 Bibliothek

Die Bibliothek wurde im April 1986 aus den Beständen des ehemaligen Instituts für Meeresforschung und des Alfred-Wegener-Instituts für Polarforschung zusammengestellt. Die Bücher wurden nach der Systematik der Bremer Universität neu eingeordnet.

Die Gesamtzahl der bibliographischen Einheiten (Bücher, Zeitschriften, Sonderdrucke, Seekarten) betrug Ende 1986: 68.160, Ende 1987: 70.505 Exemplare.

Die folgende Tabelle zeigt die Zugänge 1986 und 87 und den Bestand von Büchern und Zeitschriften:

	Zugänge 1986	Zugänge 1987	Gesamt
Bücher:	852	946	12.291
Zeitschriften:	1053	1216	28.850

Ende 1987 verfügte die Bibliothek über 29.181 Sonderdrucke.

Zur Zeit werden 603 Periodika gehalten, davon werden 158 Einheiten durch Kauf erworben und 445 stehen durch Tausch oder als Geschenke zur Verfügung.

Die Katalogisierung der Diatomeenbibliothek des Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatzes wurde 1986 abgeschlossen.

Ab Januar 1987 werden alle Titel der Neuzugänge (Bücher und Zeitschriften) elektronisch aufgenommen, so daß ein Katalog der ab 1987 eingegangenen Titel vorliegt. Parallel dazu werden die alphabetischen Zettelkataloge (alphabetischer Katalog und systematischer Standortkatalog) fortgeführt. Die Ausleihe aller Bücher und Zeitschriften wird in einem Mikrocomputer verbucht. Eine besonders enge Zusammenarbeit besteht mit der Bibliothek des Scott Polar Research Institute (SPRI) in Cambridge. Die etwa 2.600 Zeitschriften wurden mit EDV registriert.

## Informationsvermittlungsstelle am AWI

Zu Beginn des Jahres 1986 wurde im Rahmen eines vom BMFT geförderten Modellversuchs eine Informationsvermittlungsstelle eingerichtet. Die Wissenschaftler am AWI haben mittlerweile die Wahlmöglichkeit unter mehr als hundert bibliographischen Datenbanken zur Literatur-Recherche (ONLINE-Recherche). Zum Beispiel wurden im zweiten Halbjahr 1987 28 ONLINE-Recherchen sowie 16 CD-ROM-Recherchen ausgeführt. Aufgeschlüsselt nach wissenschaftlichen Disziplinen ergibt sich folgende Struktur der Online-Nutzer: 45 % Biologie, 25 % Chemie, 12 % Geowissenschaften, 9 % Informatik, 9 % Glaziologie.

Durch vierteljährliche Herausgabe des Info-Blattes „AWI-ONLINE“ werden die Dienste und Neuerungen der AWI-IVS allen Wissenschaftlern näher gebracht. Weiterhin werden mit Pilot-Nutzern der jeweiligen Fachbereiche Abfrageprofile für monatliche Dauer-Recherchen erstellt.

Die Informationsvermittlungsstelle ist räumlich der Bibliothek angegliedert, organisatorisch jedoch an den zentralen Datenverarbeitungsbereich gekoppelt. Beide Mitarbeiter der IVS sind ausgebildete Bibliothekare. Der Zugriff auf die verschiedenen Datenbankanbieter erfolgt über den Kommunikationsrechner des AWI Rechnernetzes und das Datex-P-Netz der Deutschen Bundespost.

## 5.3 Rechenzentrum

Der Rechenbedarf des Instituts wurde in den vergangenen Jahren durch die Nutzung hausinterner und auswärtiger Anlagen gedeckt. Dieses Konzept soll in Zukunft durch den Ausbau des Institutsrechenzentrums und dessen Vernetzung mit andernorts verfügbaren Höchstleistungsrechnern (Cray 2) vervollständigt werden. Im Berichtszeitraum wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Vernetzung aller Gebäude (A, B, C und D) des AWI mit einem Koaxial Breitbandsystem, auf dem die folgenden Verbindungen implementiert wurden:

- Lokales Netz (Local area network, LAN) Localnet 2000 (NIX-DORF/Sytek) zur Verbindung der Terminalperipherie mit den unterschiedlichen Rechnern im AWI Rechnernetz;
- Kopplung der in Subrechenzentren aufgestellten VAX-Rechner unter DECNET/ETHERNET auf Breitband;
- Integration der kleineren Labor-Rechnersysteme und PC's in das DECNET Rechnernetz;
- Kopplung über temporäre Satellitenverbindung (INMARSAT) von unter DECNET vernetzten Rechnern im AWI Bremerhaven mit FS POLARSTERN und der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION;
- Ausbau eines VAX Rechnersystems als Kommunikationsknoten des DECNET Rechnernetzes mit acht Datex-P Kanälen und Anschluß an das Deutsche Forschungsnetz (DFN);
- Vorbereitungen zur Installation eines Vektorrechners mit schneller Kopplung an den VAX-Cluster, welcher in das DECNET Rechnernetz integriert ist;
- Vorbereitung der Anbindung an einen Höchstleistungs-Vektorrechner in Stuttgart (Cray 2) über LAN-LAN-Kopplung im Sinne eines WAN (Wide Area Network).

Die gewählten Lösungen basieren entweder auf Industrie Standards einzelner Hersteller (DECNET/ETHERNET) oder verwenden normierte Schnittstellen oder Protokolle, die erst jüngst international festgelegt wurden. Hier sind vor allem das ISO 7-Schichten Kommunikationsmodell und die IEEE Normierung (IEEE 802.3) von CSMA/CD zu nennen. In der Vergangenheit war man vorwiegend auf Produkte eines Herstellers beschränkt, während heute eine unabhängige Vernetzung der jeweiligen Rechnersysteme möglich ist.

Die vier Gebäude des AWI wurden im Laufe des Jahres 1986 mit einem Breitband Koaxialkabelnetz ausgestattet. Bei einer maximalen Entfernung vom 1,8 km wurden nahezu alle Räume – einschließlich der Verwaltungs- und Bürotrakte – mit Anschlußpunkten versehen. Die Topologie des Netzes ist eine Baumstruktur mit der Wurzel des Netzes im Subrechenzentrum des Gebäudes D.

Es ist vorgesehen, die gesamte rechnerbezogene Kommunikation des AWI über das Netz abzuwickeln. Von der Rechnergruppe des AWI wurde deshalb 1986 mit der Installation der automatisierten Netzüberwachungssysteme begonnen, um die Funktionalität des Netzes bei geringem Personaleinsatz zu gewährleisten.

Zur Unterstützung und Koordinierung der wissenschaftlichen Nutzung von PC's, wurde 1986 ein PC-Labor eingerichtet. Das PC-Labor berät die Nutzer bei der Auswahl von PC's, Peripherie und Software und sichert die Protokollkompatibilität aller PC's im Hinblick auf Vernetzungsmöglichkeiten und den Anschluß per-

ipherer Geräte. Die Beschaffung und der Service von PC's und deren Software erfolgt zentral.

Die PC-Ausrüstung wurde im Laufe des Jahres 1986 auf ca. 40 PC's vom Typ IBM AT 02/03 erweitert. Den Wissenschaftlern der Bereiche Biologie, Chemie und Geologie wurde benutzerfreundliche Applikationssoftware zur wissenschaftlichen Analyse zur Verfügung gestellt. Schulungskurse des PC-Labors werden seit 1986 regelmäßig durchgeführt. Im Berichtszeitraum konnte das PC-Labor personell durch eine Ganztagsstelle verstärkt werden.

Auf den VAX-Rechnern wurde die neueste Version der UNIRAS Software implementiert. Folgende Pakete sind mittlerweile im Betrieb:

- RASPAK Rastergrundsoftware;
- GEOPAK Rastergrundsoftware;
- GEOPAK, GEOINT 2D/3D Kartierung im Bereich Geologie, Geophysik und Modellierung (Meteorologie, Ozeanographie);
- UNIMAP Interaktive 2D/3D Graphik;
- UNIGKS Graphischen Kernsystem;
- UNIGRAPH Interaktive x-y Graphik, Bar charts;
- UNIEDIT Interaktiver Graphischer Editor;
- SEISPAK Seismische Graphik (Geophysik, z.Z. Testlizenz).

Die neuen Versionen zeichnen sich durch bessere Qualität aus. Die Rechnergruppe erstellte noch 1986 eine speziell auf die Bedürfnisse am AWI zugeschnittene Dokumentation dieser Graphikpakete, welche die Lücke zwischen den mitgelieferten UNIRAS Manuals und dem aktuellen Implementierungsstand schließt.

Der Bereich Computergraphik konnte 1987 personell verstärkt werden. Dadurch war es möglich, zügig die gesamte Graphik-Ausgabe-Peripherie über „Server“ in das Rechnernetz zu integrieren. Dies ermöglicht die dezentrale Ausgabe graphischer Produkte an unterschiedlichen Standorten unabhängig von der Art des Rechners.

Der Einsatz von sogenannten „Workstations“ (leistungsfähige, vernetzte Arbeitsplatzrechner) und der Aufbau eines „Graphischen Wissenschaftlerarbeitsplatzes“ für die Klimaforschung wurden 1987 vorbereitet. Die ersten fünf „Workstations“ wurden Anfang 1988 mit neu entwickelter Graphiksoftware (NCAR/GKS Graphiksoftware, Metafile-„Handler“) eingesetzt.

Als erste Stufe eines verteilten Datenbanksystems zur Speicherung des wissenschaftlichen AWI-Datensatzes auf VAX-Rechnern wurde ein relationales Datenbanksystem (RDB) von DEC installiert. Weitere Komponenten sind ein Datenstrukturlexikon (Common Data Dictionary, CDD), Abfragesprache (RDO) und Report-generator (Datatrieve, DTR) sowie ein Terminal-Daten-Management-System, welches zur Deckung der wissenschaftlichen Anforderungen am AWI entwickelt wurde. Insbesondere in PASCAL-

## 5. Zentrale Einrichtungen

### 5.1 Öffentlichkeitsarbeit

#### Ausstellungen

Auf den Hannover-Messen 1986 und 1987 wurden zahlreiche Exponate und Poster sowie lebenden Organismen (1986: Krill, 1987: Muscheln und Wattwürmer) ausgestellt. 1987 beteiligte sich das AWI am AGF-Stand mit dem Thema „Umweltforschung“. Neben Schaustücken (POLARSTERN, Sauerstoffsonde) informierten 14 Tafeln über die Arbeiten des Instituts zu diesem Thema. Die Abbildungen und Texte wurden in einer neuen Broschüre zusammengestellt.

Am 23. Juni wurde in der Bremer Landesvertretung in Bonn eine Ausstellung des Alfred-Wegener-Instituts durch den Bremer Senator für Bundesangelegenheiten mit einem Vortrag des Institutsdirektors eröffnet. Tafeln, Photographien, Texte, Exponate und Videofilme dokumentierten die Forschungsarbeiten des AWI. Auch im Rahmen des Treffens der „Buten Bremer“ besuchten zahlreiche Personen die Ausstellung.

Auf einer Luftfahrtveranstaltung nahe Frankfurt wurde im Juni die POLAR 2 vor mehreren tausend Zuschauern vorgeführt. Dabei wurden die wissenschaftlichen Arbeiten in Verbindung mit der Fliegerei in der Antarktis dargestellt.

Im Oktober/November 1987 präsentierte sich das AWI anlässlich der Verleihung des Preises für Polarmeteorologie durch die Alfred-Wegener-Stiftung in der Stadtsparkasse Köln. Als Wanderausstellung unter dem Titel „Polarforschung gestern und heute“ werden die Exponate ein Jahr lang im monatlichen Wechsel in Sparkassen verschiedener deutscher Städte gezeigt.

#### Medien

Nach Rückkehr von der eineinhalbjährigen Antarktisexpedition 1986/87 fand in Bremerhaven an Bord der POLARSTERN eine Pressekonferenz statt, bei der die Medien über die wichtigsten Ergebnisse der Fahrt unterrichtet wurden. Eine weitere Pressekonferenz im September 1987 in Hamburg faßte die Ergebnisse und Erfahrungen der drei Fahrtabschnitte der Arktis-Expedition 1987 zusammen, die u. a. ungewöhnlich weit nach Norden (86°11'N) in das Packeis der zentralen Arktis führte. Die Fahrtleiter, G. Krause, J. Thiede und J. Meincke, der Kapitän H. Jonas und H. Bungenstock vom BMFT stellten sich den Fragen der Journalisten.

Anlässlich der 4. SCAR-Tagung zur Antarktischen Glaziologie im September 1987 wurde die Presse über Themen der Eis- und

Klimaforschung unterrichtet. Die öffentlichen Medien wurden regelmäßig durch Pressenotizen (45) über die wichtigsten Forschungsergebnisse informiert. Für regionale und überregionale Themen stehen drei aufeinander aufbauende Verteiler zur Verfügung. Der im Juni 1987 begonnene Pressespiegel enthält bis zum Jahresende 515 Artikel der bundesweiten Presse, die über das AWI berichten. Wissenschaftler des Institutes beteiligten sich an zahlreichen Interviews und Reportagen.

Um den wachsenden Anfragen nach Bildmaterial zur Polarforschung gerecht werden zu können, wurde das Dia-Archiv erweitert und neu organisiert.

Zur Darstellung der Arbeiten des Instituts auf Messen und Tagungen sowie zur Unterstützung von Führungen wurde ein 24-minütiger Video-Film mit Aufnahmen aus den Polargebieten und den Institutsgebäuden fertiggestellt.

#### Besucher

Am „Tag der offenen Tür“ im Juni 1986 besuchten ca. 10.000 Personen den Neubau, der während der beiden Berichtsjahre weiteren ca. 3500 Interessierten in Führungen und Vorträgen vorgestellt wurde. Am 12. Juni stattete das Malta-Seminar unter Leitung von Frau Elisabeth Mann-Borgese mit 14 Wissenschaftlern aus Ländern der Dritten Welt dem Institut einen Besuch ab. Die Teilnehmer der internationalen Tagung „Antarctic Challenge III“ besichtigten das Institut am 9. Juli 1986. Am 27. Juli 1986 besuchten der Bundespräsident Freiherr Richard von Weizsäcker sowie der Parlamentarische Staatssekretär Probst das Institut. Am 30. Juli war der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Oscar Schneider, und am 4. September der Bundesminister für Forschung und Technologie, Heinz Riesenhuber, im AWI.

#### Informationsschriften

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung hatte 1987 folgendes Informationsmaterial zur Abgabe an Wissenschaftler und interessierte Laien des In- und Auslandes zur Verfügung:

— „AWI Bremerhaven - Festschrift zur Einweihung des Neubaus sowie Aufsätzen über die Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven“;

- „Zur Besichtigung des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung“ - ein kleiner Rundgang;
- „Antarktis-Stationen der Bundesrepublik Deutschland“ (Faltblatt);
- „Observatories of the Georg von Neumayer Station“ (Faltblatt);
- „Umweltschutz in der Antarktis“ (Faltblatt);
- „Umweltforschung“ (Broschüre);
- „FS Polarstern - Polarforschungs- und Versorgungsschiff der Bundesrepublik Deutschland“ (Faltblatt, liegt in deutscher, englischer und spanischer Sprache vor);
- „Biologie des Südpolarmeeres“ (Faltblatt);
- „Polarforschung gestern und heute“ (Broschüre zur Ausstellung in der Stadtparkasse Köln);
- „Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research“ (Faltblatt);
- „Wissenschaftliches Komitee für Antarktisforschung und deutscher Landesauschuß SCAR“ (Faltblatt);
- „Zwischenstaatliche Ozeanographische Kommission“ (Faltblatt).

Briefmarkensammler wurden über die Möglichkeiten der Postlieferung für Sonderstempel mit neuen „Rundschreiben für Briefmarkensammler“ informiert.

## 5.2 Bibliothek

Die Bibliothek wurde im April 1986 aus den Beständen des ehemaligen Instituts für Meeresforschung und des Alfred-Wegener-Instituts für Polarforschung zusammengestellt. Die Bücher wurden nach der Systematik der Bremer Universität neu eingeordnet.

Die Gesamtzahl der bibliographischen Einheiten (Bücher, Zeitschriften, Sonderdrucke, Seekarten) betrug Ende 1986: 68.160, Ende 1987: 70.505 Exemplare.

Die folgende Tabelle zeigt die Zugänge 1986 und 87 und den Bestand von Büchern und Zeitschriften:

	Zugänge 1986	Zugänge 1987	Gesamt
Bücher:	852	946	12.291
Zeitschriften:	1053	1216	28.850

Ende 1987 verfügte die Bibliothek über 29.181 Sonderdrucke.

Zur Zeit werden 603 Periodika gehalten, davon werden 158 Einheiten durch Kauf erworben und 445 stehen durch Tausch oder als Geschenke zur Verfügung. Die Katalogisierung der Diatomeenbibliothek des Friedrich-Hustedt-Arbeitsplatzes wurde 1986 abgeschlossen.

Ab Januar 1987 werden alle Titel der Neuzugänge (Bücher und Zeitschriften) elektronisch aufgenommen, so daß ein Katalog der ab 1987 eingegangenen Titel vorliegt. Parallel dazu werden die alphabetischen Zettelkataloge (alphabetischer Katalog und systematischer Standortkatalog) fortgeführt. Die Ausleihe aller Bücher und Zeitschriften wird in einem Mikrocomputer verbucht. Eine besonders enge Zusammenarbeit besteht mit der Bibliothek des Scott Polar Research Institute (SPRI) in Cambridge. Die etwa 2.600 Zeitschriften wurden mit EDV registriert.

## Informationsvermittlungsstelle am AWI

Zu Beginn des Jahres 1986 wurde im Rahmen eines vom BMFT geförderten Modellversuchs eine Informationsvermittlungsstelle eingerichtet. Die Wissenschaftler am AWI haben mittlerweile die Wahlmöglichkeit unter mehr als hundert bibliographischen Datenbanken zur Literatur-Recherche (ONLINE-Recherche). Zum Beispiel wurden im zweiten Halbjahr 1987 28 ONLINE-Recherchen sowie 16 CD-ROM-Recherchen ausgeführt. Aufgeschlüsselt nach wissenschaftlichen Disziplinen ergibt sich folgende Struktur der Online-Nutzer: 45 % Biologie, 25 % Chemie, 12 % Geowissenschaften, 9 % Informatik, 9 % Glaziologie.

Durch vierteljährliche Herausgabe des Info-Blattes „AWI-ONLINE“ werden die Dienste und Neuerungen der AWI-IVS allen Wissenschaftlern näher gebracht. Weiterhin werden mit Pilot-Nutzern der jeweiligen Fachbereiche Abfrageprofile für monatliche Dauer-Recherchen erstellt.

Die Informationsvermittlungsstelle ist räumlich der Bibliothek angegliedert, organisatorisch jedoch an den zentralen Datenverarbeitungsbereich gekoppelt. Beide Mitarbeiter der IVS sind ausgebildete Bibliothekare. Der Zugriff auf die verschiedenen Datenbankanbieter erfolgt über den Kommunikationsrechner des AWI Rechnernetzes und das Datex-P-Netz der Deutschen Bundespost.

## 5.3 Rechenzentrum

Der Rechenbedarf des Instituts wurde in den vergangenen Jahren durch die Nutzung hausinterner und auswärtiger Anlagen gedeckt. Dieses Konzept soll in Zukunft durch den Ausbau des Institutsrechenzentrums und dessen Vernetzung mit andernorts verfügbaren Höchstleistungsrechnern (Cray 2) vervollständigt werden. Im Berichtszeitraum wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Vernetzung aller Gebäude (A, B, C und D) des AWI mit einem Koaxial Breitbandsystem, auf dem die folgenden Verbindungen implementiert wurden:

- Lokales Netz (Local area network, LAN) Localnet 2000 (NIX-DORF/Sytek) zur Verbindung der Terminalperipherie mit den unterschiedlichen Rechnern im AWI Rechnernetz;
- Kopplung der in Subrechenzentren aufgestellten VAX-Rechner unter DECNET/ETHERNET auf Breitband;
- Integration der kleineren Labor-Rechnersysteme und PC's in das DECNET Rechnernetz;
- Kopplung über temporäre Satellitenverbindung (INMARSAT) von unter DECNET vernetzten Rechnern im AWI Bremerhaven mit FS POLARSTERN und der GEORG-VON-NEUMAYER-STATION;
- Ausbau eines VAX Rechnersystems als Kommunikationsknoten des DECNET Rechnernetzes mit acht Datex-P Kanälen und Anschluß an das Deutsche Forschungsnetz (DFN);
- Vorbereitungen zur Installation eines Vektorrechners mit schneller Kopplung an den VAX-Cluster, welcher in das DECNET Rechnernetz integriert ist;
- Vorbereitung der Anbindung an einen Höchstleistungs-Vektorrechner in Stuttgart (Cray 2) über LAN-LAN-Kopplung im Sinne eines WAN (Wide Area Network).

Die gewählten Lösungen basieren entweder auf Industrie Standards einzelner Hersteller (DECNET/ETHERNET) oder verwenden normierte Schnittstellen oder Protokolle, die erst jüngst international festgelegt wurden. Hier sind vor allem das ISO 7-Schichten Kommunikationsmodell und die IEEE Normierung (IEEE 802.3) von CSMA/CD zu nennen. In der Vergangenheit war man vorwiegend auf Produkte eines Herstellers beschränkt, während heute eine unabhängige Vernetzung der jeweiligen Rechnersysteme möglich ist.

Die vier Gebäude des AWI wurden im Laufe des Jahres 1986 mit einem Breitband Koaxialkabelnetz ausgestattet. Bei einer maximalen Entfernung vom 1,8 km wurden nahezu alle Räume – einschließlich der Verwaltungs- und Bürotrakte – mit Anschlußpunkten versehen. Die Topologie des Netzes ist eine Baumstruktur mit der Wurzel des Netzes im Subrechenzentrum des Gebäudes D.

Es ist vorgesehen, die gesamte rechnerbezogene Kommunikation des AWI über das Netz abzuwickeln. Von der Rechnergruppe des AWI wurde deshalb 1986 mit der Installation der automatisierten Netzüberwachungssysteme begonnen, um die Funktionalität des Netzes bei geringem Personaleinsatz zu gewährleisten.

Zur Unterstützung und Koordinierung der wissenschaftlichen Nutzung von PC's, wurde 1986 ein PC-Labor eingerichtet. Das PC-Labor berät die Nutzer bei der Auswahl von PC's, Peripherie und Software und sichert die Protokollkompatibilität aller PCs im Hinblick auf Vernetzungsmöglichkeiten und den Anschluß peri-

pherer Geräte. Die Beschaffung und der Service von PC's und deren Software erfolgt zentral.

Die PC-Ausrüstung wurde im Laufe des Jahres 1986 auf ca. 40 PC's vom Typ IBM AT 02/03 erweitert. Den Wissenschaftlern der Bereiche Biologie, Chemie und Geologie wurde benutzerfreundliche Applikationssoftware zur wissenschaftlichen Analyse zur Verfügung gestellt. Schulungskurse des PC-Labors werden seit 1986 regelmäßig durchgeführt. Im Berichtszeitraum konnte das PC-Labor personell durch eine Ganztagsstelle verstärkt werden.

Auf den VAX-Rechnern wurde die neueste Version der UNIRAS Software implementiert. Folgende Pakete sind mittlerweile im Betrieb:

- RASPAK Rastergrundsoftware;
- GEOPAK Rastergrundsoftware;
- GEOPAK, GEOINT 2D/3D Kartierung im Bereich Geologie, Geophysik und Modellierung (Meteorologie, Ozeanographie);
- UNIMAP Interaktive 2D/3D Graphik;
- UNIGKS Graphischen Kernsystem;
- UNIGRAPH Interaktive x-y Graphik, Bar charts;
- UNIEDIT Interaktiver Graphischer Editor;
- SEISPAK Seismische Graphik (Geophysik, z.Z. Testlizenz).

Die neuen Versionen zeichnen sich durch bessere Qualität aus. Die Rechnergruppe erstellte noch 1986 eine speziell auf die Bedürfnisse am AWI zugeschnittene Dokumentation dieser Graphikpakete, welche die Lücke zwischen den mitgelieferten UNIRAS Manuals und dem aktuellen Implementierungsstand schließt.

Der Bereich Computergraphik konnte 1987 personell verstärkt werden. Dadurch war es möglich, zügig die gesamte Graphik-Ausgabe-Peripherie über „Server“ in das Rechnernetz zu integrieren. Dies ermöglicht die dezentrale Ausgabe graphischer Produkte an unterschiedlichen Standorten unabhängig von der Art des Rechners.

Der Einsatz von sogenannten „Workstations“ (leistungsfähige, vernetzte Arbeitsplatzrechner) und der Aufbau eines „Graphischen Wissenschaftlerarbeitsplatzes“ für die Klimaforschung wurden 1987 vorbereitet. Die ersten fünf „Workstations“ wurden Anfang 1988 mit neu entwickelter Graphiksoftware (NCAR/GKS Graphiksoftware, Metafile-„Handler“) eingesetzt.

Als erste Stufe eines verteilten Datenbanksystems zur Speicherung des wissenschaftlichen AWI-Datensatzes auf VAX-Rechnern wurde ein relationales Datenbanksystem (RDB) von DEC installiert. Weitere Komponenten sind ein Datenstrukturlexikon (Common Data Dictionary, CDD), Abfragesprache (RDO) und Reportgenerator (Datatrieve, DTR) sowie ein Terminal-Daten-Management-System, welches zur Deckung der wissenschaftlichen Anforderungen am AWI entwickelt wurde. Insbesondere in PASCAL-

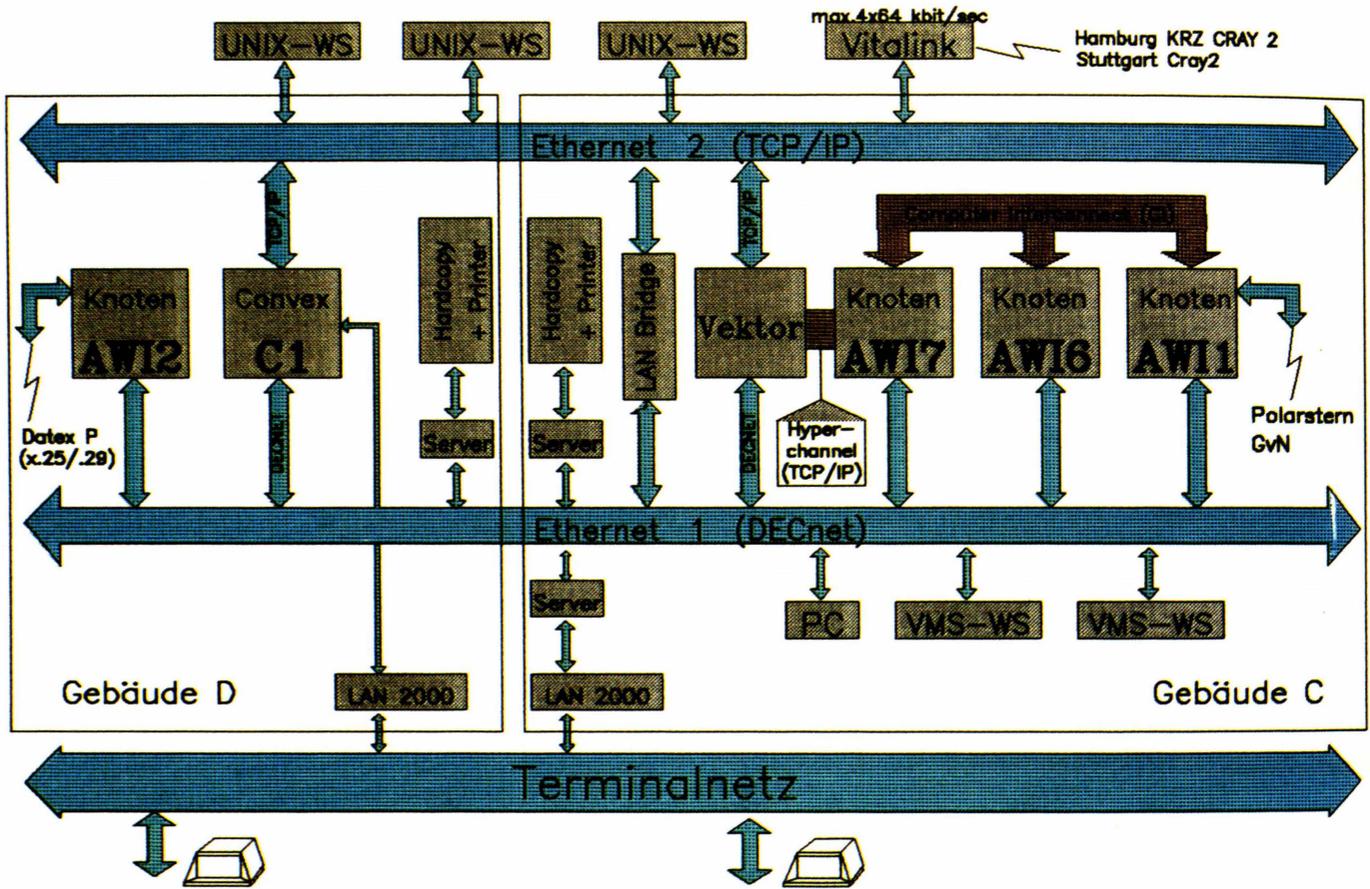


Abb. 1:  
 Kommunikationsschema des AWI  
 Rechner (DECNET-Knoten):  
 AWI 1 VAX 11/750  
 AWI 2 VAX 11/750  
 AWI 6 VAX 8350  
 AWI 7 VAX 8350  
 CONVEX C1/XL  
 Vektor = Vektorrechner  
 (ALLIANT FX/80)

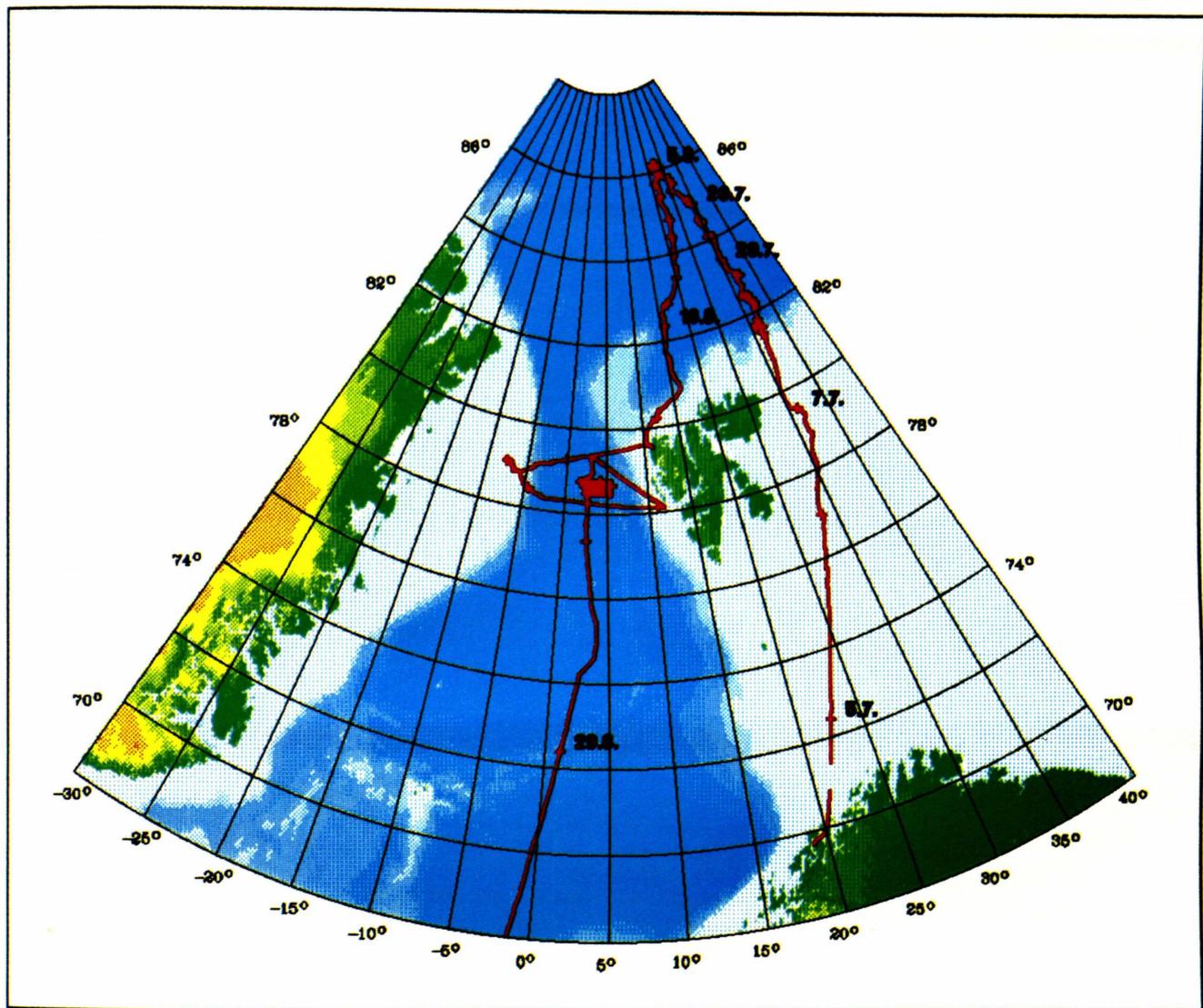
Zur Zeit werden AWI 1, AWI 6,  
 AWI 7 als Cluster betrieben.  
 Erweiterung von Knoten AWI 2  
 als Cluster ist in Vorbereitung.

Ethernet:  
 Logisch parallele Ethernet LAN's auf Breitbandbasis zur Verbindung der  
 DEC-VMS Rechner und Workstations sowie der UNIX Rechner und Worksta-  
 tions (TCP/IP) (Erweiterung der DEC-Rechner auf dualen Betrieb (DECNET  
 und TCP/IP (Software der Wollongong Group))) geplant.

Hyperchannel:  
 Einbindung des lokalen Vektorrechner über hyperchannel an den größeren  
 DEC-Cluster für Filetransfer und Datensicherung.

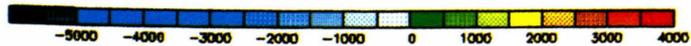
LAN 2000: Lokales Netz für Terminalzugang (SYTEK LAN 2000 (Nixdorf)).

Abb. 2: Graphische Darstellung einer Nachfrage nach Kursdaten der POLARSTERN. ▶



**POLARSTERN ARK IV/3  
TRACK CHART**

Stereographic Polarprojection  
Scale: 1 : 17500000  
at Latitude: 60° ESD  
BATHYMETRIC DATA BASE:  
ETOPOS



Alfred-Wegener-Institute for  
Polar and Marine Research  
D-2260 Bremerhaven  
SEARHAM-POST-PROCEDING

Umgebungen lassen sich mit diesen Werkzeugen hochflexible und von Strukturdefinitionen weitgehend unabhängige Applikationen programmieren. Personell wurde das Datenbankprojekt durch die Einstellung eines Wissenschaftlers ab 1. 8. 1986 verstärkt.

Im Rahmen zweier Diplomarbeiten wurde in Kooperation mit der Gesamthochschule Paderborn ein Benutzerinterface für biologische Daten konzipiert, das die Mensch/Maschine-Interaktion berücksichtigt und die Datenstruktur mittels eines Datenstrukturlexikons definiert. Die Diplomarbeiten wurden 1987 abgeschlossen. Der erste Prototyp der Datenbank wird z. Z. im Einsatz getestet (Abb. 2, graphisches Rechnerergebnis einer Nachfrage nach Kursdaten FS POLARSTERN). Die Prototyp-Datenbank enthält den gesamten INDAS-Datensatz (Integriertes Navigations- und Datenverteilungssystem), ozeanographische Profil-Daten, Küstenlinien und topographische Hintergrundinformation (inkl. Eisberandung der Polarregionen) sowie eine biologische Taxa-Datenbank.

Auf dem VAX-Rechner im Gebäude D wurde Mitte des Jahres 1986 ein Dutex-P-Interface (KMS 11) nebst zugehöriger Software für packetorientierte (X.25, X.29) Rechnerkommunikation installiert. Zur Zeit besteht eine permanente X.25-Kopplung mit dem Vektorrechner CDC 205 am Klimarechenzentrum in Hamburg und den Kooperationspartnern im Institut für Meeresforschung Kiel. Weiter wurde dieser Rechner Ende 1987 an das Deutsche Forschungsnetz (DFN) angeschlossen.

Das aktuelle Rechnerkonzept des AWI sieht zur Abdeckung des Rechenbedarfs eine zweifache Bereitstellung von Rechenleistung vor:

- 1) Externe Anbindung an Höchstleistungsrechenzentren in Hamburg und Stuttgart (mit Cray 2 Rechenanlagen) zur Abdeckung der Produktionsrechenleistung.
- 2) Interner Vorrechner mit Vektor/Parallel-Rechnerkomponenten, welcher in das AWI Rechnernetz integriert ist und darum – weitgehend kompatibel zur externen Cray 2 Rechenanlage – zur Abdeckung des Rechenbedarfs bei Programmentwicklung und Test der Modelle dient.

Der Vorrechner soll vor allem zur Entwicklung von parallelisierter Modellsoftware geeignet sein. Des weiteren muß der Übergang zur vernetzten DEC-Rechnerumgebung sowie UNIX Workstations im AWI reibungslos möglich sein.

## 5.4 Elektroniklabor

Arbeitsschwerpunkte des Elektroniklabors waren im Berichtszeitraum die Vorbereitungen des Winter-Weddell-See-Projekts

(WWSP '86), die Betreuung wissenschaftlicher Geräte auf den Arktis- und Antarktisexpeditionen und die Entwicklung neuer Meßverfahren, über die im folgenden berichtet wird.

### Line Scan Camera

Hierbei handelt es sich um eine elektronische Kamera zur Aufnahme kontrastreicher Bildfelder. Sie unterscheidet bei einstellbarer Diskriminatorschwelle zwischen hell und dunkel und ist deshalb für die Untersuchung der Eisschollenverteilung gut geeignet. Nach Erfahrungen bei Messungen von Schaumkronen vom Schiff aus wurde das System für den Hubschraubereinsatz weiterentwickelt. Während des Fluges können Kameraeinstellung und Datenaufzeichnung am Monitor überwacht werden. Die Daten können auf dem Schiffsrechner ausgewertet und weiterverarbeitet werden. Ergebnisse sind die prozentuale Eisbedeckung und die Statistik der Größe und Verteilung der Eisschollen. Außerdem kann das Bild der aufgenommenen Fläche rekonstruiert werden. Die Kamera wurde für diese Aufgabe erstmals bei insgesamt 18 Flügen während des WWSP'86 eingesetzt.

### Positionsmessungen mit Radiosonden

Zur Untersuchung der Eisscholldynamik wurde eine Methode entwickelt, die auf dem OMEGA-Navigationsverfahren beruht. Hierzu werden sonst für meteorologische Aufstiege eingesetzte Sonden und eine modifizierte Software der Bodenstation (DIGICORA, Vaisala, Helsinki) angewandt. Die Sonden werden auf Eisschollen ausgesetzt und senden zu vorprogrammierten Zeiten die von ihnen empfangenen Signale des weltweiten Omega-Navigationsnetzes über eine Trägerfrequenz an das Schiff. Dort werden über einen Korrelationsprozeß die Phasenwerte berechnet, aus denen ein angeschlossener Tischrechner die Sondenposition bestimmt. Der anfangs benutzte Kleinrechner wurde gegen einen schnelleren Rechner ausgetauscht, so daß jetzt alle im Takt von zehn Sekunden wiederkehrenden Omegasignale verarbeitet werden können. Die Koordinaten der Sonden und ihre Bahn werden in Echtzeit graphisch dargestellt. Außerdem werden sämtliche Rohdaten auf einer Festplatte abgelegt, damit die Bahnberechnung jederzeit mit geänderten Parametern (z. B. Auswahl spezieller Omegastationen) wiederholt werden kann. Das Meßverfahren läßt grundsätzlich eine unbegrenzte Zahl von Sonden im Umkreis bis zu 30 km vom Empfänger zu. Die Fehlergrenzen der Positionsbestimmung wurden durch Experimente mit genau vermessenen Standorten festgestellt. Sie liegen in Gebieten mit guten Omegasignalen bei  $\pm 30$  m unabhängig vom Abstand zwischen Sonde und Empfänger. Das Meßverfahren bietet ge-

genüber der Anwendung von Radartranspondern folgende Vorteile: (a) leichtes Aussetzen der Sonden, (b) automatische Positionsberechnung, (c) größere Reichweite, (d) kein Bergen der billigen Sonden und (e) keine Begrenzung der Sondenanzahl. Dagegen erreichen Messungen mit Radartranspondern eine höhere Genauigkeit. Während des WWSP '86 wurden insgesamt drei Deformationsexperimente erfolgreich durchgeführt. Befestigt man die Sonden an Schwimmkörpern, so kann mit dem gleichen Verfahren auch die Oberflächenströmung des Wassers bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde die Anlage 1987 in der Grönlandsee zur Untersuchung ozeanographischer Fronten eingesetzt.

### **Schneedriftmesser**

Der Schneedriftmesser basiert auf der Impulsübertragung von Partikeln auf eine ca.  $0.2 \text{ cm}^2$  große Fläche. Die Sensorspitze ist so ausgelegt, daß sie nach dem Aufprall eines Teilchens nicht nachschwingt und nur einen Puls von ca. 5  $\mu\text{s}$  Breite liefert. Mit diesem Verfahren lassen sich bis zu  $10^5$  Partikel/ $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$  nachweisen. Der Meßbereich ist für die Driftverhältnisse in den Polargebieten ausgelegt, d. h., die untere Nachweisgrenze liegt bei Teilchen von  $30 \mu\text{m}$  Durchmesser und  $3 \text{ m/s}$ , die Obergrenze bei Teilchen von  $200 \mu\text{m}$  Durchmesser und ca.  $30 \text{ m/s}$  Driftgeschwindigkeit. Die Einzelereignisse werden über einen Vielkanalanalysator in 4096 Kanälen abgespeichert und in Echtzeit auf einem Monitor angezeigt. Die Gesamtdrift pro Zeit- und Flächeneinheit wird durch Integration des Massenspektrums berechnet. Das Meßgerät wurde auf POLARSTERN erfolgreich erprobt und nach geringfügigen Verbesserungen Ende 1987 auf GVN zur weiteren Überprüfung installiert.

### **Planktonzähler**

Zur in-situ-Registrierung von Plankton-Organismen wurde ein Gerät entwickelt, das sowohl für vertikale als auch für horizontale Profile eingesetzt werden soll. Es handelt sich hierbei um ein optisches Verfahren, mit dem die Zahl und die Größenverteilung des Planktons zwischen  $0.5$  und  $20 \text{ mm}$  bestimmt werden kann. Innerhalb der Meßzelle wird jedes Teilchen gleichzeitig aus drei senkrecht zueinanderstehenden Richtungen registriert. Erste Labormessungen an totem Plankton haben gezeigt, daß sich dadurch der Formfehler bei der Größenbestimmung auf ca.  $3\%$  reduzieren läßt. Ein integrierter Flußmesser registriert die durch die Meßzelle geströmte Flüssigkeitsmenge, so daß sich daraus die Teilchendichte ableiten läßt.

### **Tauchtiefenmesser**

Um das Tauchverhalten von Weddellrobben zu untersuchen, wurde für das WWSP '86 ein Tiefenmesser entworfen, der im Fell der Robben befestigt wird und beim Tauchgang der Robbe die Wassertiefe als Funktion der Zeit abspeichert. Bei einer erweiterten Version wird der Datenlogger in Kunstharz eingegossen und auf alle druckempfindlichen Teile verzichtet werden.

### **Biologische CTD-Sonde**

Für hydrographische Daten und biologische Probenahme wurde ein System bestehend aus Kranzwasserschöpfer, CTD-Sonde und Fluorometer und mit der Option, weitere Sensoren (z. B. Licht- und Trübungsmesser) anzuschließen, aufgebaut. Die verwendeten Smart-CTD-Sonden hatten sich auf See als unzuverlässig erwiesen, so daß sie mit einem neuen druck- und temperaturbeständigen Gehäuse und einer erweiterten Elektronik ausgestattet wurden. Alle Sensorsignale werden FSK-gewandelt und über ein Einleiterkabel an den Bordrechner übertragen. Die neue Datenerfassung hat einen IBM-PC als zentrale Einheit; sie ist menügesteuert und benutzerfreundlich. Über ein Interface können wahlweise Multinetz, Bio-CTD oder RMT über dieselbe Datenerfassung gesteuert werden. Ferner bestehen Kopplungen zum Indas-System und zum VAX-Rechner an Bord der POLARSTERN.

## 6. Personeller Aufbau des Instituts und Entwicklung des Institutshaushaltes in den Jahren 1986 und 1987

### 6.1 Personal

Der personelle Aufbau des Instituts und die Entwicklung des Institutshaushaltes wurde im Zeitraum 1986/87 geprägt durch die Eingliederung des Instituts für Meeresforschung in das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung.

Zum 1. Januar 1986 wurden vom Institut für Meeresforschung insgesamt 63 Planstellen übernommen. Zusammen mit 11 neu bewilligten Stellen standen damit im Haushaltsjahr 1986 insgesamt 157 Dauerstellen zur Verfügung, von denen am 31. 12. 1986 149 besetzt waren. Der Annexstellenplan erhöhte sich nur um 3 Stellen. Unter Berücksichtigung von 12 neu bewilligten Stellen ergab sich ein Soll von 72 Annex-Stellen, von denen am 31. 12. 1986 53 besetzt waren.

Die Beschäftigung von Personal aus anderweitigen Einnahmen wurde 1986 ebenfalls ausgeweitet. Insgesamt waren am 31. 12. 1986 15 Mitarbeiter in verschiedenen drittmittelfinanzierten Forschungsprojekten tätig.

Der personelle Aufbau des Instituts konnte im Jahr 1987 nicht fortgeführt werden, da lediglich 3 neue Kw-Stellen bewilligt wurden. Gleichzeitig mußte eine Einsparung erbracht werden, daher waren nur zwei Dauerstellen zusätzlich besetzbar. Zum Teil konnte dieser Mangel durch 17 zusätzliche Annexstellen kompensiert werden. Hierbei ist zu beachten, daß der Annexstellenplan nur teilweise dotiert wird. Die personelle Entwicklung ist in der nachstehenden Übersicht dargestellt:

#### Personalplan 1986/1987

	Soll am 31.12.1986	Ist am 31.12.1986	Soll am 31.12.1987	Ist am 31.12.1987
Stellenplan	157	149	159	148
Annexstellenplan	72	53	89	75
unbefristete Drittmittelstellen	15	—	15	1
befristete Drittmittelstellen	—	15	—	18,5

### 6.2 Haushalt

Das Haushaltsvolumen des Alfred-Wegener-Instituts stieg im Jahr 1986 im Soll auf 74.900 TDM. Davon entfielen 52.726 TDM auf den Betriebsmittel- und 22.174 TDM auf den Investitionsmittelplan. Im Haushaltsjahr 1987 wurden insgesamt nur noch Ausgaben in Höhe von 72.561 TDM veranschlagt. Der Rückgang gegenüber dem Soll 1986 resultierte im wesentlichen aus den gesunkenen Ausgaben für den Institutsneubau. Hierfür waren im Jahr 1986 15.000 TDM vorgesehen, während im Jahr 1987 nur noch ein Restbetrag von 1.884 TDM veranschlagt wurden. Im Drittmittelbereich standen 1986 2.452 TDM und 1987 ca. 2.167 TDM zur Verfügung.

#### Finanzplan 1986/1987

	Soll am 31.12.1986 TDM	Ist am 31.12.1986 TDM	Soll am 31.12.1987 TDM	Ist am 31.12.1987 TDM
Betriebsmittelplan :				
Personal	10.959	11.806	11.812	13.757
Sachmittel	41.817	35.039	42.753	39.570
Investitionsmittelplan :				
Lfd. Investitionen	7.174	10.460	16.012	11.123
Bauinvestitionen	15.000	14.538	1.884	2.896
Einnahmen	50	1.096	100	1.638
Gesamt	74.900	70.747	72.361	65.708
Drittmittel		2.452		

---

## **7. Anhang**

- I. Personalübersicht Stand 31. 12. 1987**
- II. Wissenschaftliche Veranstaltungen**
- III. Publikationen des Instituts**
- IV. Veröffentlichungen der Institutsmitarbeiter**
- V. POLARSTERN-Expeditionen**

# Überwinterer AWI

## Wissenschaftlich-medizinischer Bereich

### 1986 - 1988 :

Löbe, Andreas  
Nixdorf, Uwe  
Reiprich, Siegfried  
Schmidt, Dr. Rüdiger  
Sturm, Klaus

### 1987 - 1989 :

Andresen, Olaf  
Ruhnke, Bernd  
Steffen, Axel  
Strunk, Heinrich-Andreas  
Wolz, Guido

## Technischer Bereich

### 1986 - 1988 :

Dammerau, Kurt-Christian  
Hecht, Andreas  
Muhle, Heiko  
Schönhofer, Georg

### 1987 - 1989 :

Jockwer, Gustav  
Kumpfmüller, Paul  
Laubstein, Heinz  
Rappl, Hans

## I. Personalübersicht stand 31.12.1987

### Direktion

Hempel, Prof. Dr. Gotthilf  
Kreuzer, Gisela

### Wissenschaftlicher Bereich

Abelmann, Dr. Andrea  
Alheit, Dr. Jürgen  
Arntz, Prof. Dr. Wolf  
Augstein, Prof. Dr. Ernst  
Babst, Ulrike  
Baranski, Włodzimierz  
Bartsch, Annette  
Barwich, Elke  
Bauer, Dr. Ines  
Becker, Hartmut  
Beyer, Kerstin  
Biddanda, Dr. Bopaiah  
Bluszcz, Thaddäus  
Bock, Ute  
Bosselmann, Annette  
Breitschuh, Wolfgang  
Bremer, Renate  
Brodtscholl, Arnold

Burns, Dr. Barbara  
Collet, Irene  
Cordelair, Ruth  
Cordes, Heinz-Dieter  
Determann, Jürgen  
Dieckmann, Claudia (beurlaubt)  
Dieckmann, Dr. Gerhard  
Drebing, Wolfgang  
Ebeling, Helke (beurlaubt bis 31.12.1988)  
Eder, Dr. Gerhard  
Ehlken, Sabine  
Ehrmann, Dr. Werner  
Ekau, Werner  
Emrich, Dr. Rolf  
Ernst, Ruth  
Ernst, Prof. Dr. Wolfgang  
Fahrbach, Dr. Eberhard  
Fleischmann, Dr. Klaus (AGF)  
Fröhlking, Rita  
Fütterer, Prof. Dr. Dieter  
Gerdes, Dr. Dieter  
Gersonde, Dr. Rainer  
Goerke, Dr. Helmut

Göhner, Andrea  
Günther, Carmen-Pia  
Gutberlet, Manfred  
Gutt, Dr. Julian  
Haberstroh, Doris  
Hain, Stefan  
Harrigfeld, Ingrid  
Haupt, Klaus  
Hellmann, Harald  
Hellmer, Hartmut  
Helmke, Dr. Leni  
Helmke, Dr. Elisabeth  
Herzfeld, Dr. Ute  
Hinz, Friedel  
Hirche, Dr. Hans-Jürgen  
Hubberten, Dr. Hans-Wolfgang  
Jenkinson, Dr. Ian  
Jokat, Dr. Wilfried  
Jurr, Anke  
Jürgens, Jutta  
Kattner, Dr. Gerhard  
Kaul, Norbert  
Kellermann, Dr. Adolf

Klöser, Heinz  
Kobarg, Wolfgang  
Köhler, Gertrud  
Kougias, Charilaos  
Krause, Prof. Dr. Gunther  
Krohn, Sabina  
Krüger, Dr. Bernd  
Kruse, Dr. Fred  
Kuhn, Dr. Gerhard  
Künitzer, Anita  
Kunsch, Brunhilde  
Kurdelski, Lutz-Peter  
Lange, Dr. Manfred  
Leibing, Holger  
Lensch, Norbert  
Letreguilly, Dr. Anne  
Loose, Bernd  
Lorenzen, Christiane  
Lücker, Marianne  
Lukait, Ingrid  
Mackensen, Dr. Andreas  
Mädler, Annegret  
Marschall, Dr. Hans-Peter  
Marschall, Sigrid  
Mehrtens, Gabriele  
Melles, Martin  
Meyer, Günter  
Miller, Prof. Dr. Heinrich  
Mizdalski, Elke  
Modersitzki, Jutta  
Neuber, Dr. Roland  
Niederjasper, Fred  
Ohm, Klaus  
Oerlemans, Dr. Johannes  
Olbers, Prof. Dr. Dirk  
Plötz, Dr. Joachim  
Plugge, Rainer  
Puls, Marion  
Rachor, Dr. Eike  
Rantamäki, Pirjo  
Reddig, Sanne  
Reeh, Dr. Niels  
Riemann, Dr. Franz  
Riemenschneider, Claudia  
Rohardt, Gerd  
Rose, Dr. Lutz  
Ross, Hagen

Rüger, Dr. Hans-Jürgen  
Rutgers van der Loeff, Dr. Michael  
Scharek-Mutlu, Renate  
Schaumann, Dr. Karsten  
Schenke, Dr. Hans-Werner  
Schiel, Dr. Sigrid  
Schlüter, Michael  
Schneider, Werner  
Schönfeld, Jutta (1/2 bis 31.12.1988)  
Schrage, Marion  
Schröder, Dr. Michael  
Schröter, Dr. Jens  
Schütt, Ekkehard  
Schwake, Cornelia  
Schwarz, Helga  
Simonsen, Dr. Reimer  
Smetacek, Prof. Dr. Victor  
Spindler, Dr. Michael  
Springer, Karin  
Steinmetz, Richard  
Steinmetz, Stephan  
Stölting, Ilsetraut  
Sündermann, Marika (1/2 bis 31.7.1992)  
Summa, Christa  
Tan, Dr. Tjhing-Lok  
Turley, Dr. Carol  
Ulken, Dr. Annemarie  
Unverricht, Sieglinde  
Viehoff, Dr. Thomas  
Villinger, Dr. Heinrich  
Vogel, Ute  
Walter, Marianne  
Walter, Dr. Peter  
Wamser, Dr. Christian  
Weber, Dr. Kurt  
Wellershaus, Dr. Stefan  
Wenzel, Dr. Manfred  
Westall-Klatt, Dr. Frances  
Weyland, Dr. Horst  
Wiebe-Kawaletz, Susanne  
Witte, Hannelore  
Wolf-Gladrow, Dr. Dieter  
Wübber, Dr. Chresten

#### **Logistik**

Bässler, Karl-Heinz

Drücker, Cord  
Heidemann, Uwe  
Heyer, Gerty  
Janneck, Jürgen  
Kohnen, Dr. Heinrich  
Krause, Reinhard  
Malitz, Gerhard  
Mantau, Karl-Heinz  
Müller, Heino  
Müller, Norbert  
Reinhard, Wolfgang  
Rösler, Hartmut  
Weippert, Ewald  
Weynand, Markus  
Ziffer, Albert

#### **Verwaltung**

Elias, Gudrun  
Feuster, Astrid  
Fröhlich, Kirsten  
Göcke, Elke (1/2)  
Hornke, Rudolf  
Janßen, Gisela  
Janßen, Jürgen  
Kalina, Marion  
Kappmeier, Angela (beurlaubt)  
Kohnke, Christina (1/2)  
Kramer, Barbara  
Künker, Jutta  
Mahnkopf, Sigrid  
Meinardus, Beate (1/2)  
Mühistädt, Dorothee  
Oltmann, Hildegard (1/2)  
Onken, Heike (1/2)  
Paulenz, Dr. Rainer  
Praß, Antje  
Rehor, Martina  
Siegmond, Ralf  
Tietjen, Heike  
Wittke, Erich  
Zittlosen, Friedrich

#### **Allgemeine Dienste**

Böge, Richard  
Boreck, Ingrid

---

Dempwolf, Irmtraud  
Dunker, Erich  
Ewert, Elisabeth  
Ferber, Thorsten  
Goebel, Ursula  
Janßen, Else  
Laboda, Reinhold  
Leineweber, Ewald  
Lemke, Gisela  
Mante, Dieter  
Pollnick, Lothar  
Riesner, Paul  
Schomacker, Wolfgang  
Senkbeil, Elna  
Sibberns, Reinhard  
Timper, Hedwig  
Weidmann, Eva  
Zasowski, Bärbel

#### **Zentrale Dienste**

Astheimer, Ulrike (beurlaubt)  
Baranski, Stanislaw  
Bartel, Erwin  
Behrmann, Günter  
Burhop, Dörte  
Dansauer, Gabriele  
Dimmler, Werner  
El Naggar, Dr. Saad El Dine  
Giermann, Dr. Günter  
Gomez, Michael-John  
Grobe, Dr. Hannes  
Hiller, Dr. Wolfgang  
Klindt, Holger  
Kosinski, Jörg  
Krause, Hans  
Kühn, Gerhard  
Laetsch, Brigitte  
Pfeiffenberger-Pertl, Dr. Hans  
Reinke, Dr. Manfred  
Rosentreter, Heike  
Schlüter, Jens-Michael  
Schulz-Baldes, Dr. Meinhard  
Seidel, Wilhelm  
Tüg, Dr. Helmut  
Voß, Jutta  
Weiß, Jürgen

Westerwick, Siegmund  
Westphal, Hagen (beurlaubt bis 31.1.1990)

#### **Auszubildende**

Czellnik, Petra  
Frenzel, Michael  
Ludwig, Martina  
Perk, Bernadette  
Rogg, Hagen

#### **Aushilfskräfte (Tarifpersonal)**

Ritsch, Elke (bis 31.10.1988)  
von Soosten, Klaus (bis 15.10.1988)

---

## II. Wissenschaftliche, technische und administrative Veranstaltungen

### 1986

22. 1. 1986  
Sitzung Benthos (Hempel)
24. 1. 1986  
Planungssitzung ANTARKTIS-V/3 (Hempel)
25. 2. 1986  
BIOMASS Executive Meeting (Hempel)
17. 3. 1986  
Sitzung des Deutschen Landesausschusses SCAR (Giermann)
- 18./19. 3. 1986  
DFG-Berichtskolloquium „Schwerpunkt *Antarktisforschung*“ (Hempel)
19. 3. 1986  
Prüfungsgruppe „Schwerpunkt *Antarktisforschung*“ (Hempel)
7. - 11. 4. 1986  
Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung (Miller)
25. 4. 1986  
Präsidium der Alfred-Wegener-Stiftung (Augstein)
7. 5. 1986  
Einsatzplanung der Polarflugzeuge 1986/87 (Augstein/Kohnen)
20. - 23. 5. 1986  
WOCE-Sitzung (Augstein)
28. 5. 1986  
Kooperationsseminar mit der Hochschule Bremerhaven (Kohnen)
30. 5. 1986  
2. Sitzung des Koordinierungsausschusses „*Klimaforschung*“ der AGF (Augstein)
4. 6. 1986  
Einweihung des Instituts-Neubaus mit wissenschaftlichem Festvortrag
2. 6. 1986  
Koordination Flugzeugeinsatz AWI-Flugzeuge (Augstein/Kohnen)
18. - 20. 6. 1986  
„The Harbour Porpoise in the Baltic and North Sea“ in Zusammenarbeit mit WWF (Plötz)
3. 7. 1986  
EPOS (European Polarstern Study)-Sitzung (Smetacek)
9. 7. 1986  
AGF-Arbeitskreis für Kooperation mit Entwicklungsländern (Hempel)
- 3./4. 9. 1986  
Einführungsseminar Überwinterer 1987 (Kohnen)
- 9./10. 9. 1986  
EUROMAR definition phase meeting (Schulz-Baldes)
- 15./16. 9. 1986  
Antarctic Lithosphere Programme (Fütterer)
- 6./7. 10. 1986  
AGF-Personalausschußsitzung (Hornke)
6. - 10. 10. 1986  
Überwintererseminar (Kohnen)
8. 10. 1986  
Konferenz der Wirtschaftsminister/-senatoren der norddeutschen Küstenländer und Berlins (Paulenz)
20. 10. 1986  
DFG-Kolloquium im Schwerpunkt „*Antarktisforschung*“ - *Antarktische Halbinsel* (Fütterer)
27. - 30. 10. 1986  
BIOMASS Data Centre Advisory Group (Hiller)
30. 10. 1986  
Sitzung der Deputation für Umweltschutz (Paulenz)
4. - 18. 11. 1986  
Überwintererseminar (Kohnen)
17. 11. 1986  
Planungssitzung ANT-VI/2 (Fütterer)
28. 11. 1986  
Planungssitzung ARKTIS-IV (Augstein)

---

**1987**

20. 2. 1987

„Flugzeuge : Sommerunternehmung '87, Ergänzungen und Verbesserungen an den Flugzeugen“ (Augstein)

27. 2. 1987

Gesprächsrunde über medizinische Probleme der deutschen Aktivitäten in Polargebieten (Lange-Asschenfeldt)

20. 3. 1987

Flugzeugeinsatz Sommerexpedition 1987 (Augstein)

23./24. 4. 1987

Hydrographie/Bathymetrie-Seminar (Schenke)

27. - 29. 4. 1987

BIOMASS Data Centre Advisory Group (Hiller)

20. - 23. 5. 1987

EPOS Preparatory Workshop (Hempel, Smetacek)

25. - 28. 5. 1987

WWSP '86 Workshop (Augstein)

27. - 29. 5. 1987

BIOMASS National Data Validation Workshop (Hiller)

24. - 26. 6. 1987

DFG-Workshop „*Benthos*“ (Arntz)

14. 7. 1987

Flugzeugeinsatz 1988/89 (Augstein)

7. - 11. 9. 1987

4th International Symposium on Antarctic Glaciology (FISAG), zusammen mit den Sitzungen : IGS Council Mtg., IGS General Mtg., SCAR WG on Glaciology Mtg., IICF Constitutional Mtg. (Kohnen)

9./10. 9. 1987

ESF Polar Network (Hempel)

24. 9. 1987

International Congress on the History of Oceanography (IHO) (Hempel, Giermann)

7./8. 12. 1987

Workshop on glacier and ice sheet modelling (Miller)

---

### III. Publikationen des Instituts

#### Berichte zur Polarforschung

Heft-Nr. 27/1986

„Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell See“ von Hannes Grobe.

Heft-Nr. 28/1986

„Die Expedition ARKTIS III mit *Polarstern* 1985“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde.

Heft-Nr. 29/1986

„5 Jahre Schwerpunktprogramm *Antarktisforschung* der Deutschen Forschungsgemeinschaft“. Rückblick und Ausblick. Zusammengefasst von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogrammes.

Heft-Nr. 30/1986

„The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner.

Heft-Nr. 31/1986

„Zur Biologie der Jugendstadien der *Notothenioidei* (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann.

Heft-Nr. 32/1986

„Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS *Polarstern* 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer.

Heft-Nr. 33/1987

„Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS *Polarstern* 1985/86 - Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“ von Dieter Fütterer.

Heft-Nr. 34/1987

„Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton“ von U. Piatkowski.

Heft-Nr. 35/1987

„Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons im Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen.

Heft-Nr. 36/1987

„Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis* von M. Reinke.

Heft-Nr. 37/1987

„The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)“ 1986 by Heinrich Hoerber and Marianne Gube-Lenhardt.

Heft-Nr. 38/1987

„The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“, by M. Gube-Lenhardt.

Heft-Nr. 39/1987

„Die Winter-Expedition mit FS *Polarstern* in die Antarktis (ANT-V/1-3)“ herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel.

Heft-Nr. 40/1987

„Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT-V/2) July 16 - September 10, 1986“ by Werner Rabe.

## IV. Veröffentlichungen der Institutsmitarbeiter

- ALEGRE, B., ALHEIT, J. (1986)  
Un nuevo método para la determinación de la fecundidad de la sardina peruana (*Sardinops sagax*). Bol.Inst.Mar.Per, Callao, **8**, 211-250.
- ALHEIT, J. (1986)  
Reproductive biology of sprat, *Spattus sprattus*: factors determining annual egg production. ICES C.M. 1986/H, **58**, 16 pp.
- ALHEIT, J. (1986)  
Egg cannibalism versus egg predation: their significance in anchovies. S.Afr.J.mar.Sci, **5**, 467-470.
- ANDERSON, O.R., HEMLEBEN, C., SPINDLER, M., LINDSEY, J.L. (1986)  
A comparative analysis of the morphogenesis and morphometric diversity of mature skeletons of living *Didymocystis tetrathalanus* and *Hexalouche amphisiphon*. Mar.Micropal. **11**, 203-215.
- ARNTZ, W.E. (1986)  
The two faces of El Niño 1982-83. Meeresforsch., **31**, 1-46.
- ARNTZ, W.E., RUMOHR, H. (1986)  
Fluctuations of benthic macrofauna during succession and in an established community. Meeresforsch. **31**, 97-114.
- ARNTZ, W.E., BREY, T., TARAZONA, J., ROBLES, A. (1987)  
Changes in the structures of a shallow sandy beach community in Peru during an el Niño event. S.Afr.J.Mar.Sci. **5**, 645-658.
- ASTHEIMER, H. (1986)  
A length class model of the population dynamics of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. Polar Biol., **6**, 227-232.
- AUGSTEIN, E. (1987)  
Meereis als Komponente des Systems Ozean-Atmosphäre. Menschlicher Einfluß auf das Klima. AGF-Tagung, 21-24.
- BEHRMANN, G. (1987)  
Die Funktion von Sinnesorganen Caudal der Ohrkapseln (Bulla Tympanica) bei Zahnwalen (*Odontoceti*). Lutra, **30**, 113-122.
- BEHRMANN, G. (1987)  
Morphology and histology of the laryngeal sac of toothed whales. Aquatic Mammals, **13.3**, 119-121.
- BLOME, D., RIEMANN, F. (1987)  
A sediment agglutination on females of the free-living marine nematode *Desmodora schulzi*. Helgol. Meeresunters., **41**, 113-119.
- BODUNGEN, VON B., SMETACEK, V., TILZER, M., ZEITZSCHEL, B. (1986)  
Primary production and sedimentation during spring in the Antarctic Peninsula Region. Deep-Sea Res., **33**, 177-194.
- BRUMMER, G.J.A., HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. (1986)  
Planktonic foraminiferal ontogeny: a new field on micropalaeontology. Nature, **319**, 50-52.
- BUDEUS, G., DIEBEL-LANGOHR, D., DÖRRE, F., HENGSTERMANN, T., KRAUSE, G., REUTER, R., SCHLITTENHARDT, P. (1986)  
Distribution of Gelbstoff in coastal waters and its investigation with laser remote sensing. WS of high spectral resolution imaging for land and ocean remote sensing, Ottawa, 14-17 Oct. 1986.
- DAVIS, E.E., GOODFELLOW, W.D., BORNHOLD, B.D., ADSHAED, J., BLAISE, B., VILLINGER, H., LE CHEMINANT, G.M. (1987)  
Assive sulfides in a sediment rift valley northern Juan de Fuca Ridge. Earth & Planet. Sci.Let., **82**, 49-61.
- DIECKMANN, G., ROHARDT, G., HELLMER, H., KIPFSTUHL, J. (1986)  
The occurrence of ice platelets at 250 m depth near the Filchner Ice Shelf and its significance for sea ice biology. Deep-Sea Res., Rapid Response Paper, **33**, 141-148.
- DIECKMANN, G., HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. (1987)  
Biogenic and mineral inclusions in a green iceberg from the Weddell Sea, Antarctica. Pol.Biol., **7**, 31-33.
- DIEL, S., KLEINBRETELER, W.C.M. (1986)  
Growth and development of *Calanus spp.* (Copepoda) during spring phytoplankton succession in the North Sea. Mar.Biol., **91**, 85-92.
- EDER, G., STURM, R., ERNST, W. (1986)  
Chlorinated hydrocarbons in sediments of the Elbe River and the Elbe Estuary. Chemosphere, **16**, 10-12, 2487-2496.
- ELBRÄCHTER, M., HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. (1987)  
On the taxonomy of the lunate *Pyrocystis species* (Dinophyta). Bot.Mar. **30**, 233-241.
- ERNST, W. (1986)  
Organische Umweltchemikalien in Küstengewässern. In: Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes: Neuere Aspekte über mögliche Konflikte bei der Nutzung der Küstengewässer der Nordsee, Heft 43.

- ERNST, W., EDER, G., GOEHRKE, H., WEBER, K., WEIGELT, S., WEIGELT, V. (1986)  
Organische Umweltchemikalien in deutschen Ästuarien und Küstengewässern - Vorkommen, Biotransfer, Abbau. Forschungsbericht BMFT-FB-M 86-001, 78 pp.
- ERNST, W., WEIGELT, S., WEIGELT, V. (1986)  
Entwicklung eines Bioakkumulationstestes mit der Miesmuschel *Mytilus edulis*. Forschungsbericht - Umweltbundesamt, 94 pp.
- FAHRBACH, E., MEINCKE, J. (1986)  
Temperature and Salinity Characteristics of World Ocean Waters. In: J. Sündermann, Landolt-Börnstein (eds.): Numerical Data and Functional Relationships in Sciences and Technology, New Series V/3, Oceanography.
- FAHRBACH, E., MEINCKE, J., BROCKMANN, C. (1986)  
Horizontal mixing in the Equatorial Undercurrent estimated from drifting buoy clusters. J.Geophys.Res. 91, 10557 - 10565.
- FAHRBACH, E., MEINCKE, J., SY, A. (1986)  
Observations on the horizontal separation of the salinity and the current cores in the Atlantic Equatorial Undercurrent. J.Mar.Res., 44, 763 - 797.
- FAHRBACH, E., WEGNER, G. (1987)  
Observations of persistent pattern in the temperature field related to the North Atlantic Current. DHZ 40, 4.
- FÜTTERER, D.K., GROBE, H. (1987)  
Klimageschichte aus Tiefseesedimenten der Antarktis. Menschlicher Einfluß auf das Klima. AGF-Tagung, 25 - 27.
- GALLARDO, V.A. (1987)  
The sublittoral macrofaunal benthos of the Antarctic shelf. Environ.Int., 71 - 81.
- GEORGE, M.R., ALHEIT, J. (1987)  
Ovarian maturation cycle of sprat (*Sprattus sprattus*). ICES C.M. 1987/H: 47.
- GERSONDE, R. (1986)  
Biogenic siliceous particle flux in Antarctic waters and its palaeocological significance. S.Afr.Journ.Sci., 82, 500 - 501.
- GERSONDE, R. (1986)  
Siliceous microorganisms in sea ice and their record in sediments in the southern Weddell Sea (Antarctica). 8th Diatom. Symp. 1984, 549 - 566.
- GERSONDE, R., WEFER, G. (1987)  
Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector. Mar.micropaleontol., 11, 311 - 332.
- GOERKE, H., ERNST, W. (1986)  
Elimination of pentachlorobiphenyls by *Nereis virens* (Polychaeta) in the laboratory and the marine environment. Chem.Ecol., 2, 263 - 265.
- GRABEMANN, I., KRAUSE, G. (1986)  
Time series of suspended matter concentration in the Weser Estuary. Intern.Symp. „Physical Processes in Estuaries“, Sept 1986, Delft Hydraulic Laborat., The Netherlands.
- GROBE, H. (1986)  
Sedimentation processes on the Antarctic continental margin at Kap Norvegia during the late pleistocene. Geol. Rdschau, 75, 97 - 104.
- GROBE, H. (1987)  
Fazielle Gliederung glazialmariner Sedimente in der Antarktis. Facies, 17, 99 - 108.
- GROBE, H. (1987)  
A simple method for the determination of ice-rafted debris in glaciomarine sediments. Polarforsch. 57/3, 123 - 126.
- HAASE, G.M. (1986)  
Glaciomarine sediments along the Filchner/Ronne Ice Shelf, southern Weddell Sea - first results of the 1983/84 Antarktis-II/4-Expedition. Marine Geol., 72, 241 - 258.
- HAGEN, W., KAPP, H. (1986)  
*Heterokrohnia longicaudata*, a new species of Chaetognatha from Antarctic waters. Polar Biol., 5, 181 - 183.
- HELMKE, E., WEYLAND, H. (1986)  
Effect of hydrostatic pressure and temperature on the activity and synthesis of chitinases of Antarctic Ocean bacteria. Mar.Biol., 91, 1 - 7.
- HEMLEBEN, C., ANDERSON, O.R., BERTHOLD, W., SPINDLER, M. (1986)  
Calcification and chamber formation in Foraminifera - brief overview. In: Biomineralisation in lower plants and animals. Chapter 15, Ed. by B.S.C. Leadbeater & R. Riding, Clarendon Press, Oxford, 237 - 249.
- HEMPEL, G. (1986)  
Progress in Antarctic research in the Federal Republic of Germany. In: R. Wolfrum (ed.): Antarctic Challenge II. Conflicting Interests, Co-operation, Environmental Protection, Economic Development. Proceedings of an Interdisciplinary Symposium, Kiel, Duncker & Humblot, Berlin, 229 - 237.
- HEMPEL, G. (1986)  
60 Jahre Hochseeforschung mit FS „Meteor“. Umschau, 158 - 163.

- HEMPEL, G., HEMPEL, I. (1986)  
Field observations on the developmental ascent of larval *Euphasia superba* (Crustacea). Polar Biol., 6, 121-126.
- HEMPEL, G. (1987)  
BIOMASS. Environ.Int., 13, 27-31.
- HEMPEL, G. (1987)  
Die Dynamik des Packeises: Bilanz deutscher Antarktischerforschung. Mitt. der DFG 4/87, 16-21.
- HEMPEL, G. (1987)  
The krill-dominated pelagic system of the Southern Ocean. Environ.Int., 13, 33-36.
- HEMPEL, G. (1987)  
Die Polarmeere - ein biologischer Vergleich. Polarforsch. 57, 3, 173-189.
- HIRCHE, H.-J. (1987)  
Temperature and plankton. II. Effect on respiration and swimming activity in copepods from the Greenland Sea. Mar.Biol., 94, 347-356.
- HIRCHE, H.-J., BOHRER, R.N. (1987)  
Reproduction of the Arctic copepod glacialis in Fram Strait. Mar. Biol., 94, 11-17.
- HIRCHE, H.-J., ANGER, K. (1987)  
Digestive enzyme activities during larval development of *Hyas areaneus* (Decapoda, Majidae). Comp.Biochem.Physiol., 87 B, 2, 297-302.
- HUBOLD, G. EKAU, W. (1986)  
Midwater fishfauna of the Weddell Sea. Proc. V.Congr.Europ.Ichthyol., Stockholm 1985, in Druck.
- ITO, H. (1986)  
Yield Curve of Pack Ice (I), Physical Meaning. In: Proc. of 1986 OMAE Speciality Symp. „Offshore and Arctic Frontiers“ ETCE New Orleans, 1986, Ed. by M.M. Salama, 105-110.
- ITO, H. (1986)  
Yield Curve of Pack Ice (II), General Shape. In: Proc. of 1986 OMAE Speciality Symp. „Offshore and Arctic Frontiers“ ETCE New Orleans, 1986, Ed. by M.M. Salama, 111-117.
- ITO, H., SCHROFF, K., FREI, H.J. (1986)  
High-precision distance measurement with an unmanned moving target. Ann.Glaciol., 8, 93-95.
- JOHANNESSEN, O.M., HORN, D.A., AUGSTEIN, E., ET AL. (1986)  
MIZEX East 83/84: The summer marginal ice zone programme in the Fram Strait/Greenland. EOS. 67, Nr. 23, 513-517.
- KATTNER, G., KRAUSE, M. (1987)  
Changes in lipids during the development of *Calanus finmarchicus* s.l. from copepodid I to adult. Mar.Biol., 96, 511-518.
- KELLERMANN, A. (1986)  
Geographical distribution and abundance of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Notothenioidei) off the Antarctic Peninsula. PolarBiol., 6, 111-119.
- KELLERMANN, A. (1986)  
Trophic relationships between early stages of icefish (*Notothenioidei*; Channichthyidae), and euphausiids and ichthyo-plankton during FIBEX 1981. ICES C.M. 1986/L, 6, 6 pp.
- KELLERMANN, A. (1987)  
Food and feeding ecology of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Notothenioidei) in the seasonal pack ice zone off the Antarctic Peninsula. Pol.Biol., 7, 307-315.
- KELLNER, G. (1986)  
Airborne measurements of turbulent fluxes of momentum, sensible heat and moisture in the marginal ice zone. Terra Cognita, 6, 393.
- KELLNER, G., WAMSER, C., BROWN, R.A. (1987)  
An observation of the planetary boundary layer in the marginal ice zone. J.Geophys.Res., 92, C 7, 6955-6965.
- KOHNEN, H. (1986)  
Forschen in völliger Isolation: Die „Georg-von-Neumayer-Station“ - Antarktis-Observatorium der Bundesrepublik Deutschland. Labor 2000 1985/86, 78-89.
- KNUST, R., DETHLEFSEN (1986)  
X-cell in gills of North Sea dab (*Limanda limanda*) epizootiology and impact of condition. Arch.Fisch.Wiss., 37, 11-24.
- KRAUSE, G. (1986)  
In-situ instruments and measuring techniques. In: J. Sündermann (ed.): Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, New Series, V/3a, Oceanography. Berlin, 134-232.
- KRAUSE, G., BUDEUS, G., GERDES, D., SCHAUMANN, K. HESSE, K. (1986)  
Frontal Systems in the German Bight and their physical and biological effects. In: J.C.J. Nihoul (ed.): Marine Interfaces Echohydrodynamics. Ed. by Elsevier, 199-140.
- KRAUSS, W., FAHRBACH, E., AITSAM, A., ELKEN, J. KOSKE, P. (1987)  
The North Atlantic Current and its associated eddy field southeast of Flamish Cap. Deep Sea Res., 34, 1163-1185.

- LANGE, M.A., MAYAYEAL, D.R. (1986)  
Numerical models of the Filchner/Ronne Ice Shelf: an assessment of reinterpreted ice thickness distributions. *J.Geophys.Res.*, **91**, 457 - 462.
- LANGE, M.A. (1987)  
Quantitative estimates of the mass flux and ice movement along the ice edges in the eastern and southern Weddell Sea. Dynamics of the west Antarctic ice sheet, C.J. van der Veen, J. Oerlemans (eds.), 57 - 74.
- LO, N., ALHEIT, J., ALEGRE, B. (1986)  
Fecundidad parcial de la sardina peruana (*Sardinops sagax*). *Bol.Inst.Mar. Peru, Callao*, **10**, 45 - 60.
- MACKENSEN, A. (1987)  
Benthische Foraminiferen auf dem Island-Schottland Rücken: Umwelt-Anzeiger an der Grenze zweier ozeanischer Räume. *Paläont.Z.*, **61**, 149 - 179.
- MOLITORIS, N.P., SCHAUMANN, K. (1986)  
Physiology of marine fungi: A screening programme for growth and enzyme production. In: S.T. Moss (ed.): *The Biology of Marine Fungi*, Cambridge Univ. Press, 35 - 47.
- NEUMANN, L.J.R., FANGER, H.-U., MARKOFFSKY, M., OHM, K., RIETMÜLLER, K. (1986)  
Das Schlick- und Schwabstoffuntersuchungsprojekt MASEX. Gewässerkd. Studie Nr. 6, Strom- und Hafenanbau Hamburg.
- NOBES, D.C., VILLINGER, H., DAVIS, E.E., LAW, L.K. (1986)  
Estimation of marine sediment bulk physical properties at depth from seafloor geophysical measurements. *J.Geophys.Res.*, **91**, 14033 - 14043.
- NOJI, T., PASSOW, U., SMETACEK, V. (1986)  
Interaction between pelagial and benthic during autumn in Kiel Bight. I. Development and sedimentation of phytoplankton blooms. *Ophelia*, **26**, 333 - 349.
- OERLEMANS, J. (1986)  
An attempt to simulate historic front variations of Nigardsbreen, Norway. *Theor.Appl.Climatol.*, **37**, 126 - 135.
- OLBERS, D.J. (1986)  
Die Rolle des Ozeans im Klima. Menschlicher Einfluß auf das Klima. *VDI-Schriftenreihe*, **7**, 152 - 184.
- OLBERS, D.J. (1986)  
Internal gravity waves. In: J. Sündermann (ed.): *Landolt-Börnstein*, **3**, (Oceanography), 37 - 82.
- OLBERS, D.J. (1986)  
Diagnostic models of ocean circulation. In: J. Willebrandt & D.L.T. Anderson (eds.): *Large-scale transport processes in oceans and atmosphere*, 201 - 223.
- OLBERS, D.J. (1986)  
Critical f/h-contours for topographic-planetary waves in a stratified ocean, part I and II. *Ocean Modelling* **7**, 10 - 13 and **7**, 14 - 17.
- PENA? N., ALHEIT, J., NAKAMA, M.E. (1986)  
Fecundidad parcial de la caballa del Peru (*Scomber japonicus peruanus*). *Bol.Inst.Mar. Peru, Callao*, **10**, 91 - 104.
- PLÖTZ, J. (1986)  
Summer diet of Weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) in the eastern and southern Weddell Sea, Antarctica. *Pol.Biol.*, **6**, 97 - 102.
- RACHOR, E. (1986)  
Stickstoff und Phosphor in ihrer Bedeutung für die Eutrophierung der Nordsee. *Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität/Gesamthochschule Kassel* **1/1986**, 141 - 147.
- RICHTER, W. (1986)  
Untersuchungen zur Vertikalverteilung von *Thraustochytriaceae* in der Deutschen Bucht. *Nova Hedwigia*, **43**, 531 - 537.
- RIEMANN, F. (1986)  
*Nicascolaimus punctatus* gen. et sp.n. (Nematoda, Axonolaimoidea), with notes on sperm dimorphism in free-living nematodes. *Zool.Scr.*, **15**, 119 - 124.
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1986)  
On some abyssal sea anemones of the North Atlantic (*Actiniaria: Hormathiidae*). *Mitt.Hamb.Zool.Mus.Inst.*, **83**, 7 - 29.
- RIEMANN-ZÜRNECK, K. (1986)  
Zur Biogeographie des Südwestatlantik mit besonderer Berücksichtigung der Seeanemonen (*Coelenterata: Actiniaria*). *Helgol. Meeresunters.*, **40**, 91 - 149.
- RÖTTGER, R., FLADUNG, M., SCHMALJOHANN, R., SPINDLER, M., ZACHARIAS, H. (1986)  
A new hypothesis: The so-called megalospheric schizont of the larger foraminifer, *Heterostegina depressa* d'Orbigny, 1826, is a separate species. *J.Foram.Res.*, **16**, 141 - 149.
- RÜGER, H.-J. (1986)  
Distribution, growth temperatures and gram reactions of psychrophilic sediment bacteria from tropical and subtropical regions off West-Africa. In: *2ieme Colloque Intern. de Bacteriologie Marine*, Brest, Oct. 84, IFREMER, Actes des Colloques No. 3, 97 - 101.
- SCHAUMANN, K., MULACH, W., MOLITORIS, H.P. (1986)  
Comparative studies on growth and exoenzyme production of dif-

- ferent *Lulworthia* isolates. In : S.T. Moss (ed.) : The Biology of Marine Fungi, Cambridge Univ. Press, 49 - 60.
- SCHLOSSER, P., ROETHER, W., ROHARDT, G. (1987)  
Helium-3 balance of the upper layer of the north-western Weddell Sea. Deep Sea Res., **34**, 365 - 377.
- SCHULZ-BALDES, M. (1986)  
Schwermetalle im Wattenmeer - Experimente mit den Bremerhavener Caissons. Geowiss.i.u. Zeit, **4**, 188 - 193.
- SCHULZ-BALDES, M. (1987)  
Das Zooplankton als Bioindikator für die Schwermetallverteilung im Ozean. Habilitationsschrift, Universität Bremen, 142 p.
- SMETACEK, V. (1986)  
Impact of freshwater discharge in production and transfer of materials in the marine environment. In : S. Skreslet (ed.) : the role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems, Springer Verlag, Berlin, 85 - 106.
- SMETACEK, V., POLLEHNE, F. (1986)  
Nutrient cycling in pelagic systems : A reappraisal of the conceptual framework. Ophelia, **26**, 401 - 428.
- SPIESS, A. (1987)  
Growth rates of Antarctic marine phytoplankton in the Weddell Sea. Mar.Ecol.Prog.Ser., **41**, 267 - 274.
- SPIESS, A. (1987)  
Phytoplankton in the marginal ice zone of the Greenland Sea during summer 1984. Pol.Biol., **7**, 195 - 205.
- SPINDLER, M. (1986)  
*Phylum Sporozoa*. In : W. Sterrer (ed.) : Marine fauna and flora of Bermuda. John Wiley & Sons, 103 - 104.
- SPINDLER, M. (1986)  
*Subphylum Cephalochordata*. In : W. Sterrer (ed.) : Marine fauna and flora of Bermuda. John Wiley & Sons, 562 - 565.
- SPINDLER, M., DIECKMANN, G. (1986)  
Distribution and abundance of the planktic foraminifera *Neogloboquadrina pachyderma* in sea ice of the Weddell Sea (Antarctica). Pol.Biol., **5**, 185 - 191.
- SPINDLER, M., HEMLEBEN, C., STEINKER, D. (1986)  
*Phylum Sarcodina*. In : W. Sterrer (ed.) : Marine fauna and flora of Bermuda. John Wiley & Sons, New York, 93 - 103.
- TAN, T.L (1986)  
Construction and use of a dialysis chamber for investigating in situ the toxicity of heavy metals on bacteria. In : 2ieme Colloque Intern. de Bacteriologie Marine, Brest, Oct. 1984, IFREMER, Actes de Colloque No. 3, 589 - 595.
- TARAZONA, J., ARNTZ, W.E. (1986)  
Bacterias filamentosas gigantes en fondos someros de la Bahía de Ancón. Rev.Ciencias.Univ.N.M. San Marcos (Lima), **74**, 178 - 180.
- ULKEN, A. (1986)  
Estimation of *thraustochytrid propagules* in two mangrove swamps. Bot.Mar., **29**, 85 - 89.
- ULKEN, A. (1986)  
Vorläufige Untersuchungen zu Vorkommen und Ernährung niederer Pilze in Mangrovesümpfen von Malaysia. Nova Hedwigia, **43**, 539 - 546.
- VEHOFF, T. (1987)  
Bestimmung mesoskaliger Variabilitäten der Oberflächentemperatur und der Attenuation im Nordatlantik aus Satellitenmessungen. Ber.Inst.Meeresk. Kiel, Nr. 162.
- VILLINGER, H., DAVIS, E.E. (1987)  
A new reduction algorithm for marine heat flow measurements. J.Geophys.Res., **92**, B 12, 12846 - 12856.
- VOSJAN, J.H., NIEUWLAND, G., ERNST, W., BLUSZCZ, T. (1987)  
Shipboard comparison of two methods of extractions and measurements of ATP applied to Antarctic water samples. Netherl.J.of Sea Res., **21** (2), 107 - 112.
- WAMSER, C., KELLNER, G. (1986)  
Physikalische Prozesse in der atmosphärischen Grenzschicht am Packeisrand. Ann.Mete., **23**, 60 - 61.
- WAMSER, C., KÖNIG, G. (1986)  
Die solar und terrestrische Strahlung in der Antarktis und ihre Parameterisierung mit Hilfe von synoptischen Beobachtungen. Meteor. Rdschau, **39**, 25 - 31.
- WEIGLET, V. (1986)  
Kapillargaschromatographische PCB-Musteranalyse marine Spezies - Betrachtungen zwischen Anreicherung und chlorsubstitution ausgewählter PCB-Komponenten in marine Organismen aus der Deutschen Bucht. Chemosphere, **15**, 289 - 299.
- WELLERSHAUS, S. (1986)  
Mud accumulation in estuarine channels - a question of dredging? Environm.Tech.Letters, **7**, 255 6-262.
- WELLERSHAUS, S. (1987)  
A comparison of two plankton copepod species living in estuarine very low salinity stretches in India and Germany. Silver Jubilee Souvenir-Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai Univ., Parangipettai.

---

WELLERSHAUS, S. (1987)

Verschmutzung von Ästuaren und Küsten - Rezension des Kongreßbandes „Plymouth 1985“, Dt. GewässerkdI.Mitt., 31, 19 -21.

WENZEL, M. (1986)

Die mittlere Zirkulation des Nordatlantik auf der Grundlage klimatologischer hydrographischer Daten. Ber.Inst.f.Meereskd. Kiel, 157, 109 pp.

WEYLAND, H. (1986)

*Actinomycetes* of the bottom sediments of various seas. IFREMER, Actes de Colloque No. 3, 73 -79.

WEYLAND, H. (1986)

Konzentration und Verbreitung von Abwasserbakterien im Sediment des Weser-Ästuars. Gemeinsames Bund/Länder-Meßprogramm für die Nordsee. Gewässergütemessungen im Küstenbereich der BRD : Wassergütedaten 1984/85, 96 -108.

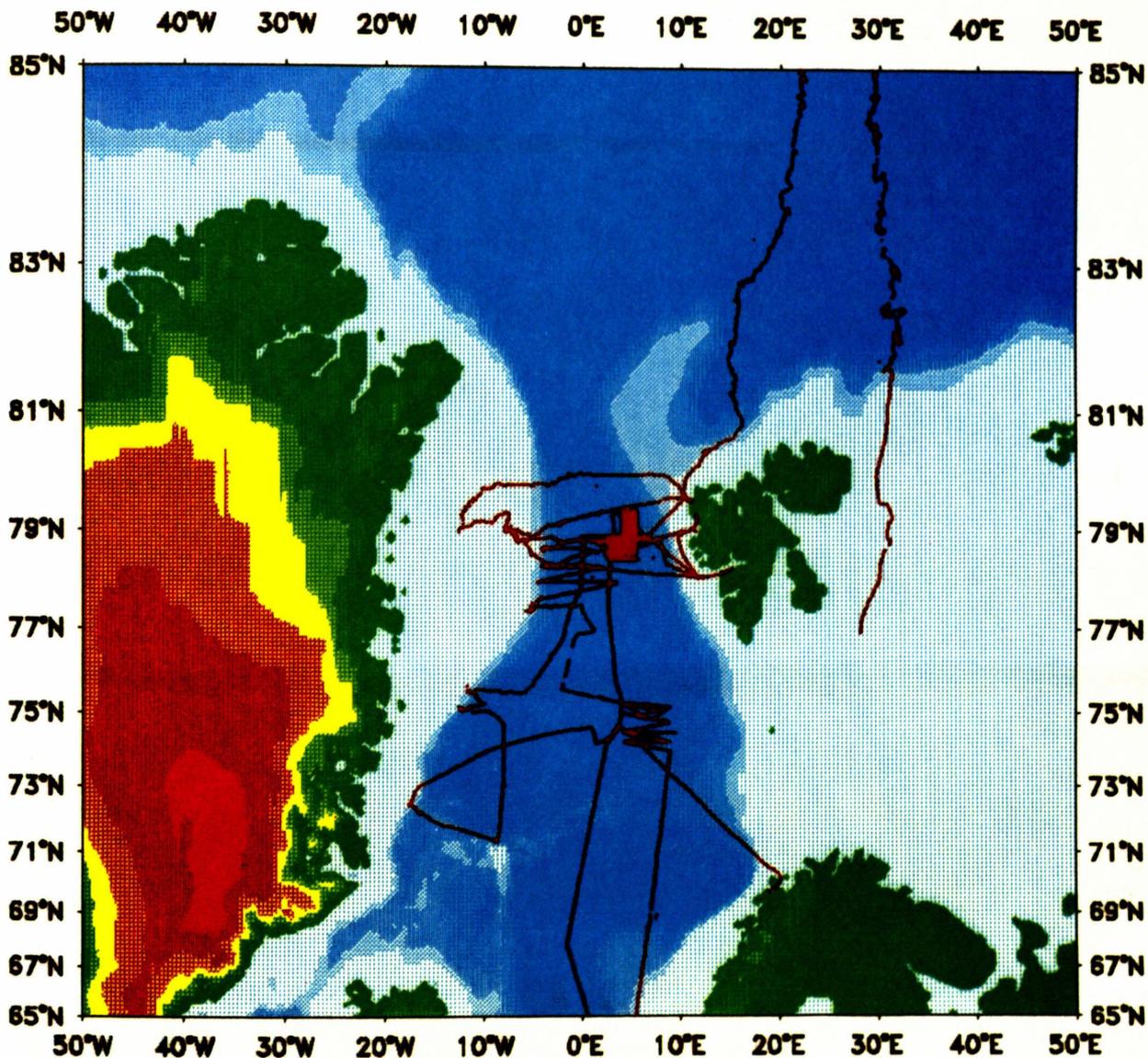
WÜBBER, C. (1986)

Ein numerisches Modell zur Untersuchung barokliner Rossby-Wellen im Nordatlantik. Ber.Inst.f.Meereskd. Kiel, 159, 96 p.

---

## V. „Polarstern“-Expeditionen

Fahrt	Datum	Wissenschaftlicher Fahrtleiter	Arbeitsgebiete	Wissenschaftliche Disziplinen
ANT IV/3	5.12.85 - 13. 3.86	D. Fütterer H. Kohnen H. Miller	Weddellmeer, Atka Bucht, Maud Rise	Geologie, Versorgung GvN, Geophysik, Kottas-Traverse
IV/4	18. 3.86 - 29. 4.86	H.P. Koltermann	Atlantik-Indik-Rücken, Maud Rise	Geochemie, SEABEAM, Ozeanographie
ANT V/1	5. 5.86 - 19. 6.86	D. Sahrhage	Elephant Island, Bransfield Str., Antarktische Halbinsel	Biologie, Ozeanographie
V/2	25. 6.86 - 19. 9.86	E. Augstein	Weddellmeer	Packeistraverse des WWSP '86
V/3	28. 9.86 - 16.12.86	G. Hempel	Weddellmeer	Küstenpolynyastudie (WWSP)
V/4	26.12.86 - 17. 3.87	H. Miller	Weddellmeer	Versorgung GvN, Filchner III
V/5	20. 3.87	W. Ernst	Rückreise	Spurenstoffuntersuchungen
ARK IV/1	14. 5.87 - 8. 6.87	G. Krause	Grönland See	Biologie, Ozeanographie
IV/2	9. 6.87 - 2. 7.87	J. Meincke	Framstraße, Grönland See	Ozeanographie, Biologie
IV/3	4. 7.87 - 3. 9.87	J. Thiede	Arktisches Becken	Geologie, Ozeanographie
ANT VI/1	24. 9.87 - 19.10.87		Anreise	Kalibrierung Meßsysteme
V/2	20.10.87 - 19.12.87	D. Sahrhage	Elephant Island, Antarktische Halbinsel	Geologie, Physiogeographie, Geomorphologie
V/3	21.12.87 - 17. 3.88	D. Fütterer	Weddellmeer, Atka Bucht	Spurenstoffchemie, Geologie, Versorgung GvN



#### **POLARSTERN-Kurs der Expedition ARK IV 1987**

Während dieser dreimonatigen Expedition wurde u. a. ein Teil der Framstraße zwischen Spitzbergen und Grönland mit dem Fächerecholot vermessen. Auf dem dritten Fahrtabschnitt arbeitete POLARSTERN bei 86°11'N am nördlichsten Punkt, den bisher ein Forschungsschiff in der Arktis erreichte.