

**Die Expedition ANTARKTIS XV/4
des Forschungsschiffes "Polarstern"
1998**

**The Expedition ANTARKTIS XV/4
of the Research Vessel "Polarstern"
in 1998**

**Herausgegeben von / Edited by
Eberhard Fahrbach
Unter Mitarbeit der Fahrtteilnehmer
with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. 314 (1999)
ISSN 0176 - 5027**

ANTARKTIS XV/4

28. März 1998 - 23. Mai 1998

Punta Arenas - Kapstadt

KOORDINATOR

Wolf Arntz

FAHRTLEITER

Eberhard Fahrbach

Inhalt/Content

1.	Fahrtabschnitt Punta Arenas - Kapstadt.....	1
1.1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf.....	1
2.	Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme.....	6
2.1	Untersuchungen der Atmosphäre.....	6
2.1.1	Wetter- und Eisbedingungen.....	6
2.1.2	Validierung von Wolkenidentifizierungsalgorithmen.....	11
2.2	Physikalische Ozeanographie.....	14
2.2.1	Tiefen- und Bodenwasserbildung im Weddellmeer.....	14
2.2.2	Untersuchungen der akustischen Verankerungsartung.....	19
2.2.3	Messungen von Spurenstoffen.....	40
2.3	Meereschemie.....	44
2.3.1	Das Kohlendioxid-System in antarktischen Gewässern.....	44
2.3.2	Nährstoffe in antarktischen Gewässern.....	46
2.3.3	Geochemie.....	51
2.4	Marine Biologie.....	57
2.4.1	Abbau absinkender Partikel.....	57
2.4.2	Der Beitrag der Bakterien zur biologischen Aktivität im Herbst.....	58
2.4.3	Der Beitrag der Schwämme zum Kohlenstoff- und Silikathaushalt.....	59
3.	Danksagung.....	61
1.	Leg ANT XV/4 Punta Arenas - Cape Town.....	62
1.1	Summary and itinerary.....	62
2.	Scientific programmes.....	66
2.1	Investigations of the atmosphere.....	66
2.1.1	Weather conditions.....	66
2.1.2	Validation and application of a cloud masking algorithm.....	68
2.2	Physical oceanography.....	69
2.2.1	Deep and bottom water formation in the Weddell Sea.....	69
2.2.2	Investigations of acoustic location of moorings.....	74
2.2.3	Tracer measurements.....	76
2.3	Marine chemistry.....	78
2.3.1	The carbon dioxide system in Antarctic waters.....	78
2.3.2	Nutrient distributions in Antarctic waters.....	80
2.3.3	Geochemistry.....	83
2.4	Marine biology.....	85
2.4.1	Decomposition of sinking particles.....	85
2.4.2	Microbial community characteristics in austral autumn from ice and sea water.....	86
2.4.3	The role of sponges in carbon and silicon fluxes in the Weddell Sea.....	87
3.	Acknowledgements.....	89
4.	Beteiligte Institutionen / Participating institutions.....	90
5.	Fahrtteilnehmer / Cruise participants.....	92
6.	Schiffspersonal / Ship's crew.....	93
7.	Appendix 1, Verankerungen/Moorings.....	94
8.	Appendix 2, Stationsliste/Station list.....	100
9.	Appendix 3, XBT data.....	106

1. Fahrtabschnitt Punta Arenas - Kapstadt

1.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf

Die Polarsternreise ANT XV/4 begann am 28. März 1998 in Punta Arenas und führte in das Weddellmeer (Abb. 1). Das wissenschaftliche Ziel waren Messungen, um die Bedeutung des Weddellmeers für globale Klimaveränderungen zu ermitteln. Die Reise war in zwei Abschnitte gegliedert. Während des ersten erfolgten Arbeiten im westlichen Weddellmeer und der Weddell-Scotia-Konfluenz, der zweite hatte Arbeiten am Meridian von Greenwich zwischen der antarktischen Küste und der Subtropenfront zum Inhalt.

Im Weddellmeer erfolgt ein wesentlicher Teil der Bodenwasserbildung des Weltmeers, deren Intensität den Anteil des Südpolarmeers an der globalen thermohalinen Zirkulation bestimmt. Diese kontrolliert die dämpfende Wirkung des Ozeans bei Klimaveränderungen. Die Wassermassenbildung wird durch die winterliche Abkühlung und die Eisbildung auf den Schelfen sowie die Wechselwirkung zwischen Ozean und Schelfeis verursacht. Durch diese Prozesse können auf dem Schelf Wassermassen entstehen, die dicht genug sind, um bis zum Boden der Tiefsee abzusinken, wobei sie sich mit dem umgebenden Wasser vermischen und im zyklonalen Zirkulationssystem des Weddellwirbels nach Norden geführt werden.

Der Ausstrom im westlichen Weddellmeer besteht aus oberflächennahen, mittleren und tiefen Komponenten. Die oberflächennahen Komponenten stellen im wesentlichen Schelfwasser dar, das in der Weddell-Scotia-Konfluenz auf das Wasser des Zirkumpolarstroms trifft. Dabei entsteht ein System von zwei Fronten, der Weddell- und der Scotiafront, die einen Wasserkörper einschließen, dessen Eigenschaften einerseits durch die Vermischung der konvergierenden Wassermassen, andererseits durch lokale Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre bestimmt wird. Dieses Wasser, das in mittleren Tiefen die mittelozeanischen Rücken überquert, könnte im Frontalsystem absinken und so zur Erneuerung des globalen Tiefenwassers beitragen, ohne im Weddellmeer, dem traditionell angenommenen Wassermassenbildungsgebiet, jemals Bodenwasser gewesen zu sein. Die tiefen Komponenten des Weddellmeerwassers strömen am Südsctiarücken nach Osten und dringen durch Spalten in unterschiedlichen Tiefen nach Norden vor, wo sie die tiefen Becken des Atlantischen und des Indischen Ozeans erreichen.

Am Meridian von Greenwich findet der zonale Austausch zwischen Wassermassen statt, die im östlichen Weddellmeer durch Zustrom aus dem Zirkumpolarstrom modifiziert werden und solchen, die aus dem westlichen Weddellmeer zurückströmen und neugebildetes Bodenwasser enthalten. In den vergangenen Jahren wurde eine Erwärmung des aus dem Zirkumpolarstrom stammenden Warmen Tiefenwassers und des neugeformten Weddellmeer-Bodenwassers gemessen. Diese Entwicklung konnte weiter verfolgt werden, aber es sind deutliche regionale Unterschiede aufgetreten. So ist im westlichen Weddellmeer noch eine weitere Erwärmung und Salzgehaltzunahme zu beobachten, während es im Inneren zu einer Abkühlung gekommen ist. Die Übergangszone zum Antarktischen Zirkumpolarstrom hat sich im Vergleich zu den Messung von 1992 und 1996 nach Süden ver-

schoben, so daß mit einem weiteren Erwärmungsschub im inneren Weddellmeer zu rechnen ist.

Die regionale Verlagerung der Variationen soll in der zukünftigen Auswertung Aufschluß darüber geben, ob lokale Veränderungen der Eis-Ozean-Atmosphären-Wechselwirkung die Ursache sind, oder, ob Veränderungen des Einstroms aus dem Zirkumpolarstrom eine Rolle spielen.

Das Programm enthielt vier regionale Komponenten: Untersucht wurden der Ausstrom aus dem südlichen Weddellmeer in die Weddell-Scotia-Konfluenz, der Austausch zwischen Weddellmeer und dem Antarktischen Zirkumpolarstrom im Bereich der Weddell-Scotia-Konfluenz, der Austausch zwischen dem östlichen und westlichen Weddellmeer über den Meridian von Greenwich und die Struktur des Antarktischen Zirkumpolarstroms auf dem Meridian von Greenwich. Dazu wurden hydrographische Schnitte mit einer CTD-Sonde (Conductivity/Temperature/Depth), einem Kranzwasserschöpfer und einem ADCP (Akustischer Doppler-Profilstrommesser) ausgeführt. Sauerstoff, Nährstoffe und die Spurenstoffe Freon-11, Freon-12, Freon-113 und CCl_4 , sowie Tritium, ^3He , und He wurden als zusätzliche Information zur Charakterisierung der Wassermassen und der Ausbreitungsprozesse herangezogen. Zusätzlich wurden Strömungsmesserverankerungen auf dem Meridian von Greenwich und im westlichen Weddellmeer aufgenommen und wieder ausgelegt.

Die Arbeiten im Rahmen der physikalischen Ozeanographie sind ein Teil des internationalen DOVETAIL (Deep Ocean VENTilation Through Antarctic Intermediate Layers) Projekts, das im Rahmen des von SCOR (Scientific Committee of Oceanographic Research) betreuten iAnzone Programms stattfindet. In diesem Zusammenhang wurden die Geräte der Verankerungen im westlichen Weddellmeer von der Universität Politecnica de Catalunya in Barcelona, Spanien bereitgestellt.

Die Boden- und Tiefenwasserbildung trägt zur Aufnahme des Ozeans von atmosphärischem CO_2 bei. Allerdings wird im Weddellmeer durch den Auftrieb von CO_2 -haltigem Tiefenwasser aus dem Nordatlantik CO_2 an die Atmosphäre abgegeben, wenn dies nicht durch die Abkühlung des aufquellenden Wassers in der ozeanischen Deckschicht und die Eisbedeckung verhindert wird. Die biologische Produktion entzieht der Deckschicht das eingebrachte CO_2 und befördert es als absinkendes Material in größere Tiefen. Die relative Intensität der unterschiedlichen Prozesse bestimmt die Rolle des Weddellmeers als Quelle oder Senke für atmosphärisches CO_2 . Deshalb sollen Messungen der einzelnen Komponenten des CO_2 -Systems dazu beitragen, diese Vorgänge zu quantifizieren.

Im Rahmen eines geochemischen Programms wurden Proben genommen, um die Aussagekraft von Methan als Wassermassen-Tracer zu untersuchen. Methan ist allerdings nicht konservativ, da die Konzentration des Gases durch mikrobielle Oxidation verändert wird. Die Umsetzung des in den Ozean aus der Atmosphäre eingetragenen Methans soll mit Hilfe der Messung des isotopischen Signals der stabilen Kohlenstoffisotope im gelösten Methan untersucht werden. Während die Atmosphäre eine gleichbleibende isotopische Signatur zeigt, findet bei der mikrobiellen Oxidation eine starke Fraktionierung statt, bei der die leichten Kohlenstoff-

isotope bevorzugt verbraucht werden. Ferner wird angestrebt, Modelle für den Methankreislauf in höheren Breiten zu entwickeln.

Im Rahmen der Meereisuntersuchungen wurden meteorologische Daten zusammen mit Infrarot-Fernerkundungsdaten von Satelliten erfaßt, um einen neuen Algorithmus zur Wolkenmaskierung zu entwickeln.

Das mikrobiologische Programm konzentrierte sich auf den Beitrag der Bakterien-Lebensgemeinschaften zum Kohlenstoff-Umsatz in polaren Breiten im Herbst. Dazu soll die Elementverteilung in den Bakterien mit Röntgen-Mikroanalyse ermittelt und die Konzentration des gelösten organischen Kohlenstoffs gemessen werden. Die mikrobielle Besiedelung in der Wassersäule absinkender Partikel ("marine snow") wird an Wasserproben untersucht, aus denen Reinkulturen von heterotrophen Bakterien isoliert wurden. Sie ermöglichen die Zählung der Bakterienzellen, die Aggregate besiedeln und die in der freien Wassersäule vorkommen.

Das Benthosprogramm des vorhergehenden Abschnitts wurde mit der Hälterung von Organismen fortgeführt, um mit Laborexperimenten die Aufnahme und Abgabe von Silikat durch Schwämme und Schwammnadelmatten zu messen und damit einen Beitrag zur Untersuchung des Silikatshaushalts zu leisten.

Die Forschungsarbeiten begannen mit einem XBT-Schnitt durch die Drakestraße. Am 1. April erreichten wir das Hauptarbeitsgebiet im nordwestlichen Weddellmeer. Dort erfolgte die erste Verankerungsaufnahme und ein CTD-Schnitt von der Joinvilleinsel nach Südosten. Am Abend empfangen wir die Meldung, daß drei Personen mit einem Schlauchboot an der Südküste von Laurie Island in der Scotia Bay vermißt werden. Entsprechend unserer Position und den Eisbedingungen wären wir so spät vor Ort gewesen, daß der argentinische Seerettungsdienst unser Hilfsangebot ablehnte. Der argentinische Eisbrecher "Almirante Irizar" war bereits auf dem Weg und eine Suche mit Flugzeugen war eingeleitet. Am 11. April folgte die Meldung, daß das Schlauchboot an der Nordküste in der Browns Bay gefunden worden war, und die Suche fortgesetzt würde. Als wir Flugdistanz zu Laurie Island erreicht hatten, beteiligten wir uns deshalb mit dem Helikopter an der Suchaktion. Sie wurde beendet, als das Wetter keine Flüge mehr zuließ. Bei den Vermißten handelte es sich um 3 Stationsmitglieder der argentinischen Station "Orcadas", die mit einem Schlauchboot um die Insel gefahren waren. Der Stationsleiter befand sich unter den Vermißten. Da im Schlauchboot Ausrüstungsgegenstände gefunden wurden, nimmt man an, daß die Vermißten an Land gegangen und dort entweder verunglückt sind, oder aber, daß das Schlauchboot abgetrieben ist. Leider konnte die Suchaktion nicht die erhoffte Hilfe bringen. Die Forschungsarbeiten wurden durch die Suchaktion nicht beeinflusst, da der Helikopter von der "Irizar" aus operieren konnte.

Die Messungen im westlichen Weddellmeer dauerten bis zum 22. April. Die Eisbedingungen entsprachen den herbstlichen Verhältnissen. Sie waren weitgehend durch den Transport von älteren Schollen aus dem südlichen Weddellmeer bestimmt, die von Neueis unterschiedlicher Stärke eingeschlossen waren. Die dominierenden Südwestwinde lockerten zusammen mit dem Strom des Weddellwirbels die geschlossenen Felder meist auf, so daß die Arbeiten wie geplant durchgeführt werden konnten. Während der Marschfahrt zur Neumayer-Station erreichte der Wind am 26. April Orkanstärke. Die schwere See, die über das Deck spülte, riß die Tür eines Laborcontainers ab, der auf dem Arbeitsdeck stand. Um die Abdichtung

des Containers zu ermöglichen, mußten wir beidrehen. Der entstandene Schaden konnte soweit repariert werden, daß die Messungen der Nährstoffe fortgesetzt werden konnten. Die anhaltenden Winde mit einer südlichen Komponente bewirkten eine starke Abkühlung und damit verbunden erhebliche Neueisbildung. So wurde der Eisrand am 26. April bei 66°10'S, 21°00'W weit nördlicher angetroffen als erwartet. Doch der starke Wind zog das Eisfeld auseinander, so daß wir ohne besondere Anstrengungen in die Atkabucht gelangen konnten.

Am Morgen des 28. April erreichten wir die mit jungem Eis bedeckte Atkabucht bei schlechter Sicht und starkem Wind. Gegen Mittag verbesserten sich die Wetterverhältnisse soweit, daß der Helikopterbetrieb aufgenommen werden konnte. Bei Sonnenschein und guter Sicht erfolgten am Nachmittag die Versorgungsflüge, um den Stationsarzt der vergangenen Überwinterung an Bord zu nehmen und einige Kisten mit Material und Lebensmitteln anzuliefern. Zusätzlich war der Besuch der Überwinterer auf der "Polarstern" und der Fahrteilnehmer auf der Station möglich.

Die Forschungsarbeiten wurden am 29. April am Meridian von Greenwich fortgesetzt, wo wir in der Nähe der Schelfeiskante die südlichste Station in der Küstenpolynja ausführten. Sie hatte sich durch den Ostwind im Lee der nach Norden herausragenden Schelfeiszunge in einem dichten Schollenfeld mit starken Überschiebungen gebildet. Die Schollen aus jungem Eis waren erst wenige Meter groß und die aus altem schon zerrieben. Daher konnten wir zwei Bojen nicht wie geplant auslegen. Am 30. April überschritten wir bei 69°15'S die Eisgrenze nach Norden.

Die Arbeiten auf dem Schnitt verliefen trotz der anhaltend starken Winde zügig. Sieben Verankerungen wurden aufgenommen und sechs neu ausgelegt. Die Verankerung auf der Maudkuppe konnte wegen der Wetterbedingungen nicht mehr ausgelegt werden. Bei 60°S wurde ein Schnitt nach Südwesten begonnen, um den in diesem Gebiet vermuteten Rückstrom des Weddellwirbels zu messen. Dieser Schnitt mußte abgebrochen werden, da die Wetterbedingungen die Fortsetzung aussichtslos erscheinen ließen. Ab 57°S wurden XBTs geworfen, um das Frontensystem des südlichen Ozeans mit der notwendigen horizontalen Auflösung zu erfassen. Die Weddellfront wurde südlicher als auf früheren Schnitten gefunden. Das verstärkte Vordringen von Zirkumpolarem Tiefenwasser führte zu einer deutlichen Erwärmung auf der Südflanke des Südwestindischen Rückens. Bei der Durchquerung des nördlichen Arms des Weddellwirbels wurden verhältnismäßig wenige und nur sehr stark angegriffene Eisberge angetroffen, so daß die geplante Ausbringung einer Markierungsboje nicht möglich war.

Die Arbeiten wurden bis 48°S auf dem Meridian von Greenwich fortgesetzt. Von dort aus schwenkten wir nach Nordost. Die letzte Station Nr. 136 an der Subtropenfront erfolgte am 21. Mai bei 39°25'S, 11°48'E. Die XBT-Würfe und ADCP-Aufzeichnungen wurden an der 200-sm-Grenze eingestellt. Die Reise endete am 23. Mai 1998 in Kapstadt.

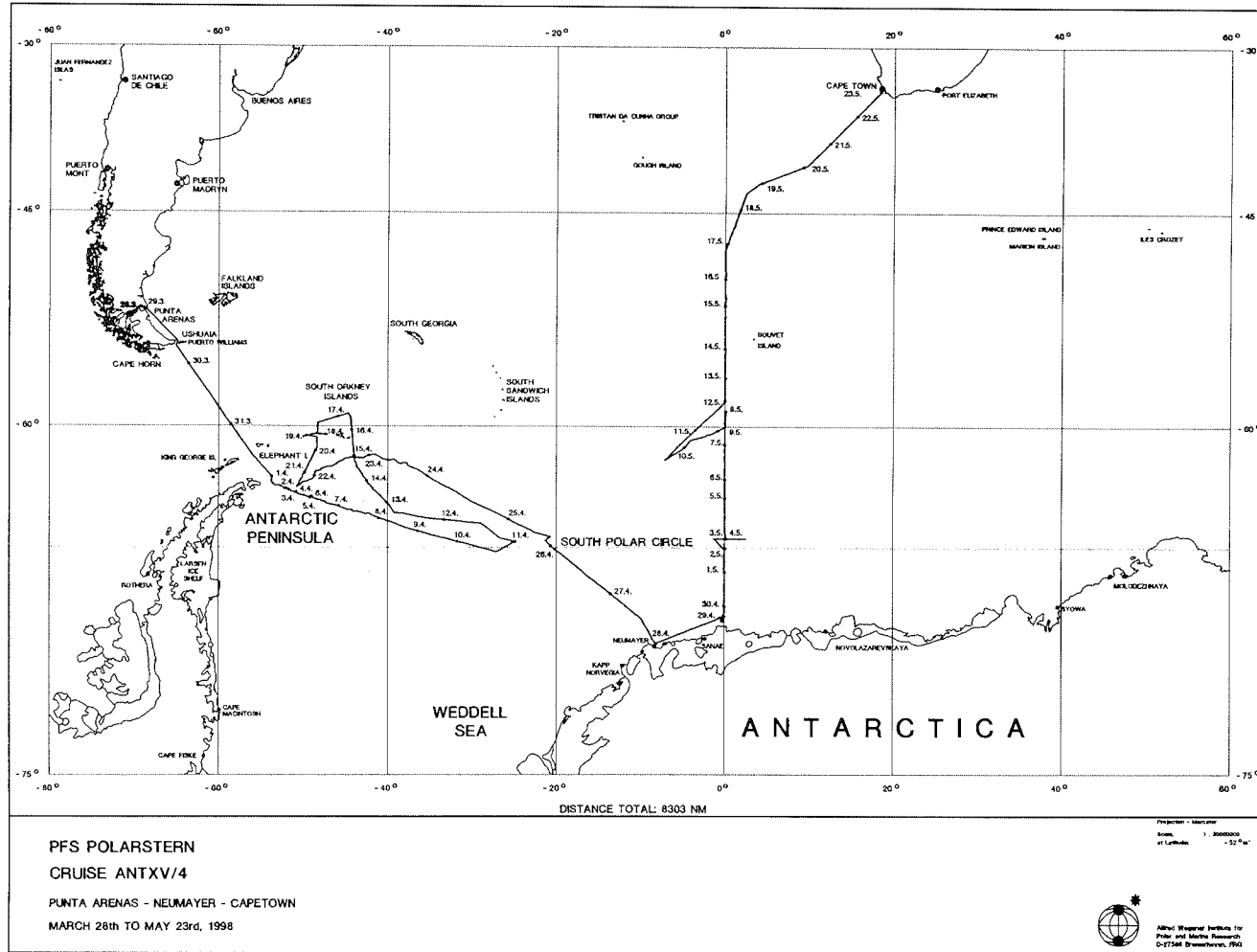


Abb. 1: Fahrtroute während des Fahrtabschnitts ANT XV/4.
 Fig. 1: Cruise track during leg ANT XV/4.

2. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme

2.1 Untersuchungen der Atmosphäre

2.1.1 Wetter- und Eisbedingungen

Rüdiger Hartig und Herbert Köhler (DWD)

In der Nacht zum Sonntag, den 29.03.98, verließ "Polarstern" Punta Arenas. Bei überraschend guten Bedingungen, West bis Nordwest 4 bis 5 Bft und zeitweiligem Sonnenschein, durchquerte "Polarstern" die - wegen der Sturmhäufigkeit gefährdete - Drakestraße und erreichte am 01.04.98 die Antarktische Halbinsel.

01.04.98 bis 11.04.98, West-Ost-Schnitt von der Spitze der Antarktischen Halbinsel in das zentrale Weddellmeer bis 66°S, 25°W

Die synoptische Situation dieses Abschnitts war geprägt vom wiederholten Durchzug kleinerer Randtiefs, die in der Regel von einem Zentraltief über der Bellingshausensee erzeugt wurden, sich im Lee des Nordteils der Antarktischen Halbinsel ablösten, und ostwärts zogen. Über dem Meereis zeigten diese Tiefen vergleichsweise geringe Wetteraktivität. Im Osten, über den "warmen" eisfreien Gebieten, intensivierten sie sich dann und brachten mehrfach Schneefall. Karfreitag und Ostersonntag erreichte der Wind Sturmstärke, sonst dominierten westliche Winde mit Stärken zwischen 4 und 6. Das Temperaturniveau bewegte sich zwischen -2° und -12° C. Meereis wurde etwa zwischen 50° und 40°W angetroffen, mit stärkstem Bedeckungsgrad von etwa 80% Eis, davon ca. 50% mehrjähriges Alteis mit bis zu 3 m Dicke.

Repräsentative klimatologische Daten für das Untersuchungsgebiet liegen nicht vor. Die Daten der Wetterstationen auf der Halbinsel sind stark durch orographische und lokale Effekte beeinflusst, die Südkneys liegen weit in der Westwindzone. Beide können daher nicht als Vergleichsdaten herangezogen werden. Eine grobe Vorstellung der zu erwartenden Wetterverhältnisse liefert "The Antarctic Pilot", 4. Edit. 1974, Part C, Chap.1, 66ff. Danach wird das Wetter zwischen 55° und 65°S durch wandernde Tiefdruckgebiete bestimmt, die einen etwa gleich großen Anteil von West- und Ostwinden mit mittleren Windgeschwindigkeiten kleiner 5 Bft erzeugen. Die mittleren Tagestemperaturen in der Region liegen zwischen knapp über 0°C im Sommer und -15°C im Winter. Ostwinde wurden von uns kaum beobachtet, andere signifikante Abweichungen von den bislang beobachteten Bedingungen sind aber nicht erkennbar.

12.04.98 bis 21.04.98, Weddell-Scotia-Konfluenz (Rund um die Südkneys)

Eine Süd/Südwest-Wetterlage lenkte während der ersten Arbeitstage Polarluft mit Windstärke 4 bis 7 Bft in unser Seegebiet. Dabei sank die Temperatur auf Werte um -10°C. In den durchbrochenen Eisschollenfeldern bildete sich rasch dünnes Neueis. Der Bereich rund um die Südkneys zeigte sich - von einzelnen Eisbergen abgesehen - eisfrei. Etwa zur Mitte dieses Teilabschnitts stellte sich die Wetterlage auf eine kräftige West-/Nordwestlage um. Im Mittel mit Bft 7 strömte feuchte

und recht milde Luft heran. Dabei stieg die Temperatur auf Werte von knapp über 0°C und es bildete sich über dem kälteren Wasser anhaltender dichter Nebel, aus dem zeitweise Sprühregen fiel.

Nach den klimatologischen Werten der Station "Islas Orcadas Sur" (Periode 1971/80) sind im April sechs Nebeltage zu erwarten; wir hatten drei Nebeltage. Die Windmessungen von "Polarstern" zeigen (Abb. 2), daß Nordwestwinde und Windstärken um 6 Bft vorherrschten. In Abb. 3 sind diese Werte den April-Klimawerten der Station "Islas Orcadas Sur" gegenübergestellt. Daraus ergibt sich, daß die während unserer Reise beobachteten Süd-, Südwest- und Westwinde vom klimatologischen Erwartungswert abweichen. Die Nordrichtungen entsprechen dagegen den Klimawerten. Außerdem traten im Durchschnitt höhere Windgeschwindigkeiten auf, als zu erwarten gewesen wäre. Östliche Winde wurden kaum beobachtet, bleiben deshalb bei dieser Interpretation unberücksichtigt.

22.04.98 bis 28.04.98, Marschfahrt zur Neumayer-Station

Während dieser Zeit bestimmten kräftige Südwestwinde (im Mittel 5 bis 7 Bft) das Wetter. In der Nacht vom 25. auf den 26.04.98 intensivierte sich ein Tief mit dem Übertritt vom Meereis zum offenen Wasser derart, daß für einige Stunden schwerer Sturm mit Windstärken bis 10 Bft und Böen bis 12 Bft tobte. Die Südwestlage lenkte polare Luftmassen über das vereiste Weddellmeer nordostwärts. Darin gab es sowohl heitere, als auch bewölkte Abschnitte und es herrschte Frost zwischen -10 und -15°C. Auf diesem Streckenabschnitt war etwa 70% einjähriges, etwa 20% mehrjähriges Eis, sowie ca. 10% offenes Wasser zu beobachten.

29.04.98 bis 21.05.98, Schnitt entlang dem Null-Grad-Meridian

An der antarktischen Küstenlinie dominierten Südostwindrichtungen mit Stärken um 7 Bft. Da bereits nördlich von 69°S offenes Wasser vorlag, erzeugte der Wind einen Seegang von etwa 3 m. Die Temperaturen lagen zwischen -6° und -11°C. Nach Norden hin gewann zunehmend die Westwinddrift Überhand, so daß West- und Nordwestwinde vorherrschten. Auf diesem Abschnitt waren die Windgeschwindigkeiten deutlich zu hohen Werten hin verschoben, mit einem signifikanten Sturmanteil von mehr als 8 Bft (Abb. 4). Dies ist der Jahreszeit angemessen. Allerdings sind wir auch von schweren Stürmen mehr als 10 Bft verschont geblieben. Diese Winde erzeugten einen mittleren Seegang von etwa 6 m. Bei längeren stürmischen Abschnitten wurden auch signifikante Wellenhöhen um 10 m beobachtet. Ab etwa 60°S waren Wasser und Lufttemperaturen durchweg über 0°C. Bis etwa 55°S waren noch vereinzelt Eisberge zu beobachten, Meereis gab es zu dieser Zeit im Untersuchungsgebiet noch nicht.

21.05.98 bis 23.05.98, Rückfahrt nach Kapstadt

Auf der Rückfahrt nach Kapstadt gelangten wir in die subtropische Hochdruckzone. Dementsprechend herrschte auf dem letzten Teilstück heiteres bis wolkiges Wetter, westliche Winde zwischen 4 und 7 Bft und stetig auf 15° bis 20°C ansteigende Temperaturen. Am 23.05.98 erreichte "Polarstern" Kapstadt.

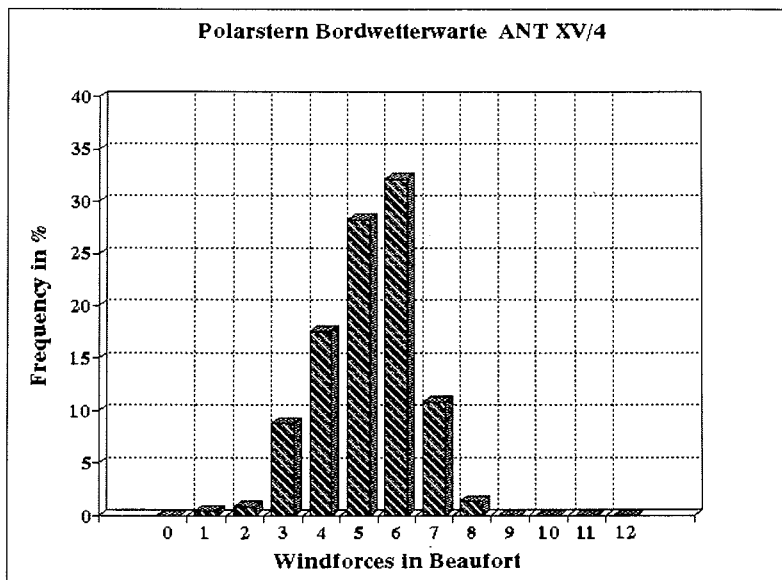
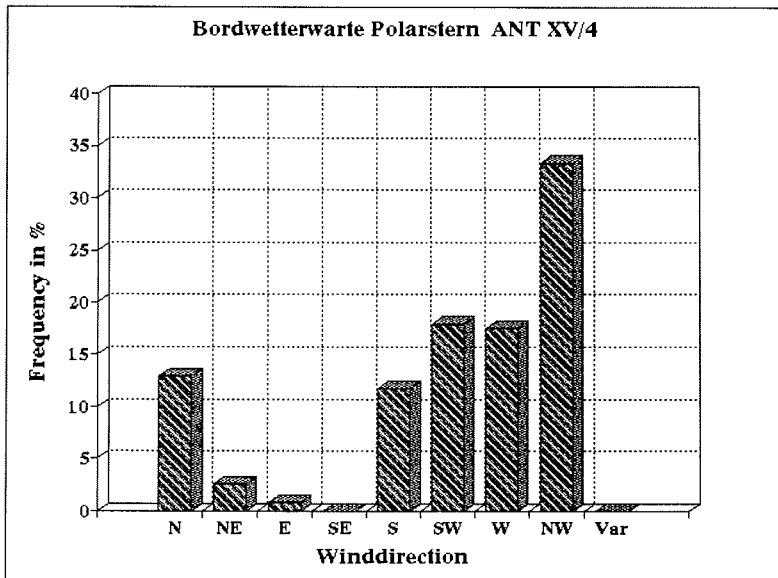


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windstärke. Beobachtungen der "Polarstern" vom 12. bis zum 21.04.98.
 Fig. 2: Frequency distribution of wind direction and force. "Polarstern" observations from 12 to 21 April 1998.

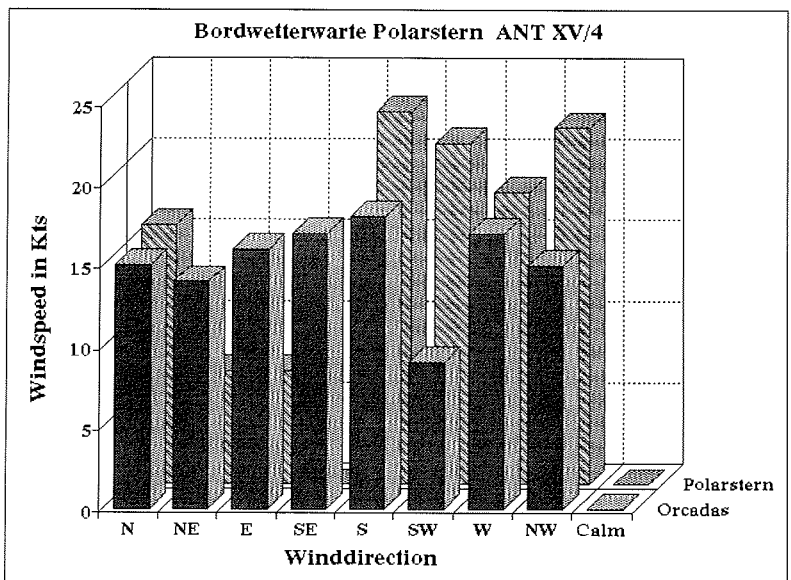
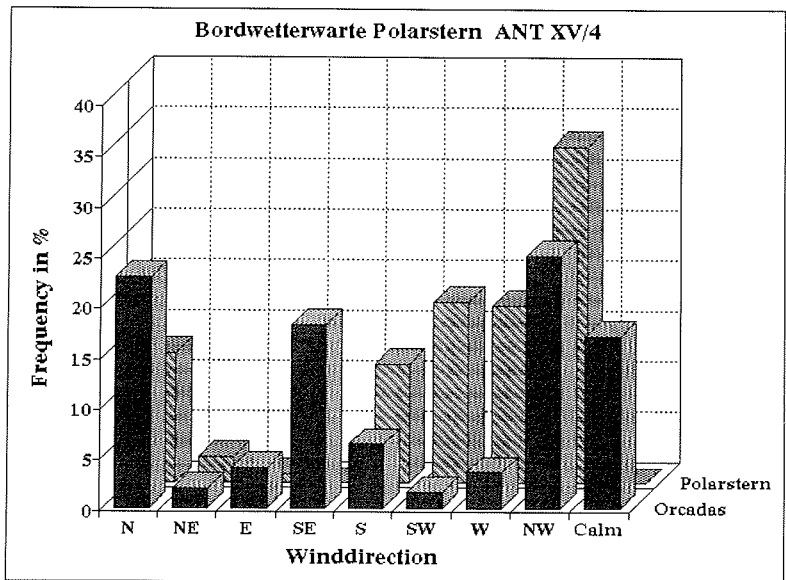


Abb. 3: Korrelation zwischen Windrichtung und -geschwindigkeit. Vergleich der Beobachtungen der "Polarstern" (12.-21.04.98) mit klimatologischen Daten der Station "Islas Orcadas Sur" (Periode 1971 bis 1980) für April.

Fig. 3: Correlation between wind direction and wind speed. Comparison of "Polarstern" observations (12 to 21 April 1998) versus climatological data of the "Islas Orcadas Sur" weather station (period 1971 to 1980) for April.

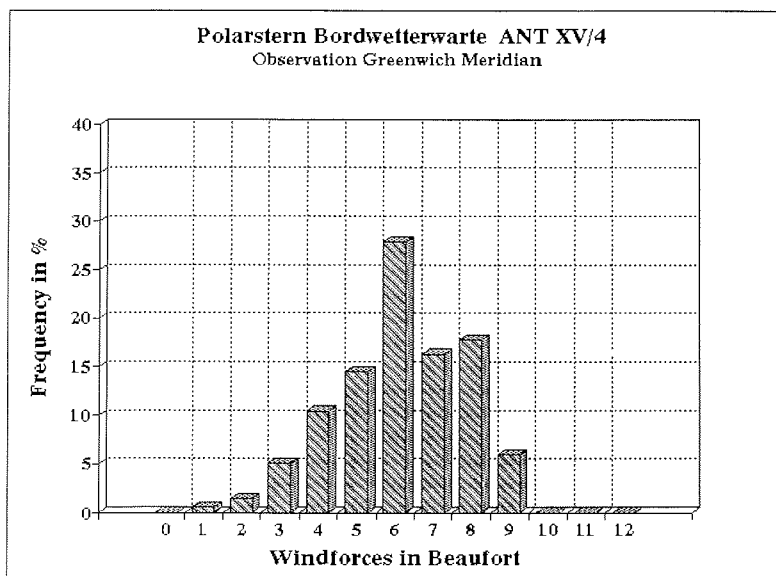
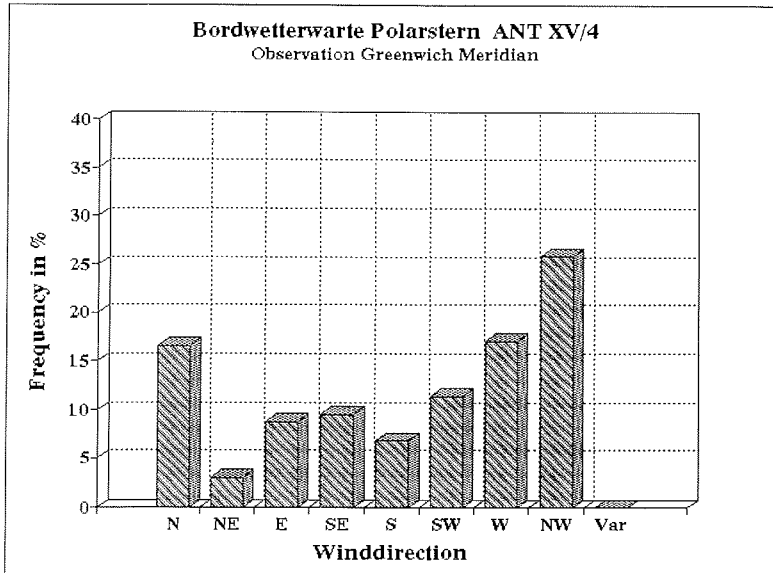


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windstärke. Beobachtungen der "Polarstern" vom 29.04. bis zum 16.05.98 entlang dem Greenwich Meridian zwischen 50° und 70°S.

Fig. 4: Frequency distribution of wind direction and force. Observations of "Polarstern" from 29 April to 18 May 1998 along the Greenwich Meridian between 50° and 70°S.

2.1.2 Validierung von Wolkenidentifizierungsalgorithmen

Norbert Schlüter (IUPF)

Der Fahrtabschnitt diente zur Datensammlung und zum ersten Test von Algorithmen für das Projekt HYPAM C (Fernerkundung von hydrometeorologischen Parametern mit Mikrowellenradiometrie in polaren Gebieten). Das Ziel des DFG-Projektes ist die Entwicklung eines Wolkendetektionsalgorithmus, der auf Infrarot- und Mikrowellendaten beruht.

Dazu wurden Satellitendaten der beiden Satellitentypen DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) und NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) aufgenommen. Die DMSP-Satelliten besitzen die Sensoren OLS (Operational Linescan System, 2 Kanäle im sichtbaren und infraroten Spektralbereich), SSM/I (Special Sensor Microwave Imager, 7 Kanäle im Mikrowellenbereich) und die Mikrowellensondierer SSM/T1 (Special Sensor Microwave Temperature) und SSM/T2 (Special Sensor Microwave Water Vapor), die zur Berechnung von Atmosphärenprofilen genutzt werden. Die NOAA-Satelliten weisen den Sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) mit 5 Kanälen im sichtbaren und infraroten Spektralbereich auf. Insgesamt wurden 230 DMSP- und 160 NOAA-Überflüge gespeichert. Um den Überblick über diese Datenmengen (ca. 20 GByte) zu erleichtern, wurde ein Katalog mit Bildern der sichtbaren und infraroten Kanäle sowie Eiskonzentrationsbilder erstellt. Beispiele sind in Abb. 5 und 6 gegeben.

Weiter wurden meteorologische Daten gesammelt, die zur Analyse der Satellitendaten genutzt werden können. So wurden neben den täglichen Radiosondenaufstiegen 37 zusätzliche durchgeführt. Diese fanden jeweils zeitgleich mit DMSP-Überflügen statt, um die zeitlichen Variabilität der Atmosphäre zu berücksichtigen. Die Radiosonden messen Profile der Lufttemperatur, der relativen Feuchte und des Windes in Höhen bis zu etwa 33 km. Zur Validierung der Radiosondenaufstiege wurde außerdem ein Helikopterflug durchgeführt, auf dem die Höhen der Wolkenober- und untergrenzen gemessen wurden. Weiter wurden die Wetterkarten und die stündlichen Wetterbeobachtungen (Wolken, Niederschlag, Meereis, Wind) gesammelt.

Den Schwerpunkt der Analysen an Bord bildete die Anwendung verschiedener Algorithmen zur Wolkendetektion mit Infrarotdaten sowie zur Eiskonzentrations- bzw. Eiskantenberechnung mit Mikrowellendaten. Es zeigte sich, daß die entwickelten Algorithmen erste, vielversprechende Ergebnisse liefern, jedoch noch weitere Analysen notwendig sind. Zusätzlich wurden noch wolkenfreie Szenen von Satellitenaufnahmen genutzt, um einen kürzlich am Larsen-Schelfeis abgebrochenen Eisberg zu identifizieren. Die Daten der Radiosonden konnten schon während der Fahrt mit den zeitgleichen Infrarotbildern verglichen werden. Die Wolkenobergrenzentemperaturen zeigten vor allem für homogene Wolkengebiete eine gute Übereinstimmung. Es sind jedoch noch weitere Analysen notwendig, um das Datenpotential zu nutzen. Ausgewählte Infrarotbilder sollen visuell klassifiziert und zum Trainieren eines neuronalen Netzes zur automatischen Klassifikation genutzt werden. Zudem soll in die Auswertungen eine Bildfolgenanalyse einbezogen werden, um die unterschiedliche Dynamik von Wolken und Meereis zu berücksichtigen. Die Radiosondendaten bilden zusätzlich eine Grundlage zur Auswertung der Daten der Sensoren SSM/T1 und SSM/T2.

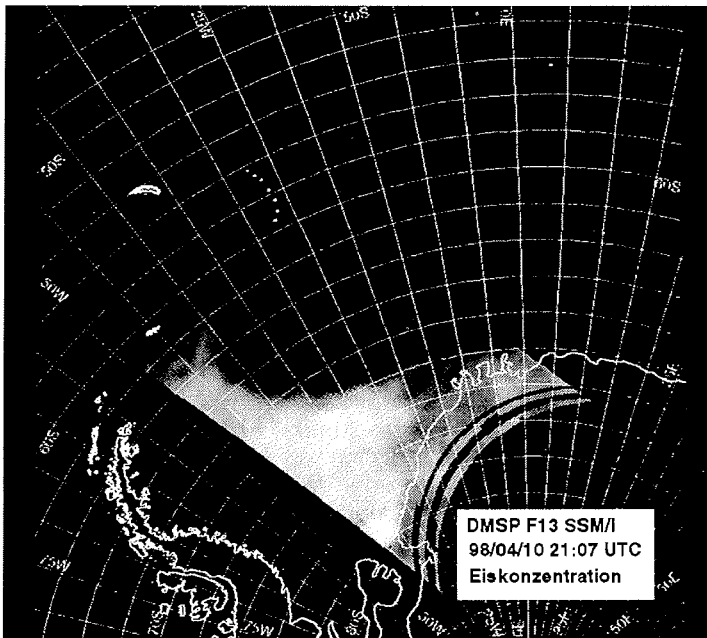
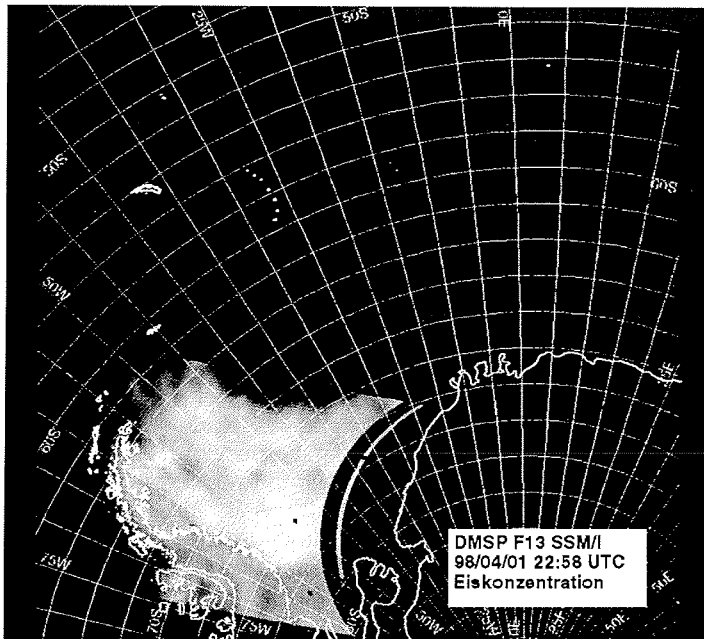


Abb. 5: Eisbedeckung des Weddellmeers am 01.04.98 (oben) und am 10.04.98 (unten), berechnet mit Daten des Mikrowellensensors SSM/I.

Fig. 5: Ice coverage of the Weddell Sea on 1 April 1998 (top) and on 10 April 1998 (bottom), calculated using data of the microwave radiometer SSM/I.

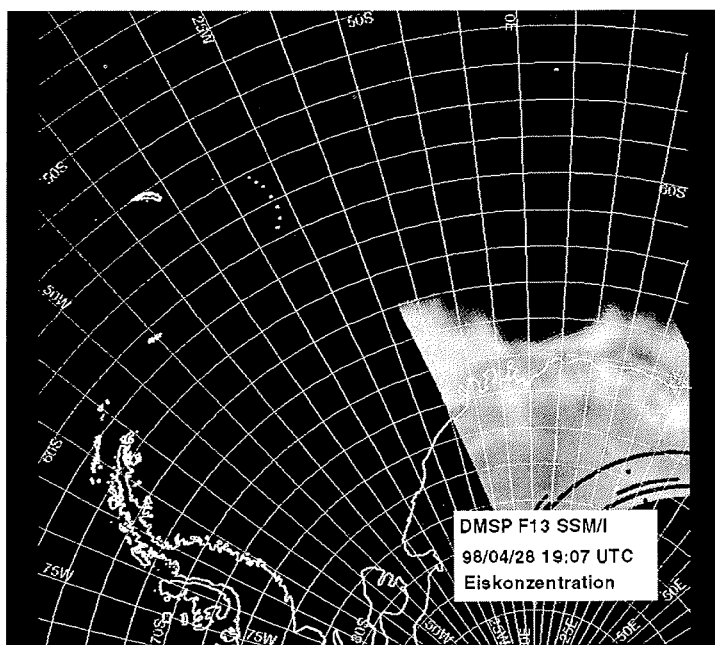
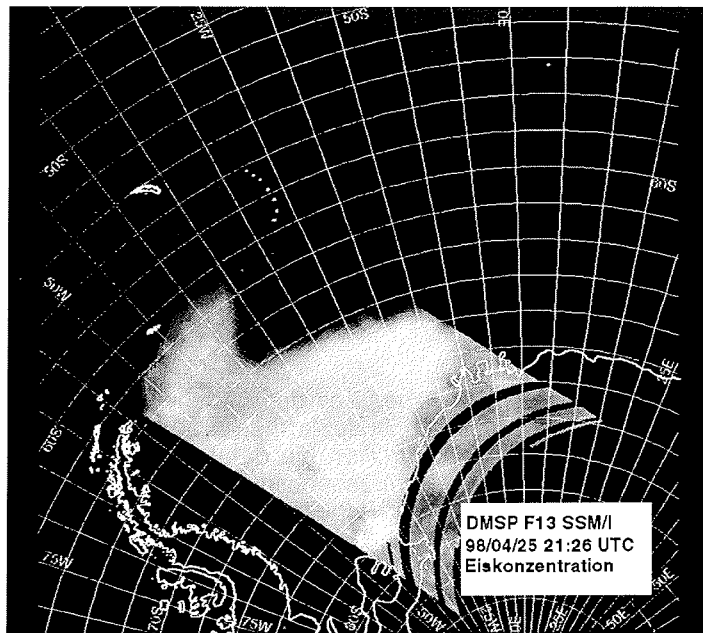


Abb. 6: Eisbedeckung des Weddellmeers am 25.04.98 (oben) und am 28.04.98 (unten), berechnet mit Daten des Mikrowellensensors SSM/I.

Fig. 6: Ice coverage of the Weddell Sea on 25 April 1998 (top) and on 28 April 1998 (bottom), calculated using data of the microwave radiometer SSM/I.

2.2 Physikalische Ozeanographie

2.2.1 Tiefen- und Bodenwasserbildung im Weddellmeer

Eberhard Fahrbach, Martin Frenzel, Sabine Harms, Antonio Härter Fetter, Alexej Iaremchouk, Jens Langreder, Sven Loske, Katrin Meissner, Carlos Mir Casanovas, Matthias Monsees, Adriene Pereira, Gerd Rohardt, Michael Schröder, Andreas Wisotzki, Hannelore Witte (AWI, FURG, LEM, ICM, IUPT)

Ziele

Im Weddellmeer erfolgt ein wesentlicher Teil der Bodenwasserbildung des Weltmeers, deren Intensität den Anteil des Südpolarmeers an der globalen thermohalinen Zirkulation beeinflusst. Diese kontrolliert die dämpfende Wirkung des Ozeans bei Klimaveränderungen. Die Wassermassenbildung wird durch die winterliche Abkühlung und die Eisbildung auf den Schelfen sowie die Wechselwirkung zwischen Ozean und Schelfeis verursacht. Durch diese Prozesse können auf dem Schelf Wassermassen entstehen, die dicht genug sind, um bis zum Boden der Tiefsee abzusinken, wobei sie sich mit dem umgebenden Wasser vermischen und im zyklonalen Zirkulationssystem des Weddellwirbels nach Norden geführt werden.

Der Ausstrom im westlichen Weddellmeer besteht aus oberflächennahen, mittleren und tiefen Komponenten. Die oberflächennahen Komponenten stellen im wesentlichen Schelfwasser dar, das in der Weddell-Scotia-Konfluenz auf das Wasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms trifft. Dabei entsteht ein System von zwei Fronten, der Weddell- und der Scotiafront, die einen Wasserkörper einschließen, dessen Eigenschaften einerseits durch die Vermischung der konvergierenden Wassermassen, andererseits durch lokale Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre bestimmt wird. Wenn dieses Wasser im Frontalsystem absinkt, trägt es zur Erneuerung des globalen Tiefenwassers bei, ohne im Weddellmeer, dem traditionell angenommenen Wassermassenbildungsgebiet, jemals Bodenwasser gewesen zu sein. Die mittleren Komponenten bestehen aus dem oberen Teil des Weddellmeer-Tiefenwassers, das im zentralen Weddellmeer unter 1250 m Tiefe gefunden wird. In dieser Tiefe kann der Austausch über einen weiten zonalen Bereich entlang dem Südscofia- und dem Nordweddellrücken erfolgen. Die tiefen Komponenten des Weddellmeerwassers strömen am Südscofiarücken nach Osten, dringen durch Spalten in unterschiedlichen Tiefen nach Norden vor und gelangen bis in die Becken des Atlantischen und des Indischen Ozeans.

Im Bereich des Greenwich-Meridians findet der zonale Austausch zwischen Wassermassen statt, die im östlichen Weddellmeer durch Zustrom aus dem Zirkumpolarstrom modifiziert werden, und solchen, die aus dem westlichen Weddellmeer zurückströmen und neugebildetes Bodenwasser enthalten. In den vergangenen Jahren wurde eine Erwärmung des aus dem Zirkumpolarstrom stammenden Warmen Tiefenwassers und des neugeformten Weddellmeer-Bodenwassers gemessen. Die regionale Verlagerung dieser Variationen soll in der zukünftigen Auswertung darüber Aufschluß geben, ob sie lokal durch Veränderungen der Eis-Ozean-Atmosphären-Wechselwirkung verursacht werden, oder ob Veränderungen des Einstroms aus dem Zirkumpolarstrom die wesentliche Rolle spielen. Diese könnten

durch eine Verlagerung der Weddellfront verursacht werden. Die Messungen haben gezeigt, daß die Weddellfront gegenwärtig südlicher liegt als 1992 und 1996, was zu einer deutlichen Erwärmung des Zirkumpolaren Tiefenwassers über der Südflanke des Südwestindischen Rückens geführt hat.

Von besonderer Bedeutung ist die Auswirkung dieser Veränderungen auf die Stabilität der Wassersäule und die Eis-Ozean-Atmosphären-Wechselwirkung westlich der Maudkuppe. Dort wurde in den Siebziger Jahren eine riesige Polynja beobachtet, die zur Bildung von Tiefenwasser im offenen Ozean geführt hat. Der Wechsel der Wassermassenbildung im Weddellmeer von Prozessen auf dem Schelf und am Kontinentalabhang zu solchen im offenen Ozean ist ein Vorgang, der abrupte Veränderungen der thermohalinen Zirkulation bewirken könnte und möglicherweise Auswirkungen auf großräumige Klimaveränderungen hat.

Die Arbeiten im Rahmen der physikalischen Ozeanographie sind ein Teil des internationalen DOVETAIL (Deep Ocean VENTilation Through Antarctic Intermediate Layers) Projekts, das im Rahmen des von SCOR (Scientific Committee of Oceanographic Research) betreuten iAnzone Programms stattfindet. In diesem Zusammenhang wurden die Geräte der Verankerungen im westlichen Weddellmeer von der Universität Politecnica de Catalunya in Barcelona, Spanien bereitgestellt.

Arbeiten auf See

Das Programm umfaßte Messungen vom Schiff aus mit der CTD-Sonde verbunden mit Wasserschöpfern (Conductivity, Temperature, Depth), XBTs (Expendable Bathythermograph) und einem schiffsgebundenen sowie einem am Draht gefierten ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) (Appendix 2). Um Langzeitmessungen zu erhalten, wurden 12 Verankerungen mit Meßgeräten aufgenommen und 10 ausgelegt (Appendix 1). Zusätzlich wurden 6 Einweg-Verankerungen ausgebracht. Regional gliedern sich die Untersuchungen in vier Komponenten:

1. Zur Bestimmung des Ausstroms aus dem südlichen Weddellmeer in die Weddell-Scotia-Konfluenz wurde ein hydrographischer Schnitt von der Joinvilleinsel nach Südosten mit 28 Stationen aufgenommen (Abb. 7a und 8). Dieser Schnitt wird im folgenden als Joinville-Schnitt bezeichnet. Er stellt die fünfte Wiederholung seit 1989 dar. Auf dem Schnitt wurden 5 Verankerungen aufgenommen und 3 ausgelegt (Abb. 7b und 17; Appendix 1, Tab. 1 und 2).

2. Zur Bestimmung der Wassermasseneigenschaften der Weddell-Scotia-Konfluenz wurden zwei nahezu meridionale hydrographische Schnitte östlich und westlich der Südorkney-Inseln mit 39 Stationen aufgenommen (Abb. 7a, 9, 10). Diese Schnitte werden im folgenden als Südorkney-Ostschnitt und Südorkney-Westschnitt bezeichnet. Am Durchgang zwischen dem Powellbecken und der Scotiasee entlang dem Südscotharücken wurden auf einem Schnitt 7 CTD-Stationen ausgeführt (Abb. 7a, 11) und 6 Einweg- sowie eine konventionelle Verankerung ausgelegt (Abb. 7b und 18; Appendix 1, Tab. 2). Dieser Schnitt wird im folgenden Powellbecken-Randschnitt bezeichnet.

3. Der Austausch zwischen dem östlichen und westlichen Weddellmeer wurde auf einem meridionalen hydrographischen Schnitt entlang dem Meridian von Green-

wich von der Schelfeiskante bei 69°38.5'S bis 55°S mit 38 Stationen (Abb. 7a und 12) gemessen. Er war 1992 und 1996 schon einmal ausgeführt worden. Auf dem Schnitt wurden 7 Verankerungen aufgenommen und 6 ausgelegt (Abb. 7b und 19; Appendix 1, Tab. 3 und 4).

4. Der Antarktische Zirkumpolarstrom wurde vom nördlichen Rand des Weddellwirbels bis zur Subtropenfront mit einem hydrographischen Schnitt vermessen (Abb. 7a und 12). Er liegt von 55°S bis 48°S entlang dem Meridian von Greenwich, bei 48°S dreht er nach Nordost und endet bei 39°25'S, 11°48'E. Zur besseren Lokalisierung der Fronten wurden ab 57°S hochauflösend XBTs geworfen (Abb. 13 und 16).

Die hydrographischen Arbeiten wurden mit CTD-Sonden und Auslöseeinheiten der Wasserschöpfer der Firma Falmouth Scientific Inc. (FSI) ausgeführt. Es wurden zwei Geräte vom Typ Triton ICTD mit den Seriennummern SN 1347 und SN 1360 eingesetzt. Als Wasserschöpfer kam ein Gerät mit 21 12-l-Flaschen der Firma General Oceanics zum Einsatz, das zur Benutzung eines ADCPs umgebaut worden war. Die Kontrolle der Schöpferauslösung erfolgte mit 7 elektronischen Umkipppdruckmessern und 7 elektronischen Umkippthermometern.

Die Genauigkeit der Temperatur und Druckmessungen ist durch Laborkalibrierungen vor und nach der Reise gewährleistet. Da die CTDs mit jeweils zwei Temperatursensoren ausgerüstet sind, wurde die Stabilität der Sonden durch den Vergleich der beiden Sensoren überwacht. Für beide Sonden wurden vor und nach der Reise Temperaturkalibrierungen am Scripps Institution of Oceanography ausgeführt. Sie ergaben im relevanten Temperaturbereich eine Drift von weniger als 1 mK. Daher wurden die Koeffizienten der Kalibrierung vor der Reise verwendet. Zusätzlich wurden zur Überprüfung an Bord 7 elektronische Umkippthermometer eingesetzt, die beim Hersteller (SIS Sensoren Instrumente Systeme GmbH, Kiel) kalibriert worden waren. Der Vergleich der Sondenwerte mit denen der Umkippthermometern ergab keine erkennbaren Abweichungen, so daß die Genauigkeitsabschätzung der Temperaturdaten auf der Laborkalibrierung beruht. Berücksichtigt man die durch Rauschen notwendigen Korrekturen, so kann eine Genauigkeit von 2 mK angenommen werden.

Außerdem wurde für beide Sonden vor und nach der Reise eine Druckkalibrierung am Scripps Institution of Oceanography ausgeführt. Zur Überprüfung an Bord wurden 7 elektronische Umkipppdruckmesser eingesetzt. Eine signifikante Abweichung wurde nicht festgestellt. Die Korrektur liegt bei 2 dbar. Die Kalibrierung der Drucksensoren stellt eine Genauigkeit von besser als 2 db sicher.

Die elektrische Leitfähigkeit wurde auf der Grundlage der Salzbestimmung der Wasserproben korrigiert. Dazu wurde IAPSO Standardseewasser der P-Serie Nr. P133 verwendet. An den Wasserproben wurden 2449 Salzgehaltsmessungen mit einem Guildline Autosal 8400B ausgeführt. Der auf der Grundlage der Schöpferwerte korrigierte Salzgehalt erreicht eine Genauigkeit von 0,002.

Zusätzlich wurde an den CTD-Sonden ein Altimeter der Firma Benthos Undersea Systems Technology Inc. zur Bestimmung des Bodenabstands und ein Transmissiometer mit 25-cm-Lichtstrecke der Firma SeaTech Inc. eingesetzt. Das Transmis-

siometer und ein Ersatzgerät versagten nach wenigen Stationen durch Wassereintritt.

Bei allen Stationen wurden Sauerstoffproben über das gesamte Tiefenprofil genommen (insgesamt ca. 2915). Die Sauerstoffbestimmungen wurden entsprechend den WOCE-Anforderungen an die O₂-Messung nach Carpenter (Carpenter, 1965) durchgeführt. Gemessen wurde mit einem 2-Strahlphotometer der Firma SIS (SIS Sensoren Instrumente Systeme GmbH, Kiel). Bei mehr als 10% der Gesamtproben (346) wurden Doppelmessungen durchgeführt, die das gesamte Spektrum der gemessenen O₂-Gehalte (180-350 µmol/l) abdecken. Anhand der prozentualen Abweichung dieser Doppelproben wurde eine analytische Genauigkeit von 0,1% bestimmt.

Am CTD wurde ein Akustischer Doppler-Strömungsprofilmesser (L-ADCP, L für Lowered) der Firma RD Instruments, San Diego, seitlich montiert. Das Schmalband-Gerät mit 153,6-kHz-Schwingern mißt jeweils ein Profil über 300 m Tiefe. Aus den aufeinanderfolgenden Einzelprofilen wird ein Profil über die gesamte Wassersäule erstellt. Allerdings stört das Bodenecho die Messungen im unteren Bereich des Profils. Gegen Ende der Reise traten Störungen im Gerät auf, deren Ursache noch bei RDI festgestellt werden müssen. Insgesamt wurden 131 L-ADCP-Profile gemessen. Die Aufbereitung erfolgt mit Programmen, die am Institut für Meereskunde in Kiel entwickelt worden waren (J. Fischer and M. Visbeck, Deep Velocity Profiling with self-contained ADCPs, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 10(5), 764-773, 1993). Das schiffsgebundene Schmalband-ADCP (VM-ADCP, VM für Vessel Mounted) mit 153,6-kHz-Schwingern von RD Instruments, San Diego, war ständig im Betrieb. Die Aufbereitung wird nach der Rückkehr mit der CODAS-Datenbank (Common Oceanographic Data Access System der Universität Hawaii) erfolgen.

Die Navigationsdaten wurden kontinuierlich aufgezeichnet, überwacht und geprüft. Die durch einen Laser-Ring-Kreisel im kombinierten Navigationssystem MINS (Marine Inertial Navigation System) erzeugten Kursdaten erreichen eine Genauigkeit von 0,1°. Um sowohl den Vorhaltewinkel und den Kurs über Grund feststellen zu können, wurde ein GPS-System (Global Positioning System) benutzt, das Genauigkeitsverbesserungen durch das "Sky Fix System" erhielt. Diese Anlage arbeitet mit Hilfe der Kommunikationssatelliten des Inmarsatsystems als Differentialsystem. Für navigatorische Zwecke und für die bathymetrische Vermessung mit dem Hydrosweep-System werden integrierende Filter, die Kreisel- und GPS-Daten verwenden, benutzt. Diese Filter ermöglichen auch bei Ausfall der GPS-Anlage und bei auftretenden Sprüngen weiterhin die genaue Aufzeichnung der tatsächlichen Schiffsbewegung. Während des gesamten Fahrtabschnitts war der Fehler der Position der Sekundenwerte kleiner als 50 m. Hydrosweep-Daten wurden mit Ausnahme kurzer Unterbrechungen während der gesamten Reise aufgezeichnet.

Auf der Anfahrt durch die Drakestraße, dem Schnitt von 62°28'S, 36°38'W bis 65°45'S, 22°17'W und auf der Rückreise von 57°00'S bis zur südafrikanischen 200-sm-Zone wurden 196 XBT-7 der Firma Sparton of Canada Ltd., London, Ontario geworfen (Abb. 13, 14, 15 und 16, Appendix 3). Die Daten wurden direkt über Satelliten in das GTS übertragen.

Vorläufige Ergebnisse

Die Messungen auf dem Joinville-Schnitt im Ausstrom aus dem südlichen Weddellmeer in die Weddell-Scotia-Konfluenz zeigen Strukturen vergleichbar mit früheren Aufnahmen (Abb. 7a und 8). Das Oberflächenwasser ist der Jahreszeit entsprechend noch relativ warm. Allerdings hat sich die Sprungschicht vom Winterwasser zum Warmen Tiefenwasser im Vergleich zu 1996 abgesenkt, so daß in diesem Niveau eine Abkühlung eingetreten ist. Der Absenkung der Sprungschicht am Rand des Wirbels entspricht die Verstärkung des Randstroms. Das Warme Tiefenwasser hat sich im Bereich des oberen Kontinentalabhangs seit 1996 weiter erwärmt, mit Maximalwerten im Kern von 0,1 K. Die Erwärmung ist zwischen Station 16 und 19 unterbrochen, wo sich die gesamte Wassersäule mit Ausnahme des Oberflächenwassers abgekühlt hat. Dies steht mit der Intensivierung der Wirbelzirkulation im Einklang, da in diesem Bereich der Randstrom nach Norden in das Powellbecken strömt. Seine Verstärkung kann die Verlagerung des Kaltwasserdoms nach außen bewirken. Die Bodenwasserschicht am Hang ist sehr starken räumlichen Variationen unterworfen, so daß eine endgültige Bewertung möglicher Veränderungen noch nicht erfolgen kann.

Die zwei Schnitte östlich und westlich der Südorkneys durch die Weddell-Scotia-Konfluenz (Abb. 7a, 9 und 10) zeigen ein Band mit Warmem Tiefenwasser wärmer als 0,6°C, das in das Powellbecken eindringt und entlang dem Kontinentalabhang der Südorkneys nach Südosten zurückgeführt wird. Die Temperaturzunahme im Warmen Tiefenwasser ist auf dem Joinville-Schnitt zwischen Station 19 und 21 relativ stark, da hier der südliche Teil des Randstroms aus dem Powellbecken zurückströmt und das Plateau der Südorkneys südlich umrundet. Auf dem Südorkney-Ostschnitt liegt das Stromband zwischen den Stationen 34 und 38 (Abb. 9).

Über dem Rücken, der die Verlängerung der Joinvilleinsel nach Osten darstellt, dringt Bodenwasser in das Powellbecken ein und erfüllt die bodennahen Schichten im Becken mit Wasser, das kälter als -1°C ist (Abb. 10). Während derartige Temperaturen auf dem Joinville-Schnitt am Hang unterhalb von 1000 m Tiefe gemessen werden, treten sie auf dem Südorkney-Ostschnitt nicht mehr auf. Die kältesten Temperaturen von -0,8°C werden hier am Hangfuß gefunden. Auch zwischen dem Powellbecken und der Scotiasee auf dem Powellbecken-Randschnitt werden unterhalb von 1500 m Tiefe nur noch Temperaturen von -0,3°C erreicht (Abb. 7a und 11). Daher müssen die flacheren Teile des Bodenwassers, die westlich des Südorkney-Westschnitts in das Powellbecken eindringen, das Becken westlich des Powellbecken-Randschnitts wieder verlassen. Somit besteht ein direkter Ausstrom von Bodenwasser aus dem Weddellmeer in die Bransfieldstraße.

Bodenwasser mit Temperaturen unter -1°C, das auf dem Joinville-Schnitt zwischen 1500 und 3000 m Tiefe liegt, tritt weiter nördlich und östlich nicht mehr auf. Da dieser Wasserkörper unterhalb der Schwellentiefe liegt, muß er durch Vermischung umgeformt worden sein. Die Aufspreizung der Isolinien am Rand des Powellbeckens (Abb. 10) deutet an, daß von Süden zugeführtes Bodenwasser in diesem Becken mit den benachbarten Wassermassen vermischt wird. Folglich enthält der auf dem Powellbecken-Randschnitt anstehende Wasserkörper mit -0,3°C in erheblichem Ausmaß zugemischtes Bodenwasser. Da diese Wassermasse den Graben nördlich des Powellbeckens bis in 5000 m Tiefe erfüllt (Abb. 10), muß ein Teil des Weddellmeer-Bodenwassers das Weddellmeer als Mischwasser durch das Po-

wellbecken verlassen. Im Niveau des Warmen Tiefenwassers nimmt die Temperatur nach Norden ab, was ebenfalls den Ausstrom nach Norden in die Scotiasee nahelegt.

Der Schnitt entlang dem Meridian von Greenwich von der Schelfeiskante bei 69°38,5'S bis 55°S zeigt die Struktur des Weddellwirbels mit einem zentralen Dom und dem Absinken der Isolinien zu den Rändern (Abb. 7a und 12). Im Vergleich zu 1996 haben sich die Flanken des Doms aufgestellt. Nördlich der Maudkuppe ist die Neigung besonders stark und weist auf ein kräftiges Stromband nach Westen hin. Die geostrophische Scherung, abgeleitet aus den CTD-Daten, und die Messungen der Strömungsmesser in Verankerung 229 stehen in guter Übereinstimmung. Für einen Streifen von 100 km Breite ergibt sich ein nach Westen gerichteter Volumentransport von etwa 20 Sv. Weitere Transportbeiträge werden von einem schwächeren Stromband südlich der Maudkuppe und dem Küstenstrom erbracht. Die Aufsteilung der Isothermen am Rande hängt mit der Abkühlung im südlichen Teil des Wirbels zusammen.

An der Nordseite des Doms treten mesoskalige Strukturen auf, die wahrscheinlich topographisch erzeugte Mäander des hier nach Nordosten gerichteten Randstroms sind. Die Strukturen vertiefen die Isolinien im Mittel und führen zur Erwärmung der gesamten Wassersäule. Das Auftreten derartiger warmer Strukturen bis 58°S wurde auf den vergangenen Reisen nicht beobachtet.

Der Schnitt durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom vom nördlichen Rand des Weddellwirbels bis zur Subtropenfront entlang dem Meridian von Greenwich (Abb. 7a, 12 und 16) zeigt, daß nicht nur die Weddellfront sondern auch die Polarfront im Vergleich zu 1992 nach Süden verschoben ist. Dabei können allerdings auch saisonale Effekte eine Rolle spielen. Besonders deutlich ist eine Erwärmung von 0.25 K seit 1992, die am nördlichen Hang des Südwestindischen Rückens in der Nähe des Bodens eine Veränderung des ausströmenden Bodenwassers anzeigen könnte.

2.2.2 Untersuchungen der akustischen Verankerungsortung

Alexeij Iaremchouk (AAI)

Ziele

Bei der Verankerungsaufnahme werden akustische Auslöser und Transponder eingesetzt. Während die Auslösung normalerweise problemlos verläuft, ist die Ortung der Transponder und der Empfang der Signale von den Auslösern häufig nicht möglich. Es war das Ziel der Untersuchungen, festzustellen, in welchem Ausmaß das Schiffsgeräusch oder natürliche Störungen der Schallausbreitung eine Rolle spielen.

Arbeiten auf See

Die Funktion der Positionierungssysteme unterschiedlicher Firmen wurde analysiert. Es zeigte sich, daß sich alle Geräte ähnlich verhalten, was durch die ähnlichen Eigenschaften der akustischen Signale bedingt ist. Es hat sich außerdem ge-

zeigt, daß die Störgeräusche, die das Schiff aussendet, einen entscheidenden Einfluß auf die Funktionsfähigkeit der akustischen Geräte haben.

Während der Reise wurden Messungen des ankommenden Transponder-Signals und der Störgeräusche in der Nahfeldzone des Schiffs durchgeführt. Mit Hilfe der gesammelten Daten können das tatsächliche Signal-Störgeräusch-Verhältnis und der Arbeitsbereich des Transpondersystems bestimmt werden.

Vorläufige Ergebnisse

1) Der Einfluß strömenden Wassers auf das System ist vernachlässigbar. Strömungen reflektieren und dämpfen die Signale nicht wesentlich. Die Frequenzverschiebung aufgrund des Dopplereffekts ist sehr klein.

2) In großen Tiefen hat die Schichtung des Wassers keinen Einfluß auf die Schallausbreitung. Bei einer Tiefe von 50 bis 100 m erfolgt eine signifikante Dämpfung des Signals auf dem Weg zum Schiff, wenn sich der Transponder in einem akustischen Kanal befindet, d.h. in einer Schicht mit geringer Schallgeschwindigkeit. Die Dämpfung kann mit Hilfe numerischer Berechnungen abgeschätzt werden (dazu siehe den abschließenden Bericht).

3) Die Störgeräusche des Schiffes begrenzen den Einsatzbereich des Transpondersystems. Bei unbewegtem Schiff beträgt die Stärke des Störgeräuschs in einer Tiefe von 10 bis 20 m ungefähr $0,1$ bis $0,3 \text{ Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$, bei bewegtem Schiff steigt sie um 25 dB an. Die Quellen der Störgeräusche sind Turbulenzen und Luftbläschen im Wasser um das Schiff. Beträgt die Entfernung zur Quelle mehr als 100 m, so nimmt die Geräuschstärke vermutlich ab, allerdings ist eine genaue Abschätzung nicht möglich. Der Einsatzbereich des Transponder-Systems mit einem kurzen Transducerkabel beträgt ungefähr 300 m. Wenn das System hingegen auf einer Eisscholle fernab vom Schiff eingesetzt wird, so vergrößert sich der Einsatzbereich in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz auf etwa 5 bis 8 km.

4) Die Umgebungsgeräusche sind im Vergleich zu den Schiffgeräuschen gering. Der Mittelwert übersteigt -55 dB im Verhältnis zu $1 \text{ Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ nicht. Die Vorhersage der Stärke der Umgebungsgeräusche wird im abschließenden Bericht dargestellt.

5) Da das Signal unterschiedliche Wege vom Transponder zum Schiffstransducer zurücklegen kann, sollte der Transducer weiter als 8 m von der Wasseroberfläche und vom Schiffsrumpf entfernt sein. Das Benthos-System reagiert wegen seiner langen Signale (zwei Sekunden) besonders sensibel auf unterschiedliche Wege der Signalausbreitung, was seinen Einsatzbereich noch weiter einschränkt.

Empfehlungen

1) Um den ausgebrachten Transponder vor den Störgeräuschen des Schiffs zu schützen, könnte ein Schutzschild angebracht werden. Da die Wellenlänge der Größe des Transducers entspricht, beginnt das Fernfeld in einer Entfernung von 20-50 cm vom Transducer. Ein Schutzschild im Fernfeld müßte etwa 1 m im Radius besitzen und wäre kaum handhabbar. Die Konstruktion eines Nahfeld-Schutz-

schildes ist äußerst kompliziert und muß mit Messungen geplant werden. Ein effektiver Schutz kann Probleme verursachen, da das geschützte Hydrophon nur Signale senkrecht von unten empfangen könnte. Aus diesen Gründen ist der Einsatz eines Schutzschildes wenig erfolgversprechend.

2) Als aussichtsreichste, realistischste und günstigste Möglichkeit bietet sich an, die Signalform und Länge des ausgesandten Signals zu modifizieren. Die Verlängerung der Signaldauer um 1 bis 4 Sekunden vergrößert das Signal-Geräusch-Verhältnis um 20-25 dB und erweitert den Einsatzradius auf 3-6 km. Die Frequenz sollte linear mit der Zeit zunehmen. Bei einem Frequenzumfang von 1 kHz ergibt sich eine Genauigkeit in der Positionsbestimmung von 1,5 m. Die Arbeitsfrequenz sollte im 8-12 kHz Band liegen, da diese einen Kompromiß zwischen Signalabsorption und Schiffsgläuschen darstellt. Bei einer räumlichen Auflösung von 1,5 m, benötigt man ca. 8000 bins, um eine Reichweite von 12 km abzudecken. Daher sind keine Probleme bei der Digitalisierung zu erwarten.

3) Die Synchronisierung der Uhren des Transponders und der Deckeinheit stellt bei Entfernungsmessungen ein Problem dar, das umgangen werden kann, indem das Signal vom Transponder periodisch gesendet wird. Dies ermöglicht eine zusätzliche Messung zur Ortsbestimmung, die auch bei fehlender Synchronisierung maximale Genauigkeit erreichen läßt. Mangelnde Synchronisierung könnte die räumliche Streuung von 55 m bei der Entfernungsmessung mit dem MORS-System während der Geräuschbestimmung an der Station 49/77 erklären.

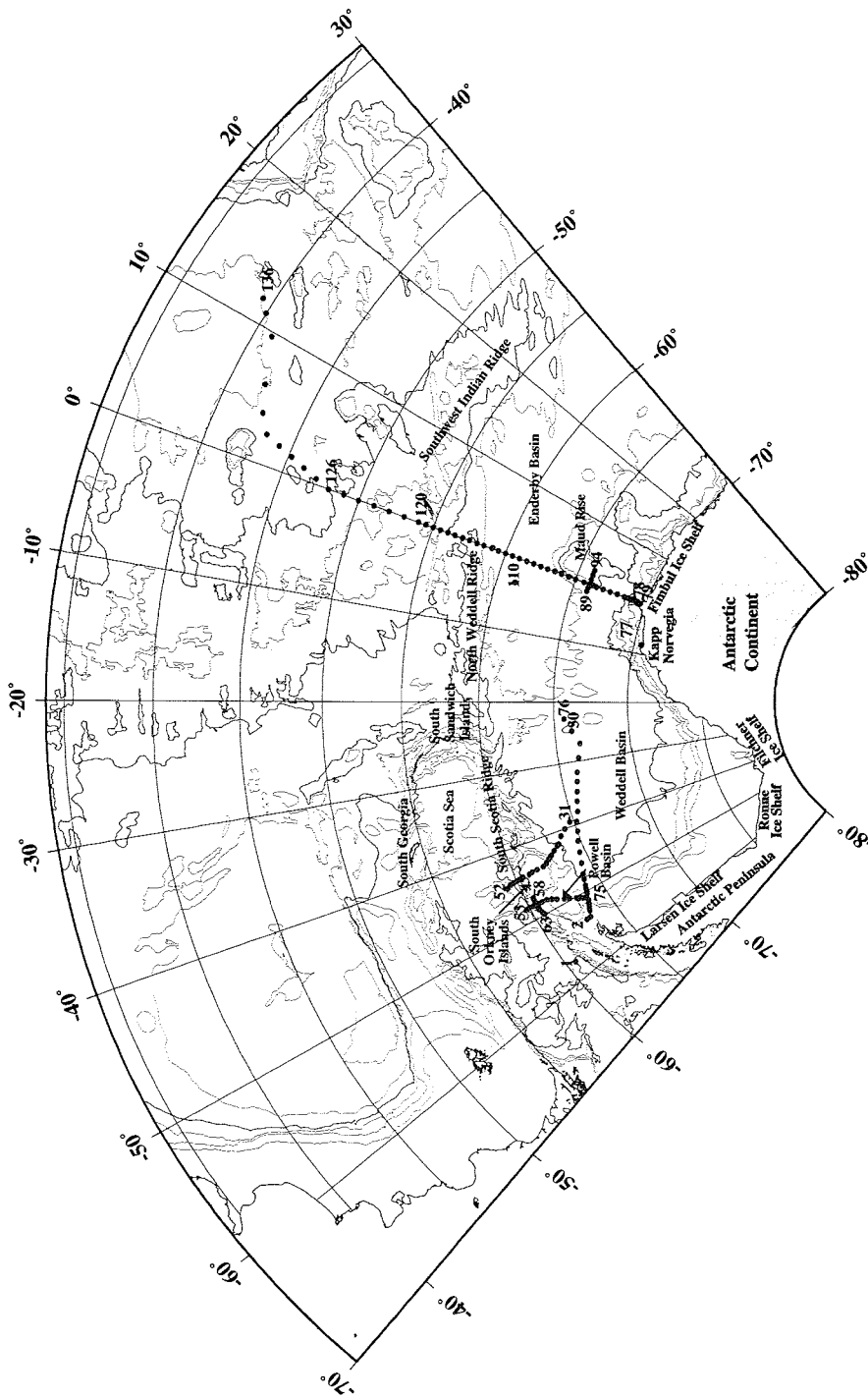
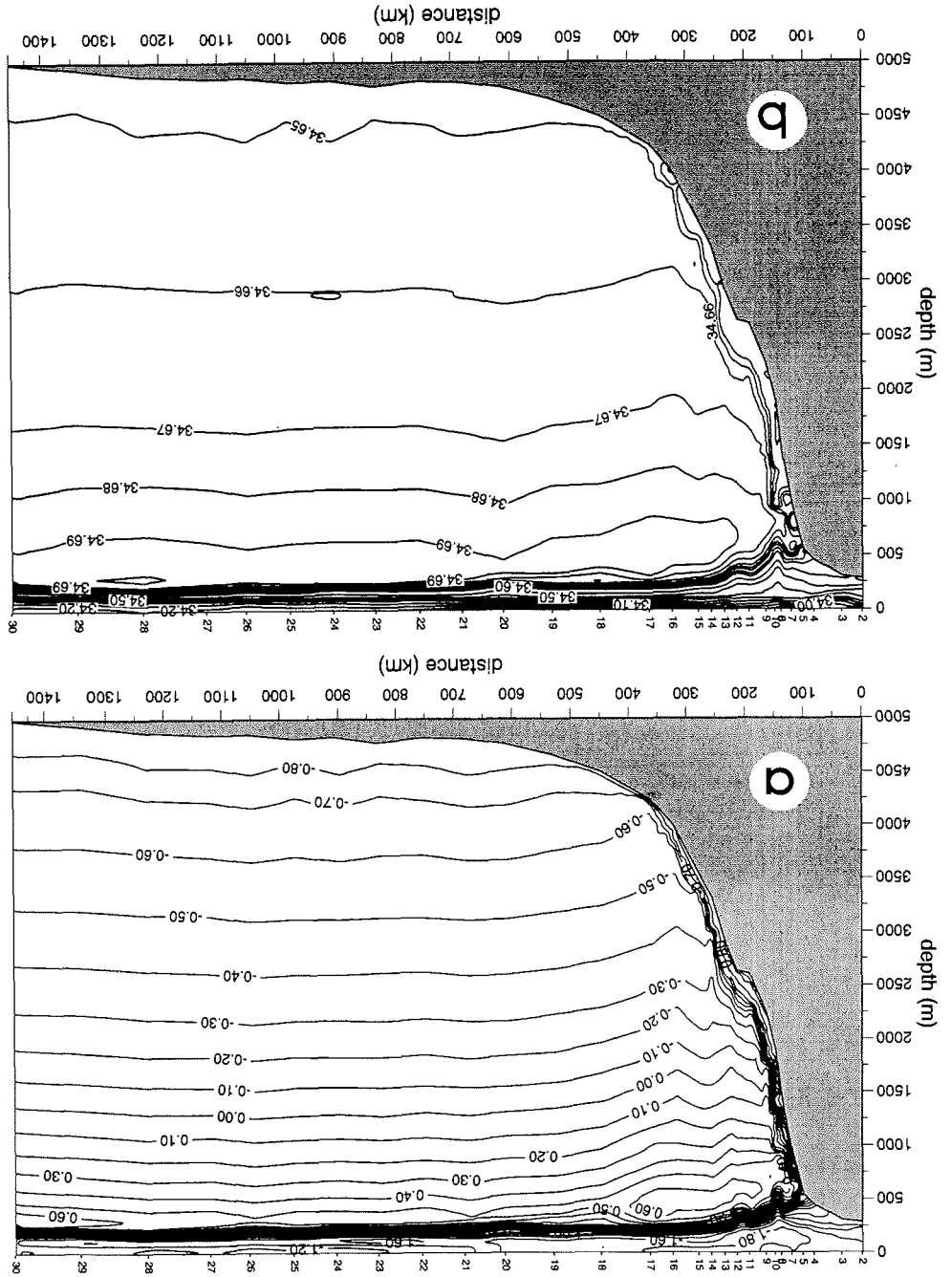
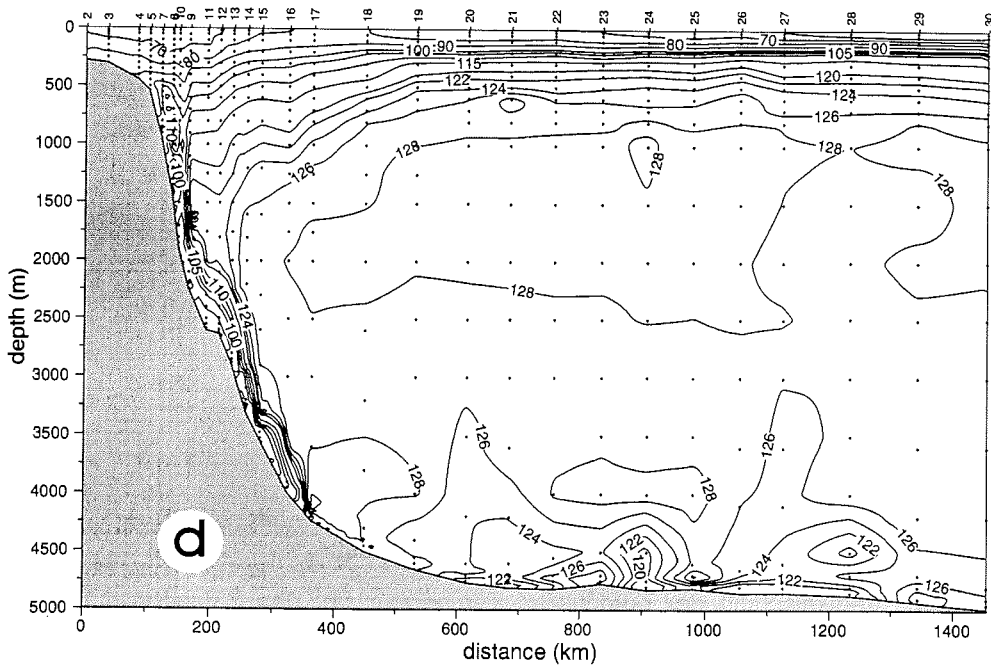
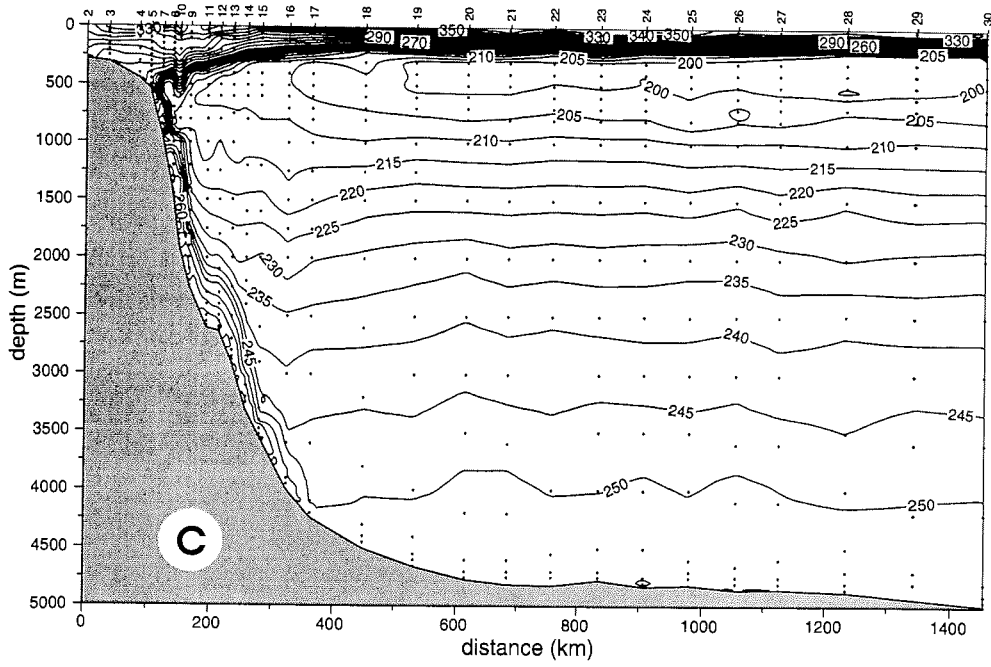


Abb. 7a: Lage der hydrographischen Stationen im Weddellmeer.
 Fig. 7a: Location of the hydrographical stations in the Weddell Sea.

Abb. 8: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/l}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/l}$ (d) durch das nordwestliche Weddellmeer von Joinville Island nach Südosten.

Fig. 8: Vertical section of potential temperature (a), salinity (b), oxygen in $\mu\text{mol/l}$ (c) and silicate in $\mu\text{mol/l}$ (d) across the northwestern Weddell Sea from Joinville Island to the southeast.





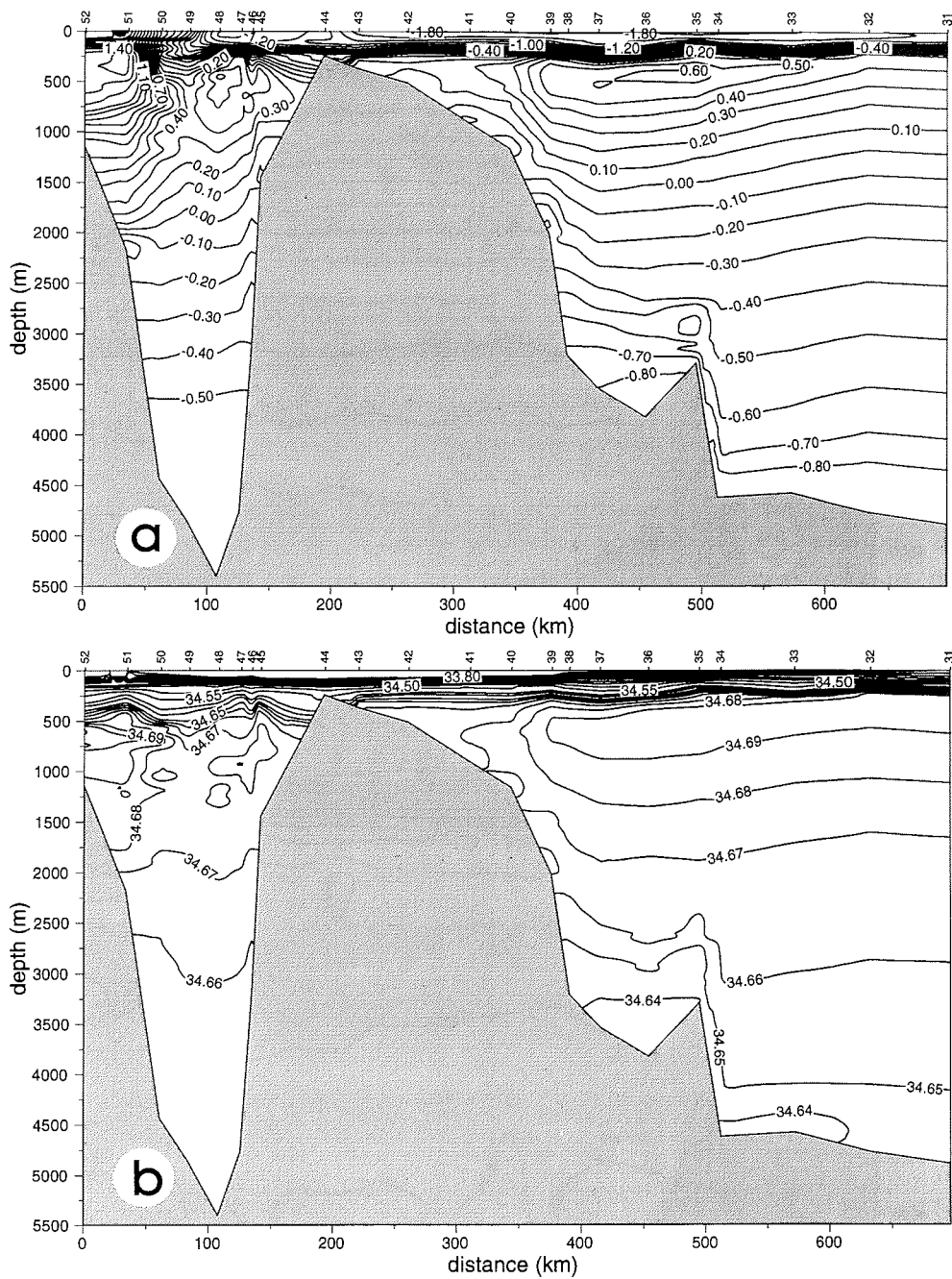
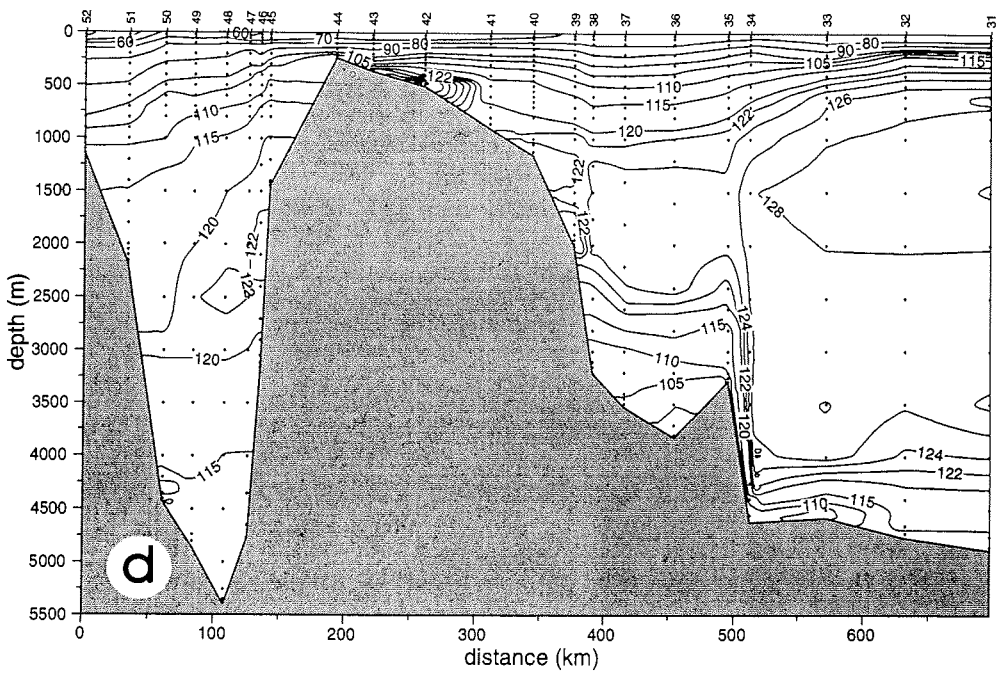
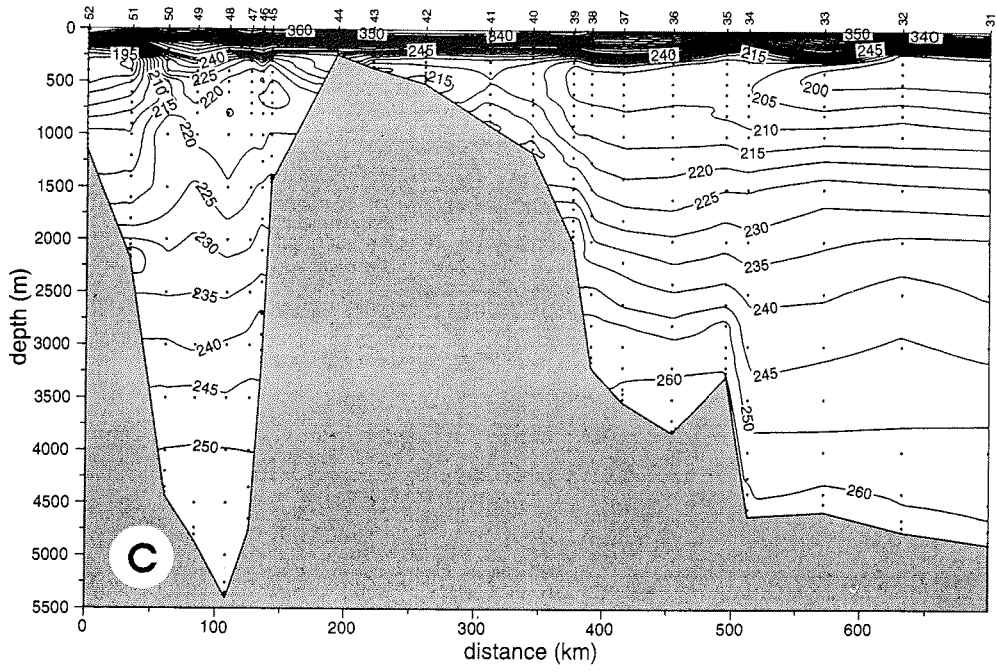


Abb. 9: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch die Weddell-Scotia-Konfluenz von $64^{\circ}44'S$, $39^{\circ}15'W$ bis $59^{\circ}15'S$, $44^{\circ}40'W$.

Fig. 9: Vertical section of potential temperature(a), salinity (b), oxygen in $\mu\text{mol/kg}$ (c) and silicate in $\mu\text{mol/kg}$ (d) across the Weddell-Scotia Confluence from $64^{\circ}44'S$, $39^{\circ}15'W$ to $59^{\circ}15'S$, $44^{\circ}40'W$.



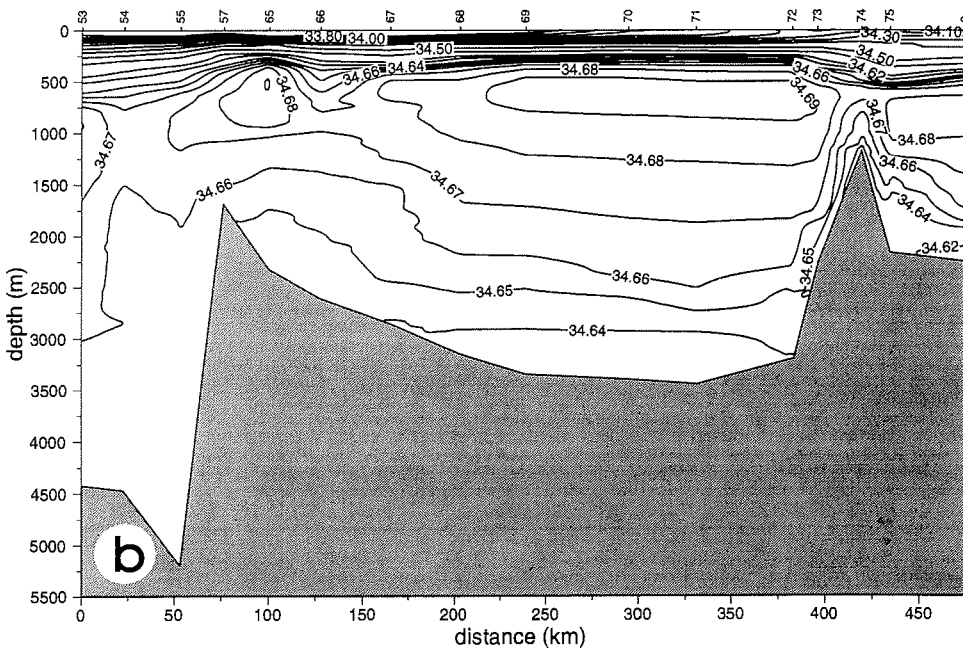
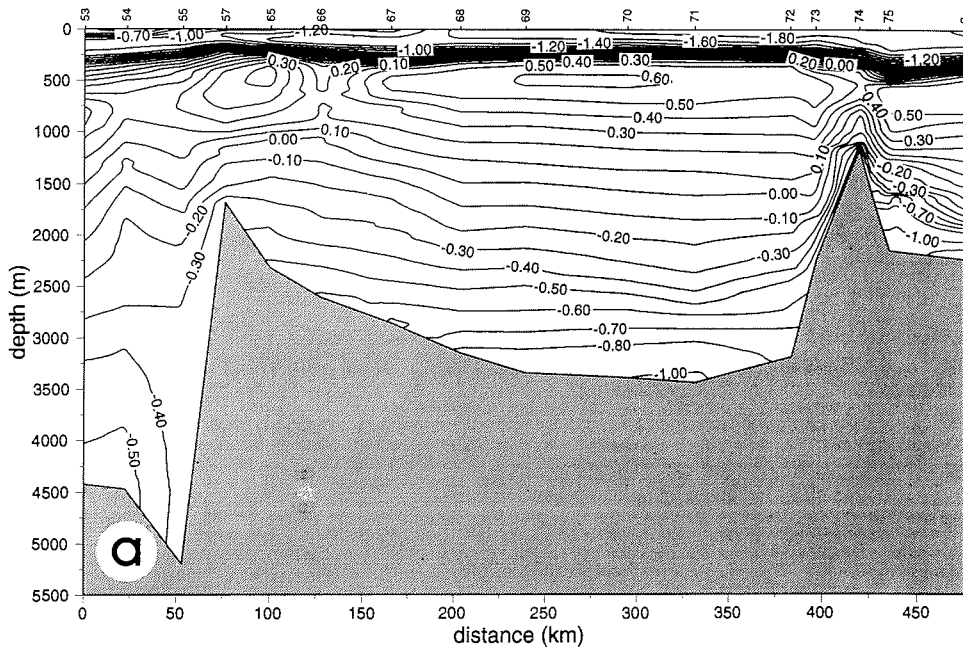
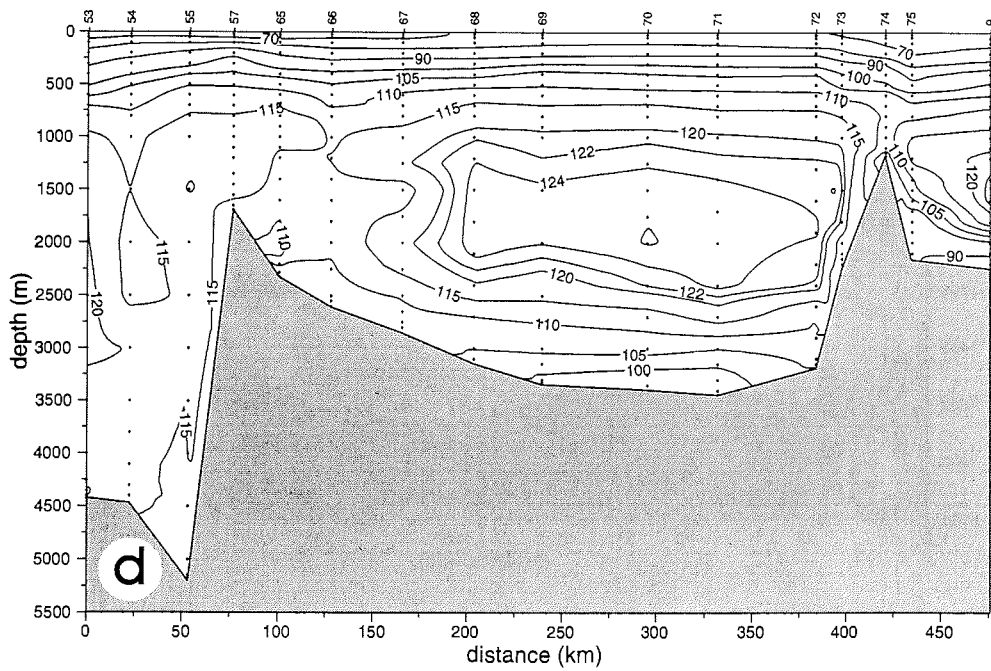
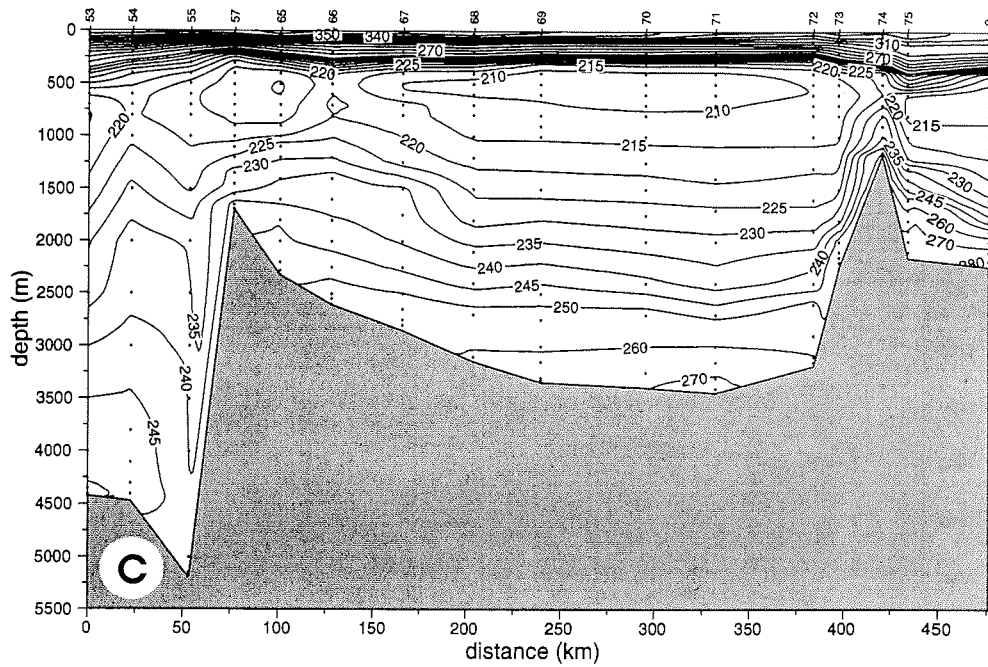


Abb. 10: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch die Weddell-Scotia-Konfluenz von $59^{\circ}49'S$, $48^{\circ}13,5'W$ bis $63^{\circ}16'S$, $50^{\circ}26'W$.

Fig. 10: Vertical section of potential temperature(a), salinity (b), oxygen in $\mu\text{mol/kg}$ (c) and silicate in $\mu\text{mol/kg}$ (d) across the Weddell-Scotia Confluence from $59^{\circ}49'S$, $48^{\circ}13,5'W$ to $63^{\circ}16'S$, $50^{\circ}26'W$.



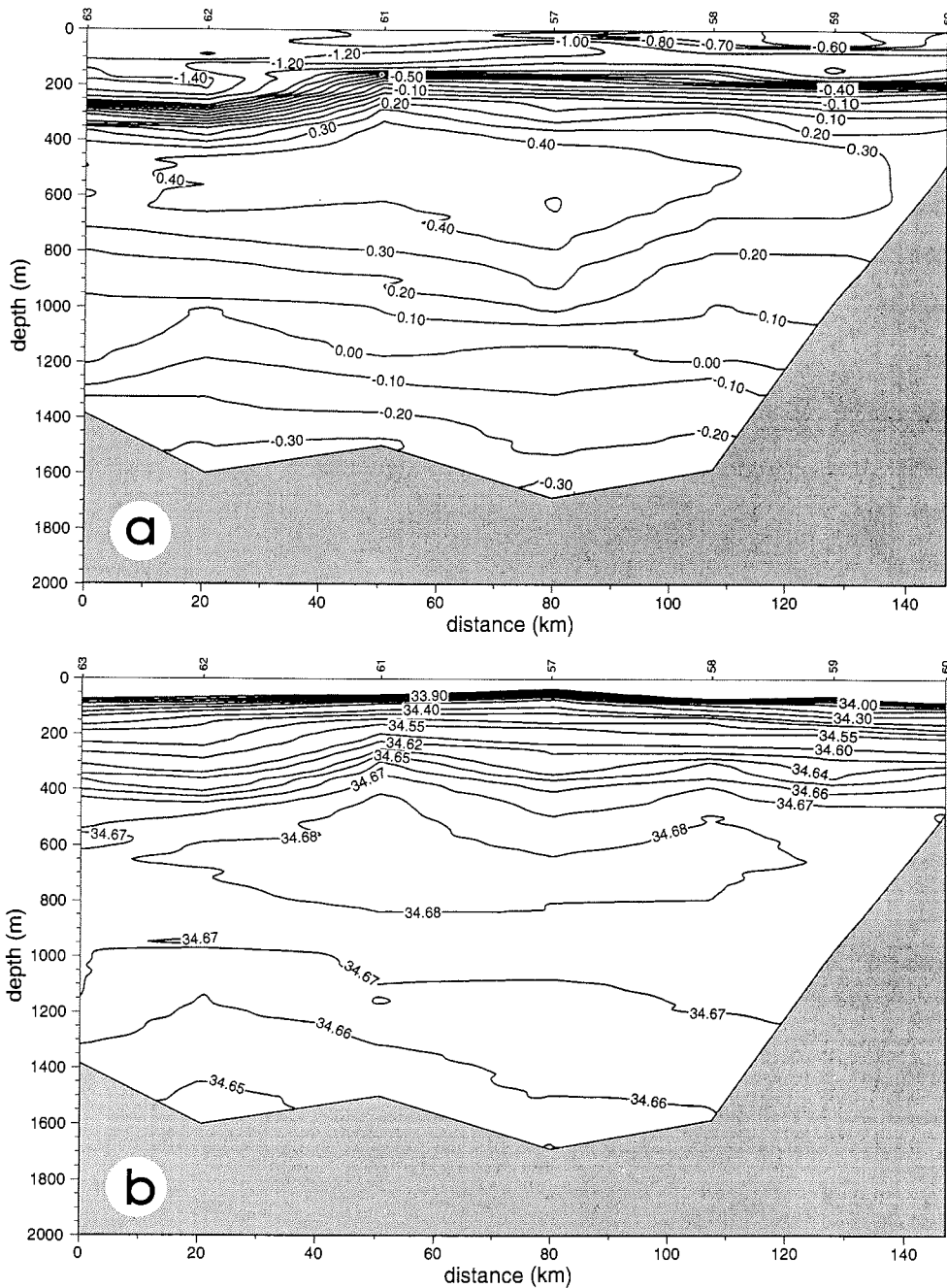
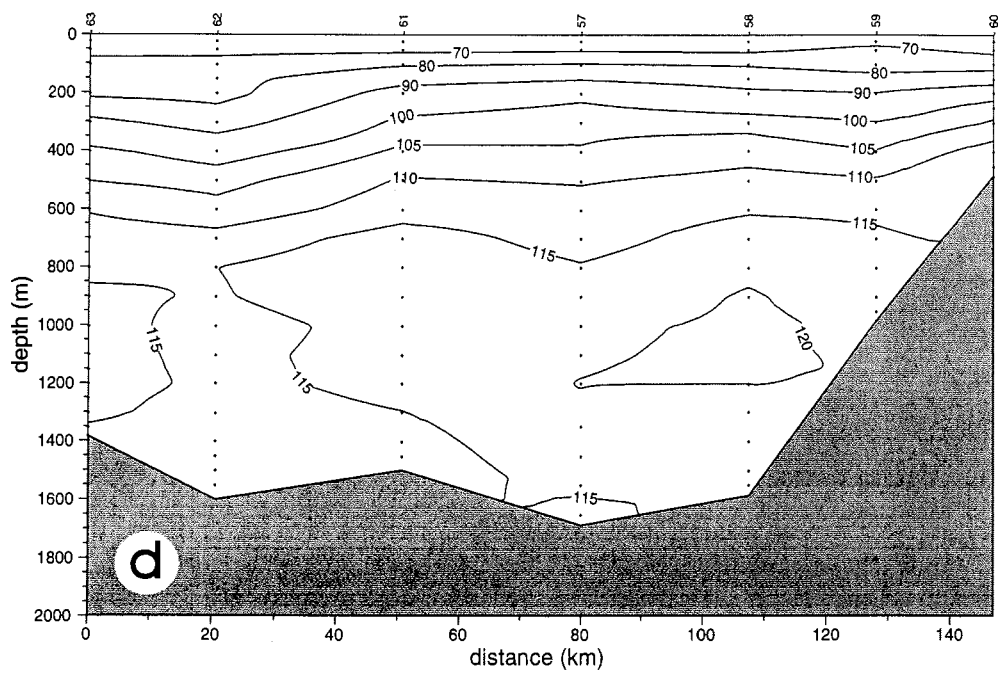
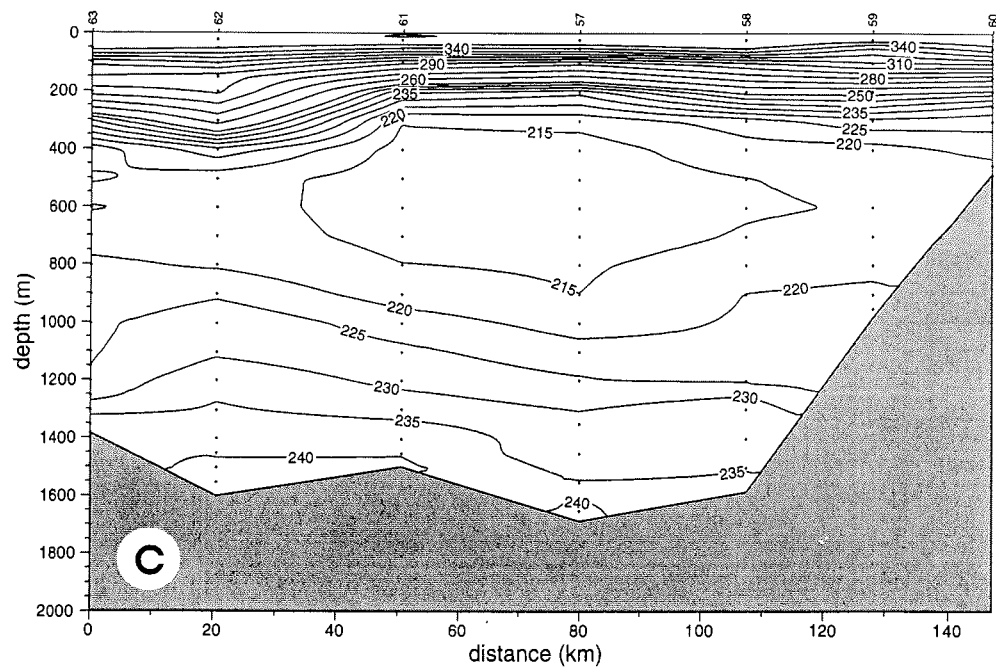


Abb. 11: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/l}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/l}$ (d) entlang dem Nordrand des Powellbeckens von $60^{\circ}30'S$, $47^{\circ}25'W$ bis $60^{\circ}38'S$, $50^{\circ}00'W$.
 Fig. 11: Vertical section of potential temperature (a), salinity (b), oxygen in $\mu\text{mol/l}$ (c) and silicate in $\mu\text{mol/l}$ (d) along the northern edge of the Powell Basin from $60^{\circ}30'S$, $47^{\circ}25'W$ to $60^{\circ}38'S$, $50^{\circ}00'W$.



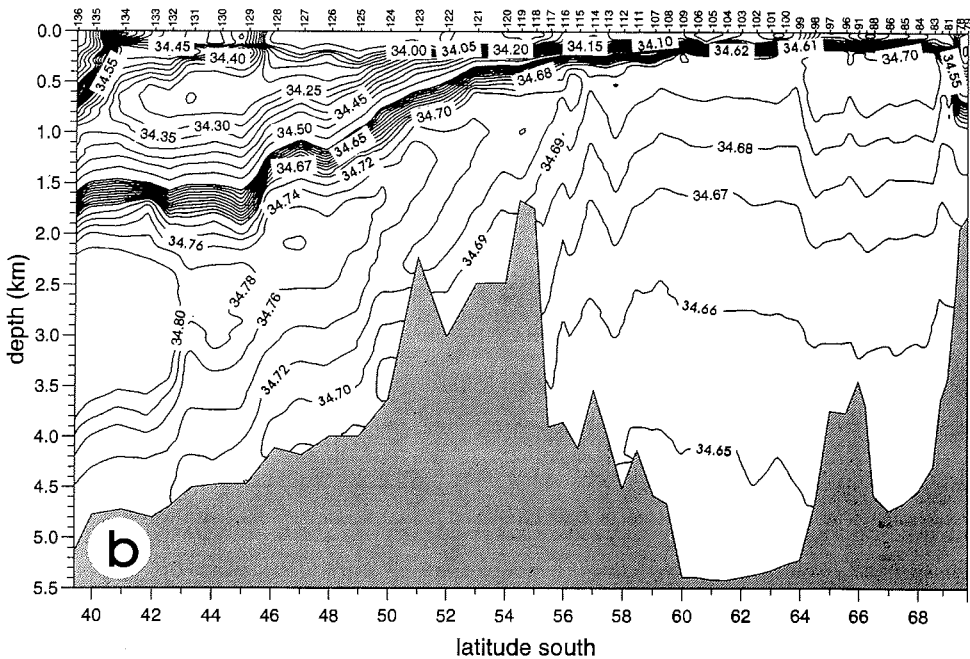
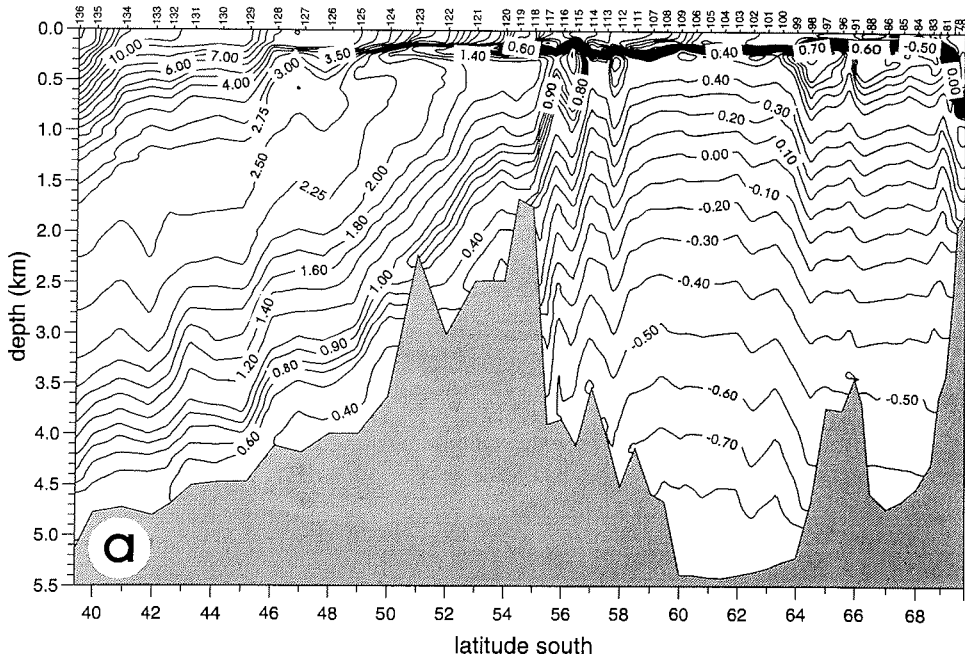


Abb. 12: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch den südlichen Ozean von $39^\circ 24,5' \text{ S}$, $11^\circ 48' \text{ E}$ bis $69^\circ 37,5' \text{ S}$, $00^\circ 10' \text{ W}$
 Fig. 12: Vertical section of potential temperature(a), salinity (b), oxygen in $\mu\text{mol/kg}$ (c) and silicate in $\mu\text{mol/kg}$ (d) across the Southern Ocean $39^\circ 24.5' \text{ S}$, $11^\circ 48' \text{ E}$ to $69^\circ 38.5' \text{ S}$.

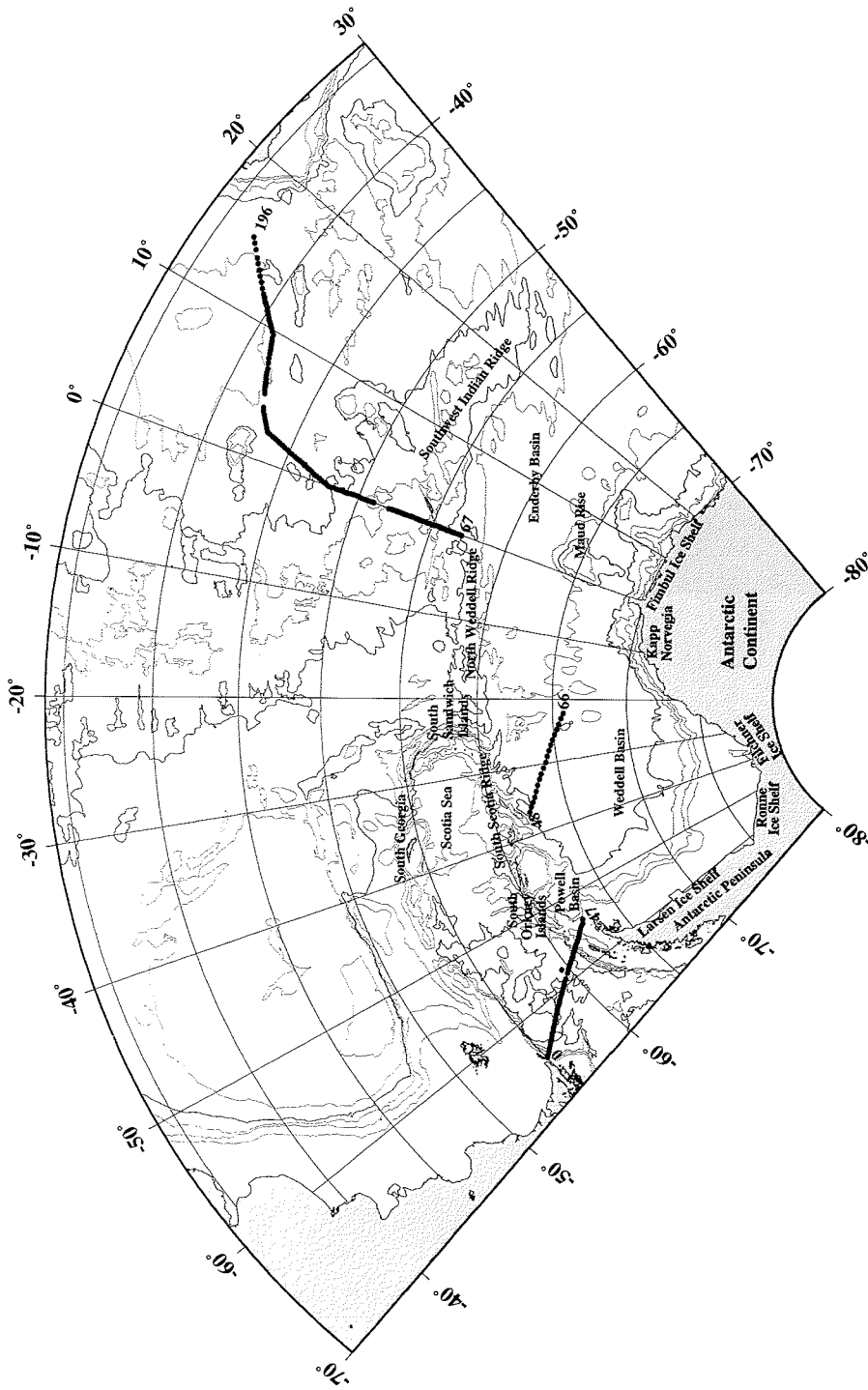


Abb. 13: Lage der XBT-Schnitte.
 Fig. 13: Location of the XBT sections.

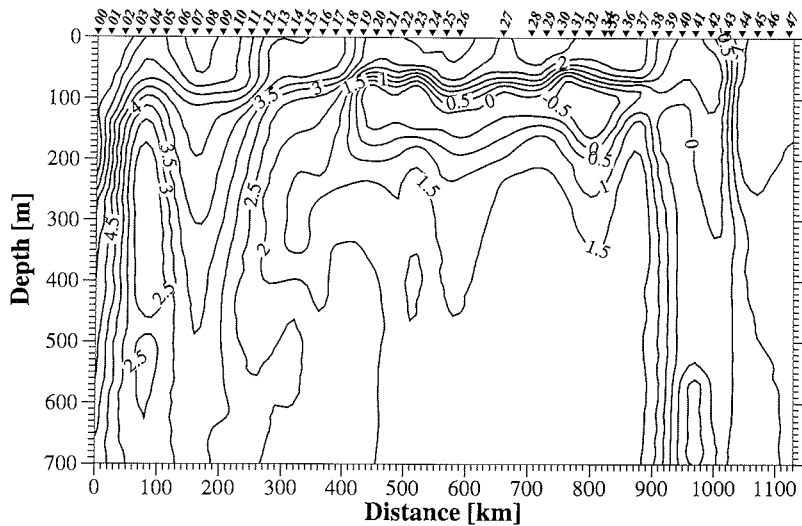


Abb. 14: XBT-Schnitt durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom in der Drakestraße.
 Fig. 14: XBT section across the Antarctic Circumpolar Current at Drake Passage.

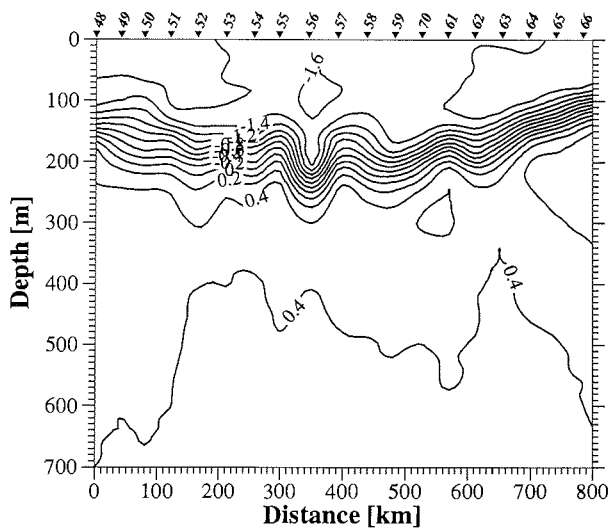


Abb. 15: XBT-Schnitt durch den Weddellwirbel von 62°28'S, 36°38'W bis 65°45'S, 22°17' W.
 Fig. 15: XBT section across the Weddell gyre from 62°28'S, 36°38'W to 65°45'S, 22°17' W.

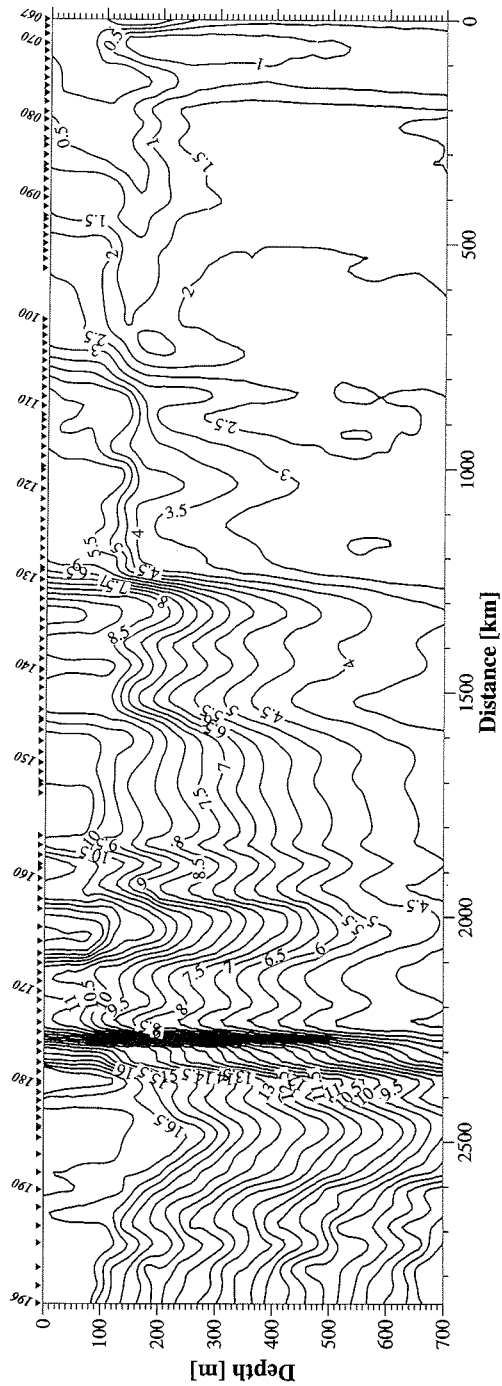


Abb. 16: XBT-Schnitt durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom von 57°S, 0° bis zur südafrikanischen 200-sm-Zone.
 Fig. 16: XBT section across the Antarctic Circumpolar Current from 57°S, 0° to the boundary of the 200-sm zone of South Africa.

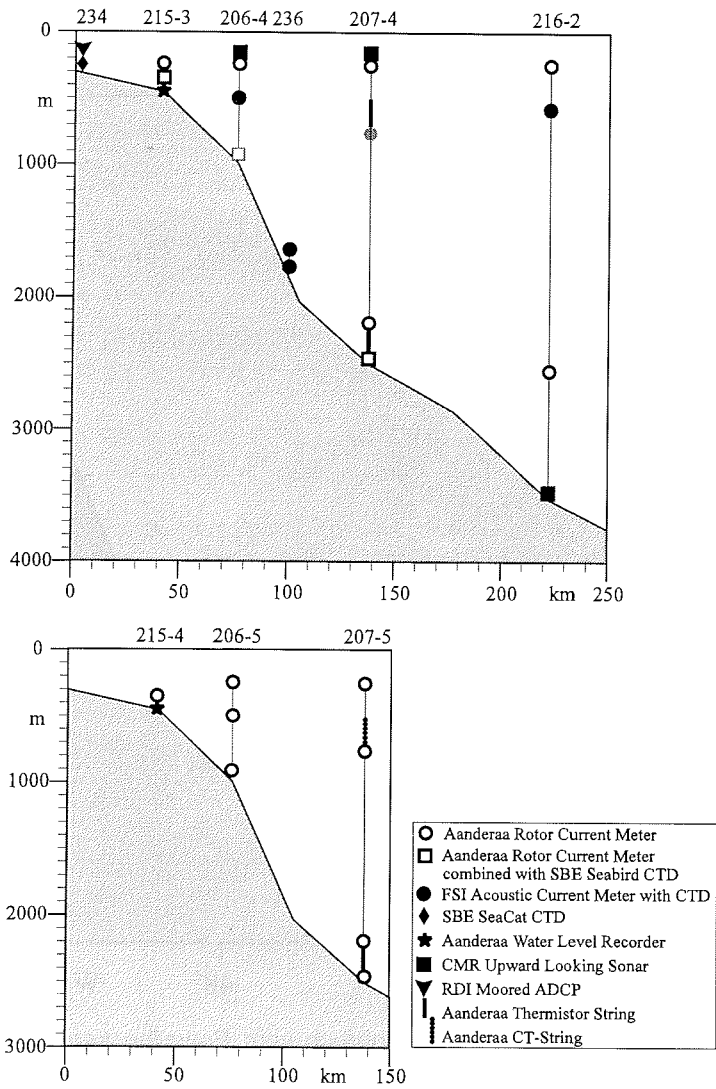


Abb. 17: Vertikalschnitt durch das südliche Weddellmeer bei Joinville Island mit den aufgenommenen (oben) und den ausgelegten (unten) Verankerungen .

Fig. 17: Vertical section across the southern Weddell Sea off Joinville Island with the recovered (top) and the deployed moorings (bottom).

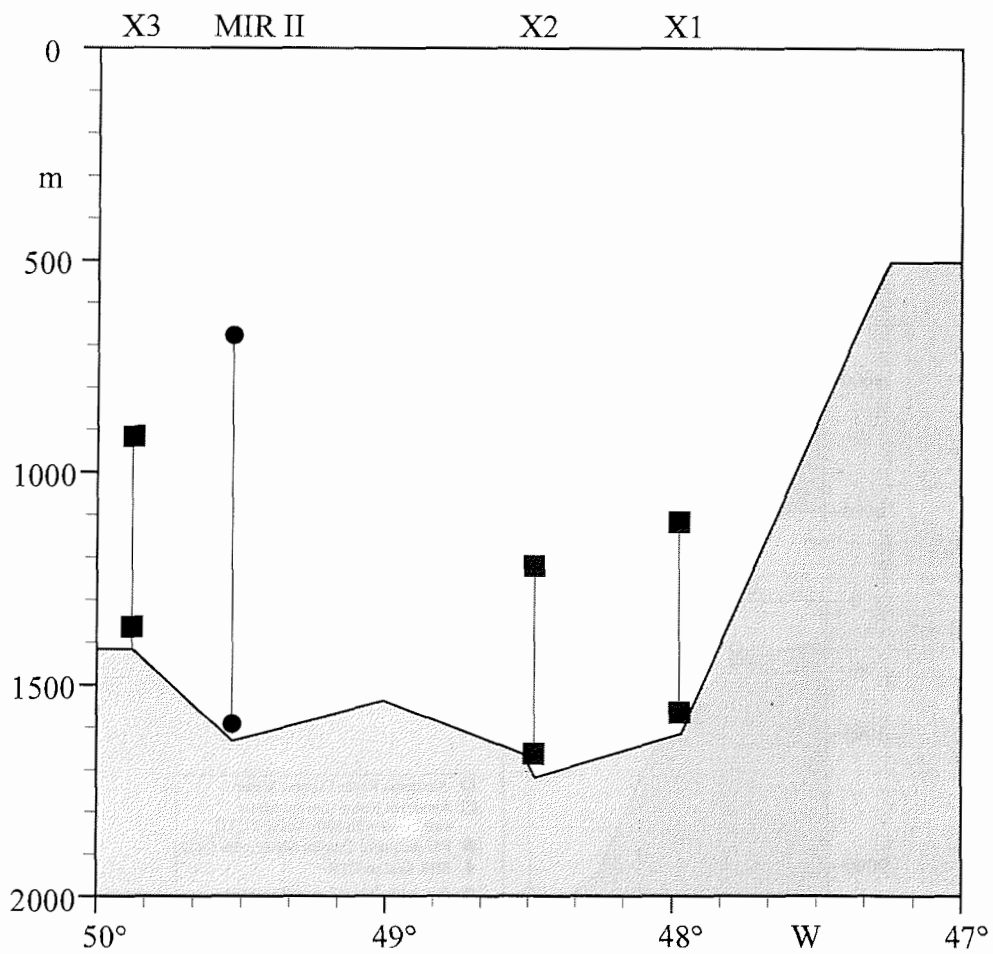


Abb. 18: Vertikalschnitt entlang dem Durchbruch vom Powellbecken nach Norden von 60°30'S, 47°25'W bis 60°38'S, 50°00'W mit den ausgelegten Verankerungen.

Fig. 18: Vertical section along the northern boundary of the Powell Basin from 60°30'S, 47°25'W to 60°38'S, 50°00'W with the deployed moorings.

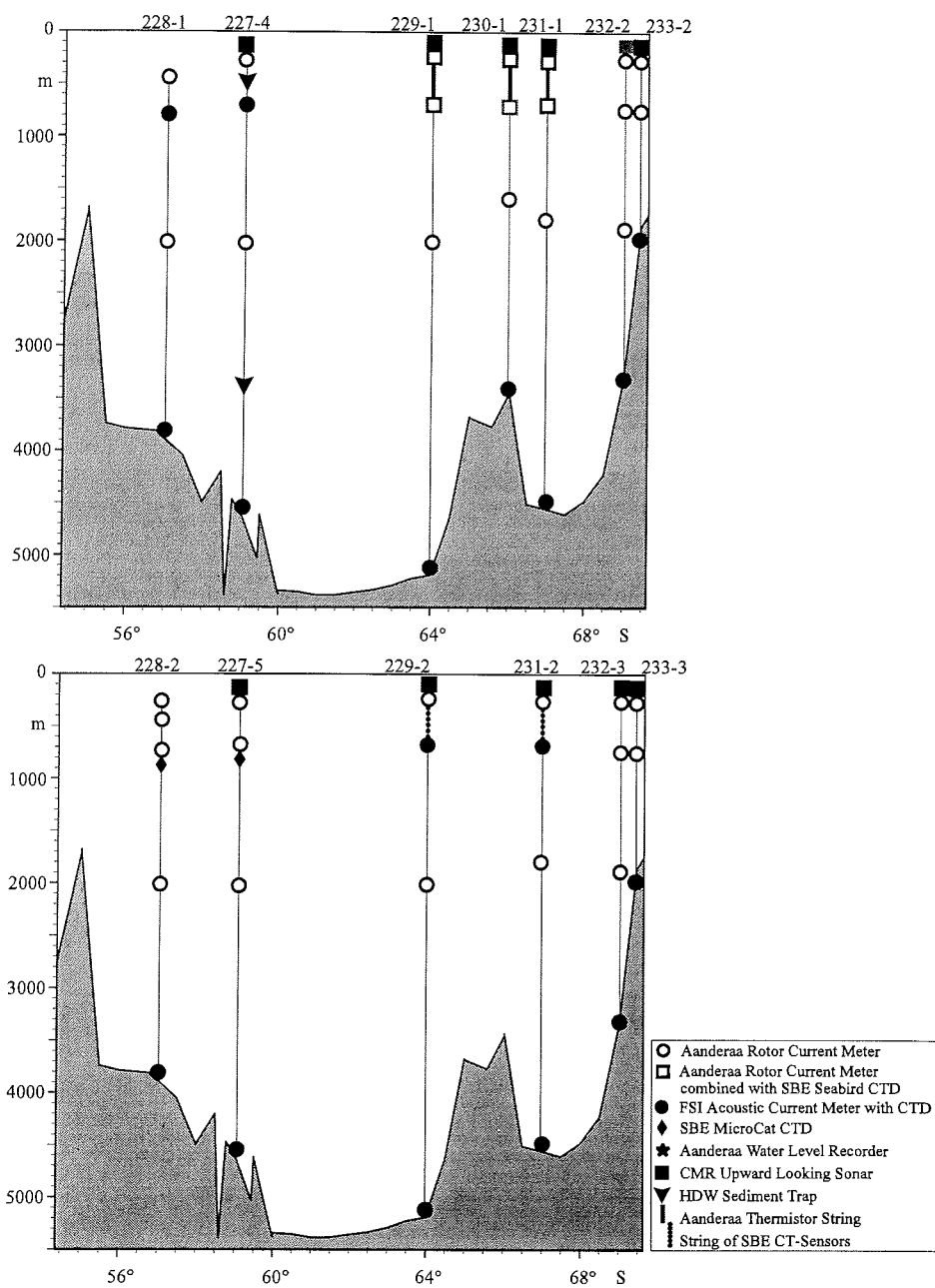


Abb. 19: Vertikalschnitt durch das Weddellmeer entlang dem Meridian von Greenwich von 55°S bis 69°38,5'S mit den aufgenommenen (oben) und den ausgelegten (unten) Verankerungen.

Fig. 19: Vertical section across the Weddell Sea along the Greenwich Meridian from 55°S to 69°38.5'S with the recovered (top) and the deployed moorings (bottom).

2.2.3 Messungen von Spurenstoffen

Klaus Bulsiewicz, Gerhard Fraas, Oliver Huhn, Olaf Klatt, Christian Rodehacke (IUPT)

Ziele und Methoden

FCKWs, Tritium und teilweise ^3He sind transiente Spurenstoffe (Tracer) anthropogenen Ursprungs. Aufgrund der bekannten Zuwachsraten in der Atmosphäre und durch den Austausch an der Meeresoberfläche erhält man Informationen über die Verteilung der Wassermassen und deren Erneuerung über Jahre und Jahrzehnte.

Die zeitliche Zunahme der Tracerkonzentrationen im Vergleich zu Daten der Expeditionen ANT X/4 (1992) und ANT XIII/4 (1996) soll dazu benutzt werden, um Ausbreitungsprozesse zu bestimmen. Die Tracer ^3He und He werden als zusätzliche Informationen zur Charakterisierung der Wassermassen und der Austauschprozesse herangezogen.

Auf den hydrographischen Schnitten wurden die FCKWs Freon-11, Freon-12, Freon-113 und CCl_4 mittels ECD-Gaschromatographie direkt an Bord gemessen. Zusätzlich zu den Messungen an Bord wurden Wasserproben in Glasampullen eingeschmolzen, die später an Land analysiert werden. Für die Messung der Spurenstoffe Tritium und Helium wurden Proben genommen. Die Heliumproben werden direkt im Anschluß an die Reise extrahiert und mittels eines Massenspektrometers analysiert. Die Tritiumproben werden extrahiert und für die Dauer eines halben Jahres eingelagert; nach dieser Zeit ist Tritium in ausreichender Menge zu ^3He zerfallen, um mit dem Massenspektrometer gemessen werden zu können.

Arbeiten auf See

Auf dem ersten Abschnitt dieser Reise im westlichen Weddellmeer wurde Wasser für die FCKW- und CCl_4 -Bestimmung von den Wasserschöpfern der Rosette in Glasampullen abgefüllt und gemessen. Auf dem Meridian von Greenwich, dem zweiten Abschnitt dieser Reise, von der Schelfeiskante bei $69^\circ 24' \text{S}$ bis 50°S konnten aufgrund eines Wassereintruchs in das Freon-Meßsystem und den damit verbundenen Umbauarbeiten nur die FCKWs Freon-11 und Freon-12 gemessen werden.

Neben den an Bord gemessenen FCKWs wurden Proben in Kupferrohren (Helium) und Glasflaschen (Tritium) genommen. Parallel zu den Kupferrohren wurden Heliumproben in Glasampullen abgefüllt und eingeschmolzen. Sie dienen unter anderem als Vergleichsproben für die in Kupferrohren genommenen Proben. Sollten die Vergleichsmessungen positive Ergebnisse liefern, soll dies ein neues Probennahmeverfahren für die Heliumproben werden.

Insgesamt wurden im Verlauf dieser Reise an 106 Tracerstationen 1600 FCKW-Wasserproben gemessen sowie 850 Standardgas- und Blankmessungen durchgeführt. Für die Messungen an Land wurden insgesamt 1850 Wasserproben genommen, die sich wie folgt aufteilen: an 28 Stationen 350 FCKW-Proben in

Glasampullen, an 64 Stationen 667 Helium in Kupferrohren, an 33 Stationen 260 Proben Helium in Glasampullen und an 60 Stationen 571 ^3He Proben.

Auf dem Greenwich-Meridian bei $64^{\circ}30'S$ wurde eine Teststation durchgeführt, bei der alle Schöpfer in einer Tiefe von 1300 m geschlossen wurden. Da kein FCKW-freies Wasser in dieser Region zu erwarten war (Freon-11-Konzentration $< 0,15$ pmol/kg), konnte der Nullwert der Schöpfer nicht bestimmt werden. Diese Station sowie weitere auf dieser Reise durchgeführte Mehrfachmessungen konnten aber dazu genutzt werden, die Variabilität durch Kontamination der einzelnen Schöpfer zu überprüfen. Aus den gemessenen Daten ist zu schließen, daß die Schöpfer die FCKW-Proben nicht kontaminierten. Eine weitere Teststation wurde im Kapbecken auf $42^{\circ}S$, $6^{\circ}4,7'E$ in einer Tiefe von 3000 m durchgeführt. Diese Proben wurden zur Messung an Land in Glasampullen eingeschmolzen. Da hier relativ altes Wasser mit Freon-11-Konzentration $< 0,05$ pmol/kg zu erwarten ist und die Nachweisgrenze der Apparatur bei 2 bis 3 fmol/kg liegt, geben diese Messungen einen weiteren Hinweis auf die Variabilität durch Schöpferkontamination.

Vorläufige Ergebnisse

Auf dem Freon-11-Schnitt durch das Weddellbecken von der Antarktischen Halbinsel (Joinville Island) nach $25^{\circ}W$ kennzeichnen (Abb. 20, oben) hohe FCKW-Konzentrationen entlang dem Hang der Antarktischen Halbinsel das neugebildete Bodenwasser, das nach Norden strömt. Zwischen 500 und 2000 m liegt, wie schon bei ANT XIII/4 (1996), das Wasser mit den geringsten Freon-Konzentrationen ($< 0,15$ pmol/kg). Hierbei handelt es sich um relativ altes Wasser mit sehr geringen Erneuerungsraten. Darunter schiebt sich von Osten frisches Wasser mit höheren Konzentrationen ($> 0,3$ pmol/kg bis ca. $40^{\circ}W$) vor.

Der Freon-11-Schnitt vom Kontinentalabhang ($69^{\circ}15'S$) bis $50^{\circ}S$ entlang dem Meridian von Greenwich zeigt im Vergleich zu 1992 (ANT X/4) und 1996 (ANT XIII/4), daß die $0,2$ -pmol/kg-Isolinie im Zentrum des Weddellwirbels bei $62^{\circ}S$ gegenüber 1992 um bis zu 2500 m und gegenüber 1996 um ca. 500 m flacher verläuft (Abb. 20, unten). Durch den Auftrieb im zyklonalen Wirbel füllt sich das Weddellbecken weiter von unten her mit freonreichem Wasser auf, das von der Seite einströmt. In einer Tiefe von 3500 m, am Kontinentalabhang des antarktischen Schelfs, ist freonreiches Wasser zu erkennen, welches seine Quelle weiter im Osten hat und bereits auf Reise ANT XIII/4 beprobt wurde. Der Strom von Bodenwasser aus dem westlichen Weddellmeer, der nach Osten fließt, ist als Tiefenwasserkern in 4000 m an der südlichen Flanke des mittelozeanischen Rückens zu erkennen. Am südlichen und nördlichen Hang der Maudkuppe wurden gegenüber ANT X/4 und ANT XIII/4 erhöhte FCKW-Konzentrationen gemessen (Freon-11 $> 0,6$ pmol/kg).

Auf dem Schnitt durch das Weddellbecken von $65^{\circ}S$ über das Südorkney-Plateau bis $59^{\circ}30'S$ wurden unter 4500 m bei rund $64^{\circ}S$ FCKW-Konzentrationen für Freon-11 $> 2,0$ pmol/kg gefunden (Abb. 21, oben). Diese Konzentrationen traten auch im Janebecken unterhalb von 3500 m auf. Dieses frisch belüftete Bodenwasser, das um das Südorkney-Plateau nordwärts strömt, stammt vom Hang der Antarktischen Halbinsel.

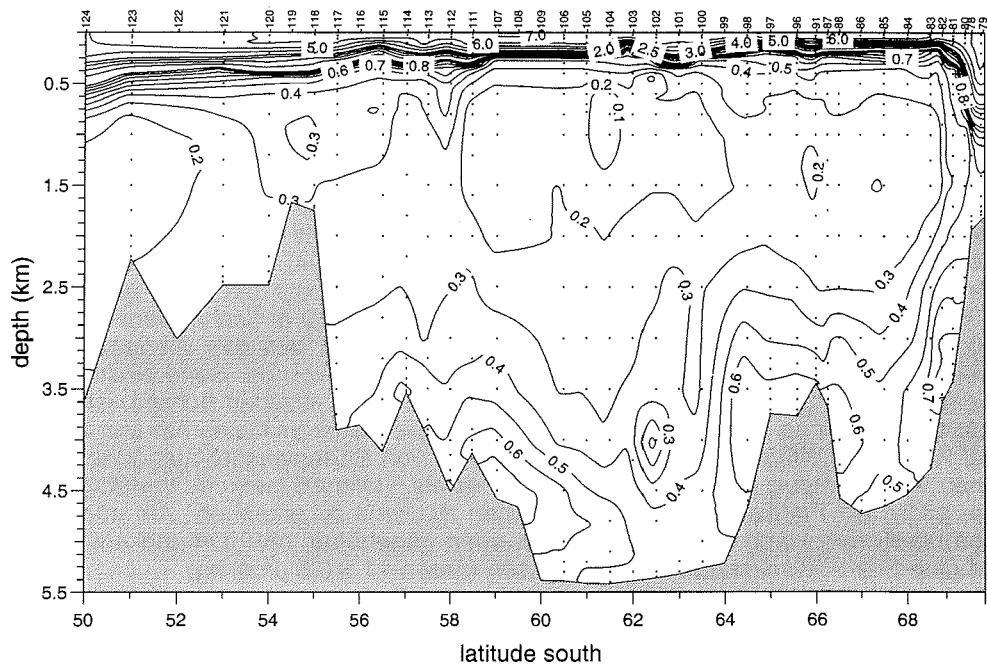
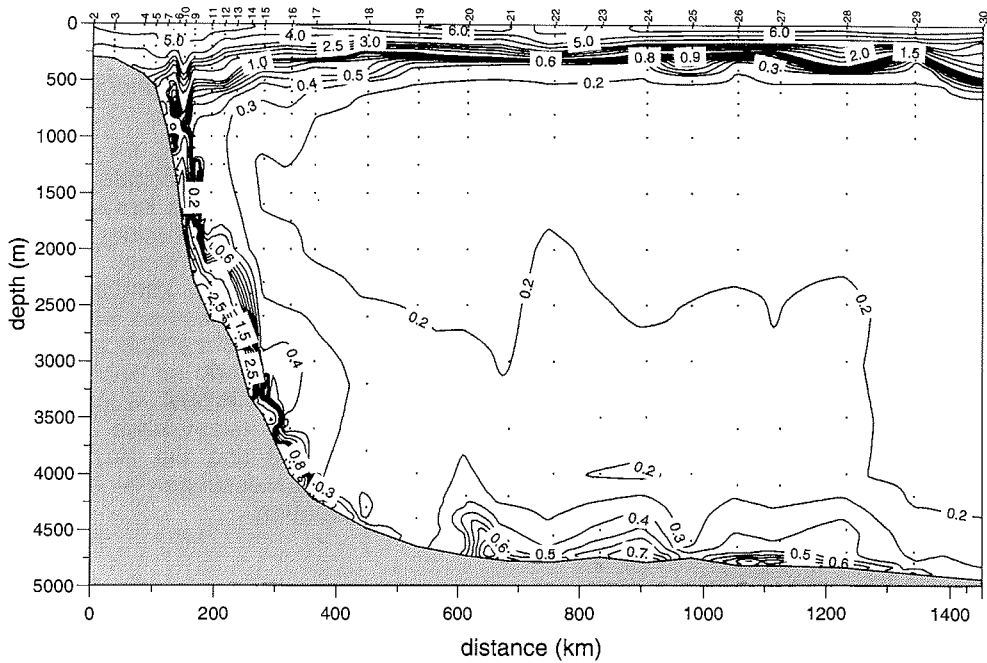


Abb. 20: Vertikalschnitt des Spurenstoffs Freon-11 in pmol/kg durch das südliche Weddellmeer von der Joinvilleinsel nach 25°W (oben) und durch das Weddellmeer entlang dem Nullmeridian von 69°24'S bis 50°S (unten).

Fig. 20: Vertical section of the tracer Freon-11 in pmol/kg across the southern Weddell Sea from Joinville Island (top) and across the Weddell Sea along the Greenwich Meridian from 69°24'S to 50°S (bottom).

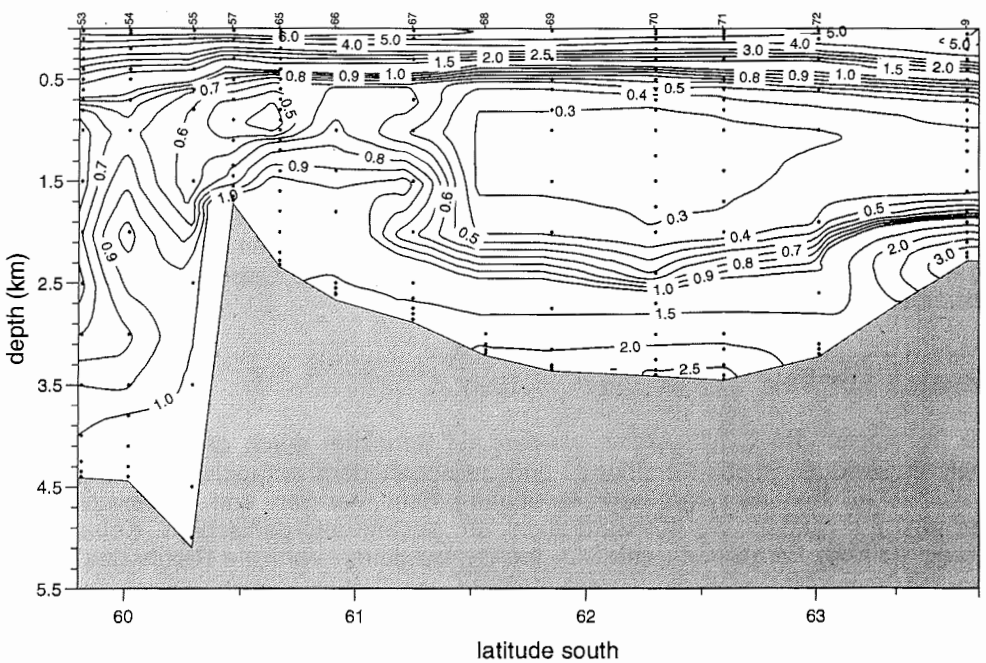
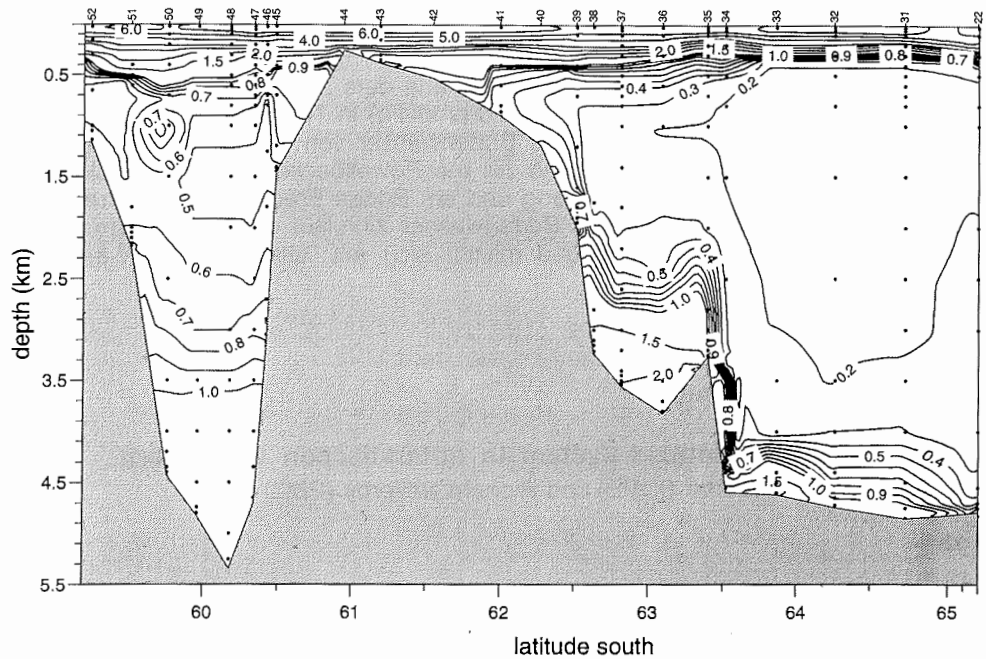


Abb. 21: Vertikalschnitt des Spurenstoffs Freon-11 in pmol/kg durch das Weddellbecken von 65°12,1'S über das Südorkney-Plateau bis 59°15,5'S (oben) und durch das Powellbecken von 59°48,7'S bis 63°38,9'S (unten).
 Fig. 21: Vertical section of the tracer Freon-11 in pmol/kg across the Weddell Basin from 65°12.1'S over the South Orkney Plateau to 59°15.5'S (top) and across the Powell Basin from 59°48.7'S to 63°38.9'S (bottom).

Im Powellbecken (Abb. 21, unten) findet sich nahe dem Zentrum (62°30'S) ein Maximum in der Freon-11-Konzentration (> 2,0 pmol/kg) in Tiefen unter 3000 m. Hierbei handelt es sich um frisch gebildetes Bodenwasser von der Antarktischen Halbinsel, welches sich dem Hang folgend bis ins Powellbecken ausbreitet. Nördlich des Südsctiarückens wurden am Hang und am Boden Freon-11-Konzentrationen von > 1 pmol/kg gemessen. Dieses Bodenwasser zirkuliert gegen den Uhrzeigersinn um das Südorkney-Plateau und mischt sich mit "älterem" FCKW-ärmeren Wasser.

2.3 Meereschemie

2.3.1 Das Kohlendioxid-System in antarktischen Gewässern

Mario Hoppema (IUPB) und Richard Bellerby (PML)

Ziele

Die Veränderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und Abholzung hat eine Zunahme des atmosphärischen Kohlendioxids (CO₂) mit Auswirkungen auf den Treibhauseffekt bewirkt. Die Tiefsee kann das überschüssige CO₂ aufnehmen, allerdings nur in weit längeren Zeiträumen als der bisherigen Dauer des anthropogenen Ausstoßes. Dies ist durch die Mischungszeiten und Verweildauern des Tiefen- und Bodenwassers der Ozeane bedingt, die in einer Größenordnung von etwa 1000 Jahren liegen. Gebiete wie das Weddellmeer, in denen Austausch zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser stattfindet, sind von besonderer Bedeutung für die CO₂-Aufnahme und Verteilung im Ozean. Das Ziel dieses Projektes ist es, die Verteilung des CO₂ im Weddellmeer besser zu erfassen. Ein weiteres Ziel ist es, das Potential antarktischer Gewässer zu bestimmen, CO₂ aus der Atmosphäre aufzunehmen. In diesem Zusammenhang sind die Frontalzonen des Antarktischen Zirkumpolarstroms und die Gebiete mit saisonaler Eisbedeckung von besonderer Bedeutung.

Arbeiten auf See

Die Parameter des CO₂-Systems wurden auf Schnitten durch das Weddellmeer, über die Weddell-Scotia-Konfluenz, und zwischen dem antarktischen- und dem afrikanischen Kontinent, größtenteils entlang dem Meridian von Greenwich, gemessen. Es wurden die Konzentration an gesamt-anorganischem Kohlenstoff (TCO₂) und der Partialdruck des CO₂ (pCO₂) bestimmt. Vertikale Profile des TCO₂ über die ganze Wassersäule wurden anhand von Proben erstellt, die mit dem Rosetten-Wasserschöpfer genommen wurden. Der pCO₂ wurde quasi-kontinuierlich, vom fahrenden Schiff aus, in Oberflächennähe gemessen.

TCO₂ wurde mit einer hoch-genauen coulometrischen Methode, kombiniert mit einem automatischen Probenextraktionssystem, gemessen. Dazu wurde eine Meerwasserprobe mit Phosphorsäure angesäuert, und das CO₂ mit hoch-reinem Stickstoff ausgetrieben. Dieses Gasgemisch wurde in eine Lösung mit Äthanolamin und

einem Indikator geleitet. Nach Absorption des CO_2 wurde die Lösung elektrochemisch zu ihrer ursprünglichen Farbe zurücktitriert, wobei die geflossene Ladung (Coulombs) proportional zur ursprünglichen CO_2 -Konzentration der Probe ist. Die Kalibrierung erfolgte mit einem international anerkannten TCO_2 -Standard (Dickson).

Quasi-kontinuierliche Messungen des Partialdrucks des CO_2 im Wasser und in der Luft wurden mit einem Infrarot-Analysegerät (Li-Cor) ausgeführt. Dazu wurde ein kontinuierlicher Strom Oberflächenwasser durch eine Gleichgewichtskammer (Äquilibrator) geleitet, wobei alle 4 bis 5 Minuten die Luft aus dem Äquilibrator analysiert wurde. Vom Krähennest wurde kontinuierlich Luft ins Labor gepumpt und dort nach jeder vierten Äquilibratormessung auf pCO_2 untersucht. Das Gerät wurde mit Referenzgasen kalibriert, die an NOAA-Standards angebunden sind. Endgültige Daten werden erst nach einer Nachkalibrierung im Labor verfügbar sein.

Vorläufige Ergebnisse

Gesamtkohlendioxid (TCO_2)

In Abb. 22 ist der TCO_2 -Schnitt durch das Weddellmeer zwischen der Joinvilleinsel (an der Spitze der Antarktischen Halbinsel) und dem zentralen Weddellmeer gezeigt. Die TCO_2 -Konzentration im Weddellmeer-Oberflächenwasser ist im Vergleich zum Oberflächenwasser anderer Ozeangebiete sehr hoch. Allerdings ist die TCO_2 -Konzentration im Oberflächenwasser durch den CO_2 -Verbrauch des Phytoplanktons niedriger als im Tiefen- und Bodenwasser. Unter der Sprungschicht liegt ein TCO_2 -Maximum, das mit dem Temperaturmaximum des Warmen Tiefenwassers zusammenfällt. In Bodennähe, im Weddellmeer-Bodenwasser, wurden relativ niedrige TCO_2 -Werte gemessen. Diese Wassermasse entsteht zum Teil aus Schelfwasser des Weddellmeers, das eine niedrige TCO_2 -Konzentration aufweist, und zum Teil aus Warmem Tiefenwasser. Zwischen dem Bodenwasser und dem Warmen Tiefenwasser liegt eine mächtige Schicht von Weddellmeer-Tiefenwasser, dessen TCO_2 -Werte auf eine Mischung dieser beiden Wassermassen hindeuten.

Über dem Kontinentalhang der Antarktischen Halbinsel wurde eine dünne Schicht von rezent gebildetem Bodenwasser beobachtet, das an seiner niedrigen TCO_2 -Konzentration zu erkennen ist. Zum antarktischen Kontinent hin neigen sich die Isolinien steil nach unten und bilden eine Front. Dies ist die Antarktische Hang- oder Schelfkanten-Front, die das Warme Tiefenwasser und das Antarktische Oberflächenwasser vom Küsten- und Schelfwasser trennt.

Das TCO_2 -Maximum ist im zentralen Weddellmeer am ausgeprägtesten. Die TCO_2 -Konzentration ist dort höher als die des Warmen Tiefenwassers, das bei ungefähr 25°E in die Weddell-Zirkulation eindringt. Dies bedeutet, daß im zentralen Weddellmeer eine CO_2 -Anreicherung des Warmen Tiefenwassers stattfindet, welche wahrscheinlich durch Mineralisation von organischem Material verursacht wird.

Partialdruck des CO₂

Die pCO₂-Messungen haben einen umfassenden, räumlich hochaufgelösten Datensatz ergeben. Im ganzen Untersuchungsgebiet wurde nur mäßige Unter- oder Übersättigung gefunden. Die räumliche Variabilität in dieser Jahreszeit ist relativ klein, was wahrscheinlich mit der geringen biologischen Aktivität zusammenhängt. Die einzige Ausnahme scheint das Schelfgebiet des Südorkney-Plateaus zu sein.

Frontale Strukturen spiegeln sich im allgemeinen in der pCO₂-Verteilung wieder. Als Beispiel ist in Abb. 23 der pCO₂-Gehalt quer über die Subantarktische Front auf dem Greenwich-Meridian gezeigt. Südlich der Front in der Polarfront-Zone ist der pCO₂ relativ konstant und übersättigt. Bei der Süd-Nord-Überquerung der Front erfolgt ein deutlicher Übergang von Übersättigung zu Untersättigung, wobei pCO₂ mit abnehmender Temperatur zunimmt. Die Übereinstimmung kleinerer Strukturen deutet darauf hin, daß die Korrelation zwischen pCO₂ und Temperatur, zumindest in dieser Jahreszeit, sehr hoch ist.

2.3.2 Nährstoffe in antarktischen Gewässern

Karel Bakker (NIOZ)

Methoden

Nährstoffe wurden mit Standard-fotometrischen Methoden auf einem Technicon TRAACS 800 "rapid flow autoanalyser" analysiert. Pro Stunde können 60 Proben mit diesem Gerät gemessen werden, auf der gesamten Fahrt ungefähr 3000 Proben. Die Messungen erfolgten gleichzeitig auf vier Kanälen: Phosphat, Silikat, Nitrat und Nitrit zusammen, und zusätzlich Nitrit separat. Alle Messungen wurden mit Standards, die mit Seewasser von niedrigem Nährstoffgehalt verdünnt waren, kalibriert. Proben von der CTD-Rosette wurden in 100 ml Polyäthylen-Probeflaschen genommen. Die Proben wurden gekühlt und im Dunkeln aufbewahrt und im allgemeinen innerhalb von 12 Stunden gemessen.

Proben-Statistik für Stationen 001 und 099/2, an denen alle Wasserschöpfer in derselben Tiefe geschlossen wurden.

	Station 001			Station 099/2		
	Mittel. μmol/l	Std-Abw. μmol/l	%	Mittel. μmol/l	Std-Abw. μmol/l	%
PO ₄	2,2895	0,0037	0,16	2,366	0,0043	0,18
SiO ₂	131,86	0,72	0,55	128,03	0,297	0,23
NO ₃ +NO ₂	keine Daten			34,48	0,065	0,19

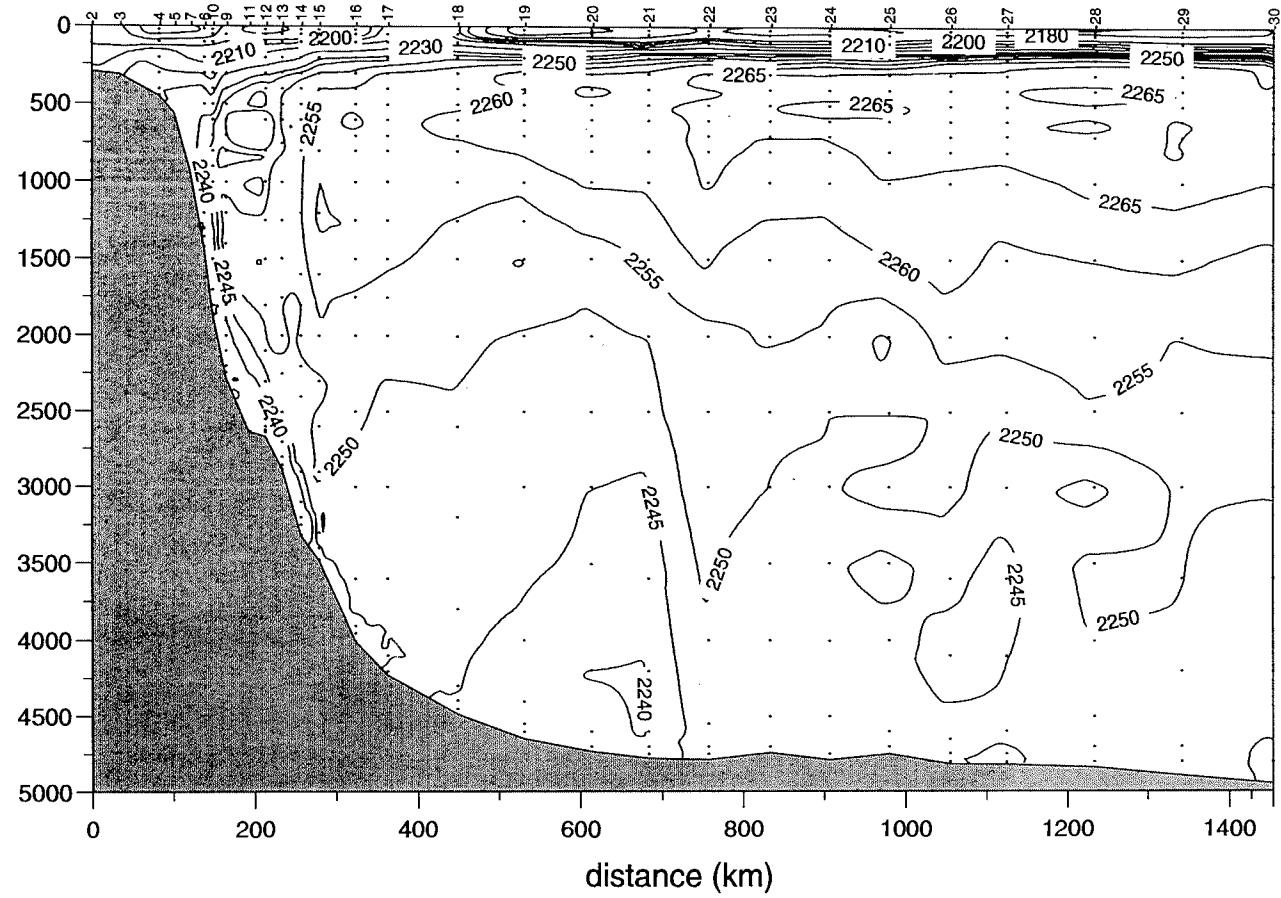


Abb. 22: Vertikalschnitt des TCO₂ (μmol/kg) zwischen der Joinvilleinsel und dem zentralen Weddellmeer.
Fig. 22: TCO₂ section (μmol/kg) between Joinville Island and the central Weddell Sea.

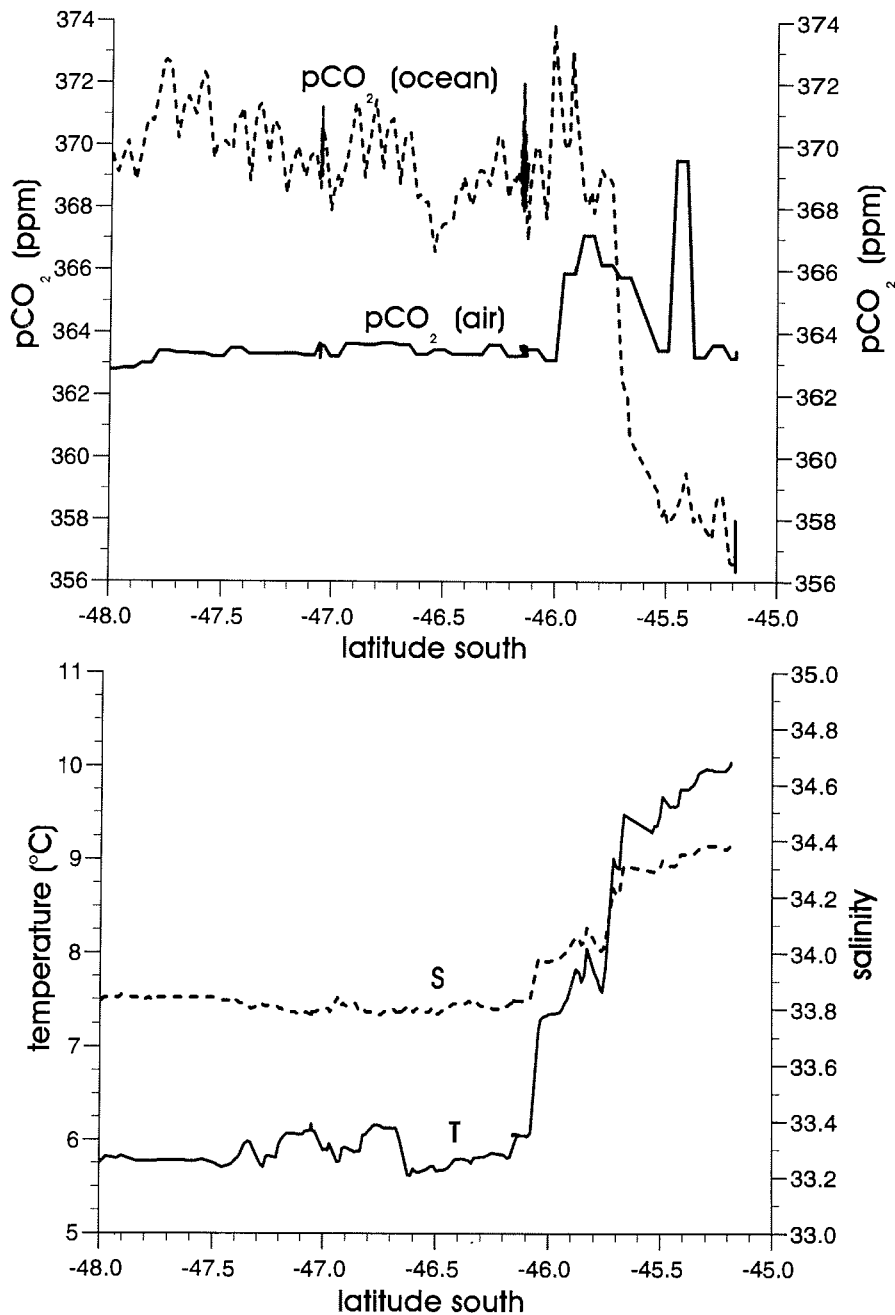


Abb. 23: Verteilung des CO₂-Partialdrucks im Oberflächenwasser und in der Luft und die Oberflächenwassertemperatur vom Thermosalinographen des Schiffs über die Subantarktische Front.

Fig. 23: Distribution of the partial pressure of CO₂ in surface water and in air and the sea surface temperature from the ship's thermosalinograph across the Subantarctic Front.

Meßbereich

Um die Qualität der Messungen zu steigern, wurde der Meßbereich so eingeeengt, daß das Maximum 80-90% der Skala ausfüllt. Dadurch wurden Standardabweichungen für die Reproduzierbarkeit von 0,18% für PO₄, 0,23% für SiO₂ und 0,19% für NO₃+NO₂ erreicht.

Kalibrierung und Standards

Primäre Nährstoff-Standards wurden im Heimatlabor zubereitet. Kalibrierungs-Standards wurden täglich durch Verdünnung der primären Standards mit Seewasser von niedrigem Nährstoffgehalt (LNSW) in vier volumetrischen Meßkolben (im Heimatlabor geeicht) zubereitet, wobei drei elektronische Pipetten benutzt wurden. Die Werte des LNSW wurden an Bord bestimmt und zur Korrektur der Meßwerte verwendet.

Cocktail-Standard

Dieser Standard ist der Bezugsstandard. Er wurde im Heimatlabor angesetzt, enthält Phosphat, Silikat und Nitrat und ist mit 40 mg Hg₂Cl₂ pro Liter vergiftet. Jedes Mal, wenn er benutzt wurde, wurde er 100 Mal mit derselben 1-ml-Pipette und derselben volumetrischen 100-ml-Flasche verdünnt.

Während Interkalibrationen, wie mit ICES und Quasimeme, waren unsere Standards innerhalb der Grenzen der besseren Laboratorien. Da es immer noch keinen anerkannten Standard gibt, ist die einzige Möglichkeit ein Vergleich mit den Standards der Firma Ocean Scientific International (OSI). Die Ergebnisse von unseren eigenen Standards sind in der folgenden Tabelle als 100% angegeben.

	ANT XV/4	OSI
PO ₄	100,0%	99,8%
SiO ₂	100,0%	100,3%
NO ₃	100,0%	99,6%

Zusätzlich wurde tiefes Weddellmeer-Wasser von 1996 und der Cocktail-Standard von 1996 zum Vergleich gemessen:

	PO ₄ µmol/l		SiO ₂ µmol/l		NO ₃ µmol/l	
	1996	1998	1996	1998	1996	1998
Weddellmeer:	2,39	2,34	126,6	126,35	34,1	34,2
Cocktail 1996:	2,92	2,84	83,0	83,1	35,8	35,7
1998/1996						
Weddellmeer:	98,0%		99,8%		100,3%	
Cocktail 1996:	97,3%		100,1%		99,7%	

Die SiO₂- und NO₃-Daten von 1998 und 1996 stimmen gut überein, aber die PO₄-Daten von 1996 müssen mit einem Faktor 0,98 korrigiert werden. Der Standard, der

1996 benutzt wurde, war fälschlicherweise nur zu 98% rein. Dies wurde während einer Interkalibrierung (Quasimeme 1996) bestätigt.

Cocktail-Standard-Statistik

Um die Genauigkeit zwischen den verschiedenen Meßläufen zu überprüfen, wurde die Messung einer Probe aus dem Bodenschöpfer immer im nächsten Lauf wiederholt. Diese Doppelproben zeigen folgendes Ergebnis: Die Differenz beträgt 0,013 μM für PO_4 , 0,80 μM für SiO_2 und 0,20 μM für NO_3+NO_2 .

Während aller Läufe wurde ein unabhängiger Standard (Cocktail-Standard) als Dreifachprobe mitgemessen und der Mittelwert aufgezeichnet. Unter der Annahme, daß sich der Wert dieses Cocktail-Standards während der Fahrt nicht ändert, kann man die gemessenen Werte für die drei Kanäle korrigieren. Der Erfolg der Korrektur wird in den Differenzen der Doppelproben vor und nach der Korrektur sichtbar:

	$\mu\text{mol/l}$		C.V. %	
	vor	nach	vor	nach
PO_4	0,0131	0,0097	0,60%	0,44%
SiO_2	0,80	0,57	0,70%	0,47%
NO_3+NO_2	0,197	0,158	0,60%	0,48%

Probleme

Während des ersten Teils der Reise waren die Daten deutlich besser als später. Der Grund dafür ist die Instabilität der Labortemperatur nachdem die Containertür im Seegang abgerissen worden war und Wasser in den Container eingedrungen ist. Nach vier Tagen war die Labortemperatur dank der Arbeit der Besatzung wieder stabil.

2.3.3 Geochemie

Katja Heeschen und Katrin Fürhaupter (GEOMAR)

Ziele und Methoden

Methan gehört zu den Treibhausgasen der Atmosphäre und sein Gehalt ist in den letzten 150 Jahren von 700 ppmV auf 1800 ppmV angestiegen. Neue Studien belegen, daß der Methangehalt des Oberflächenwassers in hohen Breiten durch das Gleichgewicht mit dem atmosphärischen Partialdruck festgelegt ist. Der Anstieg der Methankonzentration in der Atmosphäre führt damit zu einer Zunahme des Methangehalts im neugebildeten Bodenwasser der letzten 150 Jahren. Dieser Mechanismus bewirkt ähnliche Verteilungsmuster, wie sie bei Freonen oder Tritium gefunden wurden. Da es sich bei Methan aber nicht um einen konservativen Tracer handelt, sondern die Konzentration des Gases durch mikrobielle Oxidation verändert wird, gilt es, die Gewichtung dieser beiden Steuermechanismen zu bestimmen. Dies soll mit Hilfe der Messung des isotopischen Signals stabiler Kohlen-

stoffisotope im gelösten Methan geschehen. Während die Atmosphäre eine gleichbleibende isotopische Signatur zeigt, findet bei der mikrobiellen Oxidation eine starke Fraktionierung statt, bei der die leichten Kohlenstoffisotope bevorzugt verbraucht werden.

Ziel der Untersuchungen ist es, die Methankonzentration mit zunehmendem Abstand von der Bodenwasserbildung im nördlichen Weddellmeer sowie im Bereich der Weddell-Scotia-Konfluenz zu bestimmen und an einer Vielzahl der Proben das Isotopenverhältnis $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ zu messen. Zusätzlich werden auch Daten auf dem Nullmeridian-Schnitt genommen. Die gewonnenen Daten sollen zu einer Verbesserung des Datensatzes für Methankonzentrationen beitragen und damit die Quantifizierung der Steuermechanismen ermöglichen sowie den Vergleich mit den Verteilungen von Freon-11, Freon-12 oder Tritium erlauben. Weiterhin wird angestrebt, Modelle für den Methankreislauf in höheren Breiten zu entwickeln.

Für die Messung gelösten Methans sind die Wasserproben aus dem Wasserschöpfer ohne Kontakt mit der Luft zu gewinnen. In die evakuierten und mit 2 Ventilen versehenen Probenflaschen werden jeweils zweimal 200 ml Wasser injiziert, deren Entnahme mit Hilfe eines gasdichten Kolbenprobers aus den Wasserschöpfnern erfolgt. Bei der Injektion in das evakuierte Probengefäß durch ein schmales Ventil entgast die Probe spontan. Zur Gleichgewichtseinstellung zwischen der Unterdruckgasphase und der Wasserphase werden die Proben vor der Analyse noch mindestens 15 min lang geschüttelt. Das in den Flaschen befindliche Gas wird mit Hilfe einer Entgasungsanlage in eine Bürette verdrängt. Dazu wird die Probe mit einer entgasten, hochkonzentrierten und unter Atmosphärendruck stehenden Salzlösung unterschichtet und auf Atmosphärendruck komprimiert. Anschließend wird 1 ml des extrahierten Gases auf einen mit einem Flammen-Ionisations-Detektor (FID) ausgestatteten Gaschromatographen gegeben, um den Molenbruch des Methans zu bestimmen. Das in der Bürette verbliebene Gas wird zur massenspektroskopischen Bestimmung des Kohlenstoffisotopenverhältnisses in ein evakuiertes Fläschchen mit ca. 5 ml Volumen geleitet. Die Rohdaten werden mit Hilfe der CTD-Daten (S, T) und weiterer Parameter in die potentielle Sättigung des Meerwassers an gelöstem Methan im Vergleich zur heutigen Atmosphäre umgerechnet.

Arbeiten auf See

Aus den Wasserschöpfnern wurden auf den vier verschiedenen Schnitten bei insgesamt 119 Stationen 2188 Proben entnommen, bei denen an Bord der Methangehalt bestimmt wurde. Diese Zahl beinhaltet 2 Teststationen an denen die Reproduzierbarkeit der Meßvorrichtung durch jeweils 10 Wasserproben aus gleicher Tiefe bestimmt wurde. Es ergab sich ein Wert von 4%. Für den Gaschromatographen selber wurde dabei mit 375 Aufgaben eines auf $\pm 0,1\%$ genaues Eichgas (Universität Heidelberg; Methangehalt: 1,936) eine Meßgenauigkeit von 3% festgelegt.

Von dem aus dem Meerwasser extrahierten Gas für die Methanmessungen konnten zusätzlich noch 1306 Proben in gasdichten, mit Septen versehenen Fläschchen (5 ml) abgefüllt werden, bei denen an Land die massenspektrometrische Messung vom isotopischen Signal des Kohlenstoffs im Methan erfolgt. Zum Ver-

gleich dieser relativ neuen, sehr schnellen aber etwas ungenaueren Methode der Isotopenbestimmung, mit der eine große Datenmenge erreicht werden kann, sind an vier Stationen zudem Doppelproben von Meerwasser mit einem Volumen von 100 ml entnommen worden. Diese erst an Land zu extrahierenden Proben ("Purge and Trap"-Technik) werden ebenfalls mit Hilfe der GC-C-IRMS-Technik (Gas-Chromatography-Combustion-Isotope Ratio Mass Spectrometry) gemessen. Die Wasserproben wurden in gasdichte, mit Septen versehene Flaschen abgefüllt, die bis zur Weiterverarbeitung gekühlt gelagert werden.

Vorläufige Ergebnisse

In den nachfolgenden Abb. 24 und 25 sind die vorläufigen Ergebnisse der Methanmessungen als vertikale Schnitte dargestellt.

Die Methanverteilung auf dem Schnitt von der Antarktischen Halbinsel durch das Weddellmeer bis 25°W (Schnitt 1, Abb. 24) zeigt deutlich die erhöhten Methanwerte (≥ 2 ppbV) am Kontinentalhang der Halbinsel bis in etwa 3000 m Tiefe, an der das frischbelüftete Wasser der Schelfgebiete des südwestlichen Weddellmeers nach Norden fließt. Auch das Antarktische Bodenwasser am Boden des Weddellbeckens zeigt im Vergleich zum Weddellmeer-Tiefenwasser im zentralen Bereich (0,395-0,679 ppbV) des Beckens erhöhte Methanwerte (0,625-0,984 ppbV), die jedoch deutlich niedriger sind als die des neuen Wassers am Hang. Das Tiefenwasser weist zum größten Teil etwas höhere Methankonzentrationen auf als ganz alte Wassermassen mit 0,3 bis 0,4 ppbV. Die Methankonzentration im Oberflächenwasser um 3 ppmV bestätigt die Annahme, daß in höheren Breiten der Methangehalt des Oberflächenwassers durch das Gleichgewicht mit der Methankonzentration der Atmosphäre bestimmt wird.

Östlich der Südorkneys (Schnitt 2, Abb. 25) konnten nördlich und südlich des Endurancerückens im Jane- bzw. Weddellbecken erhöhte Methanwerte zwischen 1,467 und 1,718 ppbV in Bodennähe festgestellt werden. Sie weisen auf frisch belüftetes Wasser aus dem westlichen Weddellmeer hin, das in verschiedenen Tiefen aus dem Weddellmeer in die Scotiasee transportiert wird. Leicht erhöhte Werte (1,269 ppbV) finden sich auch noch am Boden des über 5000 m tiefen Grabens nördlich des Südorkney-Plateaus. Die Ursache der deutlich übersättigten Werte des Oberflächenwassers auf und nördlich des Plateaus ist noch zu klären.

Auch in der Vertiefung nördlich des Südscotharückens (Schnitt 3, Abb. 26) sind leicht erhöhte Werte unterhalb von 5000 m Tiefe (bis 1,301 ppbV) zu erkennen, wobei jedoch auch in flacheren Bereichen noch Werte über 1,2 ppbV gemessen wurden. Wassermassen mit bis zu 1,823 ppbV lassen sich auf diesem Schnitt am Boden des ca. 3300 m tiefen Powellbeckens finden und deuten auf frisch belüftetes Wasser vom Kontinentalabhang der Antarktischen Halbinsel hin, das durch dieses Becken nach Norden abfließt. Südlich des Ausläufers der Antarktischen Halbinsel ist diese Wassermasse, wie bereits im Schnitt 1, mit Methanwerten bei 1,95 ppbV in Tiefen um 2000 m wiederzufinden. Das zentrale Becken ist bis 1000 m mit einer älteren, methanarmen Wassermasse gefüllt, die im Kern Werte $\geq 0,6$ ppbV aufweist. Wie auch im Schnitt 2 tritt an einigen Stationen übersättigtes Oberflächenwasser mit maximalen Werten in 50 m Wassertiefe auf.

Werte des Schnittes 4 auf dem Nullmeridian, der vom antarktischen Kontinent bis 44°S reicht, sind noch nicht vollständig aufgearbeitet worden. Während sich am Hang der Antarktis Konzentrationen von gelöstem Methan bis zu etwa 1 ppbV am Boden zeigen, weist der Schnitt im weiteren Verlauf ein recht einheitliche Methanverteilung mit Werten zwischen 0,5 bis 0,8 ppbV auf. Schwierigkeiten mit der Entgasungsanlage auf diesem Schnitt machen ein Umrechnen eines Teils der Daten nötig. Die Werte des Oberflächenwasser zeigen ein Gleichgewicht mit der Atmosphäre.

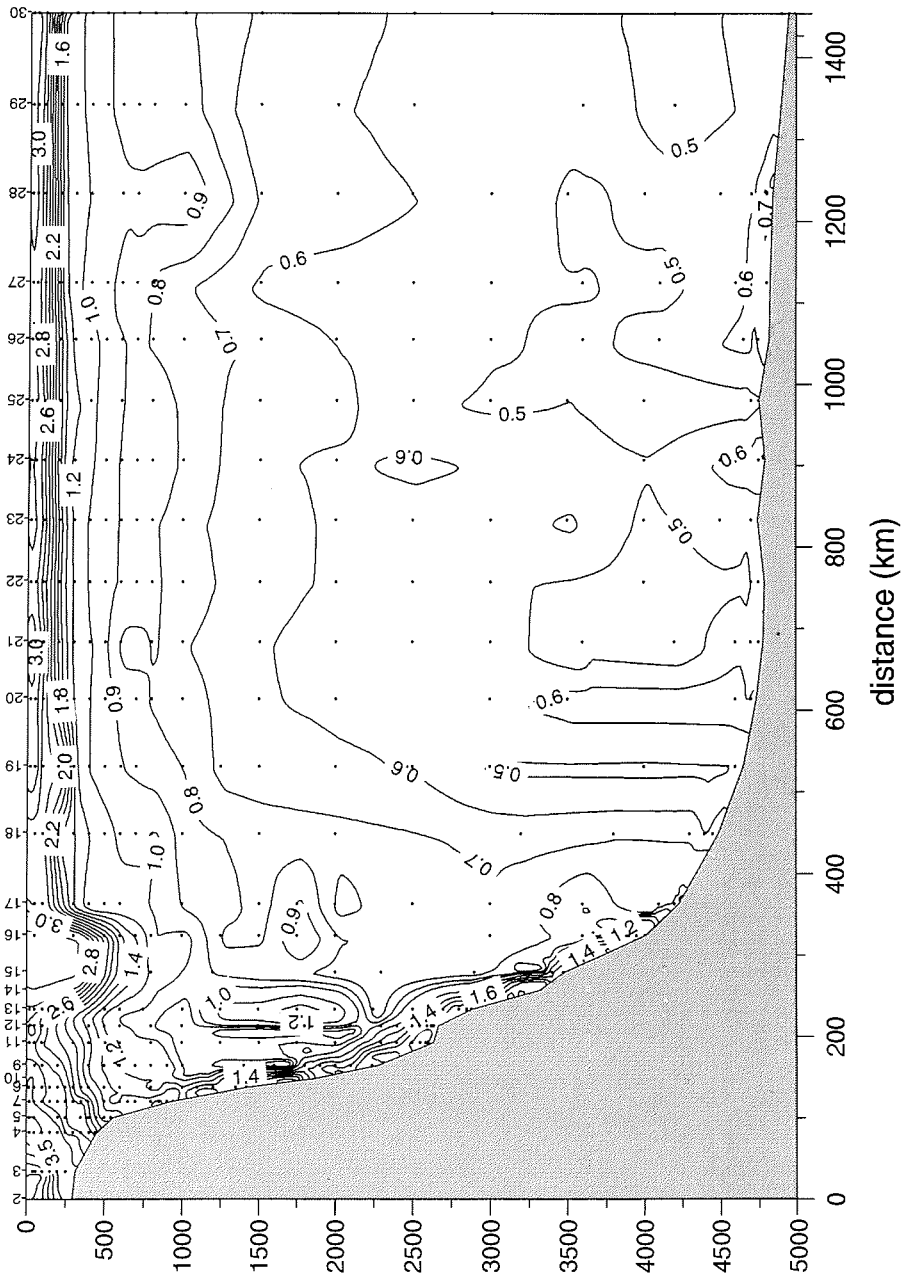


Abb. 24: Vertikalschnitt des Methangehalts in ppbV durch das südliche Weddellmeer von der Joinvilleinsel bis 25°W.
 Fig. 24: Vertical section of the methane concentration in ppbV across the southern Weddell Sea from Joinville Island to 25°W.

SS

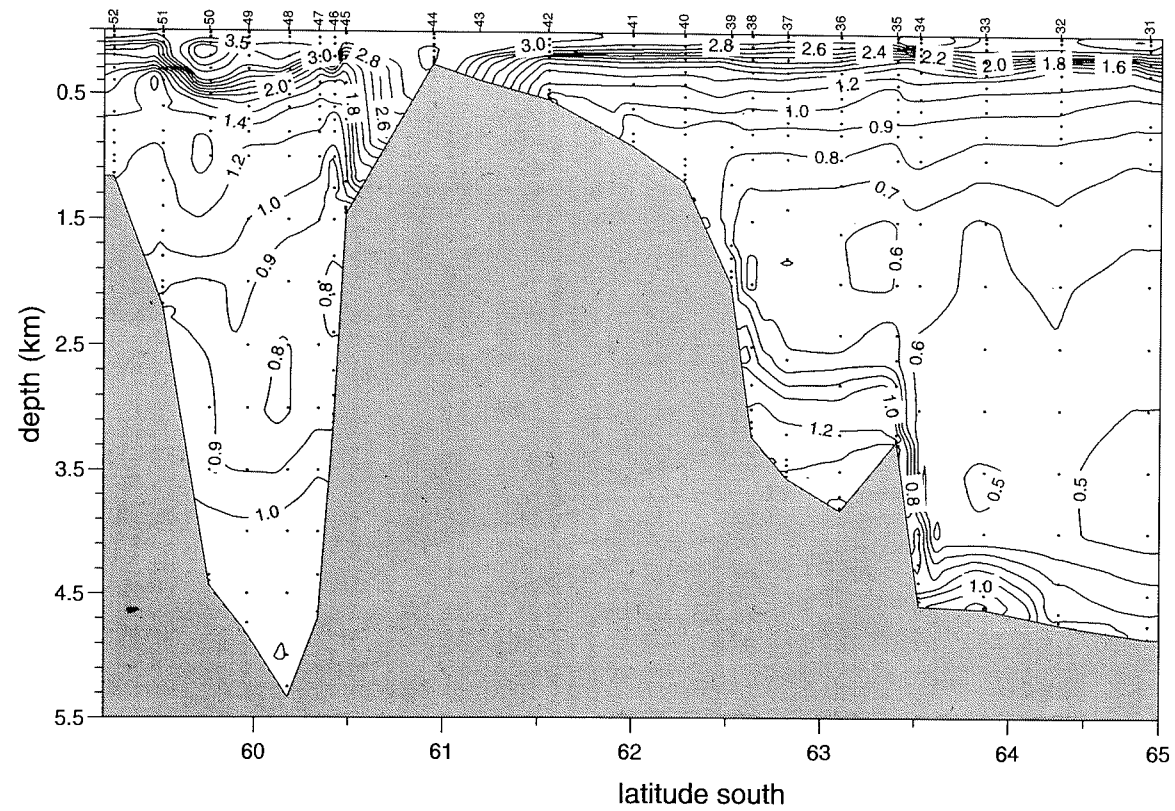


Abb. 25: Vertikalschnitt des Methangehalts in ppbV durch die Weddell-Scotia-Konfluenz östlich der Südorkney-Inseln von 64°44'S bis 59°15'S.

Fig. 25: Vertical section of the methane concentration in ppbV through the Weddell-Scotia Confluence east of the South Orkney Islands from 64°44'S to 59°15'S.

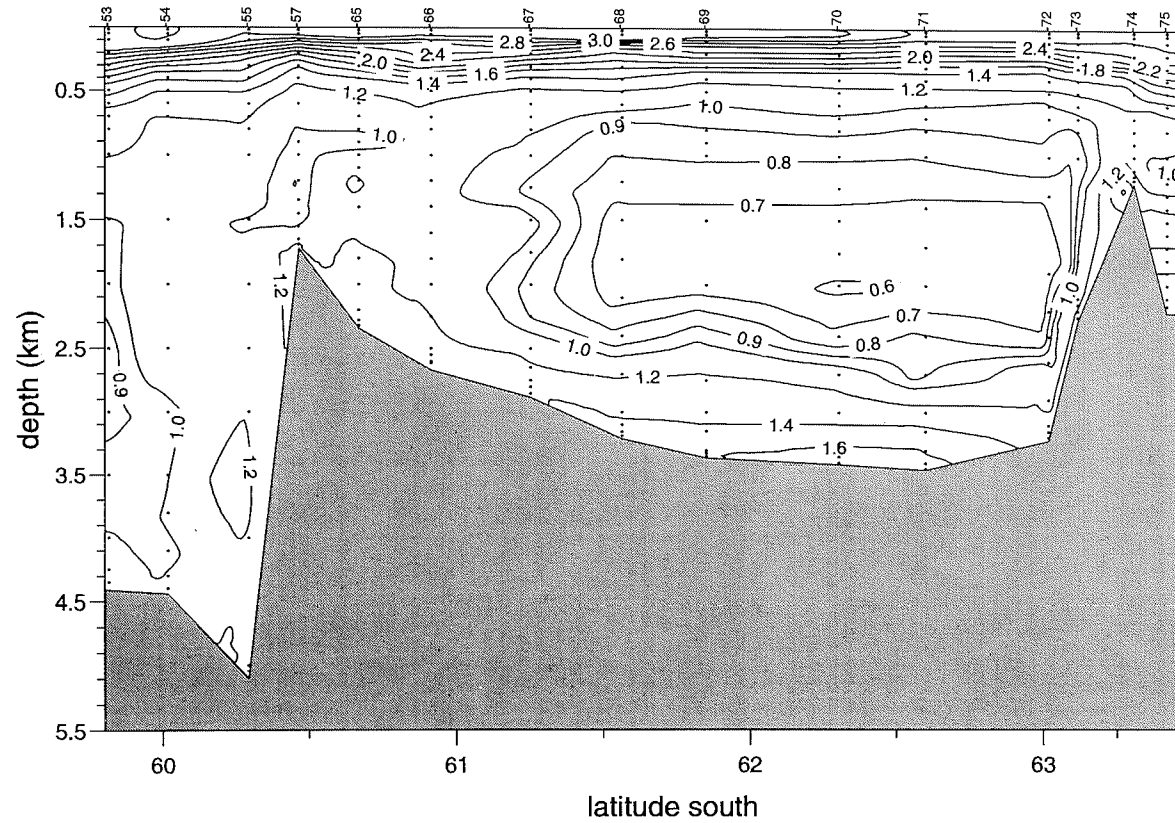


Abb. 26: Vertikalschnitt des Methangehalts in ppbV durch die Weddell-Scotia-Konfluenz westlich der Südorkney-Inseln von 59°49'S bis 63°16'S.

Fig. 26: Vertical section of the methane concentration in ppbV through the Weddell-Scotia Confluence west of the South Orkney Islands from 59°49'S to 63°16'S.

2.4 Marine Biologie

2.4.1 Abbau absinkender Partikel

Anja Heuchert (UFT)

Ziele und Methoden

Makroskopische Aggregate (marine snow) sind als dominante Fraktion am Transport von biogenem Kohlenstoff vom Oberflächenwasser zum Meeresboden beteiligt. "Marine snow" besteht aus gelöstem und kolloidalem organischem Material, wie z.B. Phytoplanktonaggregaten oder "fecal pellets" und Detritus. Bakterien und Protozoen scheinen eine wichtige Rolle beim Abbau des "marine snow" zu spielen, der in der mesopelagischen Zone stattfindet.

In dieser Untersuchung sollen Reinkulturen von "marine snow"-assoziierten Bakterien isoliert werden. Anhand der Isolate soll der mikrobiologische Abbau des "marine snow" durch verschiedene Bakterien untersucht werden. Außerdem sind licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen der einzelnen Isolate geplant. Mit dem Rasterelektronenmikroskop soll fixiertes Material auf Bakterienbesiedlung untersucht werden. Die Ergebnisse sollen mit denen zweier Forschungsfahrten im äquatorialen Atlantik 1996 und 1997 verglichen werden.

Arbeiten auf See

Zur Untersuchung der mikrobiellen Besiedlung des "marine snow" wurden an 16 Stationen Wasserproben mit Wasserschöpfern aus verschiedenen Tiefenstufen entnommen. Diese Proben wurden mit 5- μm - bzw. 10- μm -Filtern filtriert, um Sinkstoffe anzureichern. Die Filter wurden in steriles Seewasser überführt. Daraus wurden bereits einige Reinkulturen von anheftenden heterotrophen Bakterien isoliert, weitere folgen.

Weiterhin wurden Wasserproben mit 0,2- μm - und 5- μm - bzw. 10- μm -Filtern filtriert und für 30 Minuten mit Formalin fixiert (3,7%). Die fixierten Proben sollen in einer *in situ*-Hybridisierung dazu verwendet werden, um die Bakterienzellen in ihrem natürlichen Habitat nachzuweisen.

Probenmaterial mehrerer Stationen (38 Stationen) und verschiedener Tiefen wurde für die quantitative Erfassung der Bakterien mit Formalin (2% v/v) fixiert. Zudem wurde mehrmals Wasser aus der Schiffsmembranpumpe mit einem 11- μm -Filter filtriert, um ebenfalls Material anzureichern, in steriles Seewasser zu überführen und mit Formalin zu fixieren. Diese Proben werden später mit dem Epifluoreszenzfarbstoff DAPI gefärbt, um die Bakterienzellen der freien Wassersäule sowie der aggregatbesiedelnden Bakterien zu zählen.

Aus den Sinkstofffallenproben (227-4) wurde Wasser entnommen, welches später auf die Bakteriendichte untersucht werden soll.

Vorläufige Ergebnisse

Die abfiltrierten Partikel waren in den meisten Fällen sehr klein und auf dem Filter selten mit bloßem Auge erkennbar. Es konnten Reinkulturen isoliert werden, in denen rein optisch anhand ihrer Kolonie- und Zellmorphologie fünf verschiedene Stämme unterschieden werden konnten. Zwei dieser Stämme wurden bisher nur an einer einzigen Station gefunden, während die anderen an verschiedenen Stationen vorkamen. Bei allen gefundenen Bakterien handelt es sich um Stäbchen, die entweder beweglich oder unbeweglich sind.

Die Isolate sollen später stoffwechselfysiologisch untersucht und näher charakterisiert werden. Die quantitative Erfassung mit dem Epifluoreszenzfarbstoff DAPI wird erst am Institut durchgeführt. Ebenso die weitere Bearbeitung der Proben für die *in situ*-Hybridisierung.

2.4.2. Der Beitrag der Bakterien zur biologischen Aktivität im Herbst Kjell Magne Faggebakke (IM)

Ziele und Methoden

Die Rolle des Meereises als Umgebung für Wachstum und Überleben von Mikroorganismen im Weddellmeer soll durch Messungen von Chlorophyll *a*, DOC- (dissolved organic carbon) und POC- (particulate organic carbon) Konzentrationen im Eis und im Meer charakterisiert werden. Mittels der DOC-Messungen wird der Beitrag biologischer Prozesse an der CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre abgeschätzt. Der im Meereis produzierte POC trägt ebenfalls dazu bei.

Es wurde gezeigt, daß die chemische Zusammensetzung von Mikroorganismen Hinweise auf ihr Wachstum gibt. Ob dies auch für Mikroorganismen, die in Nährstoffüberschuß (N, P) leben, der Fall ist, kann mit Röntgenmikroanalyse (XRMA) untersucht werden. XRMA-Analysen können Aufschluß über den physiologischen Zustand der Mikroorganismen geben, der innerhalb einzelner mikrobieller Lebensgemeinschaften und zwischen verschiedenen Gemeinschaften variiert.

Arbeiten auf See

Täglich wurde eine Station beprobt (insgesamt 48 Stationen). Die Proben wurden an der Oberfläche in 20 und 100 m Tiefe genommen und auf Chlorophyll *a*, POC und DOC untersucht. Alle Proben wurden zur späteren Analyse eingefroren. An 10 Stationen wurden die gleichen Messungen (Chlorophyll *a*, POC und DOC) an Meereisproben ausgeführt. Fluoreszenzmikroskopie gab Aufschluß über die im Seewasser und im Eis vorhandenen Lebensgemeinschaften.

Vorläufige Ergebnisse

Die braune Schicht im einjährigen Eis besteht meistens aus partikulärer Substanz; Algen wurden nur gelegentlich gefunden. Variationen in der Artenzusammensetzung weisen darauf hin, daß verschiedene Algen unterschiedliche Lebensstrate-

gien im Eis haben. Im kompakten Eis dominierten *Stellarima microtrias* und *Dactyliosolen antarctica*. Dies ist ein Hinweis darauf, daß diese Algen bis zur Eisschmelze im Eis bleiben. Gelegentliches Vorkommen von *Corethron criophilum* im Eis und häufiges Vorkommen im porösen Eis, weisen darauf hin, daß diese Art das Eis leichter verlassen kann als die anderen beiden. Es scheint, daß während der Schmelzperiode große Löcher in der Eisstruktur entstehen, so daß die Algen einen leichten Migrationsweg ins offene Wasser haben. Wahrscheinlich beeinflussen die Algen die Eisschmelze, wobei der Einfluß von Arten, die im winterlichen Eis, nicht aber in dem des Frühjahrs, gefunden werden, stärker ist als der von *C. criophilum*., die als dominante Art in sich neubildendem Eis beobachtet wurde. Es wurde gezeigt, daß die Organismen in künstlich erzeugtem Meereis, das kein Phosphat enthält, bis zur Phosphatanreicherung in einer phosphatarmen Umgebung existieren. Außerdem nahm die Konzentration an Silikat und Nitrat während der Meereisbildung ab. Trotzdem sollten Silikatgehalte von 20 bis 30 μM und 10 μM Nitrat für biologische Aktivität ausreichen, auch wenn sie wachstumslimitierend sein könnten.

2.4.3 Der Beitrag der Schwämme zum Kohlenstoff- und Silikat haushalt

Susanne Gatti (AWI)

Zielsetzung

Kohlenstoffkreislauf: Es wird vermutet, daß antarktische Schwämme wegen der niedrigen Wassertemperaturen und der geringen, saisonal stark schwankenden Nahrungseinträge ins System sehr langsam wachsen. Da sie keine dauerhaften harten Strukturen bilden, kann eine Altersbestimmung über Untersuchungen an solchen Strukturen nicht stattfinden. Umsatzraten für Schwammnadeln, die einzigen in Schwämmen vorkommenden Hartstrukturen, sind für antarktische Schwämme nicht untersucht. Darüber hinaus ist keine Methode vorhanden, mit der Silikatschwammnadeln zur Altersbestimmung herangezogen werden könnten. Es ist also unmöglich, das Alter von Schwämmen mit direkten Methoden, wie sie zum Beispiel für Mollusken, Echinodermen oder Fische benutzt werden, zu ermitteln. Für eine erste grobe Abschätzung des Wachstums und damit auch des Alters sollen massenspezifische Respirationsraten ermittelt werden. Unter Benutzung von Konversionsfaktoren lassen sich damit Konsumption und Produktion abschätzen.

Silikatkreislauf: In der Antarktis ist der Silikatkreislauf in der Wassersäule gut untersucht. Der Einfluß der Diatomeen, Radiolarien und Silikoflagellaten ist bekannt. Es gibt allerdings keine Untersuchungen über den Einfluß der Schwämme auf den Silikatkreislauf. Nicht selten jedoch bestehen antarktische Schwämme (*Demospongia* and *Hexactinellida*) bis zu 90% aus Opal (biologisch synthetisiertes Silikat) (Barthel, 1995). Da Methoden zur Altersbestimmung zur Zeit fehlen, ist nicht bekannt, wie lange es dauert, bis ein Schwamm diese großen Opalmengen synthetisiert hat.

Arbeiten auf See

Ein Großteil der Tiere wurde während des vorangegangenen Fahrtabschnitts (ANT XV-3) gesammelt. Zusätzlich wurden während dieses Fahrtabschnitts zwei Agassiz-Trawls (AGT) vor der Atkabucht gefahren. An den frisch gefangenen Tieren wurde die Aktivität des Elektronentransportsystems (ETS) bestimmt.

Die langfristige Hälterung der Schwämme (> drei Monate) war erfolgreich. Die Tiere, die schon während des letzten Fahrtabschnitts gesammelt worden waren, waren immer noch in gutem Zustand. Die meisten wurden inzwischen für die Respirationsexperimente benutzt. Nur einige Exemplare der Art *Monosyringa longispina* und wenige kleine Individuen aus der Gruppe der Hexactinellida werden nach Bremerhaven gebracht.

Respirationsexperimente wurden mit ungefiltertem Seewasser in einem geschlossenen System durchgeführt. Das System wurde immer dann geöffnet, wenn die Sauerstoffsättigung unter 80-85% gesunken war. Gemessen wurde die Sauerstoffsättigung mit Mikrooptoden (Holst et al., 1997). Peristaltikpumpen pumpten das Wasser aus den Respirationskammern an den Sonden vorbei wieder zurück zu den Kammern und sorgten so für gleichmäßige Vermischung. Bakterienatmung wurde in jedem Experiment mit Hilfe einer zusätzlichen leeren Kammer (wassergefüllt aber ohne Tier) bestimmt. Während dieses Fahrtabschnitts wurden zehn Respirationsexperimente durchgeführt, die jeweils zwei bis drei Tage dauerten. Hauptsächlich wurden die Arten *Cinachyra antarctica* und *Stylocordyla borealis* (neun bzw. 14 Individuen) untersucht. Zusätzlich wurden vier sehr kleine Individuen hexactinellider Schwämme gemessen. Für alle Schwämme wurde an Bord lediglich das Feuchtgewicht bestimmt. Zur späteren Bestimmung der Trockengewichte und der aschefreien Trockengewichte wurden die Schwämme nach den Versuchen tiefgefroren.

Zur Kontrolle der Ergebnisse aus den Respirationsexperimenten wurde sowohl an frisch gefangenen als auch an vorher gehälterten Schwämmen ETS bestimmt. ETS-Niveaus ermöglichen die Abschätzung des maximalen Sauerstoffverbrauchs. Da diese Aktivität auf Enzymen beruht und sowohl die Neusynthese als auch der Abbau von Enzymen ein mehrstündiger Prozeß ist, ist nicht zu erwarten, daß sich das ETS-Niveau innerhalb der ersten Stunden nach dem Fang verändert. Durch einen Vergleich der ETS-Niveaus zwischen beiden Gruppen von Schwämmen läßt sich abschätzen, inwieweit sich die an Bord ermittelten Respirationsraten von denen im natürlichen Habitat unterscheiden.

Silikataufnahme: Vor dem Einfrieren wurden die Schwämme aus den Respirationsexperimenten in Nalgene-Gefäße überführt. Diese waren mit je 750 ml gefiltertem Seewasser gefüllt, dem einige Tropfen Flüssignahrung zugefügt wurden (4-5 Tropfen Liquifry pro 10 l Wasser). Da die Silikataufnahme ein energieverbrauchender Prozeß ist, könnte Nahrungsmangel die Silikataufnahme auch dann limitieren, wenn genügend Silikat im Wasser vorhanden ist. Luftzufuhr über Blubbersteine versorgte die Schwämme mit genügend Sauerstoff und sicherte eine ausreichende Vermischung des Wassers. Der Silikatgehalt des Wassers in den Versuchsgefäßen und in einem Kontrollgefäß (ohne Tier) wurde im Abstand von sechs bis zehn Stunden aus 20 ml Proben bestimmt. Die Analyse folgte der Koreleff-Methode wie

sie von Grasshof et al. (1983) beschrieben wurde. Lösungsexperimente mit Schwammnadelmatten und toten Schwämmen werden im AWI durchgeführt.

Vorläufige Ergebnisse

Alle Individuen tolerierten den Transfer aus den Aquarien in die Respirationskammern und später in die Nalgene-Gefäße ohne Probleme. Nach einer kurzen Phase, in der die Oscula (Ausströmöffnungen) leicht kontrahiert waren, öffneten alle Schwämme die Oscula. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf aktiven Wassertransport durch den Körper.

Für die beiden hauptsächlich untersuchten Arten *Cinachyra antarctica* and *Stylocordyla borealis* konnte das vorkommende Größenspektrum gut abgedeckt werden. Feuchtgewichte lagen bei 2 bis 75 g für die erste Art und bei 1.5 bis 64 g für die zweite.

Aus den Sauerstoff- und Silikatabnahmen im Wasser werden die Respirations- und Silikat-Aufnahmeraten errechnet, sobald das Trockengewicht und das aschefreie Trockengewicht bestimmt sind.

Literatur

Barthel D. (1995): "Tissue composition of sponges from the Weddell Sea, Antarctica: not much meat to the bones" in Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 123 pp 149-153

Grasshof K. et al. (1983): "Methods of seawater analysis" Weinheim, Chemie Verlag, 419p

Holst G. et al. (1997): "A microoptode array for fine-scale measurement of oxygen distribution" in Sensors and Actuators B Vol. 38-39 pp 122-129.

3. Danksagung

Die erfolgreiche Durchführung unseres Fahrtabschnitts war vor allen durch die wirkungsvolle und freundschaftliche Zusammenarbeit von Besatzung und wissenschaftlichen Fahrtteilnehmern möglich. Wir danken deshalb Kapitän Keil und seiner Besatzung für tatkräftige Unterstützung, die unseren Fahrtabschnitt nicht nur zu einem wissenschaftlichen Erfolg werden ließ, sondern für uns auch ein Erlebnis darstellt, an das wir uns gerne erinnern werden. Unser Dank gilt auch zahlreichen Kolleginnen und Kollegen, die an der Vorbereitung dieser Reise beteiligt waren und damit zu unserem Erfolg beigetragen haben.

1. Leg ANT XV/4 Punta Arenas - Cape Town

1.1 Summary und itinerary

The "Polarstern"-cruise ANT XV/4 started on 28 March 1998 in Punta Arenas and lead to the Weddell Sea (Fig. 1). The major scientific aim of the cruise was to investigate the role of the Weddell Sea in the global climate system. The cruise consisted of two parts - the first took place in the western Weddell Sea and the Weddell-Scotia Confluence, the second concentrated on the Southern Ocean between the coast of Antarctica and the Subtropical Front off South Africa, mostly along the Greenwich Meridian.

A major part of the deep and bottom waters of the global ocean are ventilated by water mass formation in the Weddell Sea. Its intensity controls the global thermohaline circulation and consequently the effect of the ocean on large scale climate variations. Water mass formation in the Weddell Sea is driven by cooling in winter and consequent sea ice formation, as well as by the interaction between the ocean and the ice shelves. On the shelf, water masses dense enough to sink to the bottom of the Weddell Basin can be generated. During their descent they mix with ambient water masses and are carried with the cyclonic Weddell Gyre circulation to the north, where they partly leave the Weddell Sea towards the Antarctic Circumpolar Current and partly recirculate.

The outflow in the western Weddell Sea consists of near surface, intermediate, and deep components. The near surface water is, to a large extent, shelf water from the Weddell Sea which, in the area of the Weddell-Scotia Confluence, encounters water from the Antarctic Circumpolar Current. The confluence gives rise to a system of two fronts, the Weddell and the Scotia Front. These fronts enclose a water mass whose properties result from the mixing of the converging water masses and the local atmosphere-ice-ocean interaction. If this water crosses the South Scotia Ridge at intermediate depth and sinks along the front, it may contribute to the ventilation of the deep global ocean without ever having been bottom water in the Weddell Sea, the traditionally assumed ventilation area. The deep components of the Weddell Sea water flow along the South Scotia Ridge to the east and pass through gaps to the north to fill the deep basins of the Atlantic and Indian Oceans.

At the Greenwich Meridian water masses modified in the eastern Weddell Sea by injection of circumpolar water masses flow westward in the southern part of the gyre. At the gyre's northern rim modified deep water and newly formed bottom water recirculate to the east. During the past years the Warm Deep Water, injected from the Antarctic Circumpolar Current, became warmer and saltier. The bottom water in the Weddell Basin increased its temperature by approximately 0.01 K per year since 1989. The present data set indicates significant regional differences of these variations. In the Western Weddell Sea the warming of the Warm Deep Water and Weddell Sea Bottom Water continued; in the interior of the gyre cooling occurred. The transition from the Antarctic Circumpolar Current to the Weddell Gyre is shifted south from 1996 to 1998, which might indicate a new warming event for the interior. The regional displacement of these variations may indicate if and how local

atmosphere-ice-ocean interaction and the inflow of water masses from the north affect the bottom water formation.

Of particular interest are variations affecting the stability of the water column and the atmosphere-ice-ocean interaction west of Maud Rise. In this area a large open ocean polynya was observed in the seventies, leading to open ocean formation of deep water. The transition of water mass formation processes occurring on the continental slope to those in the open ocean can cause abrupt changes and may affect the global thermohaline circulation.

The operations concentrated on four regional components: The outflow from the southern Weddell Sea into the Weddell-Scotia Confluence, the exchange between the Weddell Sea and the Antarctic Circumpolar Current within the Weddell-Scotia Confluence, the exchange of water masses between the eastern and the western Weddell Sea across the Greenwich Meridian, and the structure of the Antarctic Circumpolar Current at the Greenwich Meridian. For this purpose, the water mass properties and currents were measured with a CTD-probe (Conductivity/ Temperature/Depth) combined with a rosette water sampler and an ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) along hydrographic sections. From the water samples measurements of the following tracers were carried out: CFCs (Freon-11 and Freon-12, Freon-113, CCl₄), tritium, ³He and He. CFCs were measured on board by gas chromatography. The other tracers were collected for subsequent analyses on shore. Salinity was measured from the water bottles to calibrate the CTD and to control the water samplers. Current meter moorings were recovered and redeployed along the Greenwich Meridian and in the western Weddell Sea off Joinville Island, and deployed along the South Scotia Ridge west of the South Orkney Islands.

The physical oceanography programme onboard is part of the international DOVETAIL project (Deep Ocean Ventilation Through Antarctic Intermediate Layers), a contribution to the SCOR affiliated iAnzone programme (Scientific Committee on Oceanic Research). In this context the instruments at the moorings in the western Weddell Sea were provided by the Universitat Politècnica de Catalunya in Barcelona, Spain.

A project of sea ice investigations with remote sensing techniques aimed to develop a new algorithm for cloud masking with infrared images. For this purpose in-situ data, e. g. observations of clouds and surface conditions, weather charts and radio-sonde measurements, were collected to validate the analyses.

Measurements of the CO₂ system and nutrients were performed to investigate the processes which determine the potential of the Weddell Sea to take up atmospheric CO₂. For this purpose the total inorganic carbon content, TCO₂, and the partial pressure of CO₂ (pCO₂) were measured.

A geochemistry programme aimed to investigate the potential of methane as a water mass tracer. Its concentration is influenced by the atmospheric content, as well as by production and consumption within the ocean. The ¹²C/¹³C ratio of the dissolved CH₄ provides an indication on the methane decrease in the water column due to oxidation, since this process preferentially consumes the lighter isotope. The

comparison with the distribution of other tracers is used to develop a model for the methane circulation in higher latitudes.

The microbiology programme aimed to estimate the contribution of the microbial community to the biological activity within the sea ice and the water column during autumn, and its role in the carbon cycle. For this purpose samples were collected to measure bacterial elemental diversity with X-ray microanalysis (XRMA), and to determine dissolved organic carbon (DOC) production and degradation in reference to the algal standing stock. The colonization of sinking particles was investigated with water samples from which pure strains of attached heterotrophic bacteria were isolated. The bacterial cells of the water column as well as the bacteria attached to particles will be counted after return.

Laboratory experiments on silicon uptake and release of sponges and sponge needle mats took place in the framework of the benthos programme to establish a benthic silicon budget.

The fieldwork began with XBT-deployments across Drake Passage. On 1 April we reached the operation area in the northwestern Weddell Sea. Following the recovery of a mooring we started a CTD-section. In the evening a search and rescue message for three missing members of the Argentinian Station "Orcadas" was received. They had not returned from a trip around the island by boat. At that time we were too far away to reach the South Orkneys in time and participate in the search. On 11 April a new message was received, saying that the boat was found on the shore. At this time we were near the island and our helicopter participated in the ongoing search of the missing persons. The helicopter could operate from the Argentinian icebreaker "Almirante Irizar", permitting us to continue the research. Bad weather obliged us to finish the search without any positive result.

The work in the western Weddell Sea and the Weddell-Scotia Confluence was finished on 22 April. The ice conditions were appropriate to the autumn situation. Multi-year ice floes, surrounded by newly formed ice, were advected northward from the southern Weddell Sea. However, the predominant southwesterly winds and the currents of the Weddell Gyre generated enough leads in the ice field, that no pressure was built up and work could proceed without serious restrictions.

During the passage to the Neumayer Station the wind increased to 10 Bft. The waves flushing on the deck damaged the door of the nutrient laboratory container. In spite of serious damages the container could be repaired and the nutrient measurements could be continued. Southerly winds advected cold air from the continent and new ice formed quickly. On 26 April we crossed the ice edge at 66°10'S, 21°00'W, further north than expected. However, strong winds kept the ice field open and we could reach the coast without problems.

On 28 April we reached Atka Bay. The bay was covered with a sheet of young ice broken by leads. Strong winds and bad visibility prohibited the supply operations in the morning. By the afternoon winds had calmed down sufficiently to permit helicopter flights. The station's physician from the last overwintering crew came on board after a prolonged stay at the station, and spare parts and food supplies were dispatched. The inbetween fair weather permitted helicopter flights, so that the

cruise participants could visit the station and the overwintering crew could come on board.

Research continued at the Greenwich Meridian on 29 April. The first station of the meridional transect was carried out in a polynya next to the ice shelf front. The ice consisted of small floes of young ice and heavily grinded multi-year floes. The floe sizes were too small to deploy the two sea ice buoys which we had on board. The northern ice edge at 69°15'S was reached on 30 April.

Despite of strong winds, the CTD and mooring work along the meridional transect occurred without significant delay. Seven moorings were recovered and six moorings were deployed during rough weather. The deployment of the mooring on top of Maud Rise had to be cancelled because of ongoing bad weather. At 60°S a section to the southeast was planned to identify a northward branch of the Weddell Gyre flow. This branch was deduced from earlier measurements, resulting in a much stronger gyre transport at the Greenwich Meridian than off Kapp Norvegia. Due to bad weather this plan had to be abandoned. To resolve the frontal system XBTs were launched between CTD stations from 57°S on northward.

During ANT XV/4 the Weddell Front was located further south than during earlier surveys. The progress of circumpolar water induced a significant warming at the level of the Warm Deep Water, in contrast to the cooling observed at the southern part of the transect. Compared to earlier cruises, few icebergs were observed along the transect; none of the few was suited to deploy a buoy as planned.

The section continued along the Greenwich Meridian as far as 48°S. There, it turned to the northeast. The last station (No. 136) was carried out at the Subtropical Front at 39°25'S, 11°48'E. XBTs were launched and ADCP data were recorded up to the 200-sm zone of South Africa. The cruise ended on 23 May 1998 in Cape Town.

2. Scientific programmes

2.1 Investigations of the atmosphere

2.1.1 Weather conditions

Rüdiger Hartig, Herbert Köhler (DWD)

"Polarstern" left Punta Arenas on 28 March 1998, heading towards the Antarctic Peninsula. The Drake Passage, known for frequent gale activity, was crossed under fair weather conditions. Winds from the west to northwest and occasional sunshine were observed. "Polarstern" reached the Antarctic Peninsula on 1 April.

1 to 11 April 1998, section from the Antarctic Peninsula into the central Weddell Sea at 66°S, 25°W

Low pressure systems, developing leeward of the Antarctic Peninsula and moving east across the northern Weddell Sea, dominated the synoptic situation in the northwestern Weddell Sea. These lows had only minor weather activity over sea ice, but intensified with moderate snowfalls over open water. The wind reached gale force on 10 and 11 April. Otherwise westerly winds around force 5 prevailed. The temperature ranged from -2 to -12°C. The region between 50° and 40°W was up to 80% ice covered; 50% consisted of multi-year ice up to 3 m thick.

Few climatological data are available for this region. Meteorological measurements at the stations on the Antarctic Peninsula are influenced by orographic effects. Measurements taken at the South Orkneys are affected by the westerly wind regime, and may not be representative for the weather near the Peninsula. A rough idea about the weather conditions is given in "The Antarctic Pilot, 4. Edit. 1974, Part C, Chap.1, 66ff". Based on this report, we expected an equal amount of easterly and westerly winds with forces smaller than 5 Bft. The mean temperature rises only a little above freezing in summer and drops to -15°C in winter. Although nearly no easterly winds occurred during ANT XV/4, no significant differences from the climatological values were evident.

12 April to 21 April 1998, Weddell-Scotia Confluence

At the beginning of this period polar air with temperatures around -10°C was advected by winds from the south and southwest with forces 4 to 7. Fields of broken sea ice with rapid development of nilas between the flows prevailed south of 61°S. The area around the South Orkneys was sea-ice free, except for some icebergs. From 16 to 19 April the weather changed to a strong northwesterly regime. Air with temperatures slightly above freezing was advected by winds of force 7. The warm air over colder water induced mist, fog, and drizzle. Three days with fog were observed, corresponding to 50% of the expected value according to the climate table of the station "Islas Orcadas Sur" (period 1971-1980). Towards the end of this period cold air was advected from the southwest.

Wind measurements recorded during ANT XV/4 by "Polarstern" are displayed in Fig. 2. From 12 to 21 April northwesterlies with force around 6 Bft prevailed. The

"Polarstern" data were compared with climatological data (April) of the "Islas Orcadas Sur" weather station (Fig. 3). Winds from the south, southwest, and west were observed more frequently than expected, and the average wind speeds were higher. The occurrence of northerlies was comparable to the climatological data. Easterlies were exceptional and are not displayed.

22 to 28 April 1998, sailing to Neumayer Station

Southwesterly winds with force around 6 prevailed. In the night from 25 to 26 April the low pressure system intensified rapidly as it moved from the sea ice to open water. Wind speeds increased to force 10, with gusts of force 12. With this southwesterly flow continental cold air (between -10 and -15°C) was advected far to the north. The sky varied between fair and cloudy. The ice coverage was about 90%: 70% of first-year ice and 20% of multi-year ice.

29 April to 21 May 1998, section along the Greenwich Meridian

In the vicinity of the Antarctic coastline winds from the east and southeast with force around 7 prevailed, inducing a 3-m swell in the open water. The ice edge was encountered at 69°S. Temperatures ranged from -6 to -11°C. Progressing northward, westerly and northwesterly winds dominated (Fig. 4). Wind speeds increased to force 8 and more. No heavy gales (stronger than Bft 10) occurred. The winds produced an average swell of 6 m, but periods with gales lasting for several hours increased the swell to 10 m. North of 60°S both the water and air temperatures reached positive values. A few icebergs were observed as far north as 55°S.

21 to 23 May 1998, sailing to Cape Town

On the way to Cape Town "Polarstern" reached the subtropical high pressure zone. Fair weather, westerly winds between forces 4 and 7, and temperatures gradually rising to 17°C were observed. "Polarstern" reached Cape Town on 23 May.

2.1.2 Validation and application of a cloud masking algorithm

Norbert Schlüter (IUPF)

During ANT XV/4 data were collected for the HYPAM C (remote sensing of hydro-meteorological parameters by microwave radiometry in polar regions) project. This project is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft and aims to develop a new algorithm for cloud masking using infrared and microwave data. First versions of the algorithm were tested during the cruise.

Satellite data of the two satellite series DMSP (Defence Meteorological Satellite Program) and NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) were received to analyse atmospheric profiles. The DMSP satellites consist of the sensors OLS (Operational Line-scan System, two channels in the infrared and visible spectral range), SSM/I (Special Sensor Microwave Imager, 7 channels in the microwave range), and the microwave sounders SSM/T1 (Special Sensor Microwave Temperature) and SSM/T2 (Special Sensor Microwave Water Vapor). The NOAA satellites are equipped with an AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) with 5 channels in the visible and infrared spectral range. A total of 230 DMSP passes and 160 NOAA passes were stored. In order to overview this large data set (ca. 20 GByte), a catalogue with visible and infrared images, as well as images showing the sea ice concentrations were generated. Examples for the sea ice concentrations from a microwave sensor are given in Figs. 5 and 6.

Meteorological data were collected to improve the analysis of the satellite data. The daily radiosonde measurements were supplemented by 37 additional launches. Because of the high temporal variability of the atmosphere they had to coincide with the DMSP passes. The radiosondes measure profiles of air temperature, relative humidity, and wind in heights up to 33 km. In order to validate the radiosonde measurements, the cloud top and bottom levels were observed with helicopters. The weather charts and the hourly synoptic observations (clouds, precipitation, sea ice, wind) were stored.

The analysis focused on the application of an algorithm for cloud masking with infrared data. Ice concentration and the location of the ice edge were estimated using microwave data and an algorithm developed in IUPF. An iceberg, recently formed near the Larsen Ice Shelf, was monitored using cloudfree scenes from infrared and visible satellite images. The radiosonde data were compared with infrared satellite images. The cloud top level temperatures were in good agreement, especially in cases of homogeneous cloud cover.

To fully exploit the potential of the obtained data set, more analyses are necessary. Selected infrared images will be visually classified and used to train a neural network for automatical classification. In addition, sequences of images will be analysed to take advantage of the different dynamics of sea ice and clouds. The radiosonde measurements will be used to analyse the data of the SSM/T1 and SSM/T2 sensors.

2.2 Physical oceanography

2.2.1 Deep and bottom water formation in the Weddell Sea

Eberhard Fahrbach, Martin Frenzel, Sabine Harms, Antonio Härter Feter, Alexej Iaremchouk, Jens Langreder, Sven Loske, Katrin Meissner, Carlos Mir Casanovas, Matthias Monsees, Adriene Pereira, Gerd Rohardt, Michael Schröder, Andreas Wisotzki, Hannelore Witte (AWI, FURG, ICM, IUPT)

Objectives

A major part of the deep and bottom waters of the global ocean are ventilated by the injection of waters from the Weddell Sea. Cooling in winter, sea ice formation, as well as the interaction between the ocean and the ice shelves induce water mass modifications, and water masses dense enough to sink to the bottom of the Weddell basin may be formed. During their descent they mix with ambient water masses and are carried with the cyclonic Weddell Gyre circulation to the north, where they partly leave the Weddell Sea towards the Antarctic Circumpolar Current and partly recirculate.

The outflow in the western Weddell Sea consists of near surface, intermediate, and deep components. The near surface water is, to a large extent, shelf water from the Weddell Sea which, in the area of the Weddell-Scotia Confluence, encounters waters from the Antarctic Circumpolar Current. The confluence gives rise to a system of two fronts, the Weddell and the Scotia Front. These fronts enclose a water mass whose properties result from the mixing of the converging water masses and the local atmosphere-ice-ocean interaction. If this water crosses the ridge system at intermediate depth and sinks along the front, it may contribute to the ventilation of the deep global ocean without ever having been bottom water in the Weddell Sea, the traditionally assumed ventilation area. The intermediate components consist of the upper part of the Weddell Sea Deep Water found in the central Weddell Sea below 1250 m. At this depth outflow may occur over large parts of the South Scotia and North Weddell Ridges. The deep components of the Weddell Sea water flow along the South Scotia Ridge to the east and escape through gaps to the north, where they fill the deep basins of the Atlantic and Indian Oceans.

At the Greenwich Meridian the water masses, modified in the eastern Weddell Sea by injection of circumpolar waters, flow westward in the southern part of the gyre. In the north water modified in the gyre and newly formed bottom water recirculate to the east. During the past years the water coming from the Antarctic Circumpolar Current and the bottom water in the central Weddell Sea became gradually warmer. The regional distribution of the variations are used to examine if and how local variations of the atmosphere-ice-ocean interaction and the inflow from the north affect the bottom water formation. Of particular interest are variations affecting the stability of the water column and the atmosphere-ice-ocean interaction west of Maud Rise. Here, a large open ocean polynya was observed in the seventies, leading to open ocean formation of deep water. The transition of water mass formation processes over the continental slope to those in the open ocean could cause abrupt changes with effects on the global thermohaline circulation.

The physical oceanography programme onboard is part of the international DOVETAIL project (Deep Ocean VENTilation Through Antarctic Intermediate Layers), a contribution to the SCOR affiliated iAnzone programme (Scientific Committee on Oceanic Research). In this context the instruments on the moorings in the western Weddell Sea are provided by the Universitat Politècnica de Catalunya in Barcelona, Spain. The cruise track in the Weddell-Scotia Confluence is partly a repeat of a survey carried out with the U.S. ice breaker "Nathaniel B. Palmer" in August 1997.

Work at sea

The programme consisted of measurements from the ship using the CTD probe (Conductivity and Temperature with Depth) connected to a water sampler, XBTs (eXpendable Bathythermographs), and both ship-borne and lowered ADCPs (Acoustic Doppler Current Profiler) (Appendix 2). To obtain time series, 12 moorings were recovered and 16 were deployed (Appendix 1). 10 of the deployed moorings were conventional ones and 6 were expendable. Regionally these operations focused on four components:

1. To measure the outflow from the northwestern Weddell Sea into the Weddell-Scotia Confluence, a hydrographic section, consisting of 28 stations, extended from Joinville Island to the southeast (Fig. 7a and 8). This section is termed Joinville section. It represents the fifth repeat since 1989. 5 moorings were recovered and 3 were deployed along this section (Fig. 7b and 17; Appendix 1, Tab. 1 and 2).

2. To determine the water mass properties in the Weddell-Scotia Confluence, two quasi-meridional hydrographic sections with 39 stations were carried out, one east of the South Orkneys and the other one west of the islands (Fig. 7a, 9, 10). These sections are called South-Orkney-east and South-Orkney-west sections. A section with 7 CTD-stations was carried out across the northern boundary of the Powell Basin, extending west-east along the South Scotia Ridge towards the Scotia Sea (Fig. 7a and 11). This section is called Powell-Basin-boundary section. 6 expendable and 1 conventional mooring were deployed along this section (Fig. 7b and 18; Appendix 1, Tab. 2).

3. To measure the exchanges between the eastern and the western Weddell Sea, a hydrographic section with 38 stations was carried out along the Greenwich Meridian. This section extended northward from the ice shelf front at 69°38.5'S to 55°S (Fig. 7a and 12), and was previously measured in 1992 and 1996. Along this section 7 moorings were recovered and 6 deployed (Fig. 7b and 19; Appendix 1, Tab. 3 and 4).

4. To determine the structure and transport of the Antarctic Circumpolar Current, a hydrographic section was carried out along the Greenwich Meridian from the northern boundary of the Weddell Gyre (55°S) to the Subtropical Front (48°S; Fig. 7a and 12). At 48°S the section turns to the northeast and ends at 39°25'S, 11°48'E. For simplicity the complete section will be called Greenwich-Meridian section, despite its deviation from that longitude. To resolve the frontal system, XBTs were launched between CTD stations at approximately 10 nm distance from 57°S on northward.

The hydrographical work was carried out using CTD probes and water bottle release mechanisms built by Falmouth Scientific Instruments (FSI). Two instruments of the type Triton ICTD, SN 1347 and SN 1360 were used. The water samples were taken with a 21-(12-l)-bottle rosette from General Oceanics Inc..

The accuracy of the data set is determined by laboratory calibrations both before and after the cruise. Each CTD is equipped with two temperature sensors. The stability of these sensors is controlled by comparing both readings. For both instruments the calibrations before and after the cruise were performed by the Scripps Institution of Oceanography. For both sensors the temperature drift in the relevant temperature range was less than 1 mK. Thus, the pre-cruise calibration coefficients were used. Quality control onboard the ship was performed using 7 electronic thermometers from SIS (SIS Sensoren Instruments Systeme GmbH, Kiel), calibrated by the manufacturer. Deviations from the sensor readings occurred due to scatter in the thermometer readings. If noise is taken into account the sensors' accuracy amounts to 2 mK.

For both CTDs pressure calibrations were performed before and after the cruise at Scripps. No change was recorded between the pre- and postcruise calibrations. The accuracy of the pressure readings is better than 2 db. Quality control onboard the ship was performed using 7 electronic pressure gauges from SIS (SIS Sensoren Instruments Systeme GmbH, Kiel). The instruments were calibrated by the manufacturer.

The conductivity was corrected using salinity measurements from water samples. IAPSO Standard Seawater from the P-series P133 was used. A total of 2649 water samples were measured using a Guildline Autosol 8400B. On the basis of the water sample correction, salinity is measured to an accuracy of 0.002.

To determine distance above the sea floor, the CTD was equipped with an altimeter from Benthos Undersea Systems Technology Inc. Two transmissometers with a 25-cm light path from SeaTech Inc. were used, but after a few stations both were damaged by water leaking.

At all stations oxygen samples were taken from the entire water column (in total 2915 samples). The determination of oxygen was carried out according to WOCE standards for O₂ measurement (Carpenter, 1965). Two radiation counters from SIS (SIS Sensoren Instruments Systeme GmbH, Kiel) were used. 346 double samples, amounting to 10 % of the samples and covering the entire range of O₂ values (180-350 μmol/l), were taken. Using these data, a percentage error of 0.1% was obtained. Oxygen profiles were not measured because oxygen sensors fail under freezing conditions.

A self-contained narrow band ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) from RD Instruments, San Diego, with 153.6-kHz transducers was mounted on the CTD. The instrument was lowered with the CTD, and every 300 m a current profile was measured. From the sequence of individual profiles, one full-depth profile was constructed. Near-bottom measurements were disturbed by bottom reflections. Towards the end of the cruise the instrument failed, and a close inspection of the instrument by RDI was required. Altogether 131 LADCP profiles were obtained.

These were processed with a program supplied by the Institut für Meereskunde Kiel (J. Fischer and M. Visbeck, Deep Velocity Profiling with self-contained ADCPs, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 10(5), 764-773, 1993). The vessel-mounted narrow band ADCP from RD Instruments, San Diego, with 153.6-kHz transducers worked continuously. The data will be processed in Bremerhaven by means of CODAS.

Navigational data was continuously analysed. Stable heading data with an accuracy of 0.1° was provided by the MINS (Marine Inertial Navigational System), a combined navigation equipment based on a laser ring gyro. In order to get information about the drift and to calculate the course made good, a "Sky Fix System" GPS (Global Positioning System) was used. This differential GPS uses the communication satellites of the Inmarsat system to correct the absolute position. For navigational use and in combination of the bathymetric survey with the hydrosweep-system the two navigational aids (Gyro and GPS) are combined by use of a filter. Failures or position jumps of GPS were filtered and smoothed out. By this means a reliable and good description of the ship's movement is achieved. The accuracy of the ship's position in the 1-second values is better than 50 m.

During the crossing of Drake Passage, along the transect from $62^\circ 28'S$, $36^\circ 38'W$ to $65^\circ 45'S$, $22^\circ 17'W$, and along the transect at the Meridian of Greenwich starting at $57^\circ S$ up to the 200-nm zone of South Africa 196 XBT-7 from Sparton of Canada Ltd., London, Ontario were launched (Abb. 13, 14, 15 and 16, Appendix 3). The data were directly transmitted by satellite into GTS.

Preliminary results

The measurements along the Joinville-section, spanning the outflow from the southern Weddell Sea into the Weddell-Scotia Confluence, display features comparable to those observed during earlier surveys (Fig. 7a and 8). The surface waters are relatively warm, in accordance with the autumnal situation. The thermocline from the Winter Water to the Warm Deep Water is deeper than in 1996, resulting in a temperature decrease at 500 m depth. The depression of the thermocline at the boundary of the gyre corresponds to an intensification of the boundary current. The temperature of the Warm Deep Water above the upper continental slope increased by as much as 0.1 K since 1996. This warming trend is not evident between stations 16 and 19, where the complete water column, except the surface water, is colder than in 1996. This is consistent with an intensification of the boundary current which, in this area, is deflected into the Powell Basin. On the slope the Weddell-Sea-Bottom-Water layer is subject to strong spatial variation. Therefore, a trend analysis requires further effort.

The quasi-meridional sections east and west of the South Orkneys across the Weddell-Scotia Confluence (Fig. 7a, 9 and 10) indicate that the band of Warm Deep Water with temperatures above $0.6^\circ C$ penetrates into the Powell Basin and recirculates along the continental slope of the South Orkneys to the southeast. The temperature increase of the Warm Deep Water is clearly visible between stations 19 and 21. Here, the section reaches the southern part of the boundary current which has made its way through the Powell Basin and follows the southern continental slope. At the South-Orkneys-east section the current band is located between stations 34 and 38 (Fig. 9).

Across the ridge extending from Joinville Island to the east, Weddell Sea Bottom Water enters the Powell Basin and fills the near-bottom layers with water colder than -1°C (Fig. 10). Comparable temperatures occur at the Joinville section on the continental slope below 1000 m, but are not observed at the South-Orkney-east section. There, the coldest temperatures of -0.8°C appear at the foot of the continental slope. At the boundary of the Powell Basin to the Soctia Sea near-bottom water at a depth of approximately 1500 m reaches temperatures of only -0.3°C (Figs. 7a and 11). We conclude that shallower parts of the bottom water enter and leave the Powell Basin before the western end of the Powell-Basin-boundary section. Consequently, there is direct outflow of bottom water into Bransfield Strait.

Bottom water colder than -1.0°C , observed at the Joinville-Island section between 1500 and 3000 m (i.e. at a depth greater than the sill depth), is not observed further to the north or to the east. To cross the sill, this water must be modified through mixing. The spreading of the isolines on the slope of the Powell Basin (Fig. 10) suggests that the bottom water, injected into the Basin along the slope, mixes with adjacent water masses. Consequently, the water with temperatures around -0.3°C , found in the Powell Basin, contains a significant amount of Weddell Sea Bottom Water. Since this water mass fills the southern slope of the trench north of the Powell Basin to a depth of 5000 m, a significant amount of Weddell Sea Bottom Water must be mixed, so that it can leave the Weddell Sea through the Powell Basin as a relatively shallow water mass. It is still dense enough, however, to fill the deep basins of the South Scotia Trench. Since in this area the temperature of the Warm Deep Water decreases towards north, it must have originated in the Weddell Sea.

The meridional section along the Greenwich Meridian, extending from the ice shelf front at $69^{\circ}38.5'\text{S}$ to 55°S , shows the well known structure of the Weddell Gyre: a central dome of cold water and descending isotherms towards the northern and southern edges (Figs. 7a and 12). Compared to 1996 the flanks of the dome became steeper. North of Maud Rise the slope is particularly steep, corresponding to a strong current to the west. The geostrophic currents and the results from current meter mooring 229 agree well in that sense. Within a band of 100 km width a volume transport of about 20 Sv to the west was derived. Further contribution to the westward transport results from a less intensive current band south of Maud Rise, and from the Antarctic Coastal Current. The steepening of the slope of the isotherms north of Maud Rise leads to a cooling of the southern part of the gyre.

On the northern side of the gyre intensive mesoscale structures were found. The correlation with the bottom topography and the northeastward direction of the currents suggests topographically induced meanders. During earlier surveys along the Greenwich Meridian no mesoscale structures of that intensity were found. On average the structures give origin to a warming on the section since 1996. The southward shift of the transition zone from the Antarctic Circumpolar Current to the Weddell Gyre from 1996 to 1998 might indicate the start of a new warming event for the interior.

The section across the Antarctic Circumpolar Current, from the Weddell to the Sub-tropical Front at $39^{\circ}25'\text{S}$, $11^{\circ}48'\text{E}$, indicates that both the Weddell and the Polar Front were shifted towards the south. In 1996 these two fronts were already further south than in 1992. This southward shift may be due to interannual or seasonal va-

riability or both. Since 1992 a significant warming of 0.25 K of the deep water near the bottom above the northern slope of the Southwest Indian Ridge was observed.

2.2.2 Investigations of acoustic location of moorings

Alexeij Iaremchouk (AAI)

Objectives

Acoustic methods are used to locate and release moorings. However, only rarely signals from the deployed instruments can be received by the ship, whereas the releases receive the transmitted signals and operate properly. The extent, to which the ship's noise or natural perturbations affect the sound propagation, were investigated.

Work at sea

The tests indicated that all used positioning systems exhibit similar behaviour, mainly determined by the parameters of the sounding signals. The vessel noise was found to have the most significant impact on performance of the acoustic instruments.

During the cruise special measurements of the arriving beacon signal and of the vessel noise in the close-field zone were conducted. The collected data made it possible to evaluate the actual signal-to-noise ratio and operating range of the transponder systems. See the final report for details.

Preliminary results

- (1) The impact of currents on operation of ranging systems is negligible: practically, currents do not deflect rays neither cause extra attenuation of the signal; the Doppler shift of frequency is also very small.
- (2) Stratification of water has no influence on deep transponders, but may cause a significant extra attenuation of a signal coming to the vessel from a beacon floating underneath the ice at a depth of 50 to 100 m. Extra attenuation occurs when a beacon happens to be inside of an acoustic channel, i.e. in layers with small sound velocity. Actual attenuation may be estimated with the aid of computer programs (see the final report).
- (3) The vessel noise is the main factor limiting the operating range of a transponder system. Its level at the depth of 10 to 20 m amounts to about 0.1 to 0.3 Pa/ $\sqrt{\text{Hz}}$ when "Polarstern" is at rest, and probably about 25 dB more when she moves. The noise is produced by turbulent eddies and air bubbles clouding around the body of the vessel, the decrease in level is only expected at distances large enough in comparison with 100 m (no accurate estimate is available). The working range of the transponder systems with the short transducer cable is expected to be about 300 m. When the system is operated from an ice floe far from the vessel, the range is expected to increase up to 5-8 km (depending on frequency).

(4) On average the ambient noise does not exceed the level of -55 dB relative to $1 \text{ Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ and is small in comparison with the vessel noise. See the description of computer programs for prediction of the ambient noise level in the final report.

(5) Because of possible multipath arrivals of the beacon signal, the vessel transducer should not be placed closer than 8 m to the water surface or the body of the ship (MORS and EG&G systems). The Benthos system with its long (two seconds) messages must always suffer from multipaths arrivals which can additionally reduce the operating range.

Recommendations

(1) In order to protect the deck receiving transponder from the vessel noise, one may try to construct a baffle. The transducer size is about the wavelength, and this implies that the far field zone starts approximately at distances of 20 to 50 cm from the transducer. A baffle in the far field zone appears to be unacceptably large (about 1 m in radius), even for a deep transducer. Constructing a close field baffle is very complicated and must be controlled by measurements. Also, an effective baffle will make the hydrophone looking strictly downwards. Therefore, the use of a baffle is not feasible.

(2) The most promising, realistic, and cost effective way to improve the situation is to change the shape and duration of the signal transmitted by the beacon. Increasing duration of the signal to 1-4 s will result in an increase of the signal-to-noise ratio by 20-25 dB, and consequently the operating range will reach at least 3-6 km. The frequency of the signal should not be kept constant but should be linearly increased with time. Then, scanning through the range of 1 kHz formally results in ranging accuracy of 1.5 m which is enough for mooring search. The working frequency band should be set to 8-12 kHz (a tradeoff between sound absorption and the vessel noise). With the spatial step of 1.5 m, about 8000 bins are needed to cover the range of 12 km; therefore, there will be no problems with digital processing.

(3) For ranging purposes it seems advantageous to periodically send signals from the beacon without synchronizing clocks with the deck unit. This results in an extra measurement, but also makes it possible to achieve the maximum allowed accuracy. Improper clock synchronization may explain the discrepancy of 55 m of the MORS ranging system against geometrical evaluation of distance.

2.2.3 Tracer measurements

Klaus Bulsiewicz, Gerhard Fraas, Oliver Huhn, Olaf Klatt und Christian Rodehacke (IUPT)

Objectives and methods

CFCs, Tritium and partially ^3He are transient tracers of anthropogenic origin. Measured distributions of these tracers provide information on the renewal of subsurface water from the ocean surface layer on yearly to decadal time scales. Sections investigated during ANT X/4 (1992) and ANT XIII/4 (1996) were repeated to evaluate the increase of the tracer concentrations in time. The comparison between the atmospheric and the in-situ increase will be used to study transport processes. The natural tracers ^3He and He will also be used to identify the water mass ventilation from the surface layer and the contribution of Ice Shelf Water.

Along the sections, the CFCs Freon-11, Freon-12, Freon-113 and CCl_4 were measured on board by ECD gas chromatography. In addition to the analyses on board, water samples for CFC were stored in flame-sealed ampoules which will be analysed in the laboratory. Water samples for Helium and Tritium were also taken. They will be extracted after the cruise and analysed with a mass spectrometer. All gases will be extracted from the Tritium samples which will then be stored for half a year. After this time a sufficient amount of Tritium will have decayed to ^3He , that it can be measured by the mass spectrometer.

Work at sea

At the hydrographical section in the western Weddell Sea, water samples for CFCs and CCl_4 were taken from the rosette water sampler using flow-through containers. Along the Greenwich Meridian, from the ice-shelf edge at $69^\circ 24' \text{S}$ to 50°S , only the CFCs Freon-11 and Freon-12 could be measured. Water had intruded into the freon system and damaged the capillary column of the gas chromatograph. With a new column (however, a different type as the old one) it was not possible to measure Freon-113 and CCl_4 . Helium (copper tubes) and Tritium (glas bottles) were also taken from the water sampler rosette. In addition to the helium samples in copper tubes, water samples were stored in flame-sealed ampoules. These samples will also be analysed in the laboratory and will provide reference measurements for the water samples in copper tubes.

In total, 106 stations were sampled and 1600 water samples for the CFCs were analysed during this cruise. In addition, 850 gas and blank measurements were taken with constant time intervals. Air samples were frequently analysed to establish the atmospheric CFC and CCl_4 concentrations. They will be used to calculate the CFC and CCl_4 saturation of the surface water. In total, 1850 water samples were collected for analyses in the laboratory, including 350 CFC water samples in glas ampoules (collected at 28 stations), 667 water samples for Helium in copper tubes (collected at 66 stations), 260 water samples in glas ampoules (collected at 33 stations) and 571 samples for Tritium (at 60 stations).

At a test station at the Greenwich Meridian at 64°30'S no CFC-free water was found, so that the blank levels of the bottles could not be established. These samples (all in the same depth of 1300 m) and replicate samples frequently drawn throughout the cruise do not exhibit any suspicious variability. Therefore, we are confident that the bottles did not contaminate the CFC samples. Another test station was made in the Cape Basin at 42°S, 6°5'E (all bottles in the same depth of 3000 m). These samples were stored in flame-sealed ampoules for analyses ashore. The water obtained at this depth is very old (Freon-11 < 0.05 pmol/kg) still above the detection limit of 2 to 3 fmol/kg. Therefore, the measurement of this samples gives additional information about the variability due to contamination of the bottles.

Preliminary results

The section across the southern Weddell Gyre, extending from the Antarctic Peninsula (Joinville Island) to 25°W, is shown in Fig. 20 (top). The layer of the high CFC concentration along the slope of the Antarctic Peninsula indicates newly formed bottom water which flows to the north. Relatively old water, enclosed by the 0.15-pmol/kg isoline, is located at a depth between 500 and 2000 m as found during ANT XIII/4 (1996).

The section from Antarctica (69°24'S) along the Greenwich Meridian to 50°S is shown in Fig. 20 (bottom). Observations along this section can be compared with data from previous cruises (ANT X/4 in 1992 & ANT XIII/4 in 1996). In the centre of the Weddell Gyre (62°30'S) water with less than 0.2 pmol/kg reaches to a depth of 2000 m. In 1996 it reached to 2500 m and in 1992 to 3500 m. The increase of the tracer concentration in the interior from below is consistent with upwelling in the Weddell Gyre. On the continental slope, a core of young water (0.75 pmol/kg) occurs at 3300 m. This was also found during ANT XIII/4. The source of this water is further to the east. The core of young water, leaning against the southern flank of the Southwest Indian Ridge, shows the flow of Bottom Water moving from the western Weddell Sea to the east. The relatively high CFC concentrations (> 0.6 pmol/kg) on the southern and northern slope of Maud Rise were higher in comparison to the previous cruises. The cause of the increase of the CFC concentration is not clear at this time.

The section extending from the Weddell Basin at 65°S across the South Orkney Plateau to 59°30'S is shown in Fig. 21 (top). In the Weddell Basin, at depths deeper than 4500 m at approximately 64°S, we found CFC concentrations with Freon-11 >2.0 pmol/kg. Similar CFC concentrations occurred in the Jane Basin at depths deeper than 3500 m. The source area of this well ventilated bottom water is near the northern part of the Antarctic Peninsula.

The section across the Powell Basin is presented in Fig. 21 (bottom). Near the centre of the Powell Basin (62°30'S) a maximum in Freon-11 concentration (>2.0 pmol/kg) occurs at a depth of more than 3000 m. This is also newly formed bottom water from the Antarctic Peninsula which follows the topography and spreads into the Powell Basin. North of the South Scotia Ridge we found, on the slope and at the bottom, Freon-11 concentrations >1 pmol/kg. This bottom water circulated counter-clockwise around the South Orkney Plateau and has been mixed with "older" water with lower CFC concentrations.

2.3 Marine chemistry

2.3.1 The carbon dioxide system in Antarctic waters

Mario Hoppema (IUPB) and Richard Bellerby (PML)

Objectives

Modifications of the global carbon cycle, by the burning of fossil fuel and changes in land use, have led to an increase in atmospheric carbon dioxide (CO_2), which has the potential to increase the greenhouse effect of the atmosphere. The deep oceans are, in principle, able to take up almost all of this excess CO_2 , but only on a time scale which is much longer than the one associated with the anthropogenic perturbations. This is related to the typical mixing and residence times of the deep and bottom waters of the oceans, which are of the order of 1000 years. Thus studies in areas where interactions between the deep and the surface ocean occur, such as the Weddell Sea, are vital for the study of CO_2 uptake and its distribution.

The objective of this project is to gain knowledge of the CO_2 distribution in the Weddell Sea, where the initial properties of a major part of the abyssal world oceans are generated. Another objective is to determine the potential of Antarctic waters to take up atmospheric CO_2 . This is especially important for the frontal regions of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) and for the regions with seasonal ice cover. Data from this cruise will be combined with data of previous cruises to address those questions

Work at sea

CO_2 parameters have been investigated along sections across the Weddell Sea, two sections across the Weddell-Scotia Confluence, and a long section from the Antarctic continent to the African continent largely following the prime meridian. Parameters that were measured include the total inorganic carbon content (TCO_2) and the partial pressure of CO_2 (pCO_2). Vertical TCO_2 profiles of the entire water column were determined from discrete water samples taken from the Rosette sampler. The pCO_2 was determined quasi-continuously from the sailing ship, only in the surface water.

TCO_2 was determined by a high-precision coulometric method using an automated sample stripping system. Briefly, the method is as follows. A sample of seawater is acidified with phosphoric acid and stripped with high purity N_2 gas. The extracted CO_2 is, with a carrier gas (pure N_2), passed through a solution containing ethanolamine and an indicator. This solution is electrochemically back-titrated to its original colour and the amount of Coulombs generated is equivalent to the amount of CO_2 in the sample. The measurements are calibrated and corrected against an internationally recognized TCO_2 standard (Dickson).

Continuous measurements of the pCO_2 in water and marine air were done using an infrared analyzer (Li-Cor). A continuous water supply is passed through an equilibrator where approximately every 4 to 5 minutes the headspace gas is analysed for its CO_2 content, thus giving pCO_2 in the surface water. Marine air was pumped

continuously from the crow's nest into the laboratory and subsampled after every fourth equilibrator reading. The measurements are calibrated with reference gases, traceable against NOAA standard gases. Final data will be available after recalibration of the reference gases ashore.

Preliminary results

Total carbon dioxide

In Fig. 22 the section across the Weddell Sea between Joinville Island (near the tip of the Antarctic Peninsula) and the central Weddell Sea is shown for TCO_2 . A general feature of the TCO_2 distribution is that, although the TCO_2 values in the Weddell Sea surface water are high compared to other surface ocean regions, they are low in comparison with the deep and bottom water. The TCO_2 minimum in the surface water is due to phytoplankton which utilises CO_2 . Below the thermocline, a TCO_2 maximum is found, associated with the temperature maximum of the Warm Deep Water. Near the bottom, where Weddell Sea Bottom Water is present, relatively low TCO_2 values were measured. This water mass originates partly from the shelf waters of the Weddell Sea, which are low in TCO_2 . The large water volume of Weddell Sea Deep Water, which lies between the bottom water and the Warm Deep Water, is merely a mixture of these two source waters with corresponding TCO_2 values.

Over the continental slope of the Antarctic Peninsula a thin layer of recently formed bottom water was observed, recognisable by its low TCO_2 values. This coldest Weddell Sea Bottom Water of the Weddell region also has the lowest TCO_2 values. Towards the coastline the isolines fall precipitously indicative of a sharp frontal feature. This is the Antarctic Slope or Shelfbreak Front, which separates the Warm Deep Water and Antarctic Surface Water from the coastal and shelf waters.

The TCO_2 maximum is the highest towards the central part of the Weddell Sea. In fact, the values observed here are higher than those of the Warm Deep Water that enters the Weddell circulation near 25°E . This implies that in the central Weddell Sea CO_2 enrichment of the Warm Deep Water occurs, which is most probably caused by the decomposition of organic material at that depth.

Partial pressure of CO_2

The measurement of pCO_2 during the entire cruise period resulted in a large, high spatial resolution data set. Only modest under- and supersaturation were observed in the area of investigation. The spatial variability in this time of the year was found to be relatively small, which is probably related to the low level of biological activity in the surface layer. The only exception being the shelf area of the South Orkney Plateau.

Frontal structures were generally reflected in the pCO_2 distribution. As an example the pCO_2 across the Subantarctic Front on the prime meridian is shown in Fig. 23. South of the front in the Polar Frontal Zone the pCO_2 is relatively constant and above saturation. On passing the front a clear pCO_2 change from supersaturation to

undersaturation was observed on a small spatial scale. Also shown in Fig. 23 is the surface temperature along this transect. Clearly, the pCO₂ signal is strongly negatively correlated with the temperature change across the front. Note that in general the correlation between the pCO₂ and the surface temperature is very high.

2.3.2 Nutrient distributions in Antarctic waters

Karel Bakker (NIOZ)

Equipment and methods

Nutrients were analysed by standard photometric methods on a Technicon TRAACS 800 rapid flow autoanalyser. The sample rate was set to 60 samples per hour, measuring about 3000 samples during the cruise. Measurements were made simultaneously on four channels: phosphate, silicate, nitrate and nitrite together, and nitrite separately. All measurements were calibrated with standards diluted in low nutrient sea water (LNSW). Subsamples from the CTD-Rosette were collected in 100-ml polyethylene sample bottles. The samples were kept cool and dark, and were generally analysed within 12 hours.

Sample statistics for stations 001 and 099/02 where all bottles were fired at one depth.

	Station 001			Station 099/2		
	avr. $\mu\text{mol/l}$	std. dev. $\mu\text{mol/l}$	%	avr. $\mu\text{mol/l}$	std. dev. $\mu\text{mol/l}$	%
PO ₄	2.2895	0.0037	0.16	2.366	0.0043	0.18
SiO ₂	131.86	0.72	0.55	128.03	0.297	0.23
NO ₃ +NO ₂		no data		34.48	0.065	0.19

Measuring ranges

In order to increase the accuracy of the measurements, an attempt was made to scale in the range for the nutrients to be measured so that the maximum was always at a level of 80-90% of full scale.

This resulted in acceptable percentage standard deviations for reproducibility of 0.18 % for PO₄, 0.23 % for SiO₂ and 0.19 % for NO₃+NO₂ as a percentage of those levels.

Calibration and standards

Nutrient primary stock standards were prepared at the home lab. The calibration standards were prepared daily by diluting the stock standards, using three electronic pipettes, into four volumetric 100-ml PP flasks (calibrated at the lab) filled with low nutrient sea water (LNSW). The values of the LNSW were measured on board and added to the calibration values to get the absolute nutrient values.

Cocktail standard

This standard acts as a reference. It is made in the home lab containing phosphate, silicate and nitrate in a solution containing 40 mg Hg₂Cl₂ per litre as a preservative. Every time it was used, it was diluted 100 times with the same 1-ml pipette and the same volumetric 100-ml flask.

In intercalibration exercises like ICES and Quasimeme our standards were within the obtainable limits to the mean of the better laboratories. There is still no absolute reference standard available, so an onboard comparison was made (to gain accuracy) with the stock standards of Ocean Scientific International OSI. Our results listed in the next table are given as 100%.

	ANT XV/4	OSI
PO ₄	100.0%	99.8%
SiO ₂	100.0%	100.3%
NO ₃	100.0%	99.6%

The other stocks compared well with OSI stocks. Another comparison was carried out by measuring deep water from the Weddell Sea sampled in 1996 and the cocktail standard used in that year.

Comparison with Weddel Sea water of 1996 and the cocktail of 1996:

	PO ₄ μmol/l		SiO ₂ μmol/l		NO ₃ μmol/l	
	1996	1998	1996	1998	1996	1998
Weddell Sea:	2.39	2.34	126.6	126.35	34.1	34.2
Cocktail 1996:	2.92	2.84	83.0	83.1	35.8	35.7
1998/1996						
Weddell Sea:	98.0%		99.8%		100.3%	
Cocktail 1996:	97.3%		100.1%		99.7%	

The data for SiO₂ and NO₃ for 1998 compare well with those of 1996. However, the PO₄ data of 1996 must be corrected with a factor 0.98 due to the fact that the calibration standard used in 1996 was only 98%. This was independently confirmed by an intercomparison (Quasimeme) and by calibrating against 100% pure potassium dihydrogen phosphate.

Cocktail standard statistics

To obtain cross run statistical values for a limited number of stations, analyses were carried out twice on the same sample from the bottle closed in the bottom layer. This gives the possibility to estimate the precision from station to station. Analyses of these "real" (cross runs) duplicates show the absolute differences for PO₄ to be 0.013 μM, for SiO₂ to be 0.80 μM and for NO₃+NO₂ to be 0.20 μM in the raw data set.

During all runs an independent "reference" standard (the cocktail) was measured as a triplicate. From all of these measurements the average value was recorded. If we assume that on this level the value of the cocktail does not change during the different cruises, then, by dividing the average of the end by the average of the different runs, we obtain a factor for all three parameters which can be multiplied with the data of that particular run to obtain corrected data. As a check on the data we again looked at the absolute differences between the "real" 96 duplicates with the following results:

	μmol/l		C.V. % (of average value sample)	
	original	corrected	original	corrected
PO ₄	0.0131	0.0097	0.60%	0.44%
SiO ₂	0.80	0.57	0.70%	0.47%
NO ₃ +NO ₂	0.197	0.158	0.60%	0.48%

Clearly, there is a significant improvement for phosphate, silicate and nitrate.

The cocktail standard is a reference standard with the three nutrients mixed into one bulk, giving for each run an idea of how the machine is performing. It is also an instrument to correct data from run to run for producing better data quality, especially in an area like the Weddell Sea where nutrient gradients in deep water are very small.

Problems

During the first half of the cruise the data were significantly better than during the second half. This was caused by bad temperature conditions in the lab container after the container door had been blown away. However, after four days, the lab container temperature was stable again, thanks to the successful repairing of the airconditioning system by the technicians of the crew.

2.3.3 Geochemistry

Katja Heeschen und Karin Fürhaupter (GEOMAR)

Objectives and methods

The atmospheric trace gas methane has increased in the last 150 years from about 700 to 1800 ppbV. At the sea surface the concentration is in equilibrium with the atmospheric content of methane. Changing atmospheric gas concentrations result in a time dependent increase of methane in the ocean. This signature should be observed in recently formed deep waters. The pattern in the water column should be similar to those of transient tracers (e. g. Tritium, CFCs). Methane is influenced by the atmospheric content as well as by production and consumption within the ocean. The measurement of the $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratio of the dissolved CH_4 will provide an indication of the extent of the methane decrease in the water column that is due to oxidation, because this process preferentially consumes the lighter isotope. On the other hand, the carbon isotope ratio of methane in the atmosphere has remained nearly constant over time.

The goal of this investigation is to separate the effects of uptake from the atmosphere and microbial oxidation on the distribution of dissolved methane. For this purpose we determined the methane content and the stable carbon isotopic ratio in the younger bottom water of the Weddell Sea and in the water masses of the Weddell-Scotia Confluence. This will lead to a larger data base of methane concentrations in the Weddell Sea and will also be used for comparison with the distribution of common transient tracers to develop a model for the methane budget in higher latitudes.

In order to measure the dissolved methane, water from the bottles is drawn into a 200-ml glass syringe two times without contact to the air. The syringe is then connected to an evacuated 500-ml bottle. As the water is drawn into this bottle from the syringe, most of the dissolved gas separates from the liquid phase. The gas is then led into an evacuated burette and compressed to atmospheric pressure by injecting a degassed brine into the bottom of the sample through a sidearm. Subsequently, 1 ml of gas is extracted and injected into a gas chromatograph equipped with a flame ionization detector (FID) to determine the mole fraction of methane in the extracted gas. The gas remaining in the burette is collected in an evacuated vial for isotopic analysis by mass spectrometry ashore.

2188 samples were taken at 4 hydrographical sections and 119 rosette stations to measure the methane content in the water column on board. The accuracy of the method (4%) was determined at two test stations where all bottles were closed at the same depth. The accuracy of the gas chromatograph (3%) was determined by using a CH_4 standard in synthetic air which was calibrated to $\pm 0.1\%$ (methane concentration: 1.936; Department for Environmental Physics in Heidelberg) for 375 times. 1306 gas samples were taken from the extracted gas of the discrete water samples in order to measure the isotopic signal of methane after the cruise in a shorebased mass spectrometry laboratory. The samples are stored in evacuated gas-tight vials (5 ml). Those samples can be determined much faster than water samples which leads to a larger data base. Because this method is expected to be less exact than immediate extraction from water samples before analysis, 84 dou-

ble samples were stored in 100-ml gas-tight headspace vials. Those specimen will be extracted ("purge and trap" methode) and measured with the GC-C-IRMS methode (Gas Chromatography-Combustion-Isotopic Ratio Mass Spectrometry methode) at the lab for comparison with the gas samples extracted on board. The water samples are stored at temperatures of 4 °C.

Preliminary results

A vertical transect from the Antarctic Peninsula to 25°W (Section 1, Fig.24) shows high values of methane (up to 2 ppbV and more) at the continental slope of the Antarctic Peninsula up to a depth of 3000 m. They can be correlated with the ventilated water from the southwestern shelves of the Weddell Sea which is transported northwards along the slope. Due to the relative new Weddell Sea Bottom Water, higher contents of methane can also be seen at the bottom of the Weddell Basin (0.625-0.894 ppbV) in comparison with the concentration measured in the central part (0.395-0.679 ppbV). Where Warm Deep Water is dominant, methane concentrations of the Bottom Water are much lower than the ones at the slope. In contrast, Warm Deep Water shows enhanced methane concentrations compared with very old water masses in the South Shetland Trench (0.4 ppbV; measured on ANT XV/2). Contents of about 3 ppbV of methane in the surface water confirmed the assumption that the concentration of methane in the surface water in higher latitudes is controlled by the partial pressure of methane in the atmosphere.

East of the South Shetland Islands (Section 2, Fig. 25) higher concentrations of methane occur north and south of the Endurance Ridge (Jane and Weddell Basin). Near the bottom, values of 1.467-1.718 ppbV are observed in a few hundred meters thick layer. It results from recently ventilated water from the western Weddell Sea transported northwards. Slightly higher concentrations (1.269 ppbV) occur at the bottom in the trench north of the South Orkney Plateau which is more than 5000 m deep. An unexplained feature was found in the subsurface water above and north of the plateau. Local concentrations of methane are up to 5.336 ppbV at a depth of 100 m. Anoxic microhabitats in particles and microorganisms could be a reason for this subsurface maximum.

In the trench north of the South Scotia Ridge with depths of more than 5000 m relatively high values (up to 1.301 ppbV) of methane are found (Section 3, Fig. 26). Even in shallower areas concentrations above 1.2 ppbV were measured. A water mass with up to 1.823 ppbV at the bottom of the Powell Basin indicates recently ventilated water from the continental shelf of the Antarctic Peninsula. It is transported northward through the basin. South of the Powell Basin this water mass can be found with values of 1.95 ppbV in 2000 m depths. The central basin contains an older water mass low in methane up to 1000 m depth with a core value of more than 0.6 ppbV. As seen in section 2 there is some oversaturated surface water with maximae in 50 m depth at a few stations.

Transect 4 along the Greenwich Meridian is not yet processed completely. However, preliminary results show methane concentrations up to 1 ppbV at bottom of the Antarctic continental slope. During the continuation of the transect a rather uniform distribution of methane (0.5 to 0.8 ppbV) was observed. Difficulties with the equipment require the correction of the data. Values at the sea surface are in equilibrium with the atmosphere.

2.4 Marine biology

2.4.1 Decomposition of sinking particles

Anja Heuchert (UFT)

Objectives

Macroscopic aggregates (marine snow) are the dominant fraction involved in the transport of biogenic carbon from surface water to the deep-sea bottom. Rapidly sinking particles in the water column, so called "marine snow", consist of dissolved and colloidal organic matter which aggregates together, e.g. phytoplankton aggregates, fecal pellets and detritus. Bacteria and protozoa seem to play an important role in decomposing "marine snow", because the main decomposition takes place in the mesopelagic zone.

In this investigation, single strains of bacteria attached to "marine snow" will be isolated. By means of these isolates, the microbial decomposition of "marine snow" by different species of bacteria will be investigated. In addition, preparations for light and electron microscopy will be made. Moreover, the fixed material has to be examined with a scanning electron microscope to determine the colonization with attached bacteria. The results will be compared with those of two cruises in the equatorial Atlantic in 1996 and 1997.

Work at sea

In order to investigate the colonization of sinking particles in the water column, ("marine snow") samples from different water depths were taken with bottles at 16 stations. Pure strains of attached heterotrophic bacteria were isolated from samples which were filtered through 5- μm or 10- μm pore-size filters to increase particle concentration.

Water samples from sediment trap 227-4 were taken to investigate bacterial density. Furthermore samples are filtered through 0.2- μm and 5- μm or 10- μm pore-size filters and fixed for 30 min in 3.7% formalin. This fixed material will be used for the *in-situ* identification of microorganisms. Fluorescently labeled rRNA-targeted nucleic acid probes allow an *in-situ* identification of individual microbial cells in their natural habitat.

In order to quantify the bacteria, samples taken by the ship's pump and filtered through 11- μm pore-size filters were fixed with formalin (2% v/v). Later the samples will be treated with the epifluorescence dye DAPI in order to count the bacterial cells of the free water column as well as the attached bacteria.

Preliminary results

The filtered particles were rather small in most of the cases and hardly visible on the filter itself. However, five different strains of bacteria have been distinguished with respect to colony- and cell morphology. Two of the strains were found at one particular station only, whereas the others occurred at various stations during the cruise. All of the obtained bacteria are rods, some of them are motile rods. It is in-

tended to investigate the metabolism of the isolates and characterise them thoroughly. As has been stated before, a quantitative count of bacterial cells will have to be performed at the lab using the epifluorescence dye DAPI. Furthermore, there will be an *in-situ* identification of the bacteria at the lab.

2.4.2. Microbial community characteristics in austral autumn from ice and sea water.

Kjell Magne Fagerbakke (IM)

Objectives

The role of sea ice as an environment for growth and survival of microorganisms in the Weddell Sea is characterized by measuring Chlorophyll *a* and DOC/POC (Dissolved organic carbon/particulate organic carbon) concentrations in ice and sea water. Measurements of DOC may increase our knowledge of the biological input in CO₂ sequestering from the atmosphere. A large contribution to it may come from the POC produced in sea ice.

Elemental compositions of microorganisms are shown to reflect their growth. If this is the case for microorganisms living in nutrients, excess (N, P) is explored by X-ray microanalysis (XRMA). From XRMA a physiological characteristic can also be made. Variation within and among the microbial communities in sea water and ice may be discovered.

Work at sea

The sampling routine was to make one station each day (in total 48). Samples of chlorophyll from 0, 20 and 100 m have been taken. Samples of POC and DOC were made from the same stations as Chl. *a*. All Chl *a*, POC, and DOC samples were frozen to be analyzed later. When sea ice was present, ice samples were taken. From the ice Chl *a*, POC, and DOC were also taken (in total 10 stations). The communities present, both in sea water and ice, were characterized by fluorescence microscope.

Preliminary results

The brown layers of first-year sea ice consist mostly of particular matter and only occasionally algae were observed. Variation in species composition indicated that different algae had different strategies for the life in ice. The dominating species in compact ice were *Stellarima microtrias* and *Dactyliosolen antarctica*, indicating that these algae are staying until the ice melt. Occasionally observations of *Corethron criophilum* in ice, and always in porous ice, indicate that this specie may easier leave the ice than the former. From the structure of ice it seems that large holes may be created during the melting period and due to this, the algae may migrate easily to the open water. Possibly algae influence the ice melting, and species found in winter ice, but not in spring ice are more effective in the melting process than *C. criophilum*. *C. criophilum* was also observed as one of the dominating species to occupy the new ice, when it is formed. During growth of artificial sea ice, phos-

phorus was not incorporated, and at the time of incorporation the organisms may explore phosphorus depletion. Nitrate and silicate levels decreased during the ice formation also. However, the level of 20 to 30 μM silicate and 10 μM nitrate may be sufficient for biological activity based on this as limiting factors.

2.4.3 The role of sponges in carbon and silicon fluxes in the Weddell Sea

Susanne Gatti (AWI)

Objectives

Flow of carbon: Antarctic sponges are supposed to grow very slowly due to low ambient water temperatures and scarce, seasonally strongly varying food supply. As sponges do not build any permanent hard skeleton parts it is impossible to assess their age by analysing such structures. Turn over rates for spicules in Antarctic sponges are not known and as for now no method exists that utilises the silicious sponge spicules for age analysis. It is therefore impossible to assess growth or age via direct methods as for example in some molluscs, echinoderms, or fishes. To provide a rough estimate of growth rates and the age of sponges, mass specific respiration rates will be established. After conversion, these will provide estimates of consumption and production rates.

Flow of silicon: In the Antarctic the silicon cycle in the water column has been studied extensively. Thus, the role of diatoms, radiolarians, and silicoflagellates is quite well understood. But so far no effort has been made to study the role of sponges in the silicon cycle. Frequently, up to 90% of the wet weight of silicious sponges (*Demospongia* and *Hexactinellida*) consist of opal (biologically synthesized silica) (Barthel, 1995). As methods for age determination in sponges are lacking it is impossible to assess how long it takes for a sponge to accumulate these enormous amounts of opal.

Work at sea

Most of the animals were collected during the previous leg (ANT XV-3). Additionally, two Agassiz trawls (AGT's) were used off Kapp Norvegia during this leg to collect fresh sponges for analysis of activity of the electron transport system (ETS).

Long term (more than three months) life maintenance of the collected sponges was successful. Individuals collected during the previous leg were in good condition. Meanwhile, most have been used for respiration experiments. Only individuals of *Monosyringa longispina* and some little hexactinellid sponges will be carried back to Bremerhaven.

Respiration experiments were carried out with unfiltered sea water in a closed but intermittently opened (whenever oxygen saturation was below 80-85%) system. Oxygen saturation in the water was determined by micro optodes (Holst et al., 1997). Constant mixing in the respiration chambers was assured using peristaltic pumps which pumped the water from the chambers to the measuring optodes and

back to the chambers. An additional empty chamber (i. e. containing water but no animal) was used in every run to compensate for bacterial respiration. During this cruise ten respiration experiments, lasting for two to three days each, were carried out. Nine individuals of *Cinachyra antarctica*, 14 individuals of *Stylocordyla borealis*, and four little specimens of hexactinellid sponges were measured. For these sponges only dripping wet weight (ww) has been determined on board. Specimens were frozen for later determination of dry weight and ash free dry weight.

To support findings of the respiration experiments the analysis of ETS was carried out with newly caught sponges and those taken from the aquaria. As ETS is based on enzyme activity and as it takes some time to assimilate or decompose enzymes, there is little or no change in ETS levels to be expected within the first hours after a catch. ETS measurements will give an estimate of maximum capacities of oxygen consumption and changes that are caused by taking sponges from their natural habitat to aquaria. It should thus be possible to assess whether or not respiration rates measured on board are a good estimate of in-situ respiration rates.

Silicate uptake: Prior to freezing, sponges coming from respiration experiments were transferred into silicate-uptake experiments. For these naigene bottles were filled with 750 ml of filtered sea water and an additional supply of liquid food (4-5 drops of Liquifry per 10 l water). As silicate uptake is an energy consuming process food limitation could limit silicate-uptake rates even when silica is present in excess. Constant bubbling with air supplied oxygen and assured mixing within the bottles. Again a control was run (naigene bottle without an animal). Silicate levels in the water were monitored by taking 20-ml samples every six to ten hours. Analyses followed the Koreleff method described by Grasshof et al (1983). Dissolution experiments with spicule mats and dead sponges will be carried out in the AWI.

Preliminary results

All specimens examined tolerated being transferred from the aquarium to a respiration chamber and later to a naigene bottle for silicate-uptake experiments apparently without problems. After an initial phase of slight constriction of the oscula all sponges opened their oscula (exhalant openings), thus showing active water transport through their systems.

It was possible to cover a good size range for both species. Individuals of *Stylocordyla borealis* and *Cinachyra antarctica* varied between 2 to 75 g and 1.5 to 64 g of ww, respectively.

From the oxygen and silicate decrease in the water respiration rates and silicate uptake rates will be calculated once dry weight and ash free dry weight have been determined at the AWI.

References:

Barthel D. (1995): "Tissue composition of sponges from the Weddell Sea, Antarctica: not much meat to the bones" in Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 123 pp 149-153

Grasshof K. et al. (1983): "Methods of seawater analysis" Weinheim, Chemie Verlag, 419p

Holst G. et al. (1997): "A microoptode array for fine-scale measurement of oxygen distribution" in Sensors and Actuators B Vol. 38-39 pp 122-129.

3. Acknowledgements

The achievements during the leg were to a large extent due to the effective and heartfelt cooperation between the ship's crew and the participating scientific personnel. We are grateful to the Master Keil and his crew for the active support which helped us to overcome difficult situations and resulted not only in a scientific success, but as well in a cheerful experience. We are grateful as well to all those who were involved in the different levels of the preparations for cruise and built up the basis for our success.

4. Beteiligte Institutionen / Participating institutions

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
<u>Brasil</u>		
FURG Department of Physics University of Rio Grande Rio Grande RS CEP 96201-900	2	4
<u>Federal Republic of Germany</u>		
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße D-27568 Bremerhaven	12	4
DWD Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Postfach 301190 D-20304 Hamburg	2	4
HSW Helicopter-Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 D-22393 Hamburg	3	4
UFT Zentrum für Umweltforschung und Technologie (UFT) Abt. Marine Mikrobiologie Universität Bremen Postfach 330 440 D-28334 Bremen	1	4
IUPT IUP - Institut für Umweltphysik Abt. Tracer-Ozeanographie Universität Bremen, FB 1 Postfach 330 440 D-28334 Bremen	6	4
IUPF IUP - Institut für Umweltphysik Abt. Fernerkundung Universität Bremen, FB 1 Postfach 330 440 D-28334 Bremen	1	4

Adresse Address		Teilnehmer Participants	Fahrabschnitt Leg
<u>The Netherlands</u>			
NIOZ	Netherlands Institute for Sea Research P.O. Box 59 1790 Ab den Burg Texel	1	4
<u>Norway</u>			
IM	Institutt for Mikrobiologi Jahnebakken 7 N-5020 Bergen	1	4
<u>Spain</u>			
ICM	Instituto de Ciencias del Mar Paseo Juan De Boron S/N 08039 Barcelona	1	4
LEM	Laboratori d'Engiyeria Maritima Universtat Politecnica de Catalunya C/Gran Capita s/n, Modul D-1 08034 Barcelona		4
<u>Russia</u>			
AAI	Andreyev Acoustics Institute Shvernika 4 117034 Moscow	1	4
<u>UK</u>			
PML	Plymouth Marine Laboratory West Hoe, Plymouth Devon, PL1 3DH	1	4

5. Fahrtteilnehmer / Cruise participants

Name, Vorname	Institut
Bakker, Karel	NIOZ
Bellerby, Richard	PML
Bulsiewicz, Klaus	IUPT
Büchner, Jürgen	HSW
Fagerbakke, Kjell Magne	IM
Fahrbach, Eberhard	AWI
Feldt, Oliver	HSW
Frenzel, Martin	AWI
Fraas, Gerhard	IUPT
Fürhaupter, Karin	GEOMAR
Gatti, Susanne	AWI
Harms, Sabine	AWI
Härter, F. F. Antonio	FURG
Hartig, Rüdiger	DWD
Heeschen, Katja	GEOMAR
Heuchert, Anja	UFT
Hoppema, Mario	IUPT
Huhn, Olliver	IUPT
Iaremtchouk, Alexei	AAI
Klatt, Olaf	IUPT
Köhler, Herbert	DWD
Krause, Peter	HSW
Langreder, Jens	AWI/IUPT
Meißner, Katrin	AWI
Mir Casanovas, Carlos	ICM/LEM
Monsees, Matthias	AWI/IUPT
Pereira Ferreira, Adriene	AWI/FURG
Rodehacke, Christian	IUPT
Rohardt, Gerd	AWI
Schlüter, Norbert	IUPF
Schodlok, Michael	AWI
Schröder, Michael	AWI
Schuster, Fritz	AWI (ab Neumayer Station)
Wisotzki, Andreas	AWI
Witte, Hannelore	AWI

6. Schiffspersonal / Ship's crew

Kapitän	Keil, Jürgen
1. nautischer Offizier	Schwarze, Stefan
Leitender techn. Offizier	Schulz, Volker
2. nautischer Offizier	Block, Michael
2. nautischer Offizier	Malz, Ingo
2. nautischer Offizier	Peine, Lutz
Arzt	Bennemann, Jürgen
Funkoffizier	Hecht, Andreas
2. technischer Offizier	Delff, Wolfgang
2. technischer Offizier	Folta, Henryk
2. technischer Offizier	Simon, Wolfgang
Elektroniker	Dimmler, Werner
Elektroniker	Fröb, Martin
Elektriker	Holtz, Hartmut
Elektroniker	Pabst, Helmar
Elektroniker	Piskorzynski, Andreas
Schiffbetriebsmeister	Loidl, Reiner
Zimmermann	Neisner, Winfried
Facharbeiter/Deck	Bäcker, Andreas
Facharbeiter/Deck	Bindernagel, Knuth
Facharbeiter/Deck	Bohne, Jens
Facharbeiter/Deck	Hagemann, Manfred
Facharbeiter/Deck	Hartwig, Anderas
Facharbeiter/Deck	Moser, Siegfried
Facharbeiter/Deck	Schmidt, Uwe
Facharbeiter/Deck	Winckler, Michael
Storekeeper	Beth, Detlef
Facharbeiter/Maschine	Arias Iglesias, Enr.
Facharbeiter/Maschine	Dinse, Horst
Facharbeiter/Maschine	Fritz, Günter
Facharbeiter/Maschine	Giermann, Frank
Facharbeiter/Maschine	Krösche, Eckard
Koch	Silinski, Frank
Kochsmaat	Beck, Walter
Kochsmaat	Tupy, Mario
1. Stewardess	Dinse, Petra
Stewardess/Krankenschwester	Wöckener, Martina
2. Stewardess	Klemet, Regine
2. Stewardess	Schmidt, Maria
2. Stewardess	Silinski, Carmen
2. Steward	Tu, Jian-Min
2. Steward	Wu, Chi Lung
Wäscher	Yu, Chung Leung

Appendix 1, Verankerungen / Moorings

Tab. 1: Verankerungen, die im westlichen Weddellmeer aufgenommen wurden.

Tab. 1: Moorings recovered in the western Weddell Sea.

Moorings	Latitude Longitude	Date Time(UTC) (1. Record)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)	Record length (days)
AWI216-2	63° 57.6'S 49° 08.8'W	06.05.96 18:00	3520	AVTP	11926	262	699
				ACM-CTD	1403	573	¹
				AVT	11885	2549	699
				AVT	11886	3474	699
				SC	631	3475	699 ²
AWI207-4	63° 43.3'S 50° 49.2'W	07.05.96 22:00	2510	ULS	08	174	³
				AVTPC	9207	270	695
				TC250	2299	505 ⁵	695
				ACM-CTD	1402	762	464 ⁴
				AVT	9767	2187	695
				TC250	2371	2198 ⁵	695
				AVT	9206	2454	695
				SC	1979	2455	695 ²
AWI206-4	63° 29.6'S 52° 06.1'W	08.05.96 20:00	952	ULS	09	150	³
				AVTP	11890	246	693
				ACM-CTD	1409	491	463 ⁶
				AVT	9401	906	⁷
				SC	1977	907	693 ²
AWI215-3	63° 19.6'S 52° 46.9'W	09.05.96 00:00	465	AVTP	11892	259	692
				AVT	9402	459	692
				SC	1974	460	692 ²
AWI234-1	62° 51.4'S 53° 40.3'W	09.05.96 17:00	284	WLR	1154	465	692
				ADCP	378	275	³
				SC	1975	280	691

Anmerkungen/Remarks:

- 1: found water inside - memory destroyed
- 2: found intense marine growth - destroyed conductivity measurements
- 3: data not processed but could retrieve complete memory contents
- 4: instruments stopped recording on August 1997
- 5: upper level of 11 temperature sensors with 25m spacing
- 6: only CTD recorded until August 1997
- 7: no data recorded

Tab. 2: Verankerungen, die im westlichen Weddellmeer ausgelegt wurden.

Tab. 2: Moorings deployed in the western Weddell Sea.

Moorings	Latitude Longitude	Date Time(UTC)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)
AWI215-4	63° 19.6'S	01.04.98	450	AVT	10496	445
	52° 47.1'W	22:25		WLR	1716	450
AWI206-5	63° 30.4'S	02.04.98	965	AVTP	11889	250
	52° 06.7'W	21:20		AVTPC	12462	500
AWI207-5	63° 42.8'S 50° 52.1'W	04.04.98 15:44	2500	AVT	10499	921
				AVTPC	209	262
				ACT100	85	647
				ACT100	86	748
				AVTPC	12463	752
				AVTPC	12443	2179
				TC100	2486	2340
				TC100	2485	2440
				AVTPC	12451	2445
				AVTPC	12452	677
MIR II	60° 34.5'S	19.04.98	1637	AVTPC	12454	1593
	49° 30.8'W	20:46		AVTPC	12454	1593
XM1A	60° 28.3'S	18.04.98	1713	VACM	1950b49	1663
	48° 27.0'W	16:05		ARGOS	14961	
XM1B	60° 28.1'S	18.04.98	1713	VACM-P	1951855	1208
	48° 27.2'W	15:56		ARGOS	14957	
XM2A	60° 28.5'S	18.04.98	1615	VACM	2218b0f	1565
	47° 58.2'W	20:07		ARGOS	9371	
XM2B	60° 28.3'S	18.04.98	1547	VACM-P	2217004	1042
	47° 58.6'W	19:52		ARGOS	14958	
XM3A	60° 38.2'S	19.04.98	1413	VACM	221fe5e	1565
	49° 52.3'W	17:34		ARGOS	14959	
XM3B	60° 38.2'S	19.04.98	1414	VACM-P	221fdd8	909
	49° 52.3'W	17:29		ARGOS	14956	

Tab.3: Verankerungen, die auf dem Nullmeridian aufgenommen wurden.
 Tab.3: Moorings recovered at the Greenwich Meridian.

Mooring	Latitude Longitude	Date Time(UTC) (1. Record)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)	Record length (days)
AWI233-2	69° 24.2'S 00° 00.0'W	16.02.97 20:00	1985	ULS	34	139	¹
				AVTP	10539	236	436
				AVT	6856	736	436
				ACM-CTD	1449A	1941	436
AWI232-2	69° 00.0'S 00° 00.0'W	17.02.97 04:00	3409	ULS	35	191	²
				AVTP	10004	297	437
				ACTP	9785	803	437
				AVT	10503	2009	437
				ACM-CTD	1454A	3366	437
AWI231-1	66° 30.0'S 00° 00.4'W	20.04.96 14:00	4520	ULS	26	170	¹
				AVTPC	9213	219	741
				SC	1976	220	³
				TC250	1104	236	741 ⁴
				TC250	1256	512	741
				AVTP	9212	788	741
				SC	630	789	741 ⁵
				AVT	9561	1815	741 ⁶
AWI230-1	66° 00.2'S 00° 09.5'E	19.04.96 18:00	3450	ACM-CTD	1390A	4476	121 ⁷
				ULS	25	51	¹
				AVTPC	9765	91	744
				SC	1166	92	³
				TC250	1102	123	744 ⁸
				TC250	1103	399	744 ⁹
				AVTPC	9215	664	¹⁰
				SC	1167	665	744
				AVT	10498	1671	744
				ACM-CTD	1411A	3406	555 ⁷
AWI229-1	63° 59.6'S 00 00.30'W	18.04.96 14:00	5186	ULS	07	165	¹
				AVTP	11888	215	746
				SC	1973	216	³
				TC250	943	240	746
				TC250	1100	515	746
				AVTPC	9786	784	746
				SC	319	785	746
				AVT	9770	2011	746
				ACM-CTD	1400A	5142	589 ⁷

Tab.3: Fortsetzung
 Tab.3: Continuation

Mooring	Latitude Longitude	Date Time(UTC) (1. Record)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)	Record length (days)
AWI227-4	59° 03.7'S 00° 02.7'E	10.01.97 04:00	4660	ULS	37	135	1
				AVTPC	10872	246	483
				ST		477	11
				ACM-CTD	1448A	684	483
				AVT	9183	1990	483
				ST		3366	11
				ACM-CTD	1452A	4615	483
AWI228-1	57° 00.0'S 00° 00.2'E	13.04.96 18:00	3872	AVTP	11887	449	545 ¹²
				ACM-CTD	1389A	810	717 ⁷
				AVT	9768	2105	759
				ACM-CTD	1387A	3827	759

Anmerkungen/Remarks:

- 1: data not processed but could retrieve complete memory contents
- 2: instrument was lost
- 3: instrument must be returned to the manufacturer to retrieve data from memory
- 4: sensors 4 to 8 failed
- 5: temperature sensor failed
- 6: rotor lost; no speed record
- 7: incomplete time series due to old firmware and battery failures
- 8: sensors 1 to 11 failed
- 9: all sensors failed during the second period of the time series
- 10: instrument destroyed due to blown up batteries
- 11: no obvious problems found
- 12: no complete time series due to empty batteries

Tab. 4: Verankerungen, die auf dem Nullmeridian ausgelegt wurden.
 Tab. 4: Moorings deployed at the Greenwich Meridian.

Mooring	Latitude Longitude	Date Time(UTC)	Water Depth(m)	Type	SN	Depth (m)
AWI233-3	69° 23.9'S 00° 00.7'W	29.04.98 19:57	2057	ULS	36	155
				AVTP	9763	248
				AVTPC	9783	749
				ACM-CTD	1453A	1954
AWI232-3	68° 59.7'S 00° 03.7'W	30.04.98 16:56	3375	ULS	39	148
				AVTPC	9201	246
				AVTPC	10492	752
				AVTPC	9214	1798
AWI231-2	66° 30.0'S 00° 01.1'W	02.05.98	4520	ACM-CTD	1385A	3304
				ULS	42	151
				AVTPC	9200	187
				CT500		
AWI229-2	63° 58.5'S 00° 04.6'E	05.05.98 18:51	5180	ACM-CTD	1386A	698
				AVT	9391	1804
				ACM-CTD	1443A	4465
				ULS	43	150
AWI227-5	59° 04.2'S 00° 04.9'E	08.05.98 14:40	4660	AVTP	10002	196
				CT500		
				ACM-CTD	1391A	707
				AVT	9186	2003
AWI228-2	56° 58.6'S 00° 01.3'E	13.05.98 14:40	3710	ACM-CTD	1392A	5134
				ULS	40	144
				AVTP	10541	254
				AVTPC	9211	692
AWI228-2	56° 58.6'S 00° 01.3'E	13.05.98 14:40	3710	SM37P	244	693
				AVT	9190	1998
				ACM-CTD	1388A	4555
				AVTPC	8418	241
				AVTP	8417	447
				AVT	9179	803
AWI228-2	56° 58.6'S 00° 01.3'E	13.05.98 14:40	3710	SM37P	245	804
				AVT	9180	2005
				ACM-CTD	1404A	3655

Abkürzungen/ Abbreviations:

ACM-CTD	Falmouth Scientific 3-dimension acoustic current meter with CTD-sensor head (CTD=Conductivity, Temperature, Depth)
ACT100	Aanderaa temperature/conductivity sensor string, 100 m length, 5 sensor pairs
ADCP	RDI Inc. Acoustic Doppler Current Profiler
AVTPC	Aanderaa current meter with temperature, pressure, and conductivity sensors
AVTP	Aanderaa current meter with temperature and pressure sensors
AVT	Aanderaa current meter with temperature sensors
CT500	10 ea. SeaBird Electronics MicroCat CT Recorder attached at 500m mooring rope
SC	SeaBird Electronics self contained CTD, type: SeaCat
SM37	SeaBird Electronics MicroCat CT Recorder
SM37P	SeaBird Electronics MicroCat CT Recorder with 3000 psi pressure sensor
ST	Sediment trap
TC100	Aanderaa thermistor cable, 100 m length, 11 sensors, 10 m spacing
TC250	Aanderaa thermistor cable, 250 m length, 11 sensors ,25 m spacing
ULS	Upward Looking Sonar Christian Michelsen Research Inc.
VACM	Oregon Environmental Instruments vector averaging current meter with temperature sensor; automatic release and ARGOS data transmission
VACM-P	Oregon Environmental Instruments vector averaging current meter with temperature sensor and pressure; automatic release and ARGOS data transmission

Appendix 2, Stationsliste/Station list

Date dd.mm.yy	Station No.	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Depth (m)	Operation
31.03.98	49/001	17.06	60°36.3'S	57°35.0'W	3971	CTD
		19.03	60°37.7'S	57°33.1'W	4203	
01.04.98	49/002	11.28	62°51.2'S	53°40.1'W	283	REC 234-1,
		12.40	62°51.1'S	53°38.8'W	280	CTD
	49/003	15.04	63°09.8'S	53°40.3'W	318	CTD
		15.38	63°09.8'S	53°40.5'W	308	
02.04.98	49/004	19.56	63°19.6'S	52°46.7'W	464	REC 215-4,
		23.45			468	CTD,RLT
	49/005	01.20	63°24.5'S	52°27.1'W	557	CTD
		02.08	63°24.9'S	52°26.3'W	567	
49/006	06.34	63°32.6'S	51°46.6'W	1452	CTD	
	07.48	63°32.7'S	51°44.4'W	1513		
	49/007	11.15	63°29.7'S	52°05.8'W	987	REC 206-4,
22.47		63°30.3'S	52°06.7'W	982	DPL 206-5,CTD	
03.04.98	49/008	00.52	63°32.9'S	51°46.2'W	1454	CTD
		02.17	63°32.7'S	51°44.7'W	1512	
	49/009	04.37	63°38.8'S	51°17.8'W	2263	CTD
		06.22	63°39.3'S	51°15.3'W	2294	
49/010	08.45	63°35.2'S	51°35.6'W	1890	CTD,REC 236-1	
	14.46					
	18.56	63°43.3'S	50°48.7'W	2612	REC 207-4,CTD,	
04.04.98	49/012	15.44	63°42.8'S	50°52.3'W	2545	CTD,CTD,CTD,CTD,
		18.07	63°47.6'S	50°26.3'W	2671	REC 207-5
	20.06	63°47.9'S	50°26.2'W	2703	CTD	
	49/013	21.53	63°50.9'S	50°02.3'W	2916	CTD
05.04.98	49/014	00.08	63°51.0'S	49°58.8'W	2991	
		03.06	63°54.0'S	49°35.2'W	3329	CTD
49/015	05.15	63°52.7'S	49°34.6'W	3319		
	07.30	63°57.5'S	49°09.0'W	3597	CTD,CTD,	
	14.08	63°54.5'S	48°58.7'W	3578	REC 216-2	
06.04.98	49/016	17.04	64°04.6'S	48°17.7'W	3990	CTD
		19.45	64°03.8'S	48°14.7'W	4029	
	49/017	22.47	64°11.3'S	47°30.0'W	4228	CTD
07.04.98	49/018	01.51	64°10.6'S	47°31.4'W	4229	
		09.45	64°25.1'S	45°48.4'W	4472	CTD
	12.55	64°23.3'S	45°45.5'W	4493		
49/019	18:22	64°37.9'S	44°09.5'W	4645	CTD	
	21:47	64°40.5'S	44°09.6'W	4619		
	03:31	64°48.0'S	42°29.9'W	4733	CTD,CTD	
08.04.98	49/020	07:50	64°45.7'S	42°27.0'W	4716	
		11:37	65°01.0'S	41°03.8'W	4781	CTD
	14:55	65°00.0'S	41°05.6'W	4779		
49/022	18:34	65°11.9'S	39°33.2'W	4788	CTD	
	21:45	65°11.9'S	39°34.2'W	4784		

09.04.98	49/023	02:03	65°27.3'S	38°01.7'W	4744	CTD
		05:08	65°27.7'S	38°02.4'W	4742	
	49/024	09:11	65°38.4'S	36°30.0'W	4796	CTD
		12:35	65°38.2'S	36°30.1'W	4791	
	49/025	16:40	65°48.7'S	34°57.8'W	4783	CTD
		19:43	65°49.2'S	34°59.0'W	4783	
10.04.98	49/026	23:59	65°58.3'S	33°20.2'W	4819	CTD
		03:26	65°58.1'S	33°19.5'W	4824	
	49/027	08:18	66°07.8'S	31°51.3'W	4819	CTD
		11:39	66°07.4'S	31°50.0'W	4820	
	49/028	17:28	66°22.2'S	29°30.1'W	4843	CTD
		20:37	66°22.2'S	29°31.1'W	4840	
11.04.98	49/029	02:12	66°37.2'S	27°07.8'W	4890	CTD
		05:21	66°37.0'S	27°06.1'W	4889	
	49/030	10:36	66°08.5'S	24°55.5'W	4944	CTD,CTD
		14:40	66°08.8'S	24°53.4'W	4949	
13.04.98	49/031	01:25	64°44.5'S	39°15.2'W	4851	CTD
		04:25	64°45.2'S	39°12.8'W	4852	
	49/032	08:12	64°16.0'S	40°00.0'W	4744	CTD
		11:24	64°16.2'S	40°00.7'W	4749	
	49/033	15:07	63°52.8'S	40°51.4'W	4602	CTD
		18:02	63°52.6'S	40°48.6'W	4609	
14.04.98	49/034	23:19	63°31.4'S	41°46.6'W	4614	CTD
		02:32	63°31.7'S	41°42.8'W	4583	
	49/035	05:33	63°24.0'S	41°59.2'W	3548	CTD
		07:52	63°23.3'S	47°57.0'W	2725	
	49/036	11:39	63°06.1'S	42°28.8'W	3814	CTD
		14:33	63°04.8'S	42°28.9'W	3823	
	49/037	17:12	62°49.3'S	42°55.8'W	3543	CTD
		19:38	62°48.5'S	42°55.3'W	3524	
	49/038	21:22	62°38.0'S	43°11.2'W	3223	CTD
		23:40	62°37.2'S	43°09.5'W	3207	
15.04.98	49/039	01:19	62°31.2'S	43°19.6'W	2110	CTD
		03:05	62°30.2'S	43°18.4'W	1978	
	49/040	05:36	62°16.5'S	43°39.6'W	1190	CTD
		06:44	62°16.0'S	43°39.6'W	1187	
	49/041	09:03	62°00.0'S	43°55.1'W	934	CTD
		10:00	62°00.0'S	43°54.7'W	935	
	49/042	13:17	61°33.2'S	43°59.8'W	532	CTD
		14:07	61°32.9'S	43°59.2'W	532	
	49/043	16:48	61°11.5'S	44°03.1'W	383	CTD
		17:20	61°12.0'S	44°03.3'W	395	
	49/044	19:07	60°56.6'S	44°04.7'W	253	CTD
		19:36	60°56.6'S	44°07.5'W	253	
	49/045	22:13	60°28.9'S	44°12.0'W	1480	CTD
		23:22	60°29.4'S	44°11.9'W	1455	
16.04.98	49/046	00:25	60°25.2'S	44°12.7'W	3286	CTD
		02:46	60°25.7'S	44°10.3'W	2874	
	49/047	03:45	60°19.8'S	44°13.6'W	4887	CTD,CTD
		11:07	60°20.4'S	44°14.1'W	4688	

	49/048	12:26	60°10.7'S	44°15.2'W	5327	CTD
		15:58	60°10.8'S	44°13.4'W	5348	
	49/049	17:35	59°57.8'S	44°18.2'W		CTD
		20:43	59°58.1'S	44°16.8'W	4822	
17.04.98	49/050	22:21	59°45.6'S	44°21.0'W	4429	CTD
		01:22	59°45.7'S	44°20.0'W	4410	
	49/051	03:06	59°30.8'S	44°22.8'W	2274	CTD
		04:51	59°30.9'S	44°19.4'W	2288	
	49/052	07:04	59°15.1'S	44°40.4'W	1165	CTD
		08:17	59°15.6'S	44°40.7'W	1167	
	49/053	19:22	59°48.8'S	48°13.8'W	4410	CTD
		22:14	59°48.4'S	48°13.0'W	4411	
18.04.98	49/054	00:49	60°01.0'S	48°13.9'W	4369	CTD
		03:51	60°00.6'S	48°13.0'W	4443	
	49/055	06:07	60°17.7'S	48°13.5'W	5274	CTD
		09:19	60°17.6'S	48°13.3'W	5281	
	49/056	12:23	60°28.7'S	48°31.3'W	1685	CTD
		13:35	60°28.9'S	48°31.3'W	1645	
	49/057	14:04	60°27.8'S	48°28.5'W	1724	CTD, DPL X1a/X1b
		16:05	60°28.3'S	48°27.0'W	1713	
	49/058	18:07	60°28.4'S	47°58.4'W	1592	CTD, DPL X2a/X2b
		20:07	60°28.5'S	47°58.2'W	1615	
	49/059	21:26	60°29.2'S	47°35.8'W	1011	CTD
		22:20	60°29.2'S	47°36.2'W	1021	
19.04.98	49/060	23:50	60°30.2'S	47°15.2'W	505	CTD
		00:30	60°30.1'S	47°15.3'W	506	
	49/061	07:14	60°29.9'S	49°00.3'W	1535	CTD
		08:36	60°28.8'S	49°00.4'W	1538	
	49/062	11:43	60°34.4'S	49°32.1'W	1631	CTD
		13:07	60°34.9'S	49°32.0'W	1646	
	49/063	15:35	60°39.5'S	49°52.2'W	1417	CTD, DPL X3a/X3b
		17:34	60°38.2'S	49°53.3'W	1414	
	49/064	19:09	60°33.7'S	49°30.4'W	1661	DPL MIR-II
		20:46	60°34.4'S	49°31.1'W	1637	
20.04.98	49/065	00:24	60°39.9'S	48°19.1'W	2349	CTD
		02:13	60°39.7'S	48°18.8'W	2339	
	49/066	04:10	60°54.7'S	48°19.0'W	2674	CTD
		06:04	60°55.3'S	48°19.6'W	2651	
	49/067	08:25	61°15.0'S	48°19.1'W	2888	CTD
		10:32	61°15.2'S	48°18.2'W	2886	
	49/068	13:09	61°33.8'S	48°37.5'W	3210	CTD,CTD
		16:37	61°33.1'S	48°37.2'W	3215	
	49/069	19:31	61°51.0'S	48°55.7'W	3364	CTD
		21:53	61°51.3'S	48°55.1'W	3360	
21.04.98	49/070	01:33	62°18.1'S	49°23.9'W	3413	CTD
		03:51	62°17.8'S	49°20.9'W	3402	
	49/071	08:42	62°36.0'S	49°42.7'W	3452	CTD
		11:03	62°36.3'S	49°42.1'W	3455	
	49/072	15:04	63°00.9'S	50°10.7'W	3179	CTD
		17:13	63°00.5'S	50°11.5'W	3308	

	49/073	19:05	63°06.9'S	50°20.0'W	2272	CTD
		20:46	63°06.4'S	50°20.8'W	2297	
22.04.98	49/074	22:56	63°18.3'S	50°32.0'W	1202	CTD
		00:03	63°17.8'S	50°33.3'W	1239	
	49/075	01:27	63°24.9'S	50°40.5'W	2172	CTD
		03:08	63°25.4'S	50°39.9'W	2247	
24.04.98	49/076	19:03	65°39.2'S	22°47.6'W	4989	CTD
		22:22	65°39.6'S	22°44.3'W	4990	
28.04.98	49/077	09:53	70°29.4'S	08°08.7'W	284	CTD, CTD,RLT,
		16:46	70°29.8'S	08°10.4'W	266	AGT, AGT
29.04.98	49/078	13:14	69°24.1'S	00°00.4'W	2830	REC 233-2, CTD,
		21:04	69°23.5'S	00°03.9'W	2000	DPL 233-3
	49/079	23:51	69°37.6'S	00°09.3'W	1789	CTD
30.04.98		01:16	69°37.4'S	00°10.3'W	1818	
	49/080	05:12	69°15.0'S	00°00.2'W	2597	CTD
		07:09	69°14.7'S	00°01.7'W		
	49/081	09:20	68°58.9'S	00°02.1'W	3456	CTD, REC 232-2,
		16:56	69°00.0'S	00°05.1'W	3375	DPL 232-3
	49/082	19:33	68°45.0'S	00°00.0'W	3645	CTD
		22:04	68°44.6'S	00°01.4'W	3730	
01.05.98	49/083	00:00	68°30.0'S	00°00.5'E	4280	CTD
		02:48	68°30.0'S	00°01.1'W	4290	
	49/084	06:01	68°00.0'S	00°00.0'W	4529	CTD
		08:58	68°00.0'S	00°00.3'W	4530	
	49/085	12:16	67°30.1'S	00°00.2'E	4647	CTD
		15:16	67°29.5'S	00°04.6'W	4641	
	49/086	19:27	66°59.9'S	00°01.8'W	4727	CTD
		22:33	66°59.3'S	00°01.3'W	2727	
02.05.98	49/087	03:15	66°14.8'S	00°00.2'W	3710	CTD
		05:45	66°14.5'S	00°00.9'W	3704	
	49/088	08:16	66°30.6'S	00°00.3'W	4565	REC 231-1, CTD,
		16:48	66°30.1'S	00°04.0'W	4580	DPL 231-2, CTD
03.05.98	49/089	00:00	66°00.0'S	01°14.0'W	4792	CTD
		03:00	65°59.9'S	01°16.5'W	4816	
	49/090	04:45	65°59.9'S	00°37.0'W	4136	CTD
		07:28	65°59.9'S	00°35.7'W	4239	
	49/091	09:11	65°59.8'S	00°00.3'W	3426	CTD, HYD
		14:00	66°00.0'S	00°00.8'E	3469	
	49/092	16:11	66°00.2'S	00°48.7'E	3182	CTD
		18:21	66°00.4'S	00°49.9'E	3217	
	49/093	20:42	66°00.0'S	01°38.0'E	2852	CTD
		22:49	66°01.1'S	01°38.0'E	2841	
04.05.98	49/094	01:10	65°59.7'S	02°27.7'E	3147	CTD
		03:11	66°00.1'S	02°29.3'E	3168	
	49/095	10:50	66°00.2'S	00°09.4'E	3580	REC 230-1
		14:08	66°00.2'S	00°11.2'E	3482	
	49/096	17:12	65°35.0'S	00°00.1'W	3826	CTD
		20:02	65°35.3'S	00°02.5'E	3776	
05.05.98	49/097	00:11	65°00.0'S	00°00.1'E	3752	CTD
		02:35	65°00.6'S	00°02.4'E	3725	

	49/098	05:42	64°29.9'S	00°00.4'E	4681	CTD
		08:42	64°30.2'S	00°01.2'E	4685	
	49/099	11:40	63°59.6'S	00°00.1'E	5217	REC 229-1, CTD,
		23:16	63°59.9'S	00°02.7'E	5205	DPL 229-2, CTD, CTD
06.05.98	49/100	02:33	63°30.0'S	00°00.7'W	5259	CTD
		05:50	63°31.2'S	00°01.0'W	5258	
	49/101	09:24	62°59.8'S	00°00.1'E	5328	CTD
		12:47	63°00.3'S	00°00.9'W	5321	
	49/102	16:08	62°30.0'S	00°00.0'W	5364	CTD
		19:32	62°30.1'S	00°00.2'E	5364	
	49/103	22:57	62°00.0'S	00°00.2'E	5388	CTD
07.05.98		02:13	61°59.6'S	00°01.9'W		
	49/104	05:29	61°30.0'S	00°00.0'W	5410	CTD
		09:07	61°30.7'S	00°01.8'W	5412	
	49/105	12:43	60°59.8'S	00°00.4'W	5424	CTD
		16:14	60°59.5'S	00°01.9'W	5414	
	49/106	19:28	60°30.0'S	00°00.1'W	5389	CTD
		23:03	60°30.5'S	00°00.2'W	5396	
08.05.98	49/107	08:32	59°03.8'S	00°00.9'E	4723	REC 227-4, CTD,
		18:03	59°02.7'S	00°06.7'E	4653	DPL 227-5, CTD
	49/108	21:11	59°30.0'S	00°00.4'E	4658	CTD
09.05.98		00:07	59°30.0'S	00°00.6'E	4656	
	49/109	04:07	60°00.3'S	00°00.2'E	5384	CTD
		07:28	60°00.4'S	00°00.1'E		
10.05.98	49/110	08:13	61°11.1'S	04°49.9'W	5318	CTD
		11:35	61°12.2'S	04°46.1'W	5267	
11.05.98	49/111	08:25	58°29.7'S	00°00.6'E	4126	CTD
		11:45	58°29.0'S	00°00.0'E	4129	
	49/112	17:20	58°00.4'S	00°00.2'W	4566	CTD
		20:03	58°01.3'S	00°00.4'E	4511	
13.05.98	49/113	00:49	57°29.8'S	00°00.0'W	3986	CTD
		03:20	57°30.1'S	00°01.7'W	4013	
	49/114	07:53	57°00.1'S	00°00.0'W	3824	REC 228-1,CTD,
		15:28	56°59.9'S	00°00.5'W	3881	DPL 228-2,CTD
	49/115	18:54	56°30.0'S	00°00.0'W	4085	CTD
		21:36	56°30.5'S	00°00.3'W	4124	
14.05.98	49/116	00:56	55°59.8'S	00°00.0'W	3834	CTD
		03:18	55°59.7'S	00°00.9'W	3833	
	49/117	06:44	55°30.0'S	00°00.0'E	3804	CTD
		09:30	55°31.3'S	00°02.0'E	3889	
	49/118	12:39	54°59.9'S	00°00.3'W	1765	CTD
		14:02	55°00.6'S	00°00.2'W	1745	
	49/119	16:54	54°29.9'S	00°00.7'W	1668	CTD
		18:16	54°29.6'S	00°00.6'W	1700	
	49/120	21:00	54°00.0'S	00°00.1'W	2536	CTD
		22:49	54°00.3'S	00°00.2'W	2468	
15.05.98	49/121	04:32	53°00.0'S	00°00.1'E	2555	CTD
		06:30	53°00.8'S	00°00.1'E	2489	
	49/122	13:18	52°00.7'S	00°00.4'W	3075	CTD
		18:38	52°01.6'S	00°02.5'W	3014	

16.05.98	49/123	05:12	51°00.2'S	00°00.2'E	2269	CTD
		06:55	51°00.4'S	00°00.6'E	2276	
	49/124	13:12	49°59.6'S	00°00.7'E	3605	CTD
		15:39	50°00.3'S	00°03.8'E	3612	
17.05.98	49/125	21:30	49°00.0'S	00°00.0'E	3958	CTD
		00:10	49°00.7'S	00°00.2'E	4006	
	49/126	06:00	48°00.0'S	00°00.0'E	3986	CTD
		08:39	48°00.8'S	00°00.7'E	3960	
	49/127	14:05	47°03.5'S	00°30.6'E	4154	CTD
		16:45	47°03.1'S	00°29.9'E	4195	
18.05.98	49/128	22:15	46°07.7'S	01°01.5'E	4181	CTD
		01:02	46°09.4'S	01°04.6'E	4255	
	49/129	06:35	45°11.3'S	01°31.2'E	4464	CTD
		09:29	45°11.6'S	01°30.9'E	4459	
	49/130	14:55	44°15.2'S	02°00.5'E	4467	CTD
		17:46	44°15.4'S	02°01.5'E	4550	
19.05.98	49/131	00:04	43°19.0'S	02°29.8'E	4499	CTD
		01:10	43°19.4'S	02°31.1'E	4504	
	49/132	07:53	42°35.1'S	03°57.3'E	4696	CTD
		10:17	42°35.4'S	03°56.5'E	4688	
	49/133	19:51	42°00.0'S	06°04.9'E	4783	CTD
		22:11	42°00.0'S	06°04.9'E	4800	
20.05.98	49/134	13:17	40°59.9'S	09°39.0'E	4727	CTD
		15:26	41°00.4'S	09°40.0'E	4727	
	49/135	23:03	40°00.1'S	11°00.7'E	4789	CTD
		01:15	40°01.6'S	11°00.3'E	4773	
21.05.98	49/136	06:54	39°23.8'S	11°49.6'E	4801	CTD
		09:42	39°25.8'S	11°46.1'E	5149	

ACM=Acoustic module
 AGT=Agassiz trawl
 REC=Mooring recovery
 CTD=Conductivity, temperature, depth-sonde
 RLT=Acoustic releaser test
 DPL=Mooring deployment
 HYD=Search for a mooring

Appendix 3, XBT data

No.	Date	Failed Time (GMT)	Latitude	Longitude	Depth (m)
000	30.03.98	05:12	55°03.0'S	64°55.0'W	1000
001		06:07	55°13.0'S	64°43.2'W	1504
002		07:06	55°23.0'S	64°30.9'W	4757
003		08:05	55°32.9'S	64°19.7'W	3721
004		09:05	55°43.0'S	64°07.3'W	3721
005		10:05	55°52.5'S	63°55.3'W	3721
006		11:12	56°03.0'S	63°41.5'W	3721
007		12:10	56°13.0'S	63°29.0'W	4054
008		13:24	56°22.9'S	63°16.4'W	3965
009		14:30	56°33.0'S	63°03.1'W	4012
010		15:37	56°43.0'S	62°51.3'W	4084
011		16:45	56°53.0'S	62°38.1'W	4066
012		17:51	57°03.0'S	62°24.0'W	3915
013		18:56	57°13.0'S	62°10.5'W	3916
014		19:57	57°22.9'S	61°58.0'W	3929
015		20:59	57°33.0'S	61°44.7'W	3327
016		21:59	57°43.2'S	61°30.7'W	3760
017		22:56	57°53.1'S	61°17.6'W	3462
018		23:52	58°03.0'S	61°04.3'W	2882
019	31.03.98	00:52	58°13.1'S	60°50.5'W	3472
020		01:51	58°23.0'S	60°37.7'W	3621
021		02:51	58°33.0'S	60°24.6'W	3417
022		03:51	58°43.0'S	60°12.0'W	3835
023		04:51	58°53.0'S	59°57.6'W	3734
024		05:55	59°03.0'S	59°43.1'W	2916
025		06:59	59°13.0'S	59°29.7'W	3606
026		07:56	59°23.1'S	59°17.0'W	3123
027		09:01	59°33.0'S	58°04.9'W	3064
028		10:20	59°42.9'S	58°50.1'W	2426
029		11:40	59°53.0'S	58°34.7'W	1976
030		12:59	60°03.0'S	58°19.8'W	1831
031		14:13	60°13.0'S	58°06.5'W	3530
032		15:24	60°23.0'S	57°52.4'W	3740
033		f 16:36	60°33.0'S	57°38.0'W	4010
034		16:44	60°34.0'S	57°36.4'W	4150
035		19:37	60°38.9'S	57°32.1'W	4223
036		20:51	60°48.9'S	57°15.4'W	4676
037		22:08	60°58.9'S	57°00.0'W	2954
038		23:16	61°09.0'S	56°44.5'W	1912
039	01.04.98	00:25	61°19.0'S	56°29.0'W	4370
040		01:30	61°29.0'S	56°15.9'W	578
041		02:36	61°39.1'S	56°01.4'W	727
042		03:44	61°49.0'S	55°43.3'W	2630
043		04:59	61°59.0'S	55°22.6'W	1235
044		06:07	62°09.0'S	55°03.8'W	2750
045		07:22	62°19.1'S	54°45.0'W	3854
046		08:35	62°29.0'S	54°32.8'W	3377

047		09:50	62°38.9'S	54°03.8'W	3587
048	24.04.98	08:00	62°28.0'S	36°37.8'W	3904
049		10:00	62°38.5'S	35°56.6'W	5003
050		12:00	62°50.0'S	35°19.6'W	4813
051		14:00	63°02.1'S	34°38.9'W	4796
052		16:00	63°13.5'S	33°51.8'W	4870
053		18:00	63°24.6'S	33°02.4'W	4954
054		20:00	63°35.9'S	32°12.8'W	4545
055		22:00	63°47.6'S	31°29.9'W	4013
056	25.04.98	00:00	64°01.2'S	30°39.8'W	4888
057		02:00	64°13.4'S	29°49.7'W	4804
058		04:00	64°23.8'S	28°57.1'W	4951
059		06:00	64°33.4'S	28°05.0'W	4464
060		08:00	64°43.2'S	27°15.2'W	4754
061		10:00	64°53.3'S	26°28.6'W	4891
062		12:00	65°04.1'S	25°39.7'W	4704
063		14:00	65°14.8'S	24°51.0'W	4957
064		16:00	65°24.6'S	24°00.5'W	4964
065		18:00	65°34.9'S	23°09.8'W	4965
066	26.04.98	00:00	65°44.5'S	22°16.8'W	4969
067	13.05.98	15:41	56°59.3'S	00°01.1'W	3924
068		16:38	56°50.9'S	00°00.9'W	3975
069		17:35	56°41.5'S	00°00.0'W	4501
070		21:50	56°30.2'S	00°00.2'W	4090
071		22:50	56°20.9'S	00°00.0'W	3734
072		23:50	56°10.9'S	00°00.0'W	4168
073	14.05.98	03:30	55°59.2'S	00°01.2'W	3713
074		04:30	55°48.7'S	00°00.5'W	4069
075		05:30	55°38.9'S	00°00.0'W	3668
076		06:30	55°30.8'S	00°00.1'W	3774
077		09:40	55°31.4'S	00°01.8'E	3860
078		10:40	55°22.0'S	00°02.9'E	2899
079		11:40	55°09.8'S	00°01.2'E	3412
080		14:12	55°00.2'S	00°00.5'W	1750
081		15:11	54°48.9'S	00°00.7'W	1218
082		16:12	54°36.8'S	00°00.0'W	1092
083		18:22	54°29.5'S	00°00.6'W	1756
084		19:22	54°17.7'S	00°00.6'W	2584
085		20:22	54°06.2'S	00°00.3'W	2682
086		21:22	54°00.0'S	00°00.3'W	2459
087		22:58	53°59.8'S	00°00.6'W	2417
088		23:57	53°48.9'S	00°00.0'W	2673
089	15.05.98	00:59	53°37.0'S	00°00.5'E	2803
090		01:55	53°26.8'S	00°00.4'E	2550
091		02:54	53°16.1'S	00°00.6'W	2163
092		03:55	53°04.9'S	00°00.6'W	1836
093		06:35	53°00.9'S	00°00.2'E	2550
094		07:35	52°51.7'S	00°01.0'E	2670
095		08:35	52°41.2'S	00°00.4'E	2742
096		09:35	52°31.5'S	00°00.1'E	2650
097		10:35	52°22.6'S	00°00.1'W	2627

098		11:35	52°13.0'S	00°00.0'E	3148
099		18:45	52°01.6'S	00°02.3'W	3050
100	16.05.98	07:05	51°00.0'S	00°00.7'E	2359
101		08:05	50°51.1'S	00°00.4'E	2226
102		09:05	50°41.2'S	00°00.1'W	1541
103		10:05	50°31.4'S	00°00.1'E	3535
104		11:05	50°21.3'S	00°00.7'E	3653
105		12:03	50°10.8'S	00°00.3'E	3567
106		15:48	50°00.1'S	00°04.3'E	3452
107		16:48	49°50.0'S	00°04.7'E	3750
108		17:48	49°39.2'S	00°03.6'E	3965
109		18:48	49°28.6'S	00°02.2'E	4128
110		19:48	49°17.3'S	00°00.8'E	3180
111		20:48	49°06.2'S	00°00.3'E	3842
112	17.05.98	00:20	49°00.1'S	00°00.2'E	3970
113		01:19	48°50.8'S	00°00.2'E	3938
114		02:18	48°39.7'S	00°00.8'W	3863
115		03:19	48°28.3'S	00°00.3'W	3574
116		04:19	48°17.0'S	00°00.3'E	3246
117		05:20	48°05.2'S	00°00.4'W	3960
118		08:55	48°00.5'S	00°00.4'E	3922
119		09:55	47°50.5'S	00°05.0'E	3928
120		10:55	47°39.1'S	00°11.7'E	3868
121		11:55	47°28.0'S	00°17.9'E	3826
122		12:55	47°16.1'S	00°24.3'E	4191
123		16:50	47°03.0'S	00°29.7'E	3810
124		17:50	46°53.3'S	00°35.2'E	3370
125		18:50	46°42.3'S	00°42.2'E	4100
126		19:50	46°31.5'S	00°48.6'E	4100
127		20:50	46°20.9'S	00°54.5'E	4459
128		21:50	46°09.5'S	01°00.8'E	3776
129	18.05.98	01:14	46°08.9'S	01°04.9'E	4173
130		02:13	45°58.3'S	01°09.4'E	4456
131		03:12	45°46.9'S	01°13.6'E	4363
132		04:13	45°35.7'S	01°18.6'E	4475
133		05:13	45°24.3'S	01°24.3'E	4180
134		09:35	45°11.7'S	01°30.8'E	4226
135		10:35	45°02.0'S	01°35.5'E	3040
136		11:35	44°50.0'S	01°42.5'E	3777
137		12:33	44°39.2'S	01°48.7'E	4780
138		13:35	44°27.9'S	01°54.7'E	4672
139		14:36	44°16.4'S	02°00.5'E	4437
140		17:50	44°15.3'S	02°00.9'E	4444
141		18:50	44°05.6'S	02°05.8'E	4430
142		19:50	43°55.1'S	02°11.1'E	4633
143		20:50	43°43.6'S	02°17.7'E	4553
144		21:50	43°30.9'S	02°23.8'E	4435
145		22:50	43°20.3'S	02°29.3'E	4444
146	19.05.98	01:22	43°19.0'S	02°31.3'E	4481
147		02:21	43°12.6'S	02°44.7'E	4465
148		03:21	43°05.2'S	02°59.0'E	4460

149		04:21	42°57.4'S	03°13.5'E	4190
150		05:23	42°50.1'S	03°27.6'E	4470
151		06:21	42°43.9'S	03°40.2'E	4670
152		07:21	42°37.6'S	03°52.9'E	4658
153		10:30	42°35.2'S	03°56.9'E	4666
154		11:30	42°31.9'S	04°10.7'E	4586
155		16:15	42°13.7'S	05°15.3'E	4835
156		17:15	42°09.7'S	05°30.0'E	5020
157		18:16	42°05.5'S	05°45.4'E	4600
158		19:14	42°01.5'S	05°59.0'E	4868
159		22:25	41°59.8'S	06°05.8'E	4771
160		23:25	41°55.6'S	06°20.9'E	4787
161	20.05.98	00:25	41°51.0'S	06°35.9'E	4782
162		01:28	41°46.6'S	06°51.3'E	4894
163		02:30	41°42.9'S	07°06.6'E	4804
164		04:20	41°35.3'S	07°33.7'E	4900
165		05:45	41°29.0'S	07°54.9'E	4710
166		07:05	41°23.7'S	08°14.0'E	4940
167		08:05	41°19.6'S	08°28.1'E	4168
168		09:05	41°15.9'S	08°42.1'E	4623
169		10:05	41°12.4'S	08°55.4'E	4456
170		11:05	41°08.0'S	09°10.1'E	4608
171		12:05	41°04.5'S	09°24.0'E	4567
172		15:37	41°00.2'S	09°40.1'E	4695
173		16:45	40°51.5'S	09°52.9'E	4528
174		17:44	40°43.4'S	10°03.9'E	4629
175		18:45	40°35.0'S	10°16.0'E	4630
176		19:45	40°26.6'S	10°25.7'E	4647
177		20:45	40°17.6'S	10°36.7'E	4676
178		21:45	40°09.6'S	10°47.8'E	4635
179		22:45	40°01.6'S	10°58.9'E	4740
180	21.05.98	01:39	40°00.4'S	11°02.1'E	4775
181		02:39	39°53.7'S	11°12.2'E	4970
182		03:38	39°46.1'S	11°21.1'E	4835
183		04:38	39°38.5'S	11°29.8'E	4620
184		05:38	39°31.2'S	11°39.3'E	4840
185		06:38	39°24.2'S	11°49.2'E	4872
186		10:00	39°25.0'S	11°46.6'E	5142
187		11:10	39°16.8'S	11°57.0'E	4745
188		13:10	39°02.3'S	12°15.2'E	5155
189		15:10	38°48.1'S	12°36.0'E	5100
190		17:09	38°33.6'S	12°56.2'E	5060
191		20:10	38°19.3'S	13°15.7'E	5049
192		22:10	38°03.5'S	13°36.1'E	5040
193	22.05.98	00:11	37°49.2'S	13°54.8'E	4942
194		03:10	37°30.0'S	14°22.2'E	4965
195		05:10	37°13.4'S	14°41.3'E	4920
196		07:10	36°58.8'S	15°00.5'E	4759

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft-Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge
zusammengestellt von Norbert Klages.
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- **Heft Nr. 5/1982** – "Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982"
by G. Hempel and R. B. Heywood
- **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – "The Post-Fibex Data Interpretation Workshop"
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- * **Heft Nr. 9/1983** – "Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80"
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – "Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982 (II)"
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundscheppnetzfüge und Liste der Probennahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – "On the Biology of Krill *Euphausia superba*" – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.–16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – "German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV 'Walther Herwig' and RV 'Meteor'" – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – "The observatories of the Georg von Neumayer Station", by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – "FIBEX cruise zooplankton data"
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas–Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘ und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- Heft Nr. 21/1985** – "Euphausiid larvae in plankton samples from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982" by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- Heft Nr. 22/1985** – "Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean" by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stablein, Wolfgang Zick
- * **Heft-Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
- * **Heft-Nr. 26/1985** – "The Southern Ocean"; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
- Heft Nr. 27/1986** – „Spatpleistozane 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 Schwerpunktprogramms
- 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 Karl 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 in 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-Lehnhardt
- Heft Nr. 38/1987** – "The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984" by M. Gube-Lehnhardt
- 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
- Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
- Heft Nr. 42/1988** – "The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic" by Werner Beckmann
- Heft Nr. 43/1988** – "Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3" Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
- Heft Nr. 44/1988** – "Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts" by Hans-Jürgen Hirche
- Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Voß
- Heft Nr. 46/1988** – "Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)" by Eberhard Fahrbach
- Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
- Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
- * **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
- Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
- Heft Nr. 51/1988** – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
- Heft Nr. 52/1988** – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
- * **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
- Heft Nr. 54/1988** – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
- Heft Nr. 55/1988** – "Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant V/3)" by Elke Mizdalski
- Heft Nr. 56/1989** – "Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3" by G. Krause, J. Meincke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4–5 von H. Miller und H. Oerter
- * **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
- Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
- Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“
von H. H. Hellmer
- Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland,
Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters
- * **Heft-Nr. 62/1989** – „The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV ‚Polarstern‘
in 1988/89“, by I. Hempel
- Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse
sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch
- Heft Nr. 64/1989** – „Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)“ by L. Helmes
- Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
- Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
- Heft-Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
- Heft-Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‚Polarstern‘ in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
- Heft-Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
- Heft-Nr. 70/1990** – „Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des
Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
- Heft-Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches
Weddellmeer)“, von Dieter Cordes.
- Heft-Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea
in summer 1980/81“, by F. Kurbjeweit and S. Ali-Khan
- Heft-Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
- Heft-Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
- Heft-Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südshetlandinseln, Antarktis)“, von Martin Rauschert
- Heft-Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
- Heft-Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
- Heft-Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -Dimethylsulfoniumpropionat
(DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
- Heft-Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“,
herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 81/1991** – „Paläoglaziologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
- Heft-Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meeresseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
- Heft-Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen
mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
- Heft-Nr. 84/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study
der Forschungsschiffe ‚Polarstern‘ und ‚Akademik Fedorov‘, von Ernst Augstein,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
- Heft-Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
- Heft-Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit ‚FS Polarstern‘ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII / 5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
- Heft-Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI / 1-4 of RV ‚Polarstern‘
in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
- Heft-Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

- Heft-Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeress vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft-Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS „Polarstern“ 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft-Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft-Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft-Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS „Polarstern“, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft-Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft-Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft-Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft-Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte der Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft-Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- Heft-Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
- * **Heft-Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes „Polarstern“ 1990/91“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
- Heft-Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
- Heft-Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
- Heft-Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
- Heft-Nr. 104/1992** – „Mehrkanaelige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
- Heft-Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
- Heft-Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
- Heft-Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS „Polarstern“ 1991“, von Dieter K. Fütterer
- Heft-Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
- Heft-Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
- Heft-Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
- Heft-Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger.
- Heft-Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft-Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS „Polarstern“ 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner.
- * **Heft-Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865-1875“, von Reinhard A. Krause.
- Heft-Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV „Polarstern“ (EPOS II)“, by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo.
- Heft-Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze.
- Heft-Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten.
- * **Heft-Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P.A. Wöhrmann.
- * **Heft-Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarlo and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV. 'Dalnie Zelentsy'“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- * **Heft-Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas.
- Heft-Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- * **Heft-Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland.
- Heft-Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft-Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien.
- Heft-Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- Heft-Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft-Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV 'Polarstern': CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft-Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft-Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft-Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft-Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzketziger halogenierter Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laturnus
- Heft-Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- * **Heft-Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft-Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrbach und Gunter Krause
- Heft-Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- * **Heft-Nr. 137/1994** – „Die känozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft-Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft-Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft-Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft-Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmsen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft-Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV 'Polarstern' Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG 'Polar Bear' cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft-Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Notker Fechner
- Heft-Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov und Rüdiger Stein
- * **Heft-Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV 'Polarstern' Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft-Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982-1992“, by Torsten Schmidt and Gert König-Langlo.
- Heft-Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell Meer / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- Heft-Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- ** **Heft-Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC' 93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS 'Polarstern' 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer.
- Heft-Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik.
- Heft-Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Karpiy.
- Heft-Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS 'Polarstern' 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten / ANT-X / 1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller.
- Heft-Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten.
- Heft-Nr. 154/1994** – „Regional und seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter.

- Heft-Nr. 155/1995** – "Benthos in polaren Gewässern", herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz.
- Heft-Nr. 156/1995** – "An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients", by Reiner Schlitzer.
- Heft-Nr. 157/1995** – "Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden", von Kirsten Fahl.
- * Heft-Nr. 158/1995** – "Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis", von Cornelia Lüdecke.
- Heft-Nr. 159/1995** – "The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters", by Dorothea Bauch.
- * Heft-Nr. 160/1995** – "Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen", von Gerhard Schmiedl.
- Heft-Nr. 161/1995** – "Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros* sp. und *Navicula* sp. unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin", von Jürgen Nothnagel.
- Heft-Nr. 162/1995** – "Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße", von Thomas Letzig.
- Heft-Nr. 163/1995** – "Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS "Polarstern" 1993/94", herausgegeben von Rainer Gersonde.
- Heft-Nr. 164/1995** – "Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis", von Thomas Frederichs.
- Heft-Nr. 165/1995** – "Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern", von Georg Hanke.
- Heft-Nr. 166/1995** – "Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer", von Holger Fischer.
- Heft-Nr. 167/1995** – "Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik", von Hans-Stefan Niebler.
- Heft-Nr. 168/1995** – "Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS 'Polarstern' 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2", herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer.
- Heft-Nr. 169/1995** – "Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation", von Hans Wortmann.
- Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften - Geologie und Geophysik der Antarktis.
- Heft-Nr. 171/1995** – "Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontfjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)", von Wilfried Bauer.
- Heft-Nr. 172/1995** – "Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen", von Holger Mandler.
- Heft-Nr. 173/1995** – "Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane", von Stefan Matzer.
- Heft-Nr. 174/1995** – "The Expedition ARKTIS-X/2 of RV 'Polarstern' in 1994", edited by Hans-W. Hubberten.
- Heft-Nr. 175/1995** – "Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994", edited by Christine Siebert and Dmitry Bolshiyarov.
- Heft-Nr. 176/1995** – "Russian-German Cooperation: Laptev Sea System", edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
- Heft-Nr. 177/1995** – "Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität", von Carsten J. Schubert.
- Heft-Nr. 178/1995** – "Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV 'Polarstern' in 1995: CTD-Report", by Jüri Sildam.
- Heft-Nr. 179/1995** – "Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean", von Jutta Wollenburg.
- Heft-Nr. 180/1995** – "Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor", von Wolfgang J. Bonn.
- Heft-Nr. 181/1995** – "Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1994", herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 182/1995** – "Laptev Sea System: Expeditions in 1994", edited by Heidemarie Kassens.
- Heft-Nr. 183/1996** – "Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften", von Uwe Bergmann.
- Heft-Nr. 184/1996** – "Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas", by María Dolores Andrés Hernández.
- Heft-Nr. 185/1996** – "Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)", von Michael Stiller.
- Heft-Nr. 186/1996** – "Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{230}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{238}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Arctic Circumpolar Current System", by Martin Frank.
- Heft-Nr. 187/1996** – "The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994", by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft-Nr. 188/1996** – "Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS 'Polarstern' 1994", herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft-Nr. 189/1996** – "Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS 'Polarstern' 1990", herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.

Heft-Nr. 190/1996 – “Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan ‘Victor Hensen’ Campaign in 1994” edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.

Heft-Nr. 191/1996 – “Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen”, von Frank Wilhelms.

Heft-Nr. 192/1996 – “Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategie antarktischer Makroalgen”, von Gabriele Weykam.

Heft-Nr. 193/1996 – “Heterogene Reaktionen von N_2O_5 und HBr und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre”, von Sabine Seisel.

Heft-Nr. 194/1996 – “Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)”, von Corinna Dahm.

Heft-Nr. 195/1996 – “Die planktische Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis”, von Doris Berberich.

Heft-Nr. 196/1996 – “Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis”, von Birgit Heese.

Heft-Nr. 197/1996 – “The Expedition ARKTIS-XI/2 of ‘Polarstern’ in 1995”, edited by Gunther Krause.

Heft-Nr. 198/1996 – “Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspuranalysen”, von Frank Lisker.

Heft-Nr. 199/1996 – “The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV ‘Polarstern’ Cruises ARKTIS IX/2 and 3”, by Gereon Budéus and Wolfgang Schneider.

Heft-Nr. 200/1996 – “Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models”, by Gerrit Lohmar.

Heft-Nr. 201/1996 – “Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)”, von Katrin Iken.

Heft-Nr. 202/1996 – “Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)”, von Michael K. Schmid.

Heft-Nr. 203/1996 – “Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis - Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell”, von Markus Harder.

Heft-Nr. 204/1996 – “Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis”, von Dörthe Handorf.

Heft-Nr. 205/1996 – “Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation”, by Thorsteinn Thorsteinsson.

Heft-Nr. 206/1996 – “Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten”, von Kerstin Fieg.

Heft-Nr. 207/1996 – “Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeida (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer”, von Cornelia Metz.

Heft-Nr. 208/1996 – “Atmosphäreinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern von Christoph Oelke.

Heft-Nr. 209/1996 – “Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereiserkennung mit Hilfe von Line-Scanner-Messungen”, von Axel Bochert.

Heft-Nr. 210/1996 – “Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer Antarktis, vergesellschaftete Fauna”, von Kathrin Kunzmann.

Heft-Nr. 211/1996 – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995”, by Dima Yu. Bolshiyakov and Hans-W. Hubberten.

Heft-Nr. 212/1996 – “Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin”, by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.

Heft-Nr. 213/1996 – “Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtung Histologie und Experimente”, von Barbara Niehoff.

Heft-Nr. 214/1996 – “Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf”, von Christof Mayer.

Heft-Nr. 215/1996 – “Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95”, herausgegeben von Ulrich Wand.

Heft-Nr. 216/1996 – “Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien”, von Uta Brathauer.

Heft-Nr. 217/1996 – “Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung”, von Jörn Behrens.

Heft-Nr. 218/1997 – “Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (REFLEX III)”, by Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.

Heft-Nr. 219/1997 – “Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS ‘Polarstern’ 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/2”, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.

Heft-Nr. 220/1997 – “Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1”, von Tilo Schöne.

Heft-Nr. 221/1997 – “Die Expeditionen ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes ‘Polarstern’ 1995/96”, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lucas and Victor Smetacek.

Heft-Nr. 222/1997 – “Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data”, by László Oszkó.

- Heft-Nr. 223/1997** – “Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren”, von Christian Haas.
- Heft-Nr. 224/1997** – “Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen”, von Silke Wessel.
- Heft-Nr. 225/1997** – “Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises”, von Michael Poltermann.
- Heft-Nr. 226/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV 'Polarstern' in 1995”, edited by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 227/1997** – “Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kyroprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arctica* (Chlorophyta) der Arktis”, von Katharina Kück.
- Heft-Nr. 228/1997** – “Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal”, von Katrin Linse.
- Heft-Nr. 229/1997** – “Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer”, von Hinrich Hanssen.
- Heft-Nr. 230/1997** – “Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung”, von Lutz-Peter Kurdelski.
- Heft-Nr. 231/1997** – “Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten”, von Christopher Zimmermann.
- Heft-Nr. 232/1997** – “Persistente clororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen”, von Stephan Zimmermann.
- Heft-Nr. 233/1997** – “Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*”, von Doris Meyerdierks.
- Heft-Nr. 234/1997** – “Die Expedition ARCTIC '96 des FS 'Polarstern' (ARK XII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)”, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern.
- Heft-Nr. 235/1997** – “Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres”, von Jana Friedrich.
- Heft-Nr. 236/1997** – “Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic”, by Arndt Meier.
- Heft-Nr. 237/1997** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR / SEVERNAYA ZEMLYA 1996”, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov.
- Heft-Nr. 238/1997** – “Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae”, by Iván M. Gómez.
- Heft-Nr. 239/1997** – “Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1996”, herausgegeben von Eberhard Fahrback und Dieter Gerdes.
- Heft-Nr. 240/1997** – “Untersuchungen zur Chrom-Speziation im Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis”, von Heide Giese.
- Heft-Nr. 241/1997** – “Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris”, by Seung-II Nam.
- Heft-Nr. 242/1997** – “Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous site, Taymyr Peninsula, Siberia”, by Julia Boike.
- Heft-Nr. 243/1997** – “Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen”, von Andreas Mackensen.
- Heft-Nr. 244/1997** – “The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica. Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996”, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Gaw, Christian Müller and Johannes Røgenhagen.
- Heft-Nr. 245/1997** – “Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen”, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft-Nr. 246/1997** – “Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises”, von Christine Friedrich.
- Heft-Nr. 247/1997** – “Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen”, von Berit Kirchhoff.
- Heft-Nr. 248/1997** – “Laptev Sea System: Expeditions in 1995”, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft-Nr. 249/1997** – “The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV 'Polarstern' to the eastern Weddell Sea in 1996”, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft-Nr. 250/1997** – “Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis”, von Andreas Starmans.
- Heft-Nr. 251/1997** – “Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel”, von Christoph Vogt.
- Heft-Nr. 252/1997** – “Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik”, von Stephan Kühne.
- Heft-Nr. 253/1997** – “Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean”, by Christine Klaas.
- Heft-Nr. 254/1997** – “Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunge-Oase, Ostantarktis”, von Thomas Kulbe.

- Heft-Nr. 255/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft-Nr. 256/1998** – “Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer”, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft-Nr. 257/1998** – “Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischen Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis” von Christoph Kleefeld.
- Heft-Nr. 258/1998** – “Bellinghausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells”, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft-Nr. 259/1998** – “The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, by Dieter K. Fütterer.
- Heft-Nr. 260/1998** – “Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung” von Holger Cremer.
- Heft-Nr. 261/1998** – “Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen”, von Estella Weigelt.
- Heft-Nr. 262/1998** – “The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 263/1998** – “Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen”, von Thorsten Schäfer.
- Heft-Nr. 264/1998** – “Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O₃, N₂O, H₂O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie”, von Joachim Urban.
- Heft-Nr. 265/1998** – “Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis“, von Astrid Lambrecht.
- Heft-Nr. 266/1998** – “Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV ‘Akademik Boris Petrov’ in 1997“, edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 267/1998** – “Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‘Polarstern’ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3“ herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 268/1998** – “Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone“, von Gerit Birnbaum.
- Heft-Nr. 269/1998** – “Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG '97)“, by Günther Heinemann.
- Heft-Nr. 270/1998** – “Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies“, by Vera Schindwein.
- Heft-Nr. 271/1998** – “Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice“, by Dirk Dethleff, Peter Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 272/1998** – “FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre“, von Edo Becker.
- Heft-Nr. 273/1998** – “Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas Rückens und des Agulhas Plateaus (‘SETA-RAP‘)“, von Gabriele Uenzelmann-Neben.
- Heft-Nr. 274/1998** – “The Expedition ANTARKTIS XIV/2“, by Gerhard Kattner.
- Heft-Nr. 275/1998** – “Die Auswirkung der ‘NorthEastWater’-Polynya auf die Sedimentation vor NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelwechsel“, von Hanne Notholt.
- Heft-Nr. 276/1998** – “Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“. von Michael Studinger.
- Heft-Nr. 277/1998** – “Koordiniertes Programm Antarktisforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms “Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Müller.
- Heft-Nr. 278/1998** – “Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.
- Heft-Nr. 279/1998** – “Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A New Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)“, edited by Ruediger Stein.
- Heft-Nr. 280/1998** – “Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“, von Friedrich Jung-Rothenhäusler.
- Heft-Nr. 281/1998** – “Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirrung.
- Heft-Nr. 282/1998** – “Scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in the South Atlantic: Implications for the use of the ²³¹Pa/²³⁰Th ratio as a paleoproductivity proxy“, by Hans-Jürgen Walter.
- Heft-Nr. 283/1998** – “Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung“, von Frank Lindemann.
- Heft-Nr. 284/1998** – “Langzeitanalyse der antarktischen Meereisbedeckung aus passiven Mikrowellendaten“, von Christian H. Thomas.
- Heft-Nr. 285/1998** – “Mechanismen und Grenzen der Temperaturanpassung beim Pierwurm *Arenicola marina* (L.)“, von Angela Sommer.
- Heft-Nr. 286/1998** – “Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Jens Kowalke.
- Heft-Nr. 287/1998** – “Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Research from the Barents Sea up to the Laptev Sea“, edited by Eike Rachor.

- Heft-Nr. 288/1998** – "Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens", von Ulrich Wutzke.
- Heft-Nr. 289/1998** – "Retrieval of Atmospheric Water Vapor Content in Polar Regions Using Spaceborne Microwave Radiometry", by Jungang Miao.
- Heft-Nr. 290/1998** – "Strukturelle Entwicklung und Petrogenese des nördlichen Kristallingürtels der Shackleton Range, Antarktis: Proterozoische und Ross-orogene Krustendynamik am Rand des Ostantarktischen Kratons", von Axel Brommer.
- Heft-Nr. 291/1998** – "Dynamik des arktischen Meereises - Validierung verschiedener Rheologieansätze für die Anwendung in Klimamodellen", von Martin Kreyscher.
- Heft-Nr. 292/1998** – "Anthropogene organische Spurenstoffe im Arktischen Ozean. Untersuchungen chlorierter Biphenyle und Pestizide in der Laptevsee, technische und methodische Entwicklungen zur Probenahme in der Arktis und zur Spurenstoffanalyse", von Sven Utschakowski.
- Heft-Nr. 293/1998** – "Rekonstruktion der spätquartären Klima- und Umweltgeschichte der Schirmacher Oase und des Wohlthat Massivs (Ostantarktika)", von Markus Julius Schwab.
- Heft-Nr. 294/1998** – "Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang", von Klaus Schnack.
- Heft-Nr. 295/1998** – "Gehäuseuntersuchungen an planktischen Foraminiferen hoher Breiten: Hinweise auf Umweltveränderungen während der letzten 140.000 Jahre", von Harald Hommers.
- Heft-Nr. 296/1998** – "Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/1 of RV 'Polarstern' in 1997", edited by Michael Spindler, Wilhelm Hagen and Dorothea Stübing.
- Heft-Nr. 297/1998** – "Radiometrische Messungen im arktischen Ozean - Vergleich von Theorie und Experiment", von Klaus-Peter Johnsen.
- Heft-Nr. 298/1998** – "Patterns and Controls of CO₂ Fluxes in Wet Tundra Types of the Taimyr Peninsula, Siberia - the Contribution of Soils and Mosses", by Martin Sommerkorn.
- Heft-Nr. 299/1998** – "The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica. Synopsis of research performed within the frame of the Argentinean-German Cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991-1997)", by Christian Wiencke, Gustavo Ferreyra, Wolf Arntz & Carlos Rinaldi.
- Heft-Nr. 300/1999** – "The Kara Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' 1997: First results of a Joint Russian-German Pilot Study", edited by Jens Matthiessen, Oleg V. Stepanets, Ruediger Stein, Dieter K. Fütterer, and Eric M. Galimov.
- Heft-Nr. 301/1999** – "The Expedition ANTARKTIS XV/3 (EASIZ II)", edited by Wolf E. Arntz and Julian Gutt.
- Heft-Nr. 302/1999** – "Sterole im herbstlichen Weddellmeer (Antarktis): Großräumige Verteilung, Vorkommen und Umsatz", von Anneke Mühlebach.
- Heft-Nr. 303/1999** – "Polare stratosphärische Wolken: Lidar-Beobachtungen, Charakterisierung von Entstehung und Entwicklung", von Jens Biele.
- Heft-Nr. 304/1999** – "Spätquartäre Paläoumweltbedingungen am nördlichen Kontinentalrand der Barents- und Kara-See. Eine Multi-Parameter-Analyse", von Jochen Knies.
- Heft-Nr. 305/1999** – "Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study (ARTIST)", by Jörg Hartmann, Frank Albers, Stefania Argentini, Axel Borchert, Ubaldo Bonafé, Wolfgang Cohrs, Alessandro Conidi, Dietmar Freese, Teodoro Georgiadis, Alessandro Ippoliti, Lars Kaleschke, Christof Lüpkes, Uwe Maixner, Giangiuseppe Mastrantonio, Fabrizio Ravegnani, Andreas Reuter, Giuliano Trivellone and Abgelo Viola.
- Heft-Nr. 306/1999** – "German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the Late Quaternary climatic variability", edited by Robert F. Spielhagen, Max S. Barash, Gennady I. Ivanov, and Jörn Thiede.
- Heft-Nr. 307/1999** – "Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands", von Dan Seiler.
- Heft-Nr. 308/1999** – "ARCTIC '98: The Expedition ARK-XIV/1a of RV 'Polarstern' in 1998", edited by Wilfried Jokat.
- Heft-Nr. 309/1999** – "Variabilität der arktischen Ozonschicht: Analyse und Interpretation bodengebundener Millimeterwellenmessungen", von Björn-Martin Sinnhuber.
- Heft-Nr. 310/1999** – "Rekonstruktion von Meereisdrift und terrigenem Sedimenteintrag im Spätquartär: Schwermineralassoziationen in Sedimenten des Laptev-See-Kontinentalrandes und des zentralen Arktischen Ozeans", von Marion Behrends.
- Heft-Nr. 311/1999** – "Parameterisierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse in einem regionalen Klimamodell der Arktis", von Christoph Abegg.
- Heft-Nr. 312/1999** – "Solare und terrestrische Strahlungswechselwirkung zwischen arktischen Eisflächen und Wolken", von Dietmar Freese.
- Heft-Nr. 313/1999** – "Snow accumulation on Ekströmsen, Antarctica", by Elisabeth Schlosser, Hans Oerter and Wolfgang Graf.
- Heft-Nr. 314/1999** – "Die Expedition ANTARKTIS XV/4 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1998", herausgegeben von Eberhard Fahrbach.

* vergriffen / out of print

** nur noch beim Autor / only from the author.

