

**Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5
des Forschungsschiffes „Polarstern“ 1996**

**The Expedition ANTARKTIS XIII/4-5
of the Research Vessel "Polarstern" in 1996**

**Herausgegeben von/Edited by
Eberhard Fahrbach and Dieter Gerdes
unter Mitarbeit der Fahrtteilnehmer
with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. 239 (1997)
ISSN 0176 - 5027**

ANTARKTIS XIII/4-5

17. März 1996 - 20. Mai 1996
22. Mai 1996 - 21. Juni 1996

Kapstadt - Punta Arenas
Punta Arenas - Bremerhaven

KOORDINATOR

Ernst Augstein

FAHRTLEITER

Eberhard Fahrbach
Dieter Gerdes

1.	Fahrtabschnitt Kapstadt - Punta Arenas (ANT XIII/4)	1
1.1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf.....	1
2.	Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme.....	5
2.1	Untersuchungen der Atmosphäre.....	5
2.1.1	Wetter- und Eisbedingungen.....	5
2.1.2	Messung von Temperaturprofilen in der Mesopause	6
2.2	Physikalische Ozeanographie.....	11
2.2.1	Tiefen- und Bodenwasserbildung im Weddellmeer.....	11
2.2.2	Messungen von Spurenstoffen	32
2.3	Meereschemie	36
2.3.1	Das Kohlendioxid-System in antarktischen Gewässern	36
2.3.2	Nährstoffverteilungen in antarktischen Gewässern.....	39
2.3.3	Organische Meereschemie	41
2.4	Meeresbiologie.....	44
2.4.1	Planktologische Untersuchungen.....	44
2.4.2	Benthologische Untersuchungen	53
3.	Fahrtabschnitt Punta Arenas - Bremerhaven (ANT XIII/5)	58
3.1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf.....	58
4.	Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme.....	60
4.1	Untersuchungen der Atmosphäre.....	60
4.1.1	Wetterbedingungen.....	60
4.1.2	Messungen von Temperaturprofilen in der Mesopause.....	62
4.2	Meeresbiologie.....	65
4.2.1	Mikrobiologie	65
4.2.2.	Zooplankton	65
4.2.3	Meiobenthos	66
4.2.4	Makrobenthos.....	69
5.	Danksagung.....	70
1.	Leg ANT XIII/4 Cape Town - Punta Arenas	71
1.1	Summary und Itinerary.....	71
2.	Scientific programmes	74
2.1	Investigations of the atmosphere	74
2.1.1	Weather Conditions.....	74
2.1.2	Temperature observations in the mesopause.....	75
2.2	Physical Oceanography.....	76
2.2.1	Deep and Bottom Water Formation in the Weddell Sea.....	77
2.3	Marine chemistry	83
2.3.1	The carbon dioxide system in Antarctic waters	83
2.3.2	Nutrient distributions in Antarctic waters.....	85
2.3.3	Marine Organic Chemistry.....	87
2.4	Marine Biology.....	89
2.4.1	Plankton investigations.....	89
2.4.2	Benthos investigations.....	94
3.	Leg ANT XIII/5 Punta Arenas - Bremerhaven	98
3.1	Summary and Itinerary.....	98
4.	Scientific programmes	99
4.1	Investigations of the atmosphere	99
4.1.1	Weather Conditions.....	99
4.1.2	Temperature observations in the mesopause.....	100
4.2	Marine Biology.....	101
4.2.1	Microbiology.....	101

4.2.2	Zooplankton	102
4.2.3	Meiobenthos	103
4.2.4	Macrobenthos	104
5.	Acknowledgement	106
6.	Beteiligte Institutionen / Participating Institutions	107
7.	Fahrtteilnehmer/ Cruise participants	109
8.	Schiffspersonal/ Ship's Crew	111
9.	Appendix 1, Stationsliste/Station list ANT XIII/4	112
10.	Appendix 2, XBT Data ANT XIII/4	117
11.	Appendix 3, Station list of benthos work south of Isla Nueva	123
12.	Appendix 4, Summary of AGT catches south of Isla Nueva	124
13.	Appendix 5, Stationsliste/Station list ANT XIII/5	125

1. **Fahrtabschnitt Kapstadt - Punta Arenas (ANT XIII/4)**
17. März 1996 - 20. Mai 1996

1.1 **Zusammenfassung und Fahrtverlauf**

Die Polarsternreise ANT XIII/4 begann am 17. März 1996 in Kapstadt. Sie gliederte sich in zwei Teile. Während des ersten Abschnitts wurden Arbeiten im Weddellmeer ausgeführt. Der zweite Abschnitt hatte Versorgungstätigkeiten bei King George Island und benthologische Messungen in der Drakestraße zum Inhalt. Während der ganzen Reise wurden Messungen mit einem neu entwickelten Kalium-Temperatur-Lidar ausgeführt, um die natürlichen Variationen der Temperatur in der Mesopause in Abhängigkeit von der geographischen Lage und der Jahreszeit zu erfassen. Ferner hat die gleichzeitige Messung der Dichte der Kaliumschicht die Untersuchung dynamischer Prozesse in der oberen Atmosphäre ermöglicht.

Im Weddellmeer findet ein wesentlicher Teil der Bodenwasserbildung des Weltmeeres statt. Für diese Prozesse sind die winterliche Abkühlung und die Eisbildung auf den Schelfen sowie die Wechselwirkung zwischen Ozean und Schelfeis von großer Bedeutung. Dadurch 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 Zirkulationssystem des Weddellwirbels nach Norden geführt werden. Die Boden- und Tiefenwasserbildung bestimmt den Austausch von atmosphärischem Kohlendioxid (CO₂) zwischen Ozean und Atmosphäre. Durch den Auftrieb von CO₂-haltigem Tiefenwasser kann CO₂ an die Atmosphäre abgegeben werden, dem allerdings die Abkühlung an der Oberfläche und biologische Prozesse entgegenwirken. Deshalb wurden Messungen der einzelnen Komponenten des CO₂-Systems ausgeführt, um die Rolle des Weddellmeeres als Quelle oder Senke für atmosphärisches CO₂ zu erklären. Um diese Prozesse und ihre Wirkung besser zu verstehen, enthält das Programm vier Komponenten:

1. Zur Bestimmung des Einstroms aus dem Antarktischen Zirkumpolarstrom im östlichen Weddellmeer wurden auf einem hydrographischen Schnitt von 24°41'E bis 39°E Profile mit CTD-Sonde (conductivity/temperature/depth) verbunden mit Wasserschöpfern und dem ADCP (Akustischer Doppler-Profilstrommesser) gemessen.
2. Der Ausstrom des Bodenwassers vom östlichen in das westliche Weddellmeer wurde auf einem zonalen hydrographischen Schnitt entlang dem ostwärtigen Strom im Norden des Weddellwirbels von 0° bis 24°41'E gemessen.
3. Der Austausch zwischen dem östlichen und westlichen Weddellmeer wurde auf einem meridionalen hydrographischen Schnitt durch den Weddellwirbel entlang dem Nullmeridian erfaßt, auf dem die CTD-Sonde mit Wasserschöpfern und der ADCP eingesetzt sowie Verankerungen ausgelegt wurden.
4. Zur Bestimmung des Einstroms in das südliche Weddellmeer aus dem Osten und des Ausstroms im Nordwesten wurde ein hydrographischer Schnitt durch das südliche Weddellmeer mit Profilmessungen vom Schiff aufgenommen und Verankerungen bei Joinville Island ausgelegt.

Die Arbeiten im Rahmen der physikalischen Ozeanographie stellen einen Beitrag zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE) dar. Die hydrographischen Schnitte sind unter dem WOCE-Code S4/SR4 und SR2 registriert. Sie dienen u. a. zur Validierung von Modellen, welche die Zirkulation und Wassermassenbildung im Weddellmeer simulieren.

Sauerstoff mit dem Isotop ^{18}O , Nährstoffe und die Spurenstoffe Freon-11, Freon-12, Freon-113 und CCl_4 , sowie Tritium, ^3He , He und Ne geben Aufschlüsse über die Wassermassenbildung und Ausbreitung. Zu paläo-ozeanographischen Untersuchungen wurden Proben für die Bestimmung des stabilen Kohlenstoffisotops $\delta^{13}\text{C}$ genommen.

Die Arbeiten der organischen Meereschemie hatten die Untersuchung gelöster und partikulärer Phytosterole im herbstlichen Weddellmeer zum Ziel, um das Schicksal von Phytosterolen und anderer organischer Spurenstoffe im Meer von der Biosynthese und dem Eintrag in die euphotischen Zone bis zur möglichen Ablagerung in den Tiefseesedimenten zu verfolgen.

Planktologische Untersuchungen befaßten sich mit den Verteilungen einiger dominanter Zooplankton- und Mikronekton-Arten wie *Calanoides acutus* und *Rhincalanus gigas* (zwei dominante Copepoden der Antarktis), die eine deutliche Abhängigkeit von den ozeanischen Strukturen des Weddellwirbels aufweisen. Diese Arten reproduzieren sehr wahrscheinlich nicht im westlichen Weddellmeer. Daher wird ihre Population durch die Advektion von überwinternden Individuen mit dem Warmen Tiefenwasser und durch lokale Rekrutierung im östlichen Weddellwirbel aufrecht erhalten. Das Vorhandensein von antarktischen Krill, *Euphausia superba*, im östlichen Weddellwirbel scheint eine wichtige Rolle bei der Erhaltung der Krillpopulation im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres zu spielen. Krill kann mit dem Einstrom von Warmem Tiefenwasser durch Advektion von Krill-Larven in das Weddellmeer eindringen, obwohl adulter Krill sich meistens in den oberen Wasserschichten aufhält. Auf dieser Fahrt wurde die Bildung von Überwinterungsgemeinschaften großer calanoider Copepoden und die Abundanz der Krill-Larven-Population im Warmen Tiefenwassers mit dem Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) oder mit einem Optical Plankton Counter (OPC) in Kombination mit konventionellen Netzfängen untersucht. Die Chlorophyll-Konzentrationen wurden in verschiedenen Tiefen entlang des gesamten Schnittes gemessen und die qualitative Zusammensetzung des Phytoplanktons wurde anhand von Proben bestimmt. Die Arbeiten zur Zooplankton-Ökologie bezogen sich auf die Beendigung der reproduktiven Phase, die eine ausgeprägte geographische Abhängigkeit zeigt. Der Übergang zur Überwinterung wurde bei einigen dominanten Zooplanktonarten in verschiedenen Bereichen des Weddellwirbels untersucht, indem die vertikale Verteilung verschiedener Entwicklungsstadien von Copepoden mit Multinetz-Fängen bestimmt wurde. Zur Charakterisierung des ökophysiologischen Zustandes der Zooplankter wurden Proben zur Messung des Trockengewichtes, des Lipid- und des C/N-Gehaltes sowie der Aktivität der Verdauungsenzyme genommen.

Der zweite Teil der Reise hatte die Untersuchung der ökologischen Beziehungen zwischen der marinen Fauna der Antarktischen Halbinsel und des südlichsten Teils Südamerikas zum Schwerpunkt. Südamerika ist die Landmasse, die heute der Antarktis am nächsten liegt. Daher muß man annehmen, daß der Austausch zwischen Südamerika und der Antarktis im Vergleich zu den anderen Kontinenten

länger und intensiver gewesen ist. Aus Witterungsgründen konnte die benthologische Arbeitsgruppe nicht nach King George Island fliegen. Auch die Übernahme von Material aus dem Dallmann-Labor, das an die argentinische Jubany-Station angegliedert ist, konnte nur in beschränktem Ausmaß erfolgen. Wegen der schlechten Wetterbedingungen wurden die Aktivitäten bei King George Island abgesagt und die Arbeiten auf den Kontinentalabhang südlich von Feuerland konzentriert. Während der "Joint Magellan VICTOR HENSEN Campaign 1994" waren umfangreiche Proben im Flach- und Tiefwasser der Magellanstraße (bis ungefähr 650 m), im nordwestlichen Arm des Beaglekanals und südlich des Ostausgangs des Beaglekanals bis Kap Hoorn genommen worden. Nun wurden entlang eines Schnittes in verschiedenen Tiefenstufen der Multicorer, der Mehrfachkastengreifer, die Dredge und die Unterwasserkamera eingesetzt, um Makro- und Meiozoobenthosstrukturen am nördlichen Kontinentalabhang der Drakestraße zu erhalten und die bereits vorhandenen Benthosproben durch Material aus größeren Tiefen zu vervollständigen. Ferner wurden Proben für physiologische, reproduktionsbiologische und populationsdynamische Untersuchungen genommen. Schließlich wurden Verhaltensbeobachtungen ermöglicht und Material für genetische Arbeiten beschafft. Hydrographische Daten wurden mit einer CTD-Sonde erfaßt. Zusammenfassend läßt sich für das Arbeitsgebiet südlich der Insel Nueva feststellen, daß die Verhältnisse im Benthos sich hier stärker an antarktische Bodenfaunagemeinschaften annähern als in den nördlicher liegenden Gebieten der Magellanregion, die während der "VICTOR HENSEN"-Reise untersucht worden waren. Dennoch bleiben die Unterschiede beträchtlich. Der Übergang von subpolaren zu antarktischen Bedingungen erfolgt also eher kontinuierlich als sprungweise. Die Reise endete am 20. Mai 1996 in Punta Arenas. Die Fahrtroute ist in Abb. 1 dargestellt.

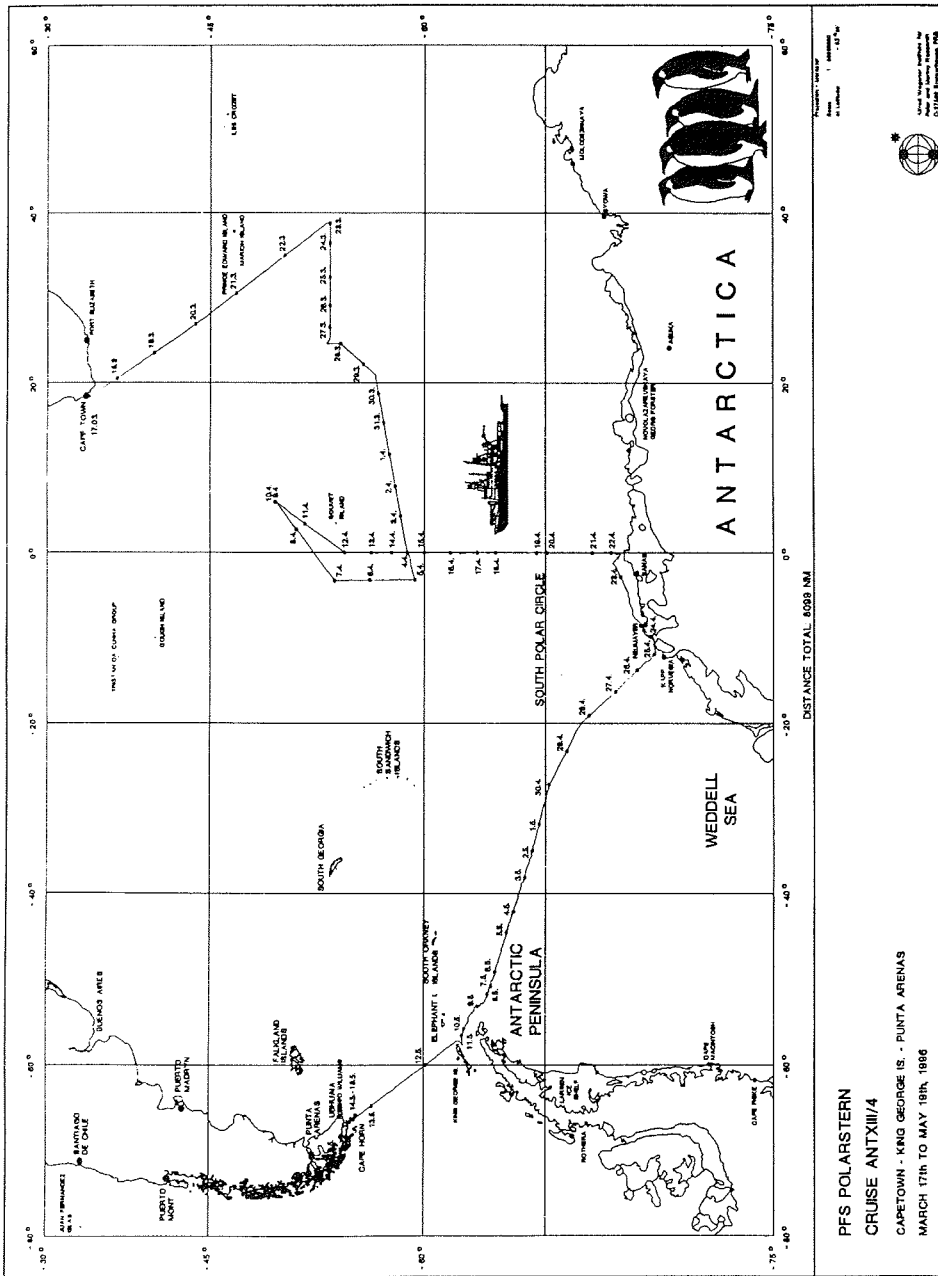


Abb. 1: Fahrtroute während des Fahrtabschnitts ANT XIII/4.
 Fig. 1: Cruise track during leg ANT XIII/4.

2. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme

2.1 Untersuchungen der Atmosphäre

2.1.1 Wetter- und Eisbedingungen

Hans-Joachim Möller, Herbert Köhler (DWD)

Die Überfahrt von Kapstadt nach 54°S 39°E war zunächst von einem Subtropenhoch geprägt, das weitgehend ruhiges aber auch stark bewölktetes Wetter mit sich brachte. Bei 50°S erfaßten die ersten Tiefausläufer mit eingelagerten Wellen FS "Polarstern". Während des hydrographischen Schnitts Richtung Westen zogen im Wechsel Tiefdruckgebiete und Zwischenhochkeile durch. Dabei herrschten überwiegend westliche Winde mit Geschwindigkeiten zwischen 25 und 35 Knoten. Kurzzeitig wurde - bei Passage von Sturmtiefs bzw. deren Fronten - auch Windstärke Bft 9 erreicht. Ebenso rasch flaute der Wind in den nachfolgenden Hochkeilen bis Bft 4 ab. Die Forschungsarbeiten auf dem anschließenden Weg nach Nordosten wurden zunächst durch eine meridionale Tiefdruckrinne, dann durch einen weit nach Süden reichenden Hochkeil begünstigt.

Auf dem Weg zum Startpunkt des folgenden hydrographischen Schnitts durchquerte FS "Polarstern" abermals die kräftige Westwindzone. Die anschließende Fahrt nach Süden war anfangs durch ein umfangreiches, mit Kaltluft angefülltes Tief geprägt, in dessen Nähe es für mehrere Tage zu Schnee- und Graupelschauern kam. Mitte April führte ein Kaltluftausbruch zur Bildung eines bis vor der Küste Uruguays reichenden Höhentrog. Er schwenkte langsam südostwärts, so daß die antarktische Kaltluft auf immer kürzerem Wege in die Trogrückseite einströmte. Das dazugehörige Bodentief entwickelte sich innerhalb kurzer Zeit zu einem schweren Sturmtief, mit Zentrum zwischen der Bouvetinsel und dem antarktischen Kontinent, das einen Kerndruck von unter 950 hPa erreichte. Da sich FS "Polarstern" südlich des Wirbelkerns befand, stellte sich ein Nordost- bis Oststurm ein, der für etwa 36 Stunden zu heftigem Seegang (Dünung) führte, dann aber rasch nachließ.

Etwa 30 Meilen vor der Schelfeiskante wurde am 21. April bei 69° 09'S das erste Pfannkucheneis, bald danach Packeis angetroffen. Während bisher nur einzelne Eisberge vorbeigedriffet waren, wurden nun viele Berge und Growler angetroffen, die größtenteils im Packeis festgefroren waren. Von Westen her breitete sich allmählich ein Hochkeil ostwärts aus, der am 24. April in der Atka Bucht vor "Neumayer" für das schönste Wetter während der letzten Wochen sorgte. Bei schwachem Wind schien die Sonne 7 Stunden lang. Mehrere Tage lag das Weddellmeer unter Hochdruckeinfluß. Zum Ende des Monats entwickelte sich über der Scotiasee ein Sturmtief und zog nordöstlich von FS "Polarstern" vorbei. Dabei nahm der Südostwind kurzzeitig auf Sturmstärke zu. Der kräftige und über mehrere Stunden andauernde Druckanstieg eines nachfolgenden Hochkeils bewirkte eine schnelle Wetterberuhigung.

Weitere Tiefdruckgebiete streiften FS "Polarstern" auf ihrem Weg durch das Eis des Weddellmeeres. Auf deren Rückseite herrschte eine südöstliche bis südwestliche Strömung vor, während auf der Vorderseite Nordost- bis Nordwestwind dominierte. Als Beispiel kann die Wettersituation von 4./5. Mai dienen: Über dem westlichen Weddellmeer entwickelte sich eine Tiefdruckrinne, auf deren Vorderseite mit nordwestlichen Winden Stärke Bft 6 massiv Warmluft herangeführt wurde. So stieg

die Lufttemperatur von -17°C am Morgen den ganzen Tag über kontinuierlich an. Sie erreichte ihr Maximum gegen 23.00 Uhr UTC mit $+1^{\circ}\text{C}$. Die Warmluftzufuhr äußerte sich auch in hoher Feuchte, tiefem Stratus und sehr schlechter Sicht. Der Durchgang der Tiefdruckrinne erfolgte gegen 00.00 Uhr UTC. Die Winddrehung auf West bei gleichzeitiger Abnahme auf Bft 5 brachte noch keine wesentliche Temperaturänderung. Als aber kurz darauf der Wind auf Südwest drehte, setzte kräftige Kaltluftadvektion ein, die innerhalb einer Stunde einen Temperaturrückgang bis -7°C bewirkte. Nach 12.00 Uhr UTC des 5. Mai wurden trotz ungehinderter Sonneneinstrahlung sogar -21°C unterschritten.

Im nördlichen Weddellmeer wurde bis etwa 50°W vorwiegend junges Eis bis 30 cm Dicke angetroffen. Westlich davon behinderten auch große Schollen ein- bzw. mehrjährigen Eises mit etwa 3 m bis 5 m Dicke die Fahrt erheblich. Andauernde Südostwinde bis Stärke Bft 8 ließen die Meereiskante weit nach Nordwesten und Westen vordringen. Wind und Gezeiten bewirkten zeitweise so starken Druck auf die Schollen, daß FS "Polarstern" nur sehr mühsam und im Rammeisbetrieb vorwärts kam. Die Meereisgrenze wurde am 11. Mai gegen 18 Uhr UTC bei 62.2°S 57°W erreicht. Sie war gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Eisbergen, die einer Barriere gleich, den Eisgürtel begrenzten.

Die Fahrt durch die Drakestraße wurde von einer kräftigen Hochdruckzone begünstigt, die sich von Argentinien über Feuerland und die Drakestraße hinweg zur südlichen Antarktischen Halbinsel erstreckte. Sie kam nur sehr zögernd ostwärts voran und bestimmte mit schwachen Winden das Wetter bis Mitte Mai. Zum Ende der Reise stellte sich eine mehr zyklonale Westwetterlage ein. Da aber der Gradient zwischen dem Subtropenhoch und der polaren Tiefdruckrinne nicht übermäßig groß war, konnten sich stärkere Winde bis Bft 8 erst zum Abschluß der Reise entwickeln.

Während des Abschnittes ANT XIII/4 dominierten die Winde aus West bis Nordwest mit mehr als 40% der stündlichen Beobachtungen. Die Windstärken von Bft 5, 6 und 7 wurden jeweils mit Häufigkeiten von 20% registriert (Abb. 2). Die Sturmhäufigkeit (Bft 8 und mehr) lag bei etwa 7% und damit deutlich unter dem aus der Klimatologie zu erwartenden Wert von etwa 20%.

2.1.2 Messung von Temperaturprofilen in der Mesopause Josef Höffner und Veit Eska (IAPR)

Ziele und Methoden

Das Hauptziel der Arbeitsgruppe des Instituts für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock war es, ein neu entwickeltes Kalium-Temperatur-Lidar zu testen und erste Messungen durchzuführen. Der routinemäßige Betrieb war erst auf dem nächsten Fahrtabschnitt geplant, für den günstigere Wetterbedingungen erwartet wurden. Am Anfang der Reise stand daher die Einrichtung eines stabilen Meßbetriebs im Vordergrund, da das Lidarsystem bisher nicht auf einem Schiff eingesetzt worden war.

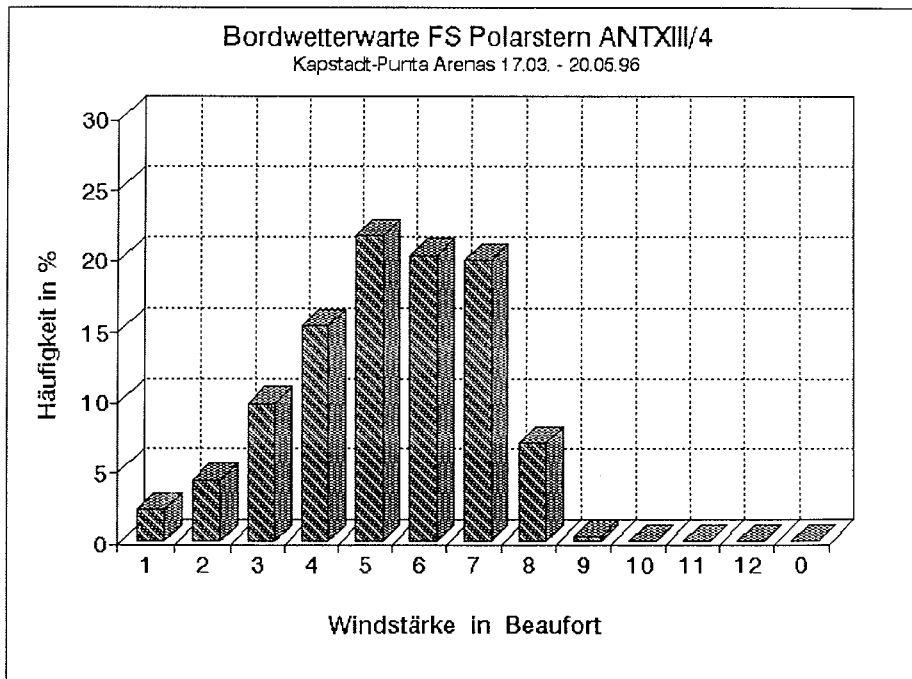
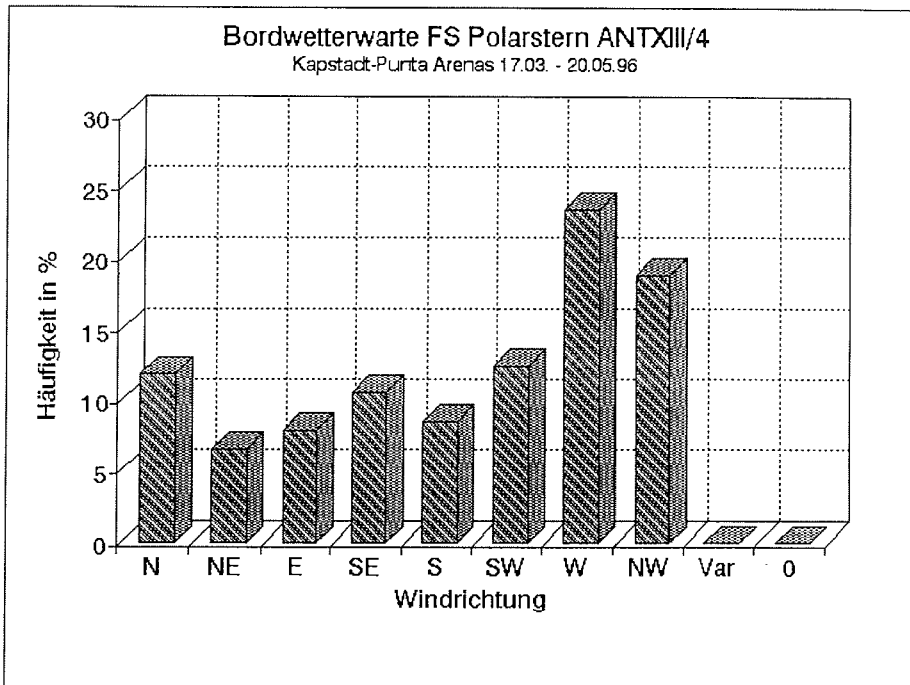


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und -stärke
 Fig. 2: Frequency distribution of wind speed and direction

Der Hauptbestandteil des eingesetzten Temperatur-Lidars ist ein neu entwickelter, gepulster, sehr schmalbandiger und abstimmbarer Alexandritlaser hoher Energie. Die Lichtpulse des Lasersystems regen freie Kaliumatome in der Mesopause zur Resonanzfluoreszenz an. Die rückgestreuten Photonen werden mit Hilfe eines Teleskops und eines Photomultipliers registriert. Aus der Laufzeit wird die jeweilige Höhe bestimmt, in der die Streuung erfolgte. Die temperaturbedingte Dopplerverbreiterung der Resonanzlinie (Feinstruktur) wird durch kontinuierliches spektrales Durchstimmen des Lasers ausgemessen und erlaubt die absolute Bestimmung der Temperatur im Streuvolumen. Vertikale Windgeschwindigkeiten lassen sich durch die vom Dopplereffekt hervorgerufene Frequenzverschiebung der Feinstruktur ermitteln. Die Kombination von Rayleighstreuung und Resonanzfluoreszenzstreuung erlaubt die Temperaturmessung bis in die Stratosphäre.

Die Messungen erfolgten in der Kaliumschicht, was bisher weltweit nur mit drei Lidarsystemen gelang, wobei alle Messungen auf der Nordhalbkugel stattfanden. Soweit uns bekannt ist, wurden die südlichsten Temperaturmessungen in der Mesopause (80-110 km Höhe) bei 31°S in Australien durchgeführt. Bei den ersten Messungen an Bord ergab sich, daß in der Atmosphäre der Südhalbkugel ausreichend Kalium vorhanden ist, um daraus Temperaturen in der Höhe von 80 km bis zu 110 km zu berechnen. Dieser Bereich ist von besonderem Interesse, da hier die tiefsten Temperaturen in der Atmosphäre der Erde auftreten, deren kontinuierliche Erfassung gegenwärtig nur mit einem bodengebundenen Lidar möglich ist. Unsere Messungen in der Kaliumschicht sind die ersten mit einem Kalium-Temperatur-Lidar auf der Südhalbkugel.

Vorläufige Ergebnisse

Insgesamt erfolgten in 16 Nächten Messungen in der Kaliumschicht, wobei in 11 Nächten Temperaturen der Mesopause bestimmt wurden. Für Temperaturmessungen ist eine Meßzeit von ca. einer halben Stunde erforderlich, während die Dichte in wenigen Minuten ermittelt werden kann. In einigen Nächten wurden Meßreihen bis zu zwölf Stunden Dauer aufgenommen, die es ermöglichen, die Änderung der Temperaturen während einer Nacht zu verfolgen. Diese Messungen sind die längsten, die bisher mit diesem Lidar gemacht wurden.

Die gemessenen Eigenschaften der Kaliumschicht sind mit denen auf der Nordhalbkugel vergleichbar, die im Frühjahr des letzten Jahres auf der Insel Rügen erfaßt wurden. Die Schicht ist breit und reicht in einigen Nächten von 78 km bis zu 120 km Höhe. Im Maximum beträgt die Dichte in den meisten Nächten durchschnittlich ca. 20 Atome pro Kubikzentimeter, während in einer Höhe von 120 km die Dichte nur noch ca. 0.01 Atome pro Kubikzentimeter beträgt. Die Säulendichte liegt bei etwa 20 Mio Atome pro Quadratzentimeter. Signifikante zeitliche Veränderungen der Kaliumdichte von April bis Mai gehen aus den Messungen nicht hervor. In einer der ersten Nächte konnte eine Spitze in der Dichte der Kaliumschicht beobachtet werden, die auf eine sporadische Schicht hinweist. Dabei handelt es sich um plötzlich auftretende schmale Schichten mit großer Dichte. Leider reichte die Meßzeit aufgrund schlechter Wetterbedingungen nicht aus, um dieses bei Kalium bisher noch nicht beobachtete Phänomen weiter zu verfolgen. Die gemessenen Temperaturen weichen teilweise deutlich von der als Referenz verwendeten Standardatmosphäre CIRA '89 (Referenz-Atmosphäre) ab.

Abb. 3 zeigt neben einem Rohdatenprofil aus der Nacht vom 2. zum 3. Mai ein Temperaturprofil bis 106 km Höhe. Im Rohdatenprofil reicht das Rayleighsignal bis in die Kaliumschicht hinein, was die Fortsetzung der Temperaturbestimmung um weitere 35 km ermöglicht. Die Mesopause lag in dieser Nacht bei 99 km Höhe und damit höher als in der ebenfalls dargestellten Referenz-Atmosphäre CIRA '89. In 83 km Höhe ist ein weiteres lokales Minimum sichtbar. Messungen in einigen anderen Nächten zeigen ähnliche Tendenzen.

Die dynamische Variabilität der Kaliumschicht während einer Nacht spiegelt sich in der Abb. 4 wider. Die Unterkante der Schicht wanderte in der Nacht mehrmals auf und ab, was auf eine starke Wellenaktivität hindeutet. Die Form der Schicht und die Lage des Maximums änderten sich ständig. Das Maximum besaß am Ende der Nacht eine etwas höhere Dichte. Ähnliche Trends lassen die Messungen in anderen Nächten erkennen. Für eine detaillierte Auswertung wird die vorhandene Software noch verbessert bzw. erweitert.

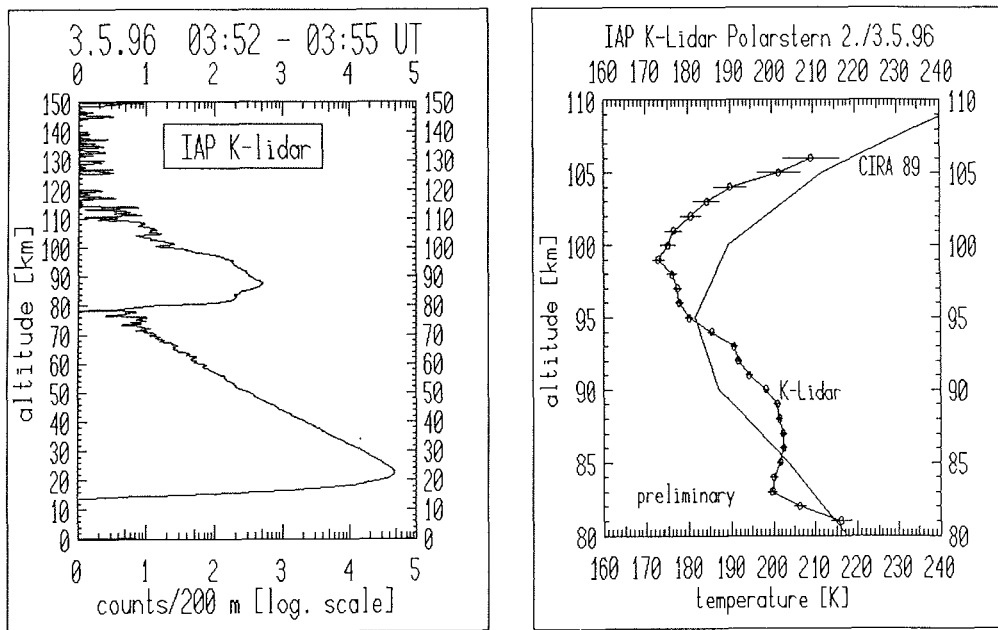


Abb. 3: Rohdatenprofil aus 4000 Laserpulsen (links) und Temperaturprofil (rechts) aus der Nacht vom 2. bis 3. Mai 1996.

Fig. 3: Backscattered profile (4000 laser pulses) and temperature profile up to 106 km at the night from May 2/3.

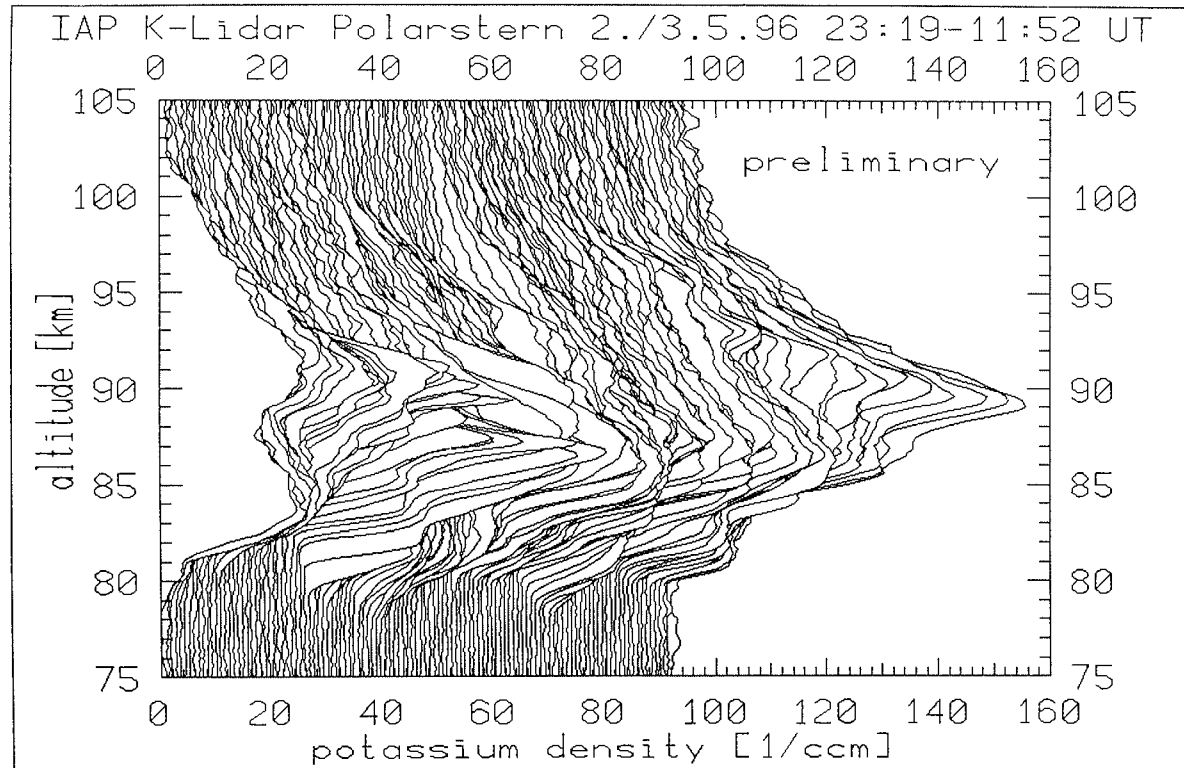


Abb. 4: Dichteprofile der Kaliumschicht für die Nacht vom 2. auf 3. Mai 1996 gemessen von 23:19 bis 11:52.
Fig. 4: Density profiles of the potassium layer measured in the night from May 2/3, (23:19-11:52 UT).

2.2 Physikalische Ozeanographie

2.2.1 **Tiefen- und Bodenwasserbildung im Weddellmeer**

Eberhard Fahrbach, Janja Gorny, Andreas Hansjosten, Miriam de las Heras, Uta Horstmann, Markus Jochum, Leif Kolb, Ralf Meyer, Gerd Rohardt, Harald Rohr, Michael Schröder, Giok Nio Tan, Tanja Winterrath, Andreas Wisotzki, Hannelore Witte, Rebecca Woodgate (AWI).

Ziele

Im Weddellmeer findet ein wesentlicher Teil der Bodenwasserbildung des Weltmeeres statt. Dabei spielen die winterliche Abkühlung und die Eisbildung auf den Schelfen sowie die Wechselwirkung zwischen Ozean und Schelfeis eine wesentliche Rolle. 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 Zirkulationssystem des Weddellwirbels nach Norden geführt werden. Dort verlassen sie das Weddellmeer und werden in den Antarktischen Zirkumpolarstrom eingespeist oder an topographischen Strukturen weiter nach Norden geführt.

Der Dichtezunahme durch Abkühlung wirkt im Weddellmeer die Abnahme des Salzgehalts durch Niederschlag und durch schmelzendes Schelfeis oder Eisberge entgegen. Dieser Süßwassergewinn kann wiederum durch den Zustrom von salzreichem Tiefenwasser aus dem Antarktischen Zirkumpolarstrom ausgeglichen werden, der überwiegend im östlichen Weddellwirbel erfolgt. Diese Wassermasse wird im Weddellmeer als Warmes Tiefenwasser bezeichnet. Ihr Weg im zyklonalen Wirbel ist durch ihre stetige Abkühlung und Salzgehaltsabnahme zu verfolgen. Die relativ warmen Bedingungen im südöstlichen Wirbel, die durch die geringe Entfernung zum Einstrom im östlichen Weddellmeer bedingt sind, kennzeichnen das warme Regime. Das kalte Regime im Nordosten entsteht durch die Abkühlung des Warmen Tiefenwassers im Laufe seiner Zirkulation im Weddellwirbel. Der Einstrom unterliegt starken zeitlichen Fluktuationen, die zum Teil durch Strukturen der Bodentopographie erzeugt werden. Die Dynamik und Kinematik der Fluktuationen soll aus den Messungen abgeleitet werden. Im zentralen Weddellmeer können die Fluktuationen tiefgreifende Vermischungsvorgänge im offenen Ozean bewirken. Daher können sie zur Tiefenwasserbildung beitragen und die Meereisdicke beeinflussen, was in extremen Fällen zu Polynjas im offenen Ozean führen kann.

Um diese Vorgänge quantifizieren zu können, wurden die Wassermasseneigenschaften des Einstroms in den Weddellwirbel, die Verteilung im Weddellwirbel und im Ausstrom in die Weddell-Scotia-Konfluenz gemessen. Die Transportbestimmung auf der Basis des geostrophischen Gleichgewichts kann durch die quasi-synoptische Mehrfachmessungen an mehreren Stellen des Wirbels optimiert werden. Langzeitige Variationen des Strömungssystems, der Vermischungstiefe und der Eigenschaften des Tiefenwassers werden gemessen, um mögliche Zusammenhänge mit großräumigen Veränderungen zu erkennen. Wegen der Bedeutung der Meereisbildung für die Wassermassenmodifikation wird die meridionale Verteilung der Eisdicke und die langzeitige Variation der Eisdickenverteilung und -konzentration mit verankerten Geräten bestimmt. Die Messungen auf den Schnitten wurden zum Teil schon mehrfach wiederholt, um so

die längerfristigen Veränderungen der Wassermasseneigenschaften und ihrer Verteilung zu erkennen.

Die Messungen dienen u. a. zur Validierung von Modellen, welche die Zirkulation und Wassermassenbildung im Weddellmeer simulieren. Dazu sind mehrjährige Zeitreihen der ozeanischen Strömungs- und Schichtungsverhältnisse sowie der atmosphärischen Antriebsbedingungen und des Meereises notwendig, um so die Reaktion des Systems auf Variationen im Antrieb untersuchen zu können. Die Arbeiten im Rahmen der physikalischen Ozeanographie stellen einen Beitrag zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE) dar. Die hydrographischen Schnitte sind unter dem WOCE-Code S4/SR4 und SR2 registriert. Die Verankerungen im westlichen Weddellmeer sind ein Teil des internationalen DOVETAIL (Deep Ocean Ventilation Through Antarctic Intermediate Layers) Projektes, das im Rahmen des iAnzone Programms stattfindet. In diesem Zusammenhang wurden auch Geräte der Universität Politecnica de Catalunya in Barcelona, Spanien verankert.

Arbeiten auf See

Das Programm umfaßte Messungen vom Schiff aus mit der CTD-Sonde verbunden mit einem Wasserschöpfer (conductivity, temperature, depth), XBTs (Expendable Bathythermograph) und einem schiffsgebundenen sowie einem am Draht gefierten ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Zusätzlich wurden 3 Verankerungen mit Meßgeräten aufgenommen und 14 ausgelegt. Regional gliedern sich die Untersuchungen in 4 Komponenten:

1. Zur Bestimmung des Einstroms aus dem Antarktischen Zirkumpolarstrom im östlichen Weddellmeer wurden auf einem hydrographischen Schnitt von 39° bis $24^{\circ}41'E$ 14 Profile mit der CTD-Sonde und Wasserschöpfern gemessen (Abb. 5 und 6).
2. Zur Bestimmung der Wirbelintensität im Übergangsgebiet zwischen dem Antarktischen Zirkumpolarstrom und dem Weddellwirbel werden Zeitreihen über mehrere Jahre gemessen. Zur Fortsetzung der Messungen wurden Verankerungen aufgenommen und ausgebracht (Abb. 5, Tab. 1 und 2) und das Meßgitter der CTD-Schnitte durch XBT-Würfe (Expendable Bathythermograph) verdichtet (Abb. 10-12, Appendix 2).
3. Der Austausch zwischen dem östlichen und westlichen Weddellmeer wurde auf einem zonalen hydrographischen Schnitt entlang dem ostwärtigen Strom im Norden des Weddellwirbels von 0° bis $24^{\circ}41'E$ auf 15 Stationen gemessen (Abb. 5 und 7) und senkrecht dazu auf einem Schnitt entlang dem Nullmeridian von $55^{\circ}S$ bis zur Schelfeiskante bei $69^{\circ}38.5'S$ an 32 Stationen (Abb. 5 und 8). Der Schnitt auf dem Nullmeridian war 1992 schon einmal ausgeführt worden. Ferner wurden 8 Verankerungen ausgelegt (Abb. 5 und 13, Tab. 1).
4. Zur Bestimmung des Einstroms in das südliche Weddellmeer aus dem Osten und des Ausstroms im Nordwesten wurde ein hydrographischer Schnitt durch das südliche Weddellmeer mit 36 Stationen aufgenommen (Abb. 5 und 9). Dies stellt seit 1989 die vierte Wiederholung des Schnittes dar. Bei Joinville Island wurden 6 Verankerungen ausgelegt (Abb. 5. und 13, Tab. 3).

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 SN 1347 und SN 1360 eingesetzt. Als Wasserschöpfer kamen ein Gerät mit 24 12-l Flaschen der Firma General Oceanics und ein 36-Flaschen-Schöpfer von FSI zum Einsatz. Allerdings zeigte sich, daß die 36-Flaschen-Rosette mit einem so hohen Zusatzgewicht ausgestattet werden mußte, um das gleichmäßige Absinken zu gewährleisten, daß die sichere Handhabung nicht mehr möglich war und der Bruch des Einleiterdrahts befürchtet wurde. Deshalb konnte nur der 24-Flaschen Wasserschöpfer verwendet werden. Auch dieses Gerät mußte mit 120 kg Zusatzgewicht ausgestattet werden, um bei den starken Schiffsbewegungen in der Dünung das Absinken der Sonde sicherzustellen und die Beschädigung des Einleiter-Drahtes zu verhindern. Die Zusatzgewichte wurden jeweils an Bord abgenommen, um den Transport der Sonde mit der Laufkatze in den Abfüllraum zu ermöglichen.

Trotz dieser Maßnahmen traten Schäden am Draht auf. Zur Überbrückung der langen Reparaturzeiten wurde die Sonde zeitweilig über den A-Rahmen am Heck gefahren. Die extremen Stampfbewegungen führten zu solchen Belastungen, daß sich die Wasserschöpfer von der Rosette lösten und zerschlagen wurden. Dadurch entstand ein Verlust von 23 Schöpfern, 9 elektronischen Umkipppdruckmessern und 7 elektronischen Umkipppthermometern. Ferner wurde die Leitfähigkeitszelle der CTD-Sonde durch die Schläge beschädigt. Zur Reparatur wurde die Leitfähigkeitszelle von einem Verankerungsgerät in die CTD-Sonde umgebaut. Durch Probleme beim Umbau wurden bis zur zuverlässigen Funktion mehrere Profile stark gestört, so daß sie aufwendig korrigiert werden oder verworfen werden mußten. Die starken Belastungen des Drahtes bewirkten auch das Auftreten von Störungen in der Datenübertragung, was als Schwingen im Tiefenbereich von 2000 bis 3000 m bemerkbar wurde. Zusätzlich führten Schwierigkeiten bei der Pegeleinstellung bei einigen Profilen zu erhöhtem Rauschen. Durch diese Probleme ist der Datensatz zum Teil sehr mit Rauschen behaftet und mußte sorgfältig gereinigt werden. Dies betrifft alle übertragenen Parameter. Die Beseitigung des Rauschen erfolgte für jedes Einzelprofil graphisch-interaktiv, abgestimmt auf die speziellen Eigenschaften des Rauschens. Besonderen Wert wurde darauf gelegt, daß die CTD-Werte während der Schöpferauslösung störungsfrei zur Bestimmung der Korrekturwerte bereitgestellt wurden.

Die Genauigkeit des Datensatzes 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 Sonden überwacht. Für Sonde 1347 wurden Temperaturkalibrierungen vor und nach der Reise bei der Scripps Institution of Oceanography und bei FSI ausgeführt, die für beide Sensoren im relevanten Temperaturbereich eine Drift von weniger als 1 mK zeigten. Daher wurden die Koeffizienten der Kalibrierung vor der Reise verwendet. Bei Sonde 1360, bei der der Leitfähigkeitssensor ausgetauscht werden mußte, konnte nur nach der Reise eine Kalibrierung bei Scripps erfolgen. Allerdings tritt bei einem Sensor ein Sprung auf, so daß der andere Sensor mit der Kalibrierung nach der Reise verwendet wurde. Zusätzlich wurden zur Überprüfung an Bord bis zum Verlust bei Station 13 elektronische Kippthermometer eingesetzt und anschließend Quecksilberthermometer, die im Institut für Ostseeforschung in Warnemünde kalibriert worden waren. Die Abweichungen der Sondenwerte zu den Umkipppthermo-

metern ergaben keine eindeutigen Aussagen, so daß die Genauigkeitsabschätzung der Temperaturdaten auf der Laborkalibrierung beruht. Berücksichtigt man die durch Rauschen notwendigen Korrekturen, so kann eine Genauigkeit von 2 bis 3 mK angenommen werden.

Für Sonde 1347 wurde eine Druckkalibrierung vor und nach der Reise bei der Scripps Institution of Oceanography und bei FSI ausgeführt. Eine Abweichung wurden nicht festgestellt. Bei Sonde 1360 erfolgte die Kalibrierung bei Scripps nur nach der Reise. Die Korrektur liegt bei etwa 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. P127 verwendet. An den Wasserproben wurden 2477 Salzgehaltsmessungen mit einem Guildline Autosal 8400B ausgeführt. Bei den Stationen 18, 19, 20, und 21 konnten die Leitfähigkeitsprofile nicht korrigiert werden, so daß Salzgehaltsprofile aus Schöpferwerten erzeugt werden mußten. Der auf der Grundlage der Schöpferwerte korrigierte Salzgehalt erreicht eine Genauigkeit von 0.003.

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.

Bei allen Stationen wurden Sauerstoffproben über das gesamte Tiefenprofil genommen (insgesamt ca. 2400). 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. Bei mehr als 10% der Gesamtproben (317) wurden Doppelmessungen durchgeführt, die das gesamte Spektrum der gemessenen O₂-Gehalte (180-350µmol/l) abdecken. Anhand der prozentualen Abweichung dieser Doppelproben wurde die analytische Genauigkeit als 0.2% berechnet. Somit erfüllt der Datensatz die WOCE-Bedingungen, nach denen die Reproduzierbarkeit der O₂-Werte 0.5% des höchsten gemessenen O₂-Wertes betragen darf.

Zur Messung des stabilen Isotops ¹⁸O wurden an 83 Stationen 1713 Proben genommen. Für paläo-ozeanographische Untersuchungen wurden 1350 Proben an 67 Stationen für die Bestimmung des stabilen Kohlenstoffisotops δ¹³C abgefüllt.

Vorläufige Ergebnisse

Der Schnitt von 39° bis 24°41'E entlang 54° S erstreckt sich vom Fuß der Conradkuppe zum Südwestindischen Rücken (Abb. 5). In diesem Gebiet hat der Antarktische Zirkumpolarstrom eine kräftige südliche Komponente. Dies wird durch die gut ausgeprägten Kernschichten des Oberen und des Unteren Zirkumpolaren Tiefenwassers deutlich (Abb. 6). Die südliche Zirkumpolarstromfront liegt bei Station 13 bei 27° 23'E. Die bodennahen Schichten sind am westlichen Hang zum Südwestindischen Rücken hin durch Bodenwasser, das aus dem westlichen Weddellmeer entlang dem mittelozeanischen Rücken nach Osten strömt, relativ kalt. Da dieser Kern am Hang der Conradkuppe nicht mehr zu erkennen ist, muß er

in den Indischen Ozean ausströmen. Die Struktur der oberflächennahen Schichten ist wirbelaufösend in einem XBT-Schnitt erfaßt (Abb. 11).

Der Schnitt vom Nullmeridian nach Osten (Abb. 7) zeichnet den ostwärtigen Strom des nördlichen Weddellwirbels nach. Im Niveau des Warmen Tiefenwassers zeigen die relativ kalten Temperaturen von weniger als 0.3°C das kalte Regime an. Die Grenze des Weddellwirbels, die Weddellfront, liegt zwischen den Stationen 18 und 19. Die Temperatur des Weddellmeer-Bodenwassers von weniger als -0.7°C nimmt von Westen nach Osten zu, was der Zumischung von Umgebungswasser entspricht. Allerdings wird auch die Querkirkulation zur Schnittebene deutlich, die zu einer Aufwölbung der Isolinien führt. Sie ist durch eine nordwärtige Ausbuchtung der Tiefsee-Ebene zwischen 10 und 15°E verursacht (Abb. 5), die im Westen des Schnittes einen nordwärtigen, im Osten einen südwärtigen Strom bewirkt.

Auf dem Schnitt entlang dem Meridian von Greenwich (Abb. 8) wird der zyklonale Weddellwirbel meridional geschnitten. Im Süden zeigt sich die Vertiefung der Deckschicht, die schon winterliche Temperaturen angenommen hat, zum Kontinent hin. Dieser Teil des Schnitts lag schon unter dem Meereis und wird dem Antarktischen Küstenstrom zugerechnet. Nach Norden schließt das warme Regime mit Temperaturen im Warmen Tiefenwasser von über 1°C an, das durch die geringe Entfernung zum Einstrom von Zirkumpolaren Tiefenwasser begründet ist. Das warme Regime wird durch die Maudkuppe gestört, wo deutlich kältere Temperaturen im Warmen Tiefenwasser gefunden wurden. Die abnehmenden Temperaturen weiter im Norden bilden das kalte Regime, in dem der Strom nach Osten setzt. In Bodennähe zeigen kalte Temperaturen den Strom von Bodenwasser aus dem westlichen Weddellmeer, der an den mittelozeanischen Rücken angelehnt nach Osten fließt. Die Weddellfront liegt bei $55^{\circ} 30'\text{S}$ zwischen den Stationen 36 und 37.

Der südliche Teil des Weddellwirbels, in dem die hauptsächlichen Wassermassentransformationen stattfinden, wird durch den Schnitt von Kapp Norvegia nach Joinville Island (Abb. 9) vom Aus- und Einstromregime getrennt. Die Deckschicht zeigt schon winterliche Bedingungen mit Temperaturen um den Gefrierpunkt. Die Absenkung der Deckschicht zur Küste hin durch küstenwärtigen Ekmantransport und Konvektion in der Küstenpolynja wird an beiden Seiten des Schnitts sichtbar. Der Einstrom von relativ warmem Warmen Tiefenwasser ist im Osten zu erkennen, der Ausstrom im Westen ist deutlich kälter. Am westlichen Hang strömt die Schicht mit neugebildetem Bodenwasser nach Norden.

Die Schnitte stellen auch einen Beitrag zum WOCE "Repeat sections"-Programm dar. Der Vergleich mit den Daten von 1992 auf dem Nullmeridian-Schnitt und von 1989/1990/1992 auf dem Schnitt durch das westliche Weddellmeer zeigt eine deutliche Veränderung in den tieferen Schichten. Im Bodenwasser des westlichen Weddellbeckens trat eine kontinuierliche Erwärmung über den Zeitraum von 6 Jahren auf, die auch von Messungen mit verankerten Geräten bestätigt wird. Demnach erwärmt sich das Weddellmeer-Bodenwasser um 0.01K pro Jahr. Die Untersuchung der Ursachen ist noch nicht abgeschlossen, doch die Temperaturzunahme im Bereich des Warmen Tiefenwassers legt nahe, daß eine Veränderung des Einstroms aus dem Zirkumpolarstrom stattgefunden hat.

Tab. 1: Verankerungen, die auf dem Nullmeridian ausgelegt wurden.

Tab. 1: Moorings deployed on the Greenwich Meridian.

Mooring	Latitude Longitude	Date Time(UTC)	Water Depth(m)	Type	SN	Depth (m)
BO6	54° 20.6'S 03° 17.0'W	07.04.96 12:09	2677	AVTP	9763	250
				AVTPC	9193	399
				ACM-CTD	1391	400
				AVTP	9182	1493
				ST	890109	2280
AWI228-1	57° 00.0'S 00° 00.2'W	13.04.96 15:30	3857	AVT	9186	2685
				AVTP	11887	434
				ACM-CTD	1389	795
				AVT	9768	2090
AWI227-3	59° 01.8'S 00° 00.0'W	04.04.96 19:00	4605	ACM-CTD	1387	3812
				ULS	10	156
				AVTP	9201	262
				AVTP	9211	698
				SC	1978	699
				ACM-CTD	1392	700
				AVT	9190	2006
				ST	860016	3373
				AVT	9391	4554
				SC	318	4553
AWI229-1	63° 59.6'S 00° 00.3'W	14.04.96 11:05	5180	ACM-CTD	1388	4552
				ULS	07	159
				AVTP	11888	209
				SC	1973	210
				TC250	1570	240
				TC250	1572	515
				AVTPC	9786	778
				SC	319	779
				AVT	9770	2005
				ACM-CTD	1400	5136
AWI230-1	66° 00.2'S 00° 09.5'W	19.04.96 16:00	3449	ULS	25	51
				AVTPC	9765	91
				SC	1166	92
				TC250	1426	123
				TC250	1427	399
				AVTPC	9215	664
				SC	1167	665
				AVT	10498	1671
ACM-CTD	1411	3406				

Tab. 1 (Forts.): Verankerungen, die auf dem Nullmeridian ausgelegt wurden.
 Tab. 1(cont.): Moorings deployed on the Greenwich Meridian.

Moorings	Latitude Longitude	Date Time(UTC)	Water Depth(m)	Type	SN	Depth (m)
AWI231-1	66° 30.0'S 00° 00.4'W	20.04.96 11:15	4513	ULS	26	160
				AVTPC	9213	209
				SC	1976	210
				TC250	1453	236
				TC250	1569	512
				AVTP	9212	778
				SC	630	779
				AVT	9561	1805
AWI232-1	69° 00.0'S 00° 00.0'W	22.04.96 09:50	3361	ACM-CTD	1390	4466
				ULS	24	147
				AVTP	11889	248
				AVTPC	10491	754
				AVT	10496	1960
				ACM-CTD	1404	3317
AWI233-1	69° 24.2'S 00° 00.7'E	22.04.96 15:40	2001	ULS	6	149
				AVTP	10492	255
				AVTPC	9214	751
				AVT	10499	1956

Tab.2: Verankerungen, die während ANT XIII/4 aufgenommen wurden.
 Tab.2: Moorings recovered during ANT XIII/4.

Moorings	Latitude Longitude	Date Time(UTC) (1. Record)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)	Record length (days)
AWI227-2	59° 27.5'S 03° 11.2'W	26.12.94 16:00	5096	AVTP	10002	250	424
				AVTP	9998	514	424
				AVT	9179	1604	424
				AVT	10531	3650	424
				AVT	10532	5058	424
				AVT	10532	5058	424
BO5	54° 20.6'S 03° 17.6'W	28.12.94 01:00	2674	AVTP	9766	215	425
				AVTPC	8037	425	425
				AVT	9188	1520	425
				AVT	9184	2627	425
PF8	50° 11.1'S 05° 53.7'E	30.12.94 00:00	3868	AVTP	10541	301	426
				AVTPC	7727	799	426
				AVT	10534	1594	426
				AVT	10495	3100	426
				AVT	10497	3815	426

Tab. 3: Verankerungen, die im westlichen Weddellmeer ausgelegt wurden.

Tab. 3: Moorings deployed in the western Weddell Sea.

Mooring	Latitude Longitude	Date Time(UTC)	Water Depth (m)	Type	SN	Depth (m)
AWI216-2	63° 57.6'S 49° 08.8'W	06.05.96 16:54	3520	AVTP	11926	262
				ACM-CT	1403	573
				AVT	11885	2549
				AVT	11886	3474
				SC	631	3475
AWI207-4	63° 43.3'S 50° 49.2'W	07.05.96 20:45	2510	ULS	08	174
				AVTPC	9207	270
				TC250	2299	506
				ACM-CT	1402	762
				AVT	9767	2187
				TC250	2371	2199
				AVT	9206	2454
				SC	1979	2455
				ACM-CT	1401	1648
AWI236-1	63° 34.3'S 51° 37.0'W	08.05.96 10:49	1803	ACM-CT	1410	1759
				ULS	09	157
AWI206-4	63° 29.6'S 52° 06.1'W	08.05.96 15:23	960	AVTP	11890	254
				ACM-CT	1409	499
				AVT	9401	914
				SC	1977	915
				AVTP	11892	244
AWI215-3	63° 19.6'S 52° 46.9'W	08.09.96 22:58	450	AVT	9402	444
				WLR	1154	450
				ADCP	378	278
AWI234-1	62° 51.4'S 53° 40.3'W	09.05.96 16:52	287	SC	1975	283

Abkürzungen/ Abbreviations:

ACM-CT	Falmouth Scientific 3-dimension acoustic current meter with CTD-sensor head (CTD=Conductivity, Temperature, Depth)
ADCP	RDI Inc. acoustic doppler current profiler
AVTPC	Aanderaa current meter with temperature, pressure, and conductivity sensor
AVTP	Aanderaa current meter with temperature and pressure sensor
AVT	Aanderaa current meter with temperature sensor
SC	SeaBird Inc. self contained CTD, type: SeaCat
ST	Sediment trap
TC250	Aanderaa thermistor cable, 250 m length, 11 sensors 25 m spacing
ULS	Upward looking sonar Christian Michelsen Research Inc.

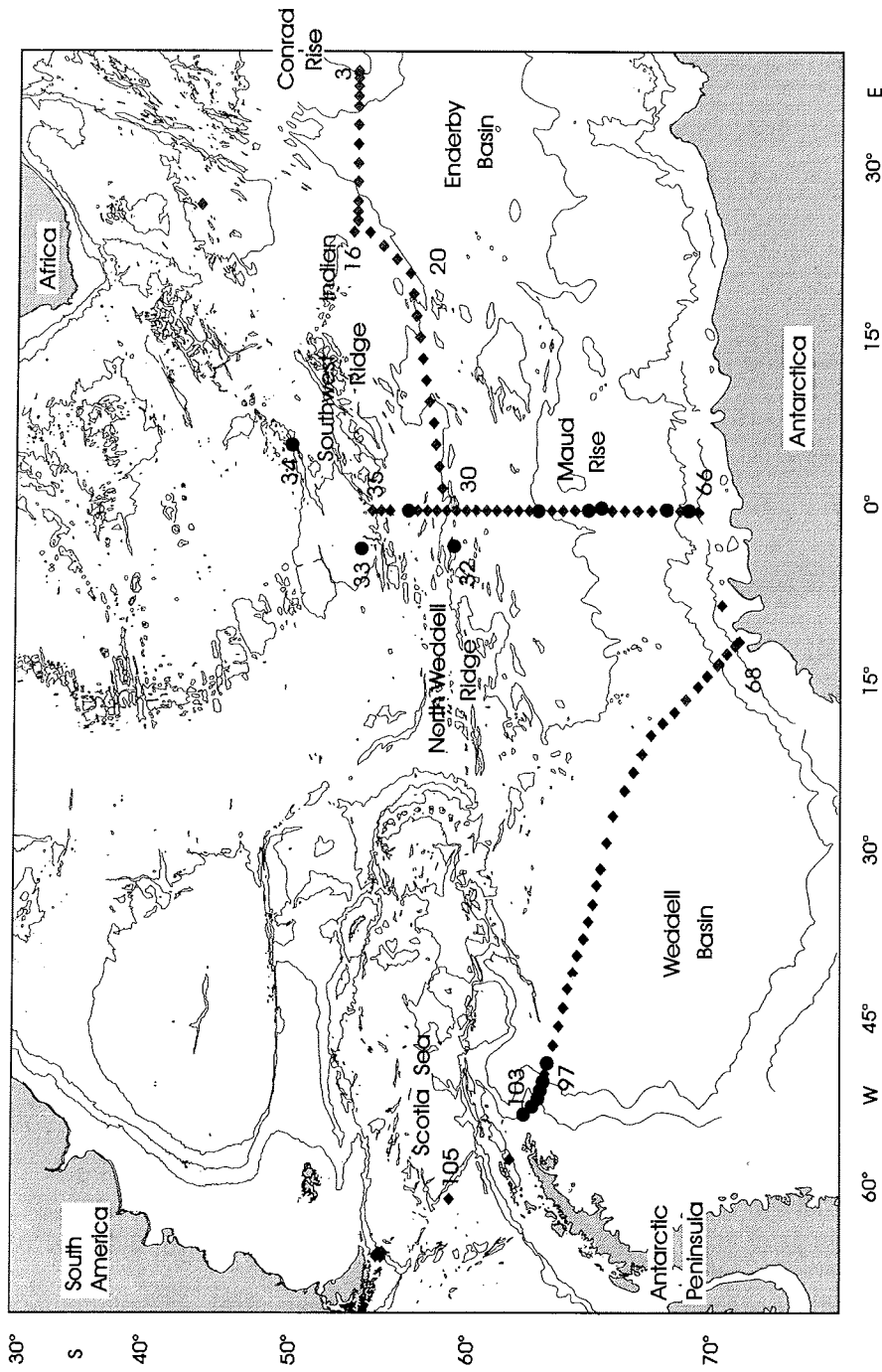
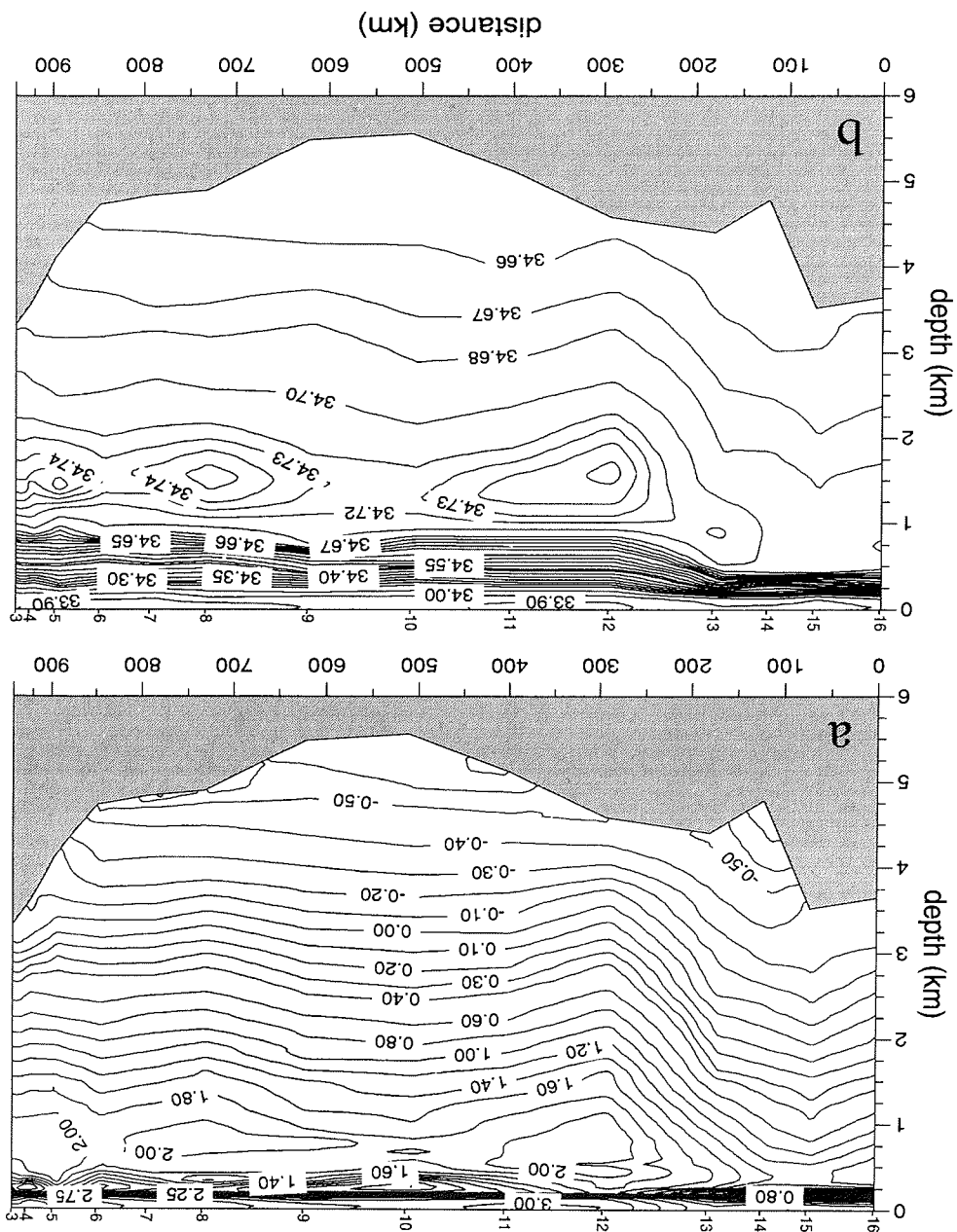
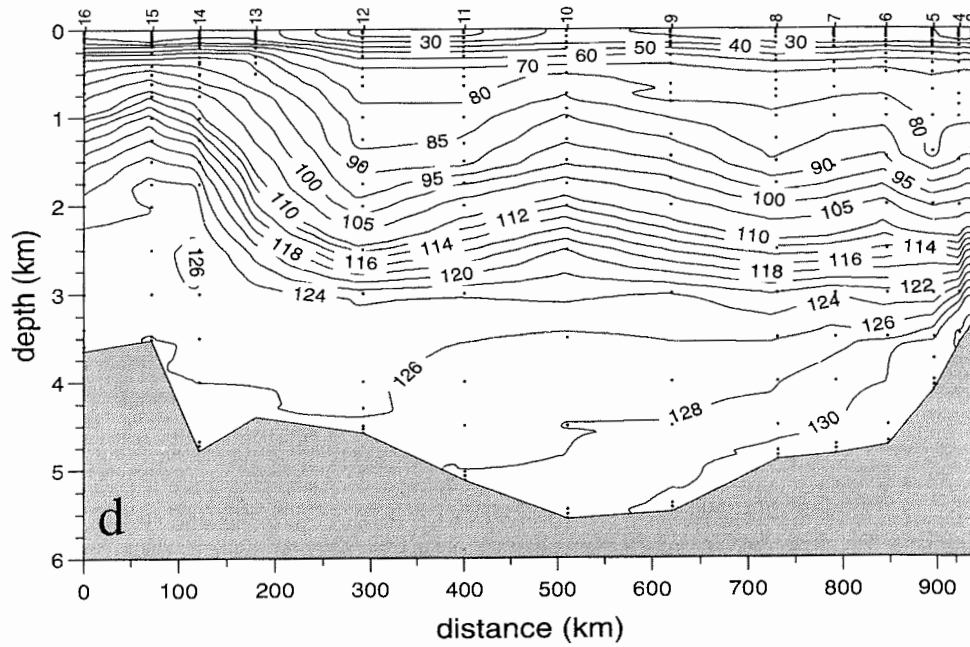
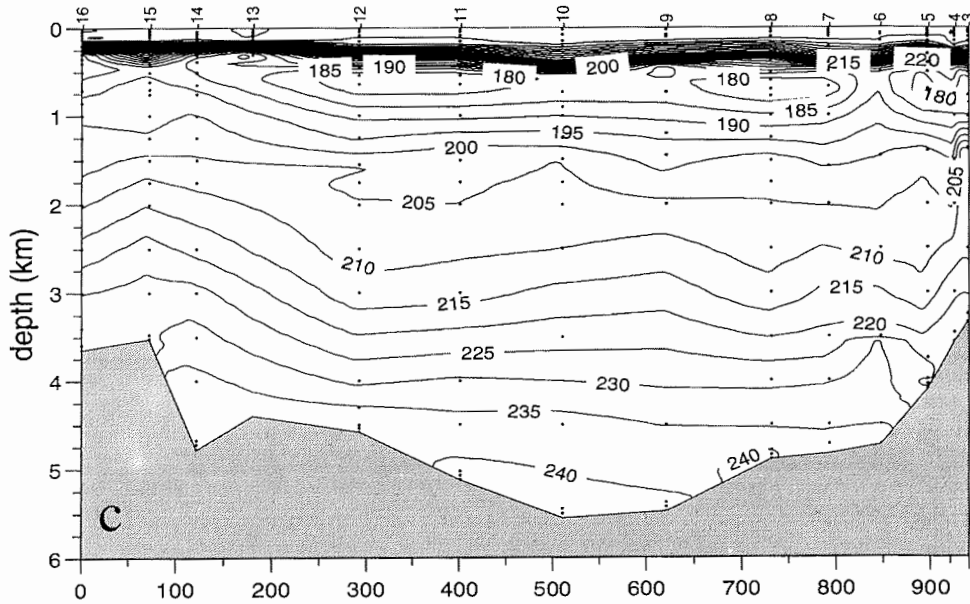


Abb. 5: Lage der hydrographischen Stationen (Quadrate) und der Verankerungen (Kreise) im Weddellmeer.
 Fig. 5: Location of the hydrographical stations (squares) and mooring positions (dots) in the Weddell Sea.

Abb. 6: 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 östlichen Rand des Weddellmeers entlang 54°S von $24^\circ 41'\text{E}$ bis 39°E .
 Fig. 6: 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 eastern boundary of the Weddell Sea along 54°S from $24^\circ 41'\text{E}$ to 39°E .





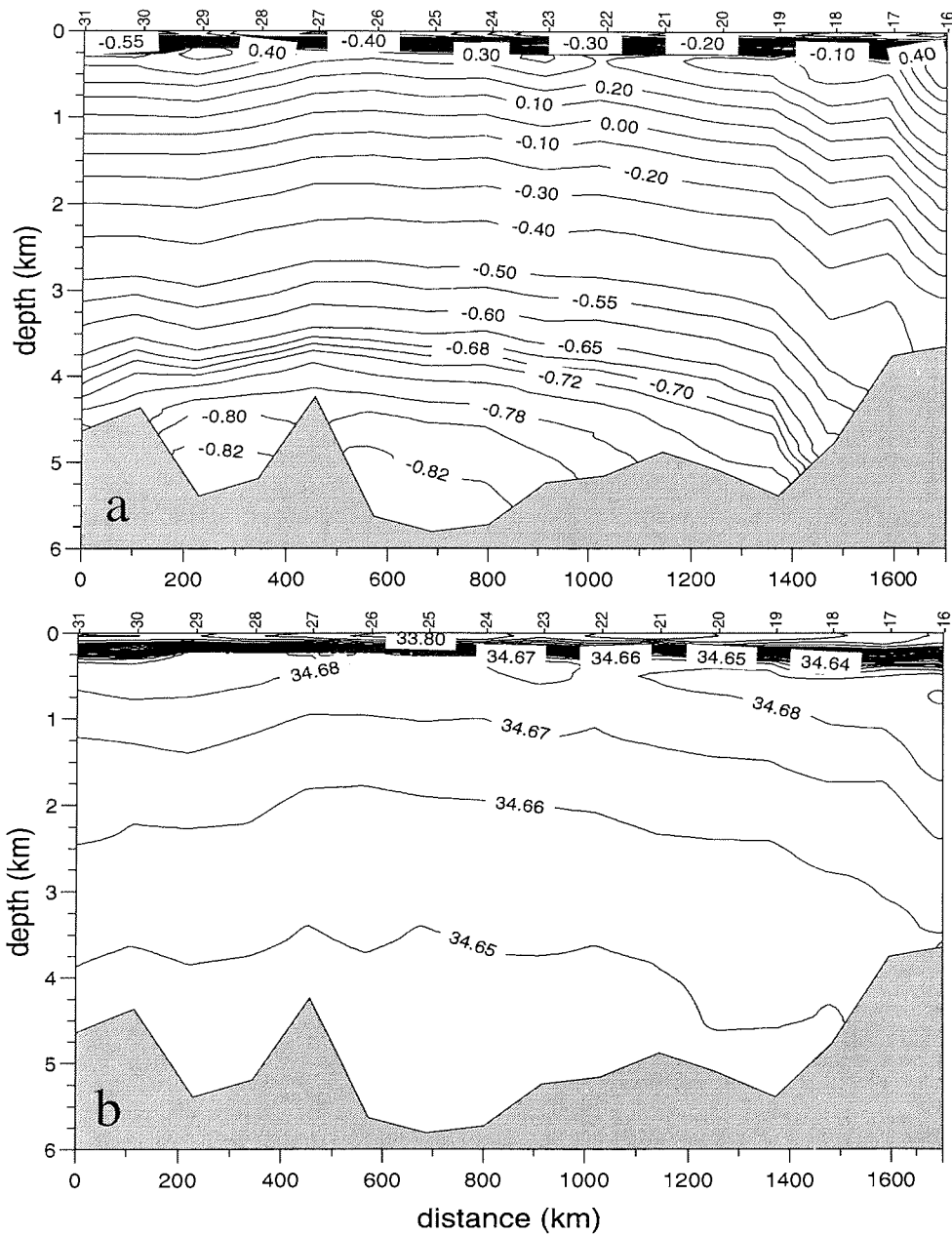
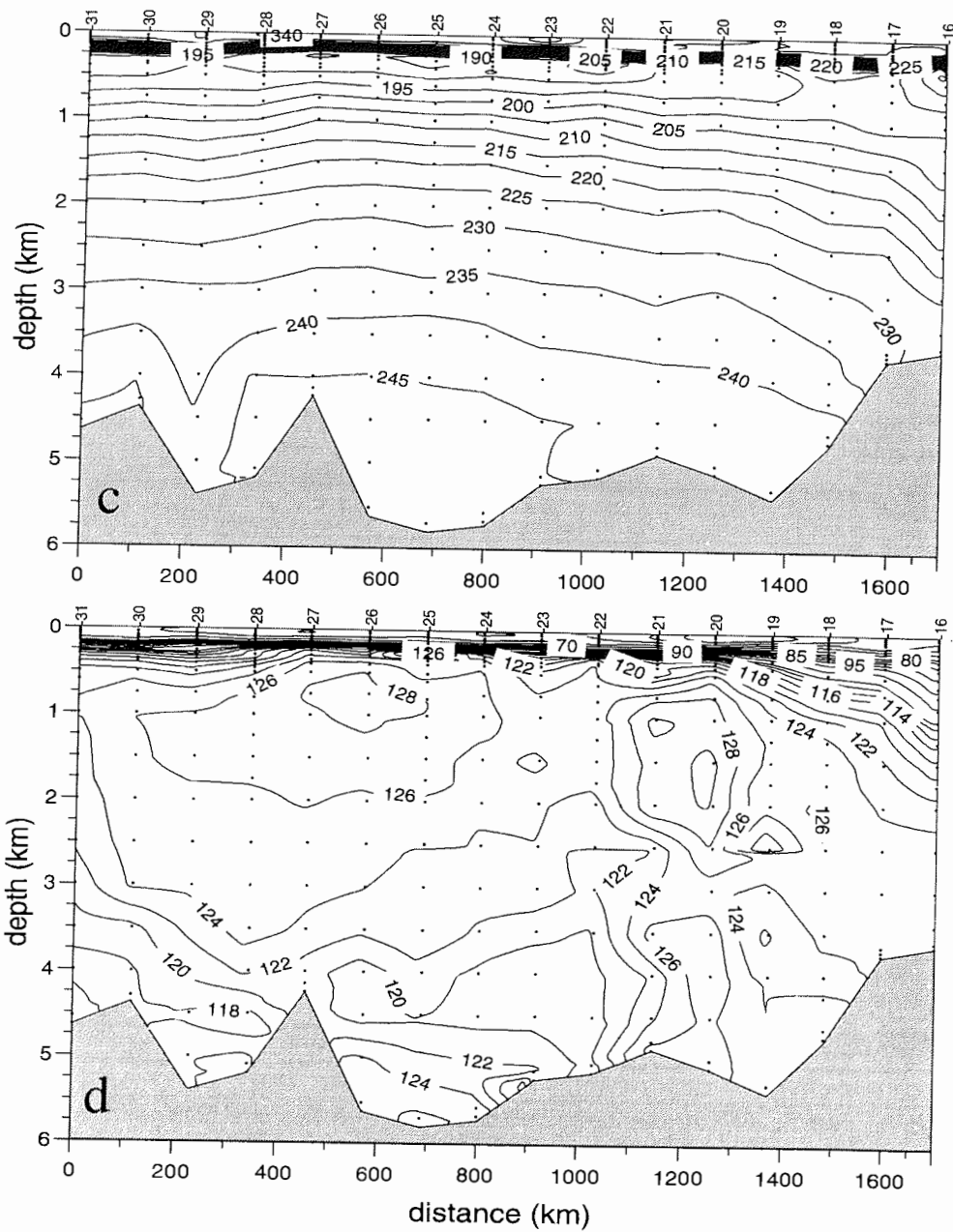


Abb. 7: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch das östliche Weddellmeer von $59^{\circ}30'S$ 0° bis $54^{\circ}S$ $24^{\circ}41'E$.

Fig. 7: 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 eastern Weddell Sea from $59^{\circ}30'S$ 0° to $54^{\circ}S$ $24^{\circ}41'E$.



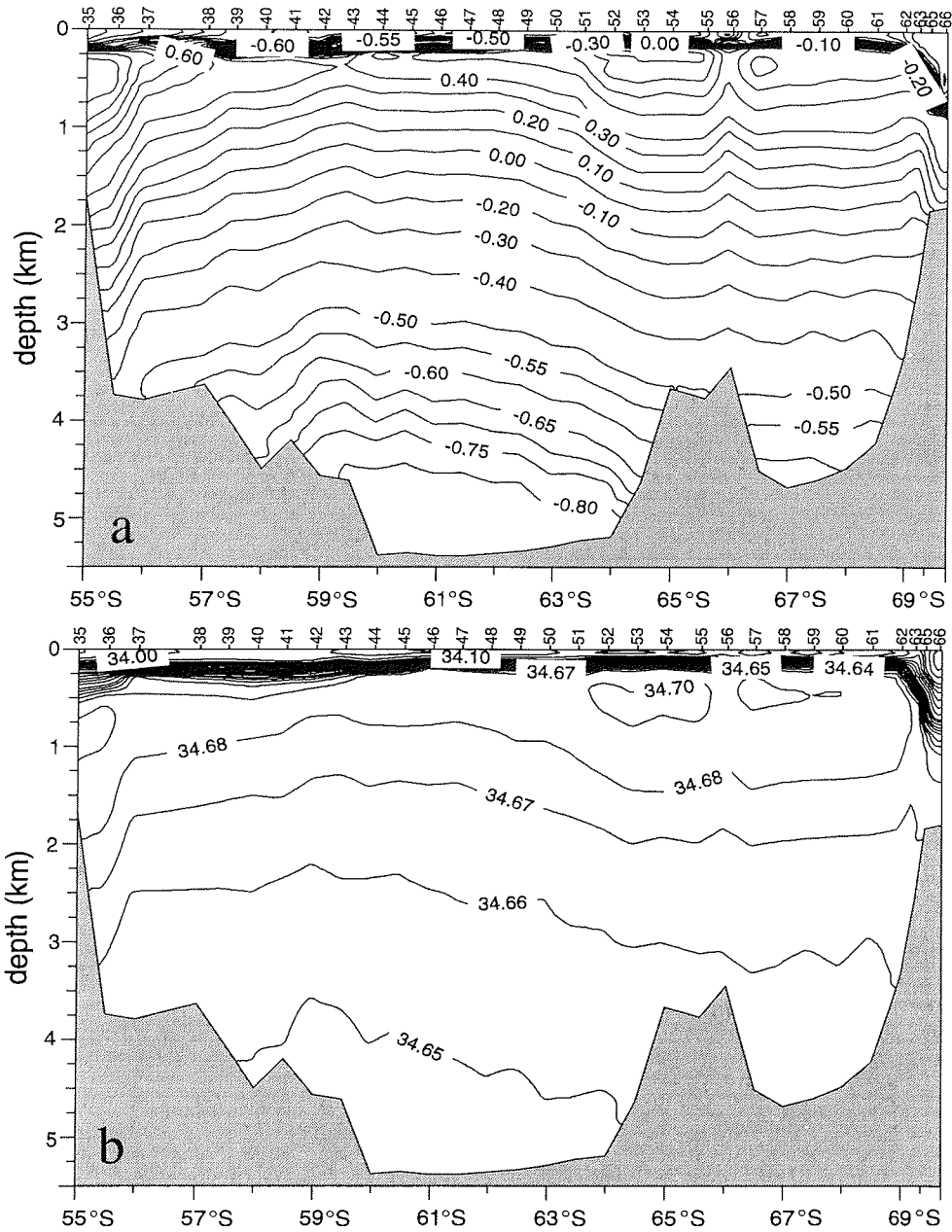
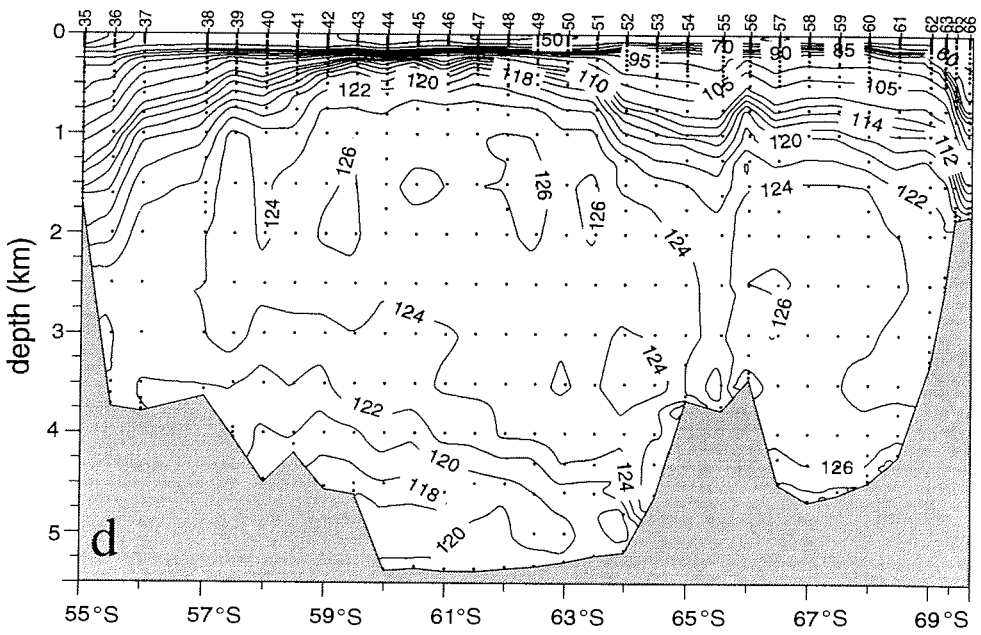
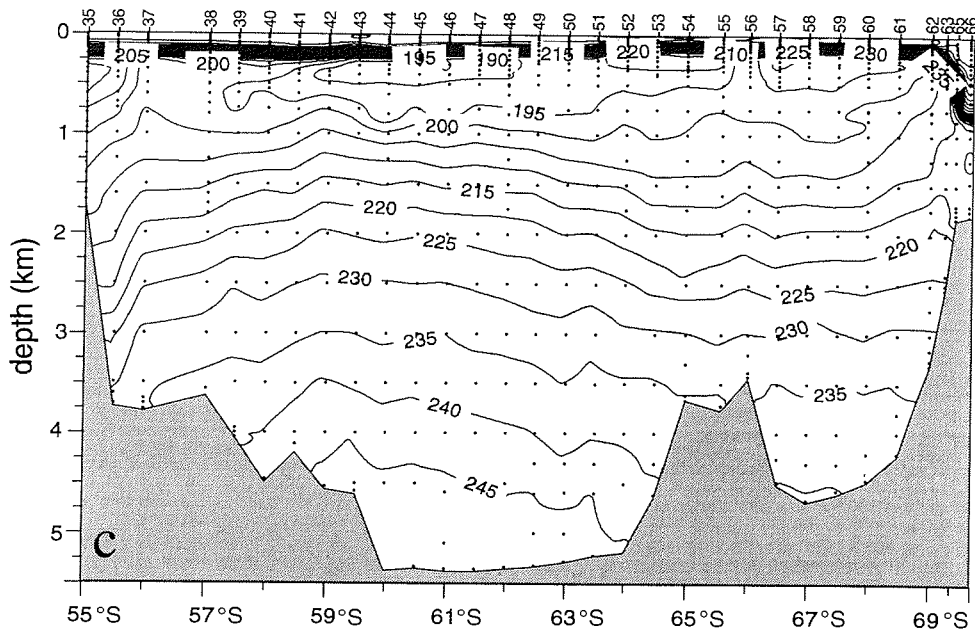


Abb. 8: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch das Weddellmeer entlang dem Nullmeridian von 55°S bis 69°38.5'S.

Fig. 8: 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 Sea along the Greenwich Meridian from 55°S to 69°38.5'S.



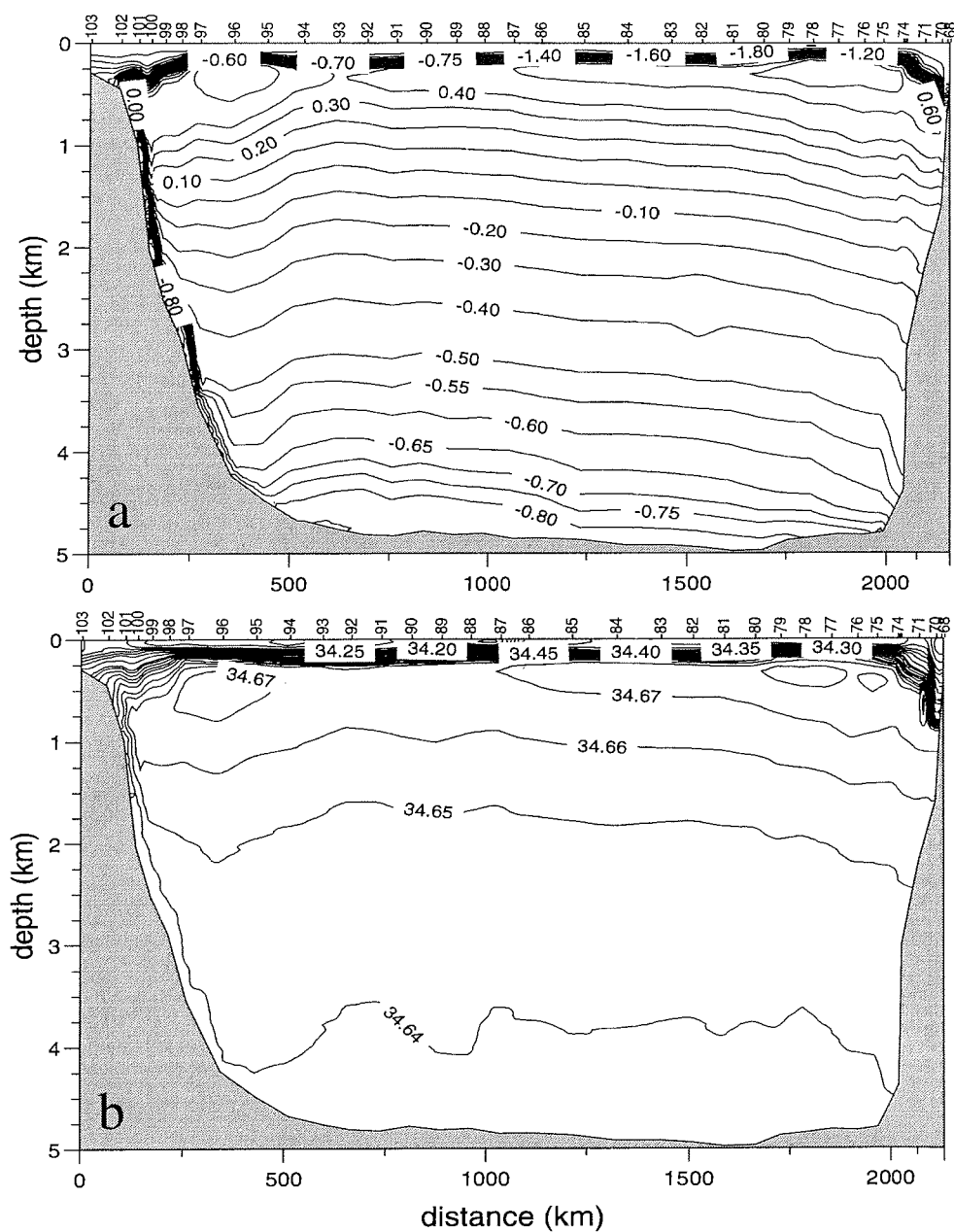
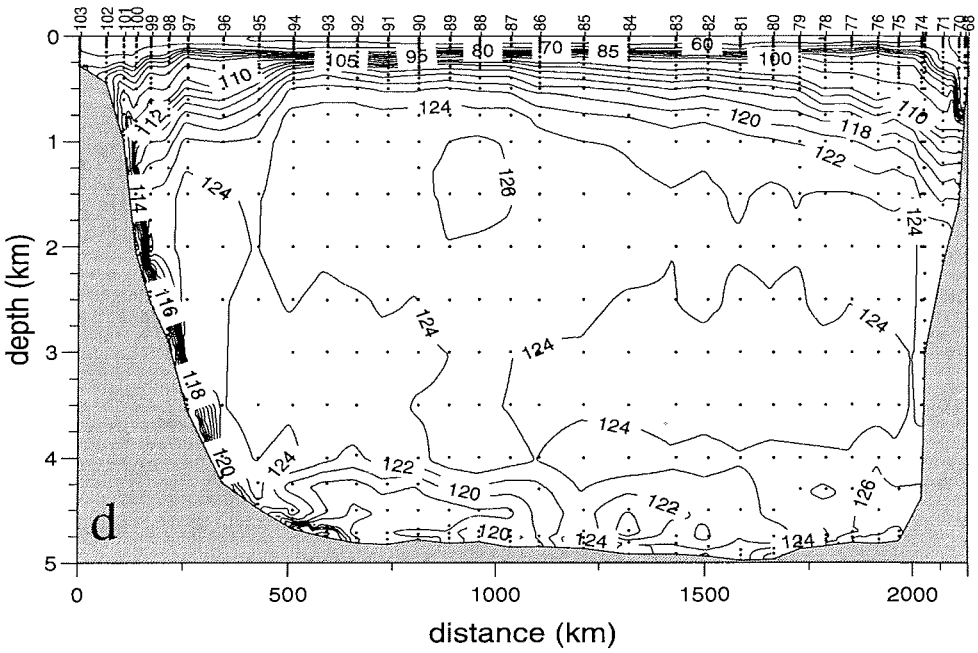
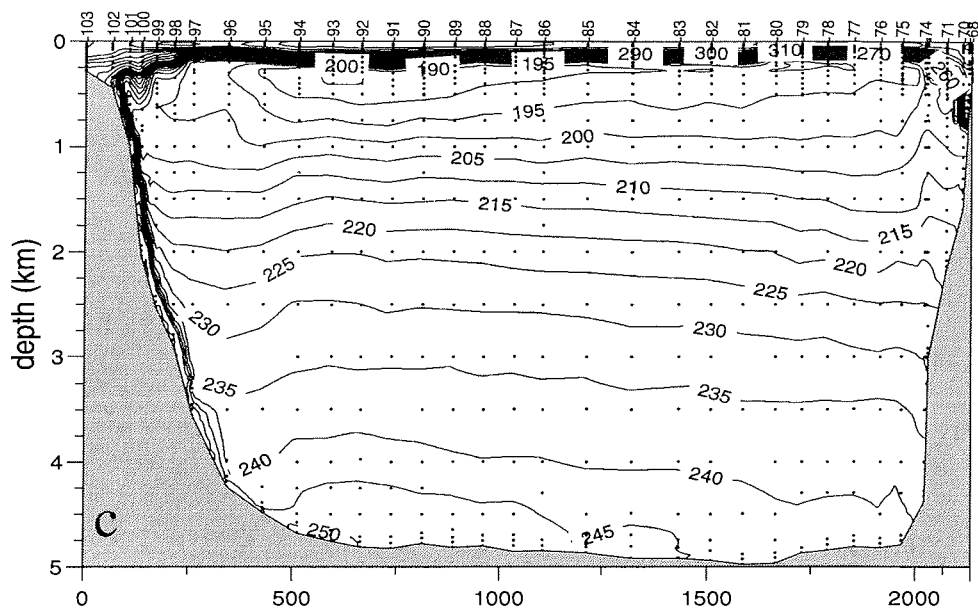


Abb. 9: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (a), des Salzgehalts (b), des Sauerstoffs in $\mu\text{mol/kg}$ (c) und des Silikats in $\mu\text{mol/kg}$ (d) durch das südliche Weddellmeer von Joinville Island nach Kapp Norvegia.

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 southern Weddell Sea from Joinville Island to Kapp Norvegia.



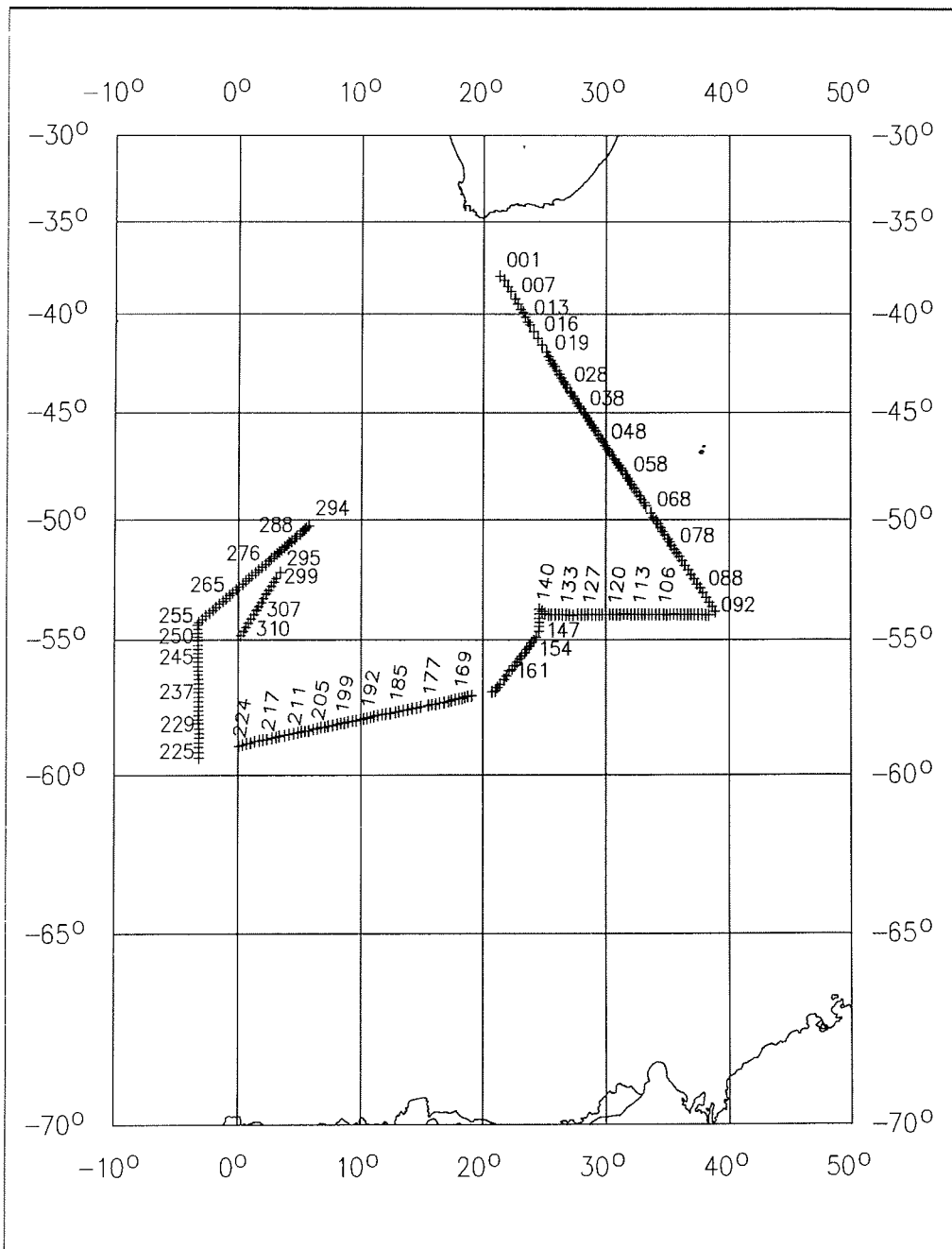


Abb. 10: Lage der XBT-Schnitte.
 Fig. 10: Location of the XBT-sections.

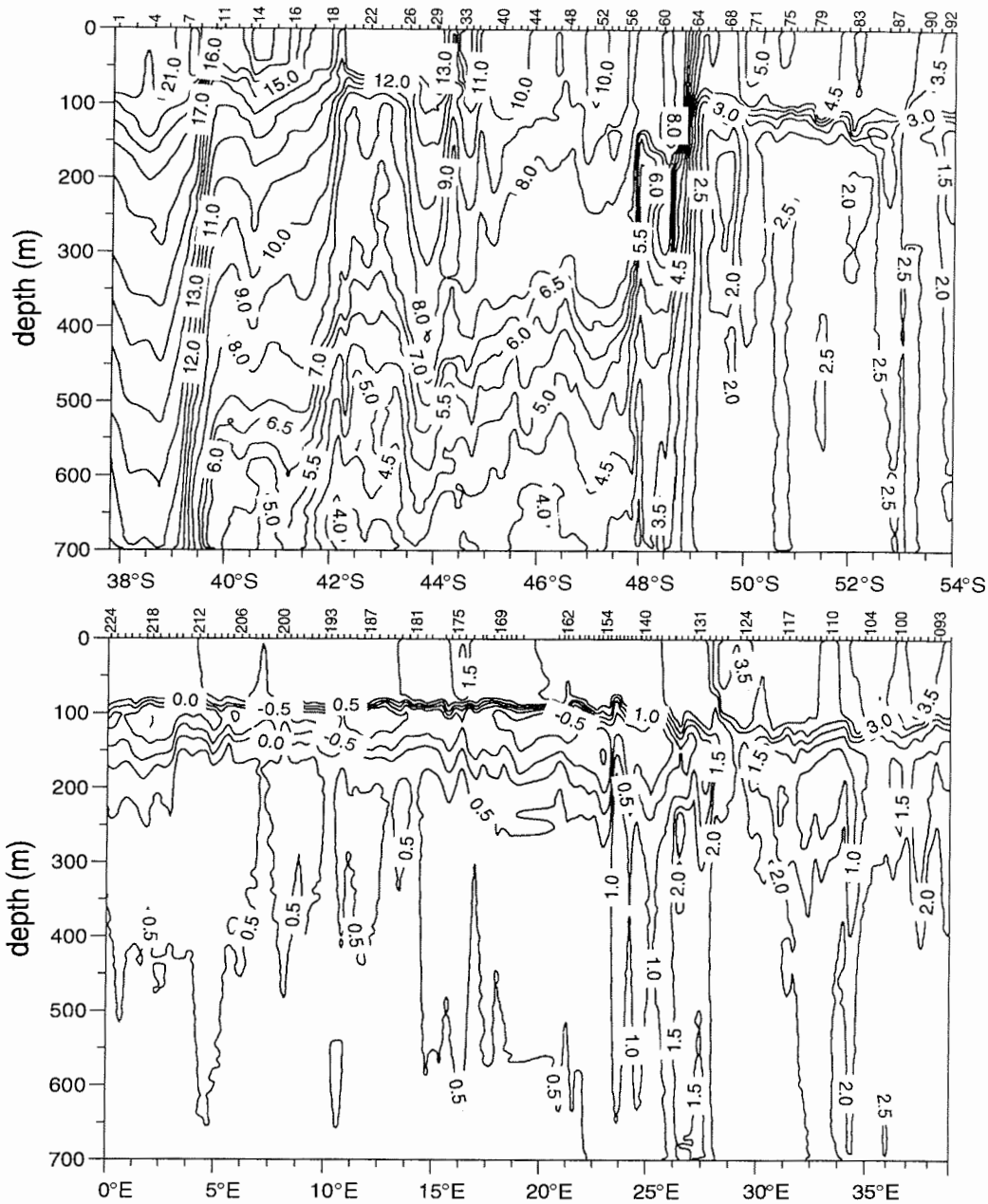


Abb. 11: XBT-Schnitt durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom (oben) und den östlichen Weddellwirbel (unten).
 Fig. 11: XBT-section across the Antarctic Circumpolar Current (top) and the eastern Weddell gyre (bottom).

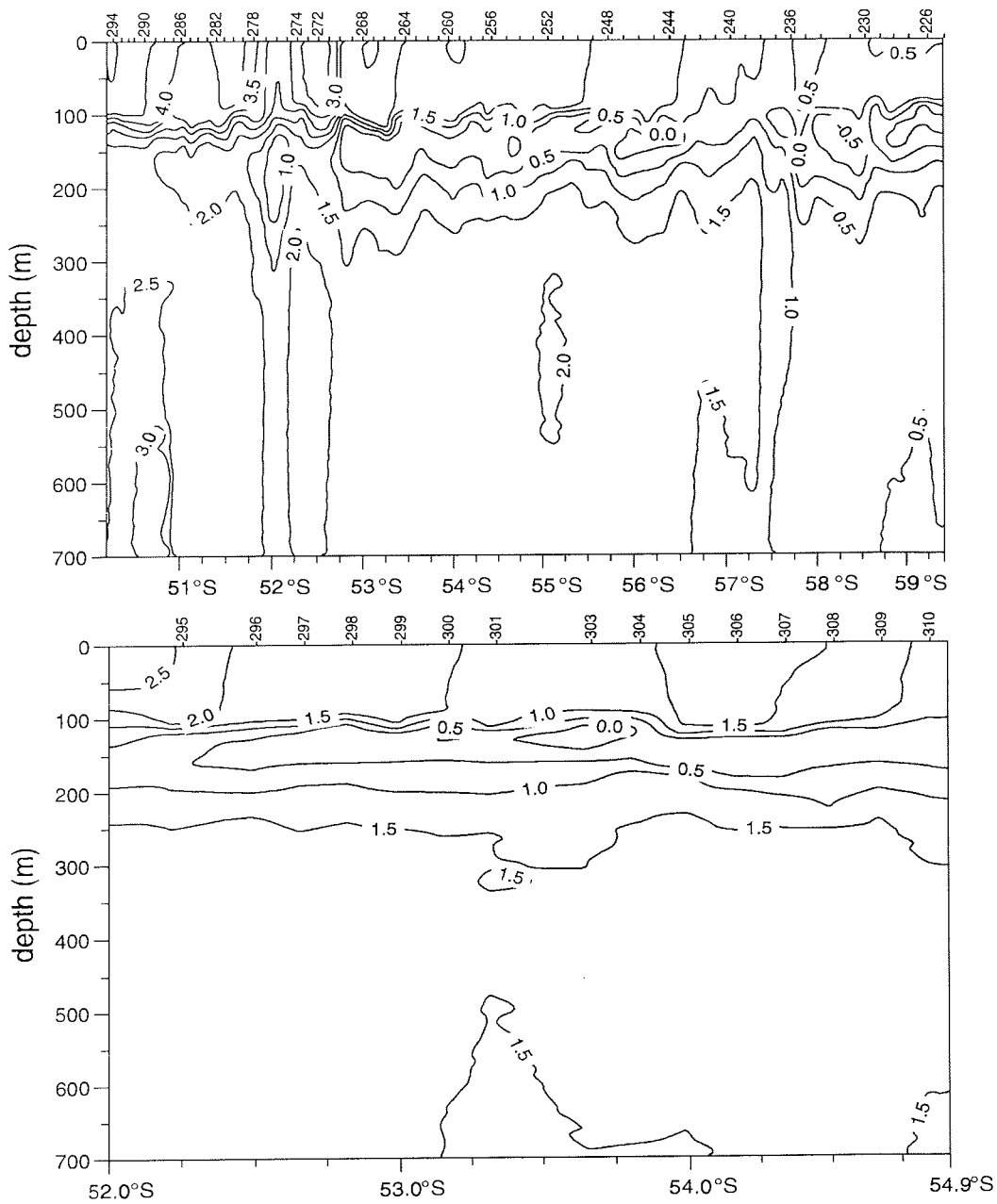


Abb. 12: XBT-Schnitt vom Weddellwirbel zum Antarktischen Zirkumpolarstrom (oben) und durch den südlichen Antarktischen Zirkumpolarstrom (unten).
 Fig. 12: XBT-section from the northern Weddell gyre to the Antarctic Circumpolar Current (top) and across the southern Antarctic Circumpolar Current (bottom).

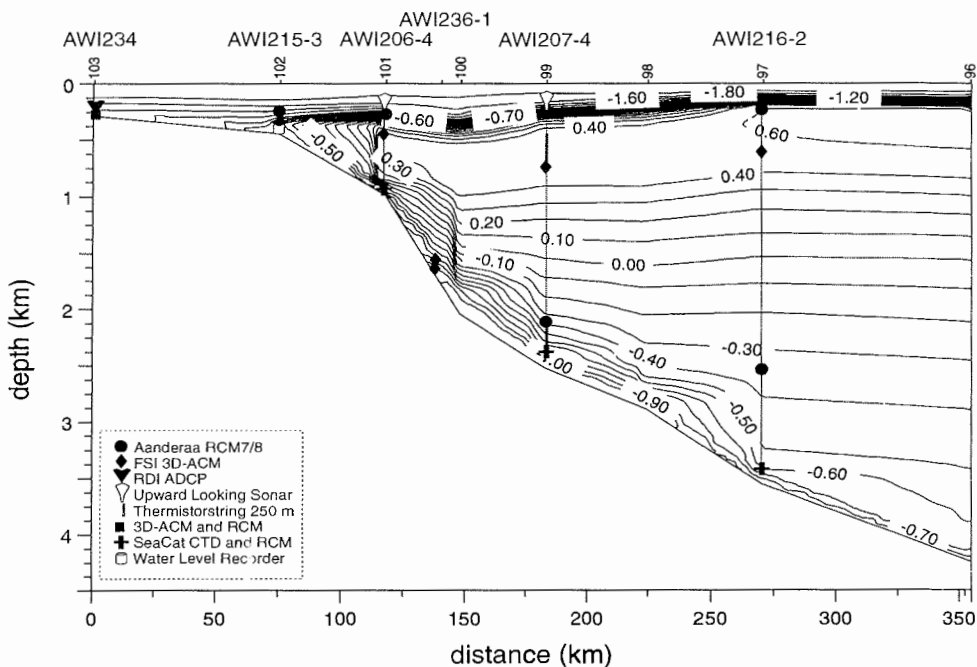
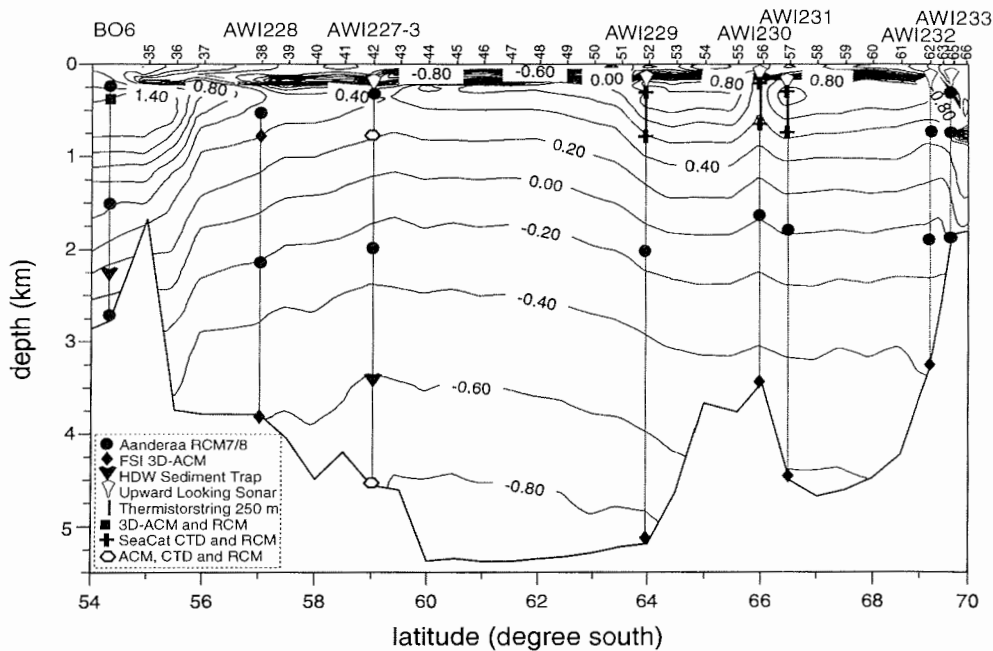


Abb. 13: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur durch das Weddellmeer entlang dem Nullmeridian von 55°S bis 69°38.5'S (oben) und durch das südliche Weddellmeer bei Joinville Island (unten) mit den ausgelegten Verankerungen.
 Fig. 13: Vertical section of potential temperature across the Weddell Sea along the Greenwich Meridian from 55°S to 69°38.5'S (top) and across the southern Weddell Sea off Joinville Island (bottom) with the deployed moorings.

2.2.2 Messungen von Spurenstoffen

Klaus Bulsiewicz, Gerhard Fraas, Malte Runge, Björn Schlenker und Hiltrud Sieverding (IUPB)

Ziele und Methoden

Auf den hydrographischen Schnitten wurden die FCKWs Freon-11, Freon-12, Freon-113 und CCl_4 mittels der ECD-Gaschromatographie direkt an Bord gemessen. Freon-113 und CCl_4 wurden dabei erstmalig auf den gesamten Schnitten erfaßt. Freon-113 wird seit den frühen 60er Jahren mit bekannten Zuwachsraten in die Atmosphäre und über die Oberfläche in die Weltmeere eingetragen. Daher eignet es sich gut zur Kennzeichnung jüngeren Wassers. CCl_4 hingegen wird bereits seit den frühen 20er Jahren in die Atmosphäre eingebracht und vermag somit älteres Wasser zu charakterisieren. Zusätzlich zu den Messungen an Bord wurden Wasserproben in Glasampullen eingeschmolzen. Diese werden später an Land analysiert und dienen unter anderem als Vergleichsmessungen für die an Bord genommenen Proben. Für die Messung der Spurenstoffe Tritium und Helium wurden Proben genommen. Die Heliumproben werden direkt im Anschluß an die Reise mittels eines Massenspektrometers analysiert. Die Tritiumproben werden extrahiert und für die Dauer eines halben Jahres eingelagert. In dieser Zeit ist Tritium in ausreichender Menge zu ^3He zerfallen, um mit dem Massenspektrometer gemessen zu werden. Die gemessenen Daten liefern wichtige Informationen über die Zirkulation und die Wassermassenerneuerung.

Arbeiten auf See

Die Wasserproben wurden für die FCKW-Bestimmung von den Wasserschöpfern im Gegensatz zu früherer Reisen nicht mehr in Glasspritzen, sondern in Glasampullen abgefüllt. Zusätzlich wurden Proben in Kupferrohren (Helium) und in Glasflaschen (Tritium) genommen. Zusätzlich zu den hydrographischen Schnitten wurde eine Station in der Bransfieldstraße ausgeführt. Diese ist besonders im Hinblick auf Helium interessant, da hier eine zusätzliche Quelle vermutet wird. Insgesamt wurden im Verlauf dieser Reise auf 104 Tracerstationen 2016 FCKW-Wasserproben gemessen und 785 Standardgas- und Blankmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden für die Messung an Land 200 Wasserproben eingeschmolzen. Für Helium wurden auf 62 Stationen 623 Wasserproben und für Tritium auf 60 Stationen 595 Proben genommen.

Unter der Annahme FCKW-freies Wasser zu erhalten, wurde in der Drakestraße eine Station durchgeführt, bei der alle Schöpfer in einer Tiefe von 3000 m geschlossen wurden. Diese Messungen wurden der Blankbestimmung der Wasserschöpfer benutzt, die neben der Blankmessung der Meßapparatur für die Datenqualität von entscheidender Bedeutung ist. Im Vergleich zu der Meteor-Reise 11/5, die 1990 stattgefunden hat, und bei der die FCKWs F11 und F12 noch nicht nachgewiesen wurden, liegen meßbare Konzentrationen unterhalb des Unteren Zirkumpolaren Tiefenwassers von 0.02 pmol/kg für F12 und 0.04 pmol/kg für F11 vor. Einzig Freon-113 liegt unterhalb der Nachweisgrenze (0.001-0.002 pmol/kg) und kann daher als Indiz dafür angesehen werden, daß keine Kontamination der

Schöpfer vorliegt, da die Meßwerte im Bereich des Apparaturblanks liegen (0.001-0.002 pmol/kg für alle Tracer).

Vorläufige Ergebnisse

Die nachfolgenden Abb. 14 und 15 zeigen die vorläufigen Meßergebnisse für Freon-11 als Isolinendarstellung.

Abb. 14 zeigt die Schnitte von 39°E bis zum Meridian von Greenwich. Deutlich ist hierbei der Übergang aus dem Zirkumpolarstrom in den Weddellwirbel zwischen den Stationen 12 und 18 zu erkennen. Im Zentrum des Zirkumpolaren Tiefenwassers (2000 m) findet man die geringste Freonkonzentration. Dieses Minimum findet sich im Warmen Tiefenwasser in 1000 m Tiefe wieder und kennzeichnet somit das 'älteste' Wasser. In Abb. 15 ist die Verteilung von Freon-11 auf dem Meridian von Greenwich zwischen 55°S und dem Kontinentalabhang der Antarktis dargestellt. Im Vergleich zu 1992 (ANT X/4) verläuft die 0.2 pmol/kg Isolinie im Zentrum des Wirbels bei 62°S um bis zu 2000 m flacher. Das Weddellbecken füllt sich also mit freonreichem Wasser von unten her auf, was auf den Auftrieb im zyklonalen Wirbel hinweist. Von besonderem Interesse ist der Tiefenwasserkern bei 3300 m Tiefe am Kontinentalabhang. Da der nördliche Kern bereits 1000 m tiefer liegt, ist anzunehmen, daß eine bedeutende Quelle freonhaltigen Wassers weiter im Osten liegt. Am südlichen Hang des mittelatlantischen Rückens ist frisch gebildetes Bodenwasser zu erkennen, das von der Antarktischen Halbinsel kommt. In Abb. 15 ist der Schnitt durch das Weddellbecken von Kapp Norvegia zur Antarktischen Halbinsel (Joinville Island) wiedergegeben. Deutlich ist das frisch gebildete Bodenwasser entlang dem Hang der Antarktischen Halbinsel zu erkennen. Im Bereich zwischen 500 und 2000 m Tiefe liegt das Wasser mit der geringsten Konzentration (kleiner 0.15 pmol/kg). Dies kennzeichnet relativ altes Wasser mit einer geringen Erneuerungsrate. Vom Hang vor Kapp Norvegia aus erstreckt sich in 3000 m Tiefe eine Zunge in das Becken, was darauf hindeutet, das Zentrum des Weddellbeckens von Osten her belüftet wird. In ca. 4000 m Tiefe liegt ein Kern jüngeren Wassers, welcher auch auf dem Greenwich-Meridian-Schnitt beobachtet wurde (s. Abb. 15). Da er dort um 1000 m flacher liegt, kann es sich nicht um eine Rezirkulation handeln, sondern um den Einstrom von einer Quelle im Enderbybecken oder noch weiter östlich.

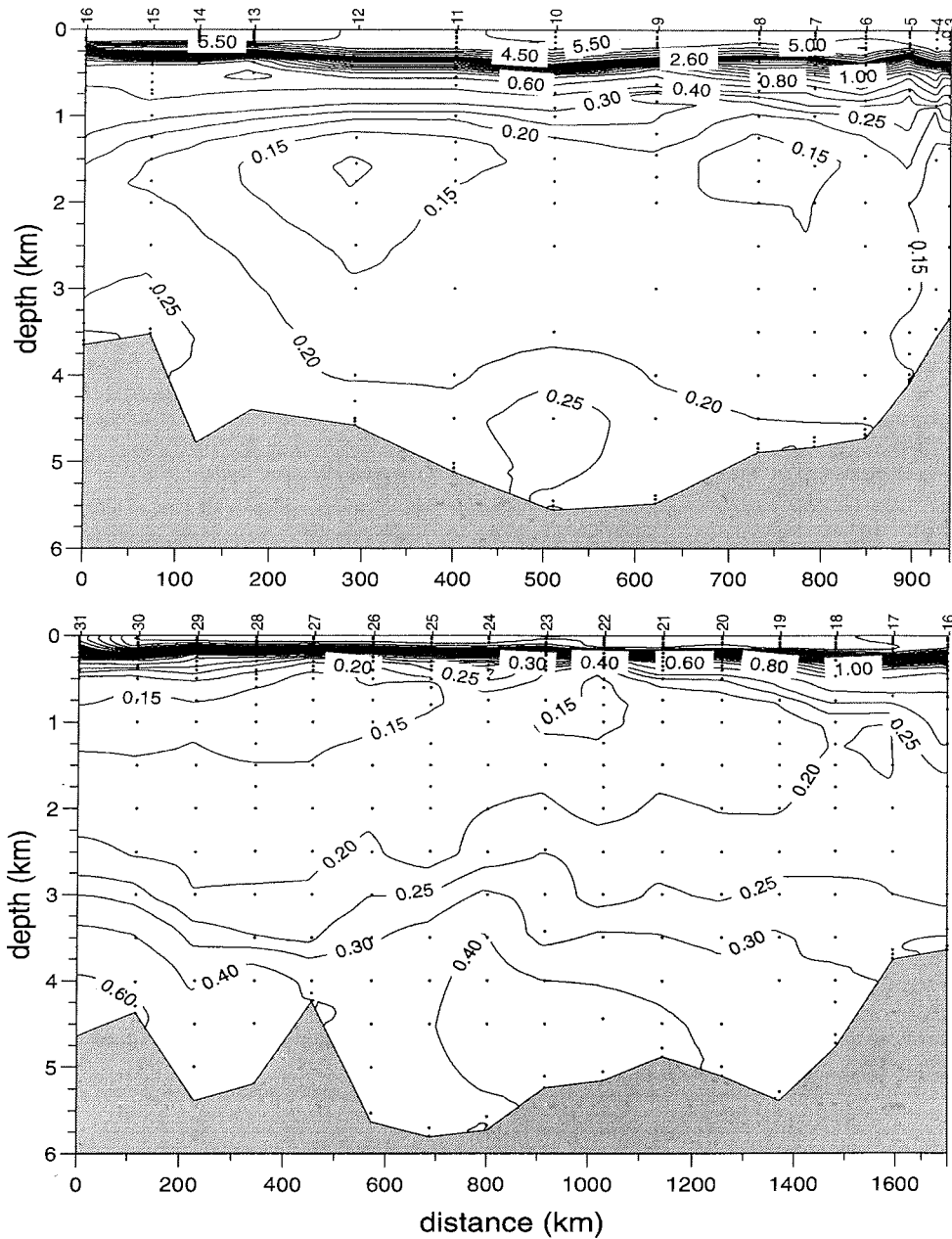


Abb. 14: Vertikalschnitt des Spurenstoffs F11 in pmol/kg durch den östlichen Rand des Weddellmeers entlang 54°S von 24°41'E bis 39° E (oben) und von 59°30'S 0° bis 54°S 24°41'E (unten).

Fig. 14: Vertical section of the tracer CFCs F11 in pmol/kg across the eastern boundary of the Weddell Sea along 54°S from 24°41'E to 39° E (top) and from 59°30'S 0° to 54°S 24°41'E (bottom).

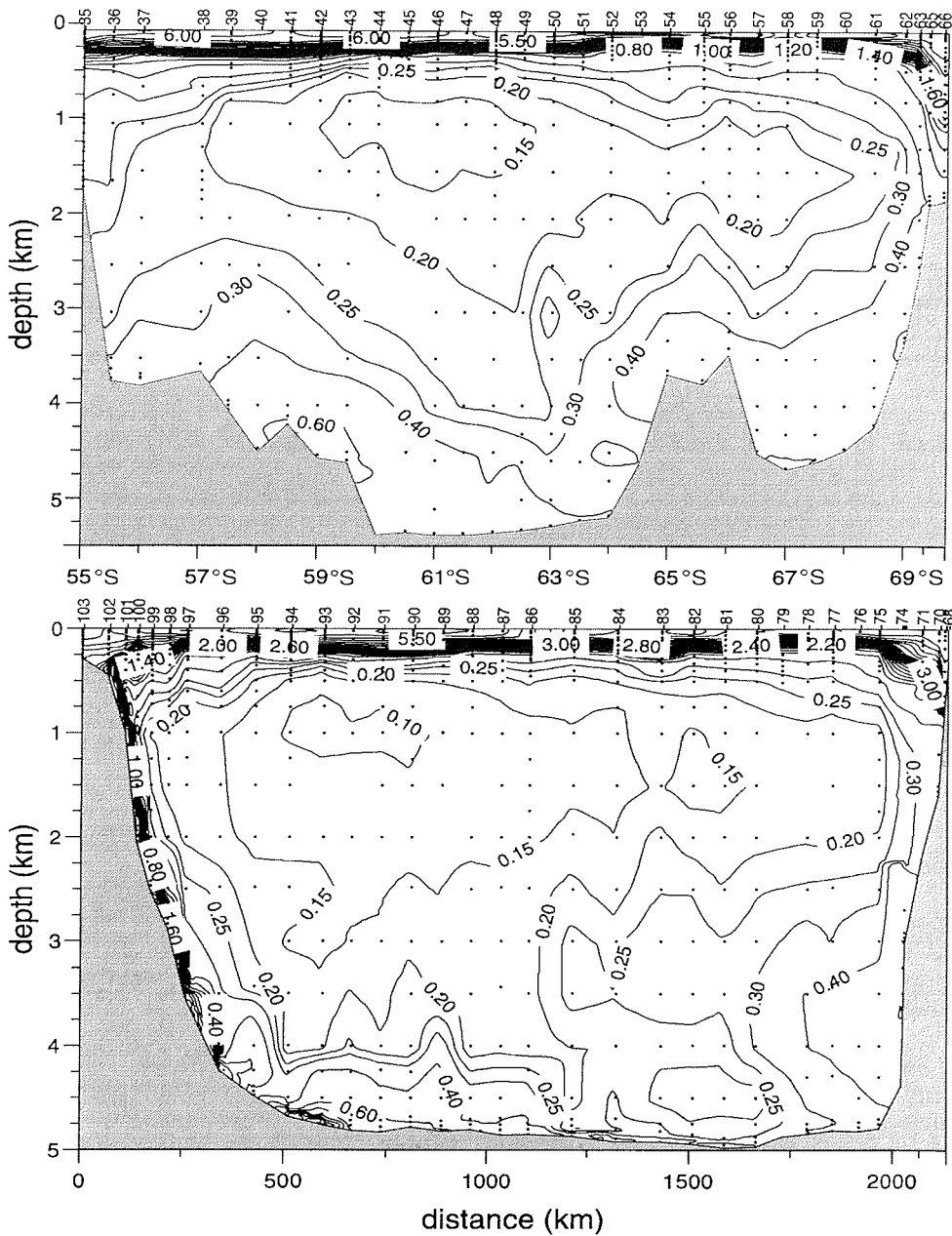


Abb. 15: Vertikalschnitt des Spurenstoffs F11 in pmol/kg durch das Weddellmeer entlang dem Nullmeridian von 55°S bis 69°38.5'S (oben) und durch das südliche Weddellmeer von Joinville Island nach Kapp Norvegia (unten).

Fig. 15: Vertical section of the tracer CFC F11 in pmol/kg across the Weddell Sea along the Greenwich Meridian from 55°S to 69°38.5'S (top) and across the southern Weddell Sea from Joinville Island to Kapp Norvegia (bottom).

2.3 Meereschemie

2.3.1 **Das Kohlendioxid-System in antarktischen Gewässern**

Mario Hoppema (AWI) und Michel Stoll (NIOZ)

Ziele

Die Veränderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und Abholzung hat eine Zunahme des atmosphärischen Kohlendioxids (CO_2) mit Auswirkungen auf den Treibhauseffekt bewirkt. Die Tiefsee kann das überschüssige CO_2 aufnehmen, allerdings nur in weit längeren Zeiträumen als die bisherige 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 Jahre liegen. Gebiete wie das Weddellmeer, in denen Austausch zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser stattfindet, sind von besonderer Bedeutung für die CO_2 -Aufnahme und Verteilung im Ozean. Das Ziel dieses Projektes ist es, die Verteilung des CO_2 im Weddellmeer, in dem die Eigenschaften der tiefen Bereiche eines großen Teils der Weltozeane bestimmt werden, besser zu erfassen. Ein weiteres Ziel ist es, das Potential antarktischer Gewässer zu bestimmen, CO_2 aus der Atmosphäre aufzunehmen. In diesem Zusammenhang sind die Frontalzonen des Antarktischen Zirkumpolarstroms und die Gebiete mit saisonaler Eisbedeckung von besonderer Bedeutung. Zu diesen Untersuchungen sollen Daten dieser Reise mit denen von vorherigen Fahrten kombiniert werden. Der Datensatz soll auch benutzt werden, um mit Modellen Kohlenstofftransporte und Gasaustausch zwischen Luft und Wasser zu berechnen.

Arbeiten auf See

Die Messungen wurden in vier Schnitte gegliedert: Schnitt I zwischen Kapstadt und $55^\circ\text{S } 39^\circ\text{E}$, Schnitt II quer durch den nordöstlichen Weddell Wirbel von 39°E bis 0°E , Schnitt III entlang dem Meridian von Greenwich und Schnitt IV im westlichen Weddellwirbel zwischen Kapp Norvegia und der Joinvilleinsel.

TCO_2 (Gesamt-anorganischer Kohlenstoff) wurde mit einer hoch-genauen coulometrischen Methode und einem automatischen Probenextraktionssystem gemessen. Dazu wurde eine Meerwasserprobe mit Phosphorsäure angesäuert und das CO_2 mit hoch-reinem Stickstoff ausgetrieben. Dieses Gasgemisch wurde in eine Lösung mit Äthanolamine 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 Kalibration erfolgte mit einem international anerkannten TCO_2 -Standard (Dickson).

Quasi-kontinuierliche Messungen des Partialdrucks des CO_2 (pCO_2) im Wasser und in der Luft wurden vom fahrenden Schiff aus 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

Äquilibriumsmessung auf $p\text{CO}_2$ untersucht. Das Gerät wurde mit Referenzgasen kalibriert, die an NOAA-Standards angebunden sind. Die Daten wurden an Bord verarbeitet. Endgültige Daten werden erst nach einer Nachkalibrierung im Labor verfügbar sein.

Vorläufige Ergebnisse

Gesamt-Kohlendioxid (TCO_2)

In Abb. 16 ist der TCO_2 -Schnitt entlang dem Meridian von Greenwich gezeigt. Die Grenze zwischen dem Antarktischen Zirkumpolarstrom und dem Weddell-Regime liegt ungefähr bei $55\text{-}56^\circ\text{S}$. Im allgemeinen ist TCO_2 in der Oberflächenschicht durch den CO_2 -Verbrauch des Phytoplanktons niedrig. Unter der Sprungschicht liegt ein TCO_2 -Maximum, das mit dem Temperaturmaximum des Warmen Tiefen Wassers 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 ein mächtige Schicht von Weddellmeer-Tiefenwasser, dessen TCO_2 -Werte auf eine Mischung dieser beiden Wassermassen hindeuten.

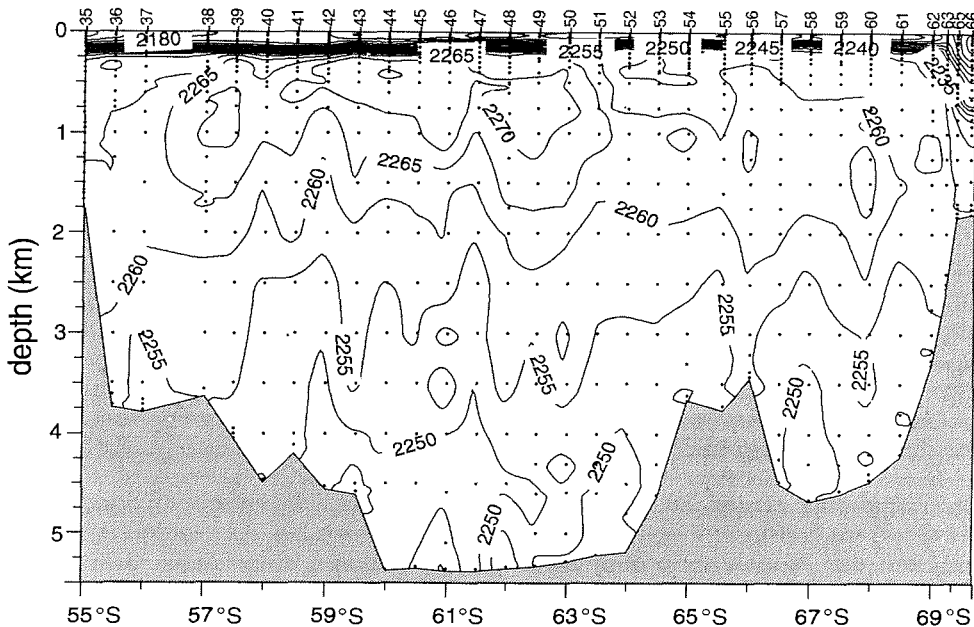


Abb. 16: Vertikalschnitt des TCO_2 in $\mu\text{mol/kg}$ entlang dem Greenwich-Meridian.
Fig. 16: TCO_2 section along the Greenwich Meridian

Im Norden (58-63°S) liegt das TCO₂-Maximum flacher und weist höhere Konzentrationen auf als im Süden (66-69°S). Diese Trennung stimmt mit der Aufteilung des Weddellwirbels in ein warmes und ein kaltes Regime überein. Im südlichen, warmen Regime befindet sich Warmes Tiefenwasser, das vor relativ kurzer Zeit in den Weddellwirbel eingedrungen ist. Im Ursprungsgebiet, dem Zirkumpolarstrom, nimmt TCO₂ mit der Tiefe zu. Im tiefen Weddellmeer dagegen nimmt TCO₂ mit der Tiefe ab, wodurch sich ein TCO₂-Maximum in der Tiefe bildet, in der das neue Warme Tiefenwasser auf das tiefe Weddellmeerwasser trifft. Dieses tiefe TCO₂-Maximum wurde in einer Tiefe von ungefähr 1500 m (66-69°S) beobachtet. Im nördlichen, warmen Regime befindet sich das Warme Tiefenwasser, das schon länger im Weddellwirbel zirkuliert. Die TCO₂-Konzentration ist dort höher als in allen anderen Wassermassen des Weddellwirbels. Da das Warme Tiefenwasser die einzige Quellwassermasse des Weddellwirbels darstellt, bedeutet dies, daß die CO₂-Anreicherung im Weddellmeer stattgefunden haben muß.

In der Bodenschicht bei 60-63°S wurde ein TCO₂-Minimum beobachtet. Dieses wird wahrscheinlich durch das Aufeinandertreffen von zwei Wassermassen mit unterschiedlichen TCO₂-Konzentrationen gebildet. Über den Flanken und dem Gipfel der Maudkuppe weichen die TCO₂-Konzentration von denen in der Umgebung ab. Das tiefe TCO₂-Maximum, charakteristisch für das warme Regime, ist über der Maudkuppe viel schwächer ausgeprägt. Zum antarktischen Kontinent hin neigen sich die Isolinien steil nach unten (69°S) und bilden eine Front, die das warme Regime vom Küstenregime trennt.

Partialdruck des CO₂

Die pCO₂-Messungen haben einen umfassenden, räumlich hochaufgelösten Datensatz ergeben. Entlang dem Schnitt I liegen die Werte nahezu im Gleichgewicht mit der Atmosphäre, im Süden liegt eher eine leichte Übersättigung vor. Auf Schnitt II herrscht zunächst eine Übersättigung, die dann in eine Untersättigung übergeht. Beim Überqueren des Frontensystems zwischen dem Zirkumpolarstrom und dem Weddellmeer erfolgt eine Zunahme von ungefähr 15 ppm. Auf Schnitt III (Abb. 17, oben) tritt bei 50-52°S eine geringfügige Untersättigung auf, an deren Südrand eine steile pCO₂-Zunahme erfolgt, die von einer deutlichen Abnahme der Wassertemperatur begleitet wird. Noch weiter südlich (55-56°S) macht sich die Weddellfront durch eine Zunahme des pCO₂ bis zu Werten von 375 ppm bemerkbar. Regionale hydrographische Variabilität im kalten Regime spiegelt sich im pCO₂-Signal wieder. In manchen Gebieten ist der Chlorophyll-Gehalt (Abb. 17, unten) verhältnismäßig hoch (65°S), was sich auch im pCO₂-Signal widerspiegeln könnte. Dennoch scheint der größte Einfluß auf das pCO₂-Signal von der Wassertemperatur zu kommen.

Das kalte Regime ist insgesamt durch eine CO₂-Übersättigung charakterisiert. Mit dem Übergang ins warme Regime fallen die pCO₂-Werte bis zur Sättigung und darunter. Über den Flanken und dem Gipfel der Maudkuppe treten steile Gradienten der pCO₂-Verteilung auf. Generell ist das warme Regime im vorliegenden Datensatz durch eine Untersättigung charakterisiert.

Zum ersten Mal wurde pCO₂ in einem Gebiet gemessen, das weitgehend mit Eis bedeckt war (Schnitt IV: Kapp Norvegia - Joinville Island). Eine relativ ununterbrochene Zufuhr von Wasser, auch während der Eisfahrt, ist auf der "Polarstern" durch

eine neu eingebaute Einlaßöffnung am Kastenkiel möglich. Auch eine geringfügige Veränderung am Duschkopf des Äquilibrators war notwendig. Unter dem Eis wurde meistens eine Untersättigung (-10 bis -15 ppm) gemessen, die wahrscheinlich durch eine schnelle Abkühlung des Oberflächenwassers verursacht worden war. Nach dem Schließen der Eisdecke ist der Austausch von CO₂ mit der Atmosphäre stark reduziert. Nur im äußersten Westen, wo mehrjähriges Eis auftritt, wurde eine starke Übersättigung (+20 ppm und mehr) gefunden. Diese hohen Werte werden durch den Auftrieb von tiefem Wasser verursacht, das mit CO₂ angereichert ist. Während des darauffolgenden Frühjahrs, wenn sich die Eisdecke zurückzieht, wird das CO₂ voraussichtlich durch wachsendes Phytoplankton verbraucht.

2.3.2 Nährstoffverteilungen in antarktischen Gewässern Karl Bakker (NIOZ), Michel Stoll (NIOZ) und Mario Hoppema (AWI)

Ziel und Methoden

Nährstoffe wurden gemessen, um aus ihrer Verteilung Aussagen über Zirkulation und Wassermassen abzuleiten. Von allen Wasserproben aus der Rosette wurden die Konzentrationen von Silikat, Phosphat, Nitrit und Nitrat bestimmt. Die Proben wurden mit einer standard-colorimetrischen Methode auf einem "TRAACS" Auto-analyzersystem (Technicon) mit schnellem Probendurchfluß (60 Proben pro Stunde) analysiert. Ein Standardbereich für alle Messungen (Tab. 4) wurde angewendet, und täglich wurde mit verdünnten Standardlösungen kalibriert. Als zusätzlicher Standard wurde ein sogenannter Cocktail (100 mal verdünnt) benutzt, der eine Mischung von Phosphat, Silikat und Nitrat enthält. Dieser Standard wurde für statistische Zwecke und zur Korrektur der Daten gemessen. Die Genauigkeit der unterschiedlichen Parameter ist Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Messungsbereich für Si, PO₄, NO₂ and NO₃ und Standardabweichungen.
Tab. 4: Standard measuring ranges used for Si, PO₄, NO₂ and NO₃ and standard deviations.

	Bereich (µmol/l)	STD
Silikat	0 - 145	0.5
Phosphat	0 - 3	0.03
Nitrit	0 - 2	0.01
Nitrat	0 - 40	0.21

Vorläufige Ergebnisse

Für die gemessenen Nährstoffe sind beispielhaft die Silikatverteilungen als vertikale Schnitte dargestellt (Abb. 6 bis 9). Generell sind die Nährstoffkonzentrationen in der Oberflächenschicht auf Grund biologischer Aktivität verhältnismäßig niedrig. Im darunterliegenden Warmen Tiefenwasser weisen Phosphat und Nitrat ein Maximum auf, das in der Nähe des Temperaturmaximums liegt. Darunter nehmen die Konzentrationen bis zum Boden ab. Das Silikatmaximum liegt tiefer als das Phosphat- und das Nitratmaximum. Es findet seinen Ursprung in der Auflösung von biologischer silikathaltiger Substanz, die mit einer niedrigeren Rate stattfindet als die

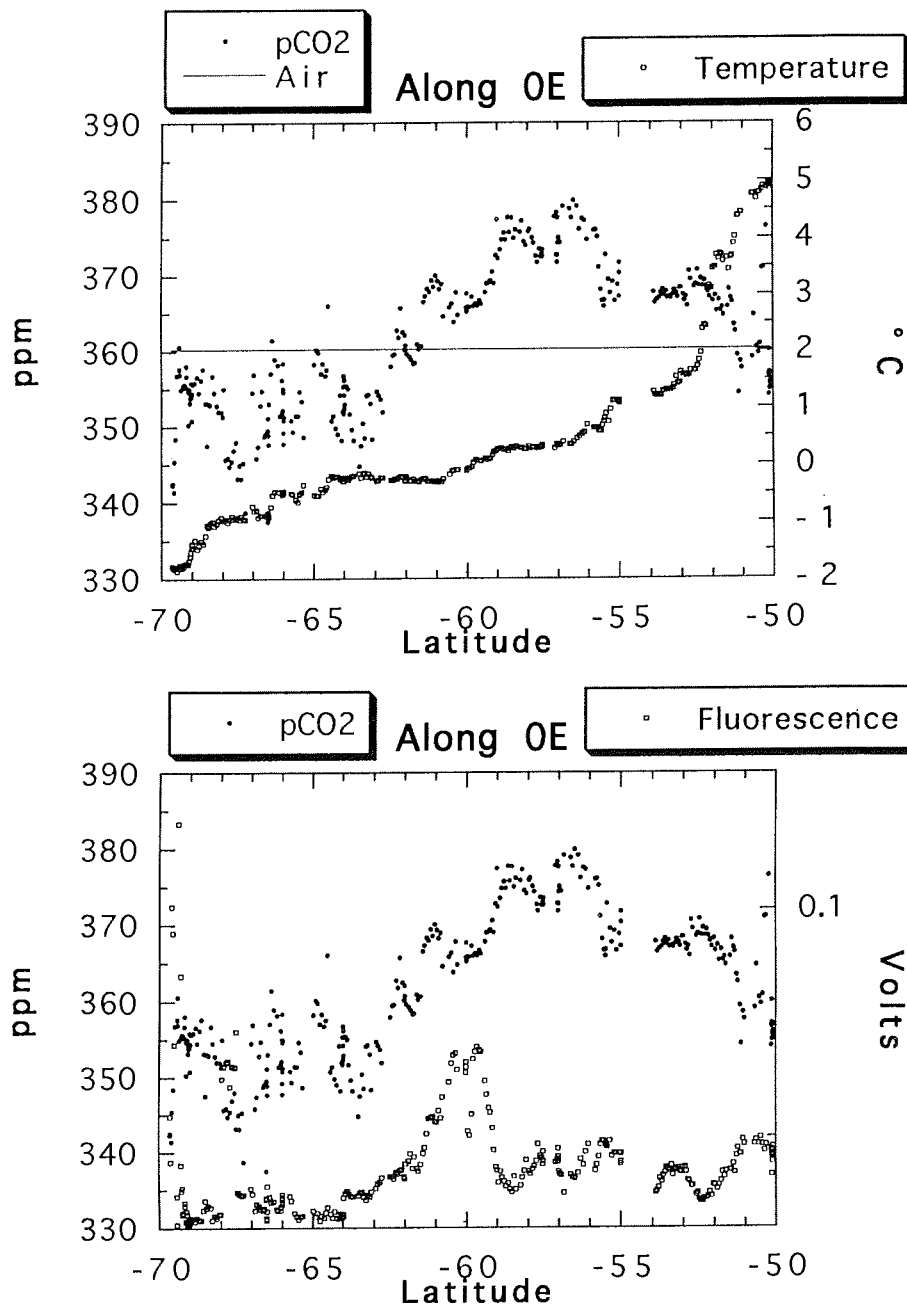


Abb. 17: Oberflächenwerte des CO₂-Partialdrucks entlang dem Meridian von Greenwich im Wasser und der Luft mit der Wassertemperatur vom Thermosalinographen am Kiel des Schiffes (oben) und mit der kontinuierlich gemessenen Fluoreszenz zur Bestimmung der Chlorophyll-Konzentration (unten).

Fig. 17: Measurements of the partial pressure of CO₂ in the surface water and the marine air along the Greenwich Meridian combined with the sea surface temperature from the thermosalinograph at the ship's keel (top) and combined with the continuously measured fluorescence for chlorophyll determination (bottom).

Remineralisation von weichem Material, bei der Phosphat und Nitrat freigesetzt werden.

Das Warme Tiefenwasser, das vor relativ kurzer Zeit in den Weddellwirbel eingeströmt ist, bewirkt ein Nährstoffmaximum in 1000 bis 1500 m Tiefe. Auch im äußersten Westen des Beckens (200-400 km; Abb. 9) ist diese Struktur vorhanden, und zeigt, daß das Warme Tiefenwasser das ganze Becken durchquert. Während die Strukturen der Nährstoffverteilungen im allgemeinen sehr ähnlich sind, treten in der Silikatverteilung deutliche Abweichungen von den anderen Parametern auf. Im äußersten Osten des Schnittes von Kapp Norvegia nach Joinville Island (Abb. 9) wurden die höchsten Silikatwerte in der Bodenschicht gefunden. Dies weist auf einen Einstrom aus dem Enderbybecken hin, wo die Bodenwasserschicht mit Silikat angereichert ist. Im zentralen und westlichen Becken sind die Silikatwerte im Bodenwasser niedriger, da hier relativ junges Bodenwasser vom südlichen und westlichen Weddellmeer vorliegt. Sehr niedrige Silikat-, Phosphat- und Nitratwerte treten am westlichen Hang auf, wo das jüngste Bodenwasser nach Norden strömt. In den Daten früherer Reisen reichte diese Bodenwasserschicht nur bis zum unteren Ende des Hangs (bis ungefähr 300 km auf dem Schnitt nach Osten; Abb. 9). Während dieser Fahrt wurde weiter östlich eine zusätzliche, lokale Zelle von jungem Bodenwasser (Silikat < 100 µmol/kg) am Fuß des Kontinentalabhangs gefunden (ungefähr bei 600 km in Abb. 9).

Ein Silikatminimum, das sich über den östlichen Teil des Beckens erstreckt, ist zwischen 2500 und 4000 m erkennbar. Da relativ niedrige Silikatwerte im tiefen Weddellbecken auf Bodenwassereinfluß hinweisen, zeigt diese Beobachtung, daß die Ventilation des tiefen Weddellmeeres nicht nur über das Bodenwasser stattfindet, sondern auch über eine Tiefenwasseroute. Da ein derartiges Minimum nur entstehen kann, wenn das darunterliegende Wasser eine Silikatzunahme erfährt, muß der tiefe Einstrom aus dem Osten erfolgen, wo hohe Silikatwerte am Boden auftreten.

2.3.3 Organische Meereschemie Anneke Mühlebach, Andreas Zimmermann (AWI)

Ziele und Methoden

Die Untersuchungen befassen sich mit der Verteilung gelöster und partikulärer Phytosterole im herbstlichen Weddellmeer. Diese Arbeiten ergänzen und vertiefen frühere Studien, die im westlichen Weddellmeer während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons durchgeführt worden sind (ANT X/7). Ziel der Untersuchungen ist es, das Schicksal von Phytosterolen und anderer organischer mariner Spurenstoffe von ihrer Biosynthese an der Wasseroberfläche bis zu ihrer möglichen Ablagerung in den Tiefseesedimenten aufzuklären. Durch das Aufgreifen bestimmter, definierter Klassen aus der Menge der organischen C-Verbindungen kann das Geschehen auf molekularer Ebene verfolgt werden. Aussagen über die Stabilität hochverdünnter Lösungen werden möglich.

Arbeiten auf See

Auf den hydrographischen Schnitten wurden mit dem Wasserschöpfer Wasserproben zu je 20 l aus verschiedenen Tiefen gewonnen. Kurz nach der Probennahme wurden gelöste und partikuläre Anteile durch Filtration getrennt. Dazu wurden die Wasserproben über einen Glasfaserfilter (GF/C, Durchm. 4.7 cm, Abscheiderate 90 % für Partikel > 1.2 µm bzw. großvolumige Proben (Vol. >20 l) durch Filter mit 15 cm Durchmesser) filtriert. Die Filter wurden in kleine Glasampullen bzw. Reagenzgläser überführt, mit Argon zum Oxidationsschutz abgedeckt, zugeschmolzen und bei -30°C gelagert. Nach der Filtration wurden die Seewasserproben mit Cholesterold₆ als internem Standard versetzt. Gelöste lipophile Stoffe wurden mit Hexan extrahiert. Dazu wurden 20 l Wasser 30 min mit 100 ml Hexan geschüttelt. Diese Hexanextrakte wurden ebenfalls in Ampullen überführt, mit Argon abgedeckt, zugeschmolzen und bei -30°C aufbewahrt. Die Aufarbeitung der Proben erfolgt in Bremerhaven. Glasfaserfilter werden mit Aceton extrahiert, die gewonnenen Hexan- bzw. Acetonextrakte zur Aufkonzentrierung der Sterole eingeengt. Nach einer Derivatisierung zu Trimethylsilythern werden die Phytosterole mittels GC/MS analysiert. Erwartet werden Konzentrationen im unteren (ng Phytosterol)/(l Seewasser)-Bereich (Tiefenwasser).

Die Qualitätssicherung der Extraktion bzw. der weiteren Aufarbeitung wird durch Zugabe verschiedener interner Standards (stabilisotopenmarkiert) sichergestellt. Jede Seewasserprobe wurde vor der Extraktion mit 200 ng Cholesterold₆ in 1 ml Ethanol versetzt. Oberflächenproben, in denen höhere Sterolkonzentrationen erwartet werden, wurden mit 2000 ng Cholesterold₆ geimpft. Das zur Extraktion verwendete Hexan enthielt zur Bestimmung des Hexanverlustes Benzo(a)anthracend₁₂ als internen Standard (200 ng/100 ml). Vor Injektion in den GC/MS-Aufbau wird jeder Probe ein deuterierter Decachlorbiphenyl-Standard zugesetzt werden, um die Schwankungen des Meßgerätes aufzufangen.

Probenübersicht

Schnitt 1 - Teil a (Stationen 3 bis 16) von Conradkuppe zum Südwestindischen Rücken:

Auf diesem Schnitt wurden sechs Profile beprobt, drei davon am Hang der Conradkuppe (Stationen 3, 5, 7), eines im Zentrum des Beckens (Station 10) und zwei am Hang des Südwestindischen Rückens (Stationen 14 und 15). Jedes Profil konnte mit sieben Proben zu je 20 l aufgelöst werden. Proben wurden in Bodennähe genommen, etwa 100 m über Grund, 600 bis 800 m über Grund, in etwa 1500 m Tiefe, im Temperaturmaximum (Zirkumpolares Tiefenwasser), im Temperaturminimum (Winterwasser) und an der Oberfläche. Außer der Oberflächenprobe, die mit der Klauspumpe gefördert wurde, wurden sämtliche Proben mittels Wasserschöpfer genommen.

Schnitt 1 - Teil b (Stationen 16 bis 31) entlang des mittelatlantischen Rückens über die Ausläufer des Enderbybeckens:

Auf diesem Schnitt wurden fünf Profile beprobt, beginnend bei Station 19, im Abstand von 180 sm (Stationen 19, 22, 25, 28, 31). Wiederum wurde jedes Profil mit sieben Proben aufgelöst. Proben wurden genommen in Bodennähe, 100 m über

Grund, 600 bis 1000 m über Grund, in 2500 m Tiefe, im Temperaturmaximum, im Temperaturminimum und an der Oberfläche.

Weddell- und Polarfront:

Zwei Profile konnten an Station 33 im Bereich der Weddellfront und an Station 34 im Bereich der Polarfront beprobt werden. Damit stehen Proben außerhalb des Weddellregimes, vom neu gebildeten Bodenwasser nicht beeinflusste Standorte, als Referenz zur Verfügung.

Schnitt 2 - (Stationen 35 bis 67) auf dem Greenwich-Meridian:

Von 55°S bis zum Kontinent konnten auf dem 0°-Meridian an 11 Stationen Profile mit jeweils etwa 7 Tiefenstufen beprobt werden. Vier Profile lagen im Bereich der Maudkuppe (jeweils eines an der nördlichen bzw. südlichen Flanke, zwei an den Punkten mit geringster Wassertiefe). Zwischen dem mittelozeanischen Rücken und der Maudkuppe wurden alle 120 sm Proben in Bodennähe, 100 m über dem Boden, in 4500 m Tiefe, in 2500 m Tiefe, im Temperaturmaximum und im Temperaturminimum sowie an der Oberfläche genommen. Zudem wurde alle 60 sm eine Oberflächenprobe (Klauspumpe) aufgearbeitet. An den Hängen bzw. über der Maudkuppe in flacherem Wasser wurden die Abstände der Stationen verkürzt, die Profile dort enthielten zudem Proben aus 1000 m Tiefe.

Beprobte Stationen: 35, 38, 44, 48, 52, 54, 56, 57, 60, 62, 66.

Schnitt 3 - Westliches Weddellmeer (Stationen 69 bis 103) durch das westliche Weddellmeer von Kapp Norvegia zur Antarktischen Halbinsel:

Auf diesem Schnitt wurden Proben (Tiefenprofile: Boden, 100 m über dem Boden, 3000 m, 1500 m, 500 m, im Temperaturmaximum und an der Oberfläche bzw. in 40 m Tiefe) an den Stationen 69, 71, 75, 79, 83, 86, 90, 94, 99, 101, 102, 103 genommen. Am westlichen Kontinentalhang wurden zudem Proben in Bodennähe an den Stationen 95, 96, 97, 98 und 100 genommen. Zu diesem Schnitt stehen Vergleichsdaten aus dem Frühjahr 1992 (ANT X/7) zur Verfügung. Damals fand sich im zentralen Becken ein Bereich sehr geringer Konzentrationen (z.B. Brassicasterol < 0,5 ng/l), was mit den Proben dieser Fahrt überprüft werden soll. U.U. könnten im frisch gebildeten Bodenwasser je nach Kontakt zur freien Wasseroberfläche und entsprechend der Lebensdauer der Sterole relativ hohe Sterolkonzentrationen vorliegen. Daneben ist die Rücklösung von Sterolen aus dem Sediment in das bodennahe Wasser denkbar.

Auf allen Schnitten wurden verschiedene Oberflächenproben (Klauspumpe) mit einem Volumen von 80 l aufgearbeitet. Damit sollen auch die Sterole sicher quantifiziert werden, die im Seewasser in nur geringen Konzentrationen vorliegen. Daneben wurden verschiedene Versuche zur weiteren Optimierung der Methode (bes. im Hinblick auf die Wiederfindung des internen Standards Cholesterol-d6) durchgeführt.

2.4 Meeresbiologie

2.4.1 **Planktologische Untersuchungen**

Anke Bittkau (AWI), Corinna Dubischar (AWI), Jochen Nowaczyk (AWI),
Vassili Spiridonov (ZMMU)

Ziele

Die Verteilung der meisten Zooplankton- und Mikronekton-Arten im Weddellwirbel wird zu einem großen Maß durch die ozeanischen Strukturen in diesem Gebiet bestimmt. In diesem Zusammenhang sollen besonders zwei Fragen beantwortet werden:

1. Wie bestimmen die speziellen regionalen Bedingungen des Weddellmeeres, wie das Frontensystem zwischen dem Antarktischen Zirkumpolarstrom und dem Weddellwirbel, das warme Regime, das kalte Regime und der Küstenstrom, sowohl die horizontale als auch die vertikale Verteilung des Zooplanktons und des Mikronektons?
2. Wie gestaltet sich der Übergang zur Überwinterung der dominanten Organismen in diesen verschiedenen Gebieten?

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden phyto- und zooplanktologische Arbeiten durchgeführt. Hauptsächlich wurde untersucht, welche Organismen in den verschiedenen Regionen dominieren, in welchen Konzentrationen sie vorkommen und wie ihre Verteilung in der Wassersäule von physikalischen Parametern abhängt. Im Folgenden sollen die planktologischen Arbeiten sowie erste Ergebnisse näher dargestellt werden.

Methoden

Phytoplankton-Verteilung:

Bestimmung von Chlorophyll a:

Die im Wasser befindliche Phytoplanktonbiomasse kann durch die fluorometrische Bestimmung des Phytoplanktonpigments Chlorophyll a (Chla) erfaßt werden. Dies erfolgte auf zwei Arten:

1. "On-line"-Messungen kontinuierlich in einer Tiefe von 8 m während der gesamten Fahrt

Dazu wurde mit einer Membranpumpe kontinuierlich Seewasser aus 8 m Tiefe angesaugt und durch ein Turner Design (TD 10) Durchfluß-Fluorometer geleitet. Die Messung der Chlorophyllkonzentration erfolgte alle 10 s und wurde in das Datensystem des Schiffes (POLDAT) eingespeist, wo die Daten später zusammen mit der genauen Position des Schiffes und anderen physikalischen, chemischen und meteorologischen Parametern abgerufen werden können. Alle vier Stunden und an den Stationen wurden zur Kalibrierung der Messungen Wasserproben (Dreifachproben von je einem Liter) aus der Pumpe genommen. Diese Proben wurden auf

Whatmann GF/F-Glasfaser-Filter filtriert und der Chla -Gehalt wie bei den Proben aus den Wasserschöpfern (s.u.) bestimmt.

2. Chlorophyll a -Messung an den Stationen aus diskreten Wassertiefen

An insgesamt 49 Stationen wurde Wasser aus den Wasserschöpfern der CTD-Rosette in den Tiefen 20, 40, 60, 80, 100 und 200 m entnommen. An einigen Stationen, wo der Optical Plankton Counter (OPC) oder die Multinetz (MN)-Proben in tieferen Schichten hohe Partikelkonzentrationen zeigten, wurden Proben aus größeren Tiefen (bis zu 500 m) genommen. Auf dem Greenwich-Meridian Schnitt und auf dem Ost-West Schnitt über den Weddellwirbel wurde bei der 20-m Probe zusätzlich zu dem Gesamtchlorophyllgehalt auch der Chlorophyllgehalt der < 20 µm und der >20 µm Fraktion des Phytoplanktons bestimmt.

Zur Bestimmung des Chlorophylls wurden je Tiefe 2 l Wasser auf Whatmann GF/F Glasfaser-Filter abfiltriert. Die Pigmente wurden in 10 ml 90% Aceton gelöst. Die Messung des Chlorophyll a und der Phaeopigmente erfolgte direkt an Bord mit einem Turner Design Fluorometer nach der Methode von Evans *et al.* (1987). Zur Bestimmung des Partikulären Organischen Kohlenstoff und Stickstoffs (POC/PON) wurden ebenfalls 2 l Wasser pro Tiefe auf vorher geglühte (24 h bei 500°C) GF/F-Filter abfiltriert. Die Messung erfolgt im AWI mit einem Carlo Erba CHN-Analyzer.

Zur Bestimmung der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons wurden ebenfalls aus den oben angegebenen Tiefen Proben aus den Wasserschöpfern genommen und mit gepuffertem Formol fixiert (6 ml 20%iges Formol auf 200 ml Probe). Die mikroskopische Auswertung erfolgt am AWI nach der Methode von Utermöhl (1958). Zusätzlich wurden an allen Stationen, an denen Wasserproben aus der Rosette genommen wurden, Proben mit dem Apsteinnetz (Maschenweite 20 µm) aus den oberen 10 m der Wassersäule genommen. Diese Proben werden ebenfalls am AWI mikroskopisch nach der Methode von Utermöhl (1958) ausgewertet werden.

Zooplankton- und Mikronekton-Verteilung

Zum Fang der Zooplankter wurde ein Multinetz (Hydrobios, Kiel) mit einer Maschenweite von 100 µm verwendet (Öffnung 0,25 m²). Das Multinetz ist mit fünf verschiedenen Netzen, welche elektronisch geöffnet und geschlossen werden können, ausgestattet. Dadurch ist es möglich, mit einem Hol den Fang gemäß gewählter Tiefenintervalle auf fünf verschiedene Netzbecher zu verteilen. Zusätzlich war am Rahmen des Multinetzes ein Optical Plankton Counter (OPC) befestigt. Der OPC mißt photometrisch die Verteilung sowie die Größe der Partikel in der Wassersäule. Diese Messungen erfolgen kontinuierlich, d.h. jede halbe Sekunde wird ein Datenpaket zu der Deckeinheit gesendet. Von den mit dem MN parallel zu den OPC-Messungen gefangenen Partikel wird am AWI mit einem Image Analyzer das Volumen bestimmt, so daß die OPC-Messungen damit kalibriert werden können.

Die Multinetzfänge wurden im Allgemeinen bis zu einer Tiefe von 1000 m durchgeführt, an den schelfnahen Stationen bis kurz über den Boden. Die Tiefenintervalle wurden in Abhängigkeit der physikalischen Struktur der Wassersäule gewählt. Die Fänge wurden anschließend in einem Folsom-Planktonteiler in zwei Unterproben geteilt. Eine Hälfte wurde sofort in 4% Formol (gepuffert mit Hexamethylentetramin) fixiert, während die andere Hälfte für Biomassebestimmungen in verschiedene

Fraktionen aufgeteilt wurde. Bevor diese zweite Hälfte jedoch weiter bearbeitet wurde, wurde sie nach seltenen Arten untersucht, um auch diese quantitativ erfassen zu können. Außerdem wurden einige dominante Arten (besonders *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus* und *Rhincalanus gigas*) zur späteren Messung von Kohlenstoff und Stickstoff aussortiert. Die verschiedenen Fraktionen zur Biomassebestimmung (>2000, >1000, >500, >200 und >100 µm) wurden auf vorgewogene GF/C-Filter filtriert und bei 50°C 24 Stunden lang getrocknet. An einigen Stationen war die Phytoplankton-Konzentration in den Oberflächenproben so hoch, daß die Fraktionierung nicht durchgeführt werden konnte. Hier wurde auch die zweite Hälfte separat in Formol fixiert (4%), um die Biomasse später aus dem Größenspektrum der dominanten Arten über eine Längen/Gewichtsbeziehung abschätzen zu können. Die Salpen wurden gemessen und separat tiefgefroren (-20°C) oder auf vorgewogene Filter gelegt und getrocknet.

Datum	Stat.	Position Start	Position Ende	Name
17.3.-23.3.	01-02	Cape Town	54°00.0' S 38°59.8' E	Transekt 1
23.3.-28.3.	03-15	54°00.0' S 38°59.8'E	54°00.0' S 25°44.4' E	Transekt 2a
28.3.-5.4.	15-32	54°00.0' S 25°44.4"E	59°27.5' S 3°10.5' W	Transekt 2b
12.4.-22.4.	35-66	55°00.0' S 0° W	69°38.5' S 0°07.4' W	Transekt 3
25.4.-8.5.	68-102	71°01.0' S 11°36.6' W	63°20.1' S 52°47.6' W	Transekt 4

Tab. 5: Einige ausgewählte Angaben zu den während ANT XIII/4 durchgeführten Schnitten.

Tab. 5: Characterization of the transects carried out during ANT XIII/4.

Um die Fettsäurezusammensetzung dominanter Zooplankter untersuchen zu können, wurden entlang des 0°-Schnittes aus verschiedenen Tiefen dominante Zooplankter in mit 10 ml Dichlormethan/Methanol (Verhältnis 2:1) gefüllte Kulturröhrchen mit Teflondichtungen aussortiert und bei -20°C tiefgefroren. Die weitere Bearbeitung dieser Proben wird am AWI stattfinden.

Zum Fang größerer Zooplankter und Mikronektons wurde zusätzlich zum Multinetz ein Rectangular Midwater Trawl 8+1 (RMT) eingesetzt. Dieses Netz wurde hauptsächlich entlang der ersten Ost-West-Schnitte (Trans 2a und 2b) und entlang dem 0°-Schnitt (Trans 3) eingesetzt. Während des Schnittes über das Weddellmeer konnte das RMT wegen der Eisbedingungen nicht eingesetzt werden. Dieses Netz besteht aus 2 Netzen, einem mit einer Öffnung von 8 m² und einem kleineren mit nur 1 m² Netzöffnung. Nach dem Hol wurde der Fang in einem Kühlcontainer bei ca. 3°C sortiert und die verschiedenen Tierklassen mit Formol fixiert (Endkonzentration 4%). Die gefangenen Salpen wurden vermessen und gezählt. Einige Individuen zur Messung des Kohlenstoff- bzw. Stickstoffgehalts wurden bei -20°C tiefgefroren.

Vorläufige Ergebnisse

Chlorophyll-Verteilung:

Im Folgenden werden die während der Transekte 2a, 2b und 3 gewonnenen Ergebnisse der Oberflächen-Chlorophyll-Registrierungen dargestellt. Aufgrund der Eisbedingungen konnten während des Transekts 4 keine Oberflächendaten gewonnen werden. In Tab. 5 sind allgemeine Informationen zur Lage und Dauer dieser Transekte angegeben.

Transekt 2a/2b:

Sowohl während des Transekts 2a als auch während des Transekts 2b wurden generell sehr geringe Chla-Konzentrationen gemessen und entsprachen somit den erwarteten spätherbstlichen Bedingungen in diesem Gebiet (Abb. 18 und 19). Die Hintergrundwerte lagen zwischen 0.1 und 0.2 $\mu\text{g Chla/l}$. Auf dem Transekt 2a fällt besonders ein Maximum zwischen ca. 29 und 30°E auf, das sich etwas östlich von einem deutlichen Anstieg des Salzgehalts und einem Abfall der Temperatur in der Oberflächenschicht befindet. Weiter im Westen ist ein erneuter Anstieg der Chlorophyll-Konzentration auf Werte von max. 0.5 $\mu\text{g/l}$ zu erkennen. Diese relativ erhöhten Konzentrationen bleiben auch entlang dem Transekt 2b bis ca. 19°E bestehen. Diese Positionen decken sich mit der Lage eines ausgedehnten Frontensystems. Genauere Analyse der Phytoplanktonzusammensetzung in diesen relativen Chla-Maxima sowie genauere Untersuchungen der hydrographischen Bedingungen müssen noch vorgenommen werden, um die Gründe der Erhöhung der Phytoplanktonbiomasse zu benennen.

Transekt 3:

Auch auf Transekt 3, entlang dem Greenwich-Meridian von 55°S bis an die Schelfeiskante, wurden generell sehr geringe Chla-Konzentrationen gemessen (Abb. 20). Die nach Süden abnehmenden Temperaturen sowie der steigenden Salzgehalt des Oberflächenwassers sind typisch für die Bedingungen im Weddellmeer. Die Chla-Konzentrationen im Norden sind etwas höher als im Süden, besonders auffällig sind die zwei deutlichen Maxima bei ca. 60°S. Für die genauere Erklärung dieser Befunde muß die weitere Auswertung der Artenzusammensetzung etc. abgewartet werden.

Messungen mit dem Optical Plankton Counter:

In Abb. 21 sind einige Vertikalprofile der Partikelkonzentrationen dargestellt, die mit dem am Multinetz angebrachten Optical Plankton Counter aufgenommenen wurden. Es ist deutlich erkennbar, daß die Partikelkonzentrationen aller Größenklassen ein deutliches Maximum in den oberen Wasserschichten haben (obere 150 m), sich jedoch im genauen Verteilungsmuster voneinander unterscheiden. Überraschend ist die generell sehr hohe Konzentration von Partikeln von bis zu 12000 m^{-3} . Die Untersuchungen der Multinetzfänge werden Aufschluß über die Art der Partikel geben.

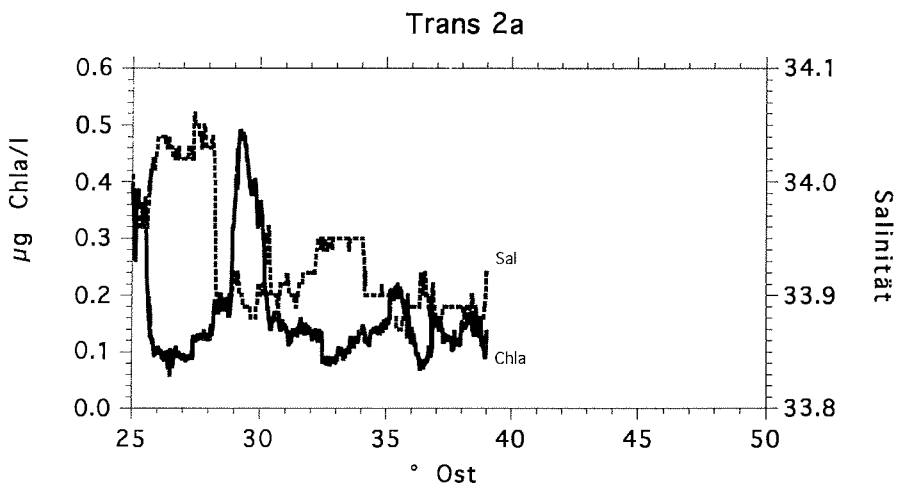
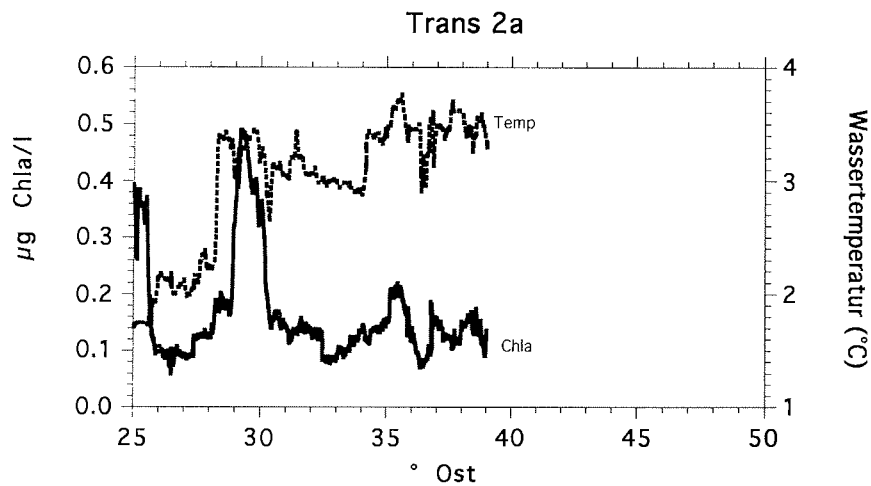


Abb. 18: Verteilung von Chlorophyll a ($\mu\text{g Chla/l}$) in 8 m Tiefe entlang Transekt 2a mit der Wassertemperatur in $^{\circ}\text{C}$ (oben) und dem Salzgehalt (unten).
 Fig. 18: Distribution of chlorophyll a ($\mu\text{g Chla/l}$) at 8 m depth along transect 2a together with the water temperature in $^{\circ}\text{C}$ (top) and salinity (bottom).

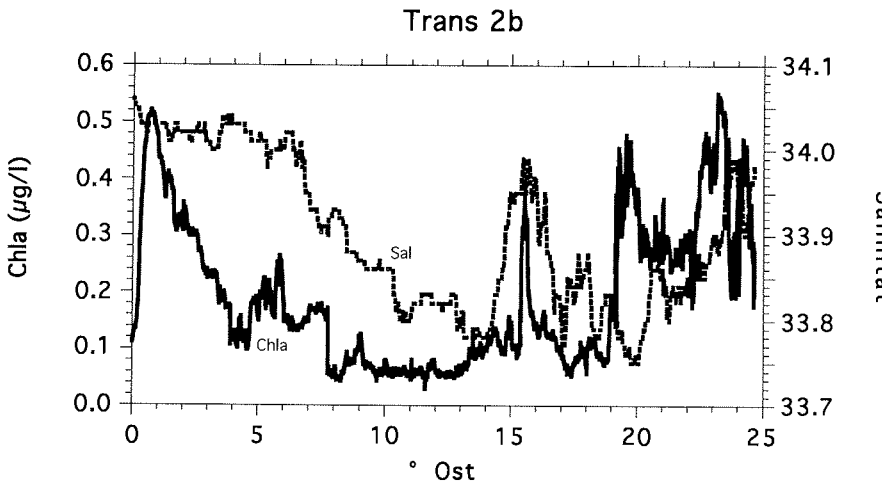
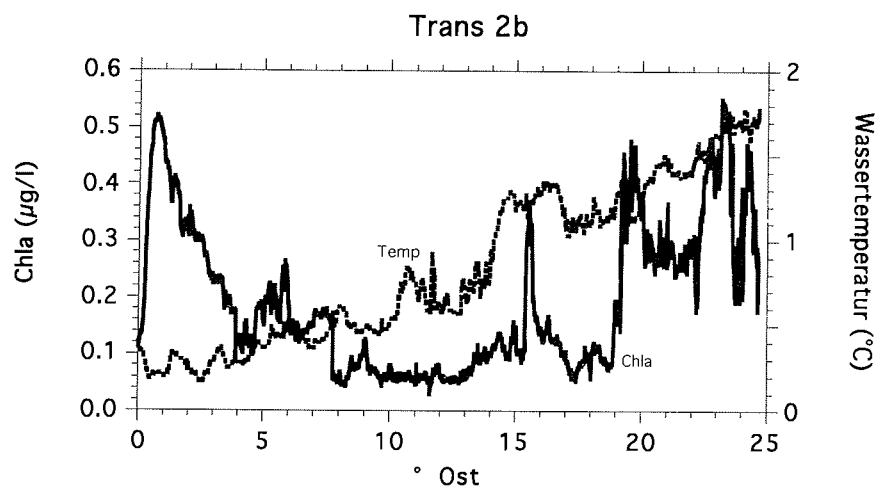


Abb. 19: Verteilung von Chlorophyll *a* (µg Chla/l) in 8 m Tiefe entlang Transekt 2b mit der Wassertemperatur in °C (oben) und dem Salzgehalt (unten).
 Fig. 19: Distribution of chlorophyll *a* (µg Chla/l) at 8 m depth along transect 2b together with the water temperature in °C (top) and salinity (bottom).

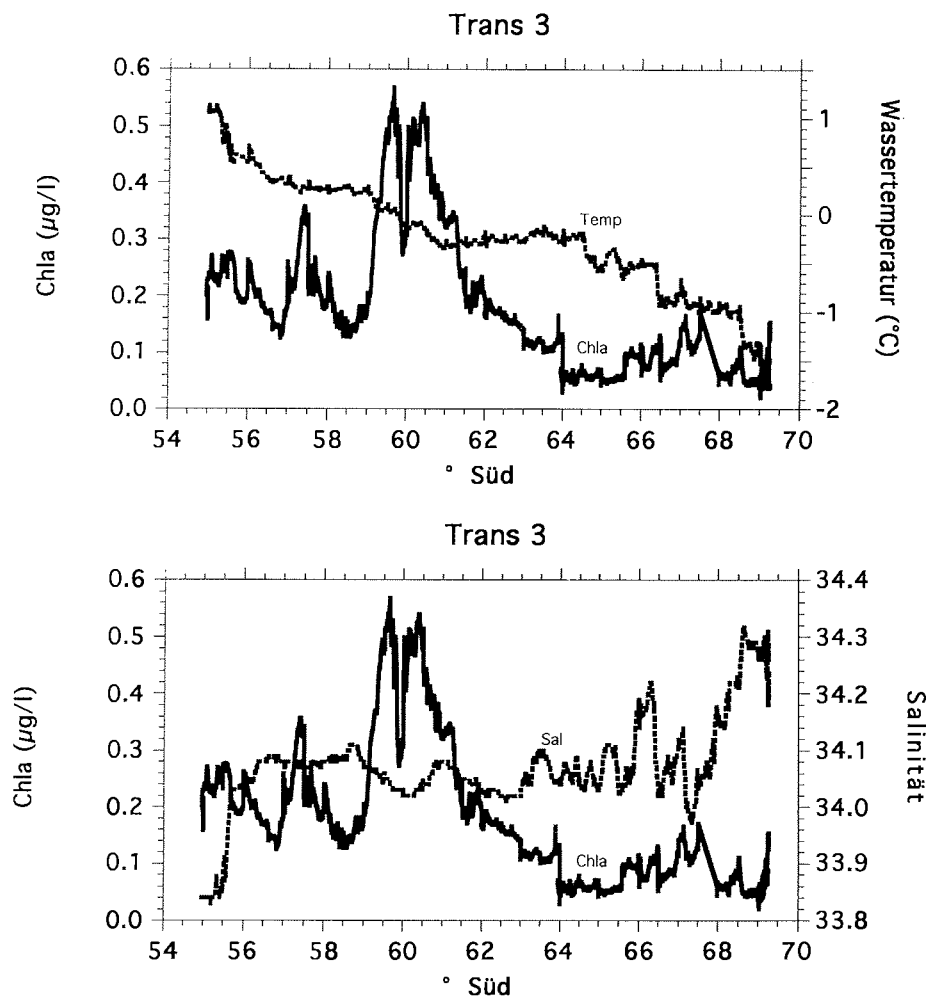


Abb. 20: Verteilung von Chlorophyll a ($\mu\text{g Chla/l}$) in 8 m Tiefe entlang Transekt 3 mit der Wassertemperatur in $^{\circ}\text{C}$ (oben) und dem Salzgehalt (unten).
 Fig. 20: Distribution of chlorophyll a ($\mu\text{g Chla/l}$) at 8 m depth along transect 3 together with the water temperature in $^{\circ}\text{C}$ (top) and salinity (bottom).

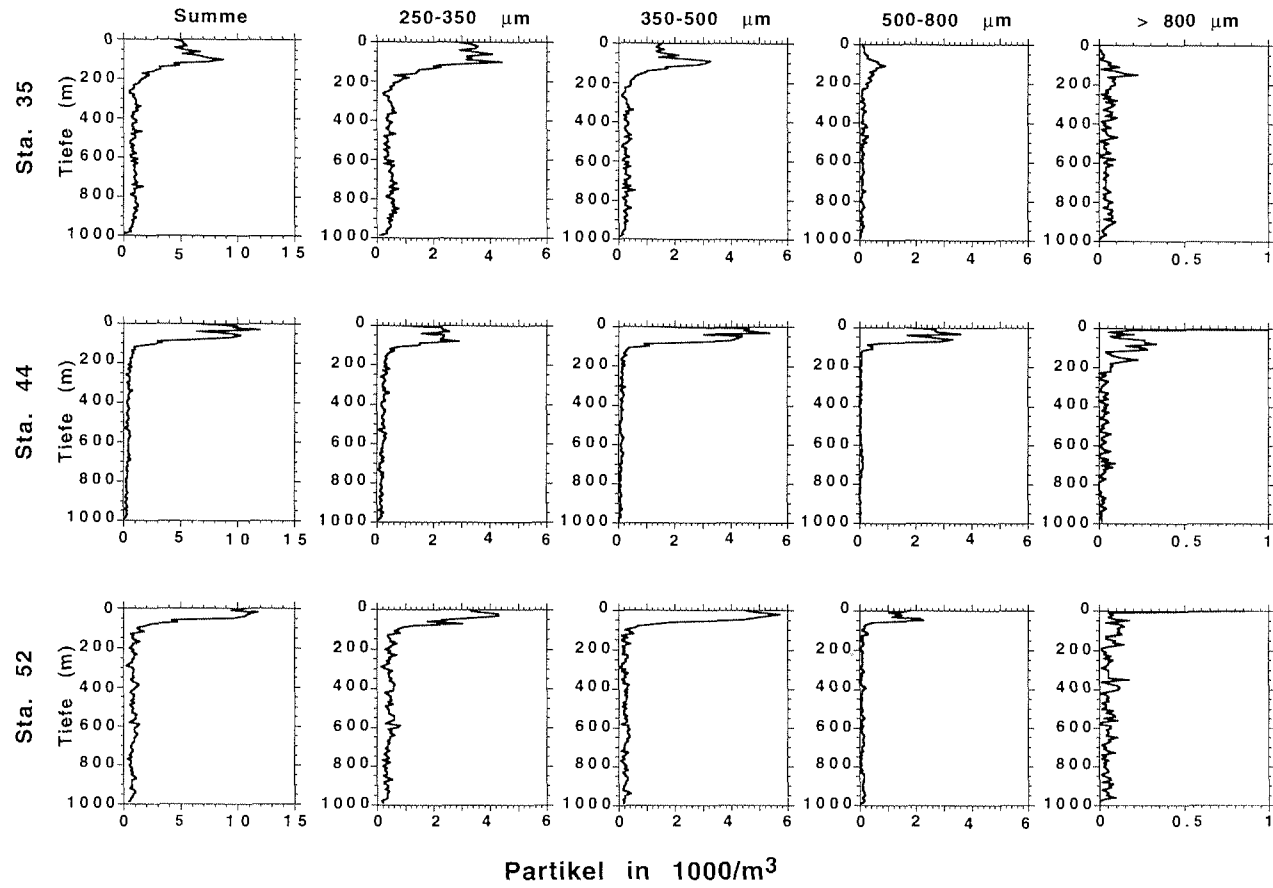


Abb. 21: Vertikalprofile der Partikel-Konzentrationen in verschiedenen Größenklassen, aufgenommen mit dem Optical Plankton Counter (OPC) am Multinetz.

Fig. 21: Vertical profiles of particle concentrations obtained with the Optical Plankton Counter (OPC) mounted on the multinet. 1

Evans C.A., O'Reilly J.E. und Thomas J.P. (1987): A Handbook for the measurement of Chlorophylla and primary Production. Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks (BIOMASS) 8, Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Utermöhl H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. In: Mitteilungen der internationalen Vereinigung für Limnologie 9, 1-39

Sinkstofffallen

Einige der in Oberflächennähe gebildeten Partikel wie z.B. Phytoplanktonaggregate oder auch Kotballen von Zooplanktern können beachtliche Sinkgeschwindigkeiten erreichen und in tiefere Schichten absinken. Um diesen Partikelfluß bestimmen zu können, wurden in die Verankerungen 227/2, 227/3, BO-5, BO-6 und PF-8 im Norden des Weddellmeeres und an der Polarfront Sinkstofffallen eingebaut. Diese Sinkstofffallen sind mit max. 20 Probenbehältern ausgerüstet und können somit das herabsinkende Material in max. 20 verschiedenen Zeitintervallen auffangen. Die Probenbehälter werden vorher mit Quecksilberchlorid versetzt, damit die Proben in der Falle nicht durch mikrobiellen Abbau oder durch Fraß von Zooplanktern oder anderen Organismen verändert werden.

Auf diesem Fahrtabschnitt wurden mehrere Sinkstofffallen geborgen und wieder neu ausgesetzt. In Tab. 6 und 7 sind Daten über diese Fallen aufgelistet und näher beschrieben.

Tab. 6: Geborgene Sinkstofffallen.

Verankerung: 227/2 bei 59°27.5'S und 3°11.2'E
ausgebracht am 26.12.1994, aufgenommen am 05.04.1996

Tiefe der Falle	565 m	3709 m
Untersuchungszeitraum	27.12.1994 - 10.08.1995	27.12.94 - 11.01.96
Zeitintervalle	19 Tage	19 Tage
Anzahl der Proben	15	20

Verankerung: BO-5 bei 54°20.6'S und 03°17.6'W
ausgebracht am 27.12.1994, aufgenommen am 07.04.1996

Tiefe der Falle	531 m	2268 m
Untersuchungszeitraum	31.12.1994 - 15.01.1996	31.12.1994 - 08.12.1995
Zeitintervalle	19 Tage	19 Tage
Anzahl der Proben	20	18

Verankerung: PF-8 bei 50°11.1'S und 05°53.7'E
ausgebracht am 29.12.1994, aufgenommen am 09.04.1996

Tiefe der Falle	687 m	3110 m
Untersuchungszeitraum	31.12.1994 - 15.01.1996	31.12.1994 - 15.01.1996
Zeitintervalle	19 Tage	19 Tage
Anzahl der Proben	20	20

Tab. 6: Ausgebrachte Sinkstofffallen.

Verankerung: 227-3 bei 59°01.8'S und 0°O
ausgebracht am 04.04.1996

Tiefe der Falle	3373 m
Untersuchungszeitraum	06.04.1996 - 27.03.1997
Zeitintervalle	14 Tage

Verankerung: BO-6 bei 54°20.6'S und 3°17.0'W
ausgebracht am 07.04.1996

Tiefe der Falle	2280 m
Untersuchungszeitraum	08.04.1996 - 27.03.1997
Zeitintervalle	14 Tage

2.4.2 Benthologische Untersuchungen

Wolf Arntz (AWI), Alexander Buschmann (AWI), Kai Horst George (FBZO), Dieter Gerdes (AWI), Matthias Gorny (AWI), Marco Antonio Lardies Carrasco (UACH), Katrin Linse (IPÖ), Americo Montiel (UMAG), Erika Mutschke (UMAG), Martin Rauschert (AWIP) und Carlos Rios (UMAG)

Ziele

Die ökologischen Beziehungen zwischen der marinen Fauna der Antarktis und den anderen, nacheinander vom antarktischen Kontinent gelösten Teilen Gondwanas sind bislang nicht hinreichend geklärt. Dabei interessiert speziell die Beziehung zwischen der Fauna der Antarktischen Halbinsel und der des südlichsten Teils Südamerikas. Südamerika ist die Landmasse, die sich zuletzt von der Antarktis getrennt hat und ihr heute am nächsten liegt. Daher nimmt man an, daß der Austausch zwischen Südamerika und der Antarktis im Vergleich zu anderen Kontinenten länger und intensiver gewesen ist.

Häufig wird davon ausgegangen, daß zwischen der Antarktischen Halbinsel und der Magellanregion, die im wesentlichen Patagonien und Feuerland mit deren umfangreichem Kanal- und Fjordsystem umfaßt, faunistische und floristische Übereinstimmungen bestehen. Dies mag für einige Tiergruppen zutreffen, viele Fälle bestätigen diese Sichtweise jedoch nicht oder lassen zumindest starke Zweifel aufkommen. Die Hauptursache für diese Unsicherheiten liegt darin, daß umfangreiches Probenmaterial aus der Magellanregion und dem angrenzenden Kontinentalhang der Drakestraße bislang fehlt.

In den letzten Jahren wurden verstärkt Anstrengungen unternommen, den Kenntnisstand über beide Gebiete zu verbessern. Aus neueren Arbeiten am Dallmann-Labor, das an die argentinische Jubany-Station angegliedert ist, sind Fauna und Flora in den Flachwassergebieten der Bransfieldstraße um King George Island recht gut bekannt. Während der "Joint Magellan VICTOR HENSEN Campaign

1994" wurden umfangreiche Proben im Flach- und Tiefwasser der Magellanstraße (bis ungefähr 650 m), im nordwestlichen Arm des Beaglekanals und südlich des Ostausgangs des Beaglekanals bis Kap Hoorn genommen. Das vorläufige Ergebnis dieser Expedition war, daß die beiden Ökosysteme auf den gegenüberliegenden Seiten der Drakestraße sehr verschiedene Strukturen entwickelt haben, obwohl einige der häufigeren Tier- und Pflanzengruppen der beiden Regionen Übereinstimmungen bis auf Gattungs- und Artniveau aufweisen.

Da der Flug nach King George Island aufgrund schlechter Witterung nicht stattfinden konnte, konnten die Arbeiten im Bereich der Antarktischen Halbinsel nicht erfolgen. Das reduzierte Programm, das nur noch Arbeiten auf dem südchilenischen Kontinentalhang zuließ, hatte folgende Zielsetzung:

- Erfassung der Makro- und Meiozoobenthosstrukturen auf dem Nordhang der Drakestraße und dem südchilenischen Schelf mittels Geräten, die bereits früher in der Hochantarktis, vor der Antarktischen Halbinsel und in der Magellanregion eingesetzt worden sind;

- Vervollständigung der Benthosproben durch Material vom Kontinentalhang und Schelf nördlich der Drakestraße, vor allem aus größeren Tiefen;

- Physiologische, reproduktionsbiologische und populationsdynamische Untersuchungen sowie Verhaltensbeobachtungen an "Schlüsselarten" und Vergleich mit Ergebnissen von verwandten Arten aus niedrigen und höheren Breiten.

Arbeiten auf See

Zwischen 1500 m am patagonischen Kontinentalhang und 200 m Tiefe auf dem Schelf südlich der Insel Nueva sollte ein Schnitt durchgeführt werden, um die während der "Joint Magellan VICTOR HENSEN Campaign 1994" erzielten Ergebnisse zu ergänzen. Teile dieses Schnitts sollten bereits während jener Expedition bearbeitet werden, was aber aufgrund des schlechten Wetters nicht möglich war. Für die Probennahme standen auf ANT XIII/4 insgesamt 5 Arbeitstage zur Verfügung. Aufgrund der zerklüfteten Bodentopographie im Untersuchungsgebiet südlich der Insel Nueva wurde die ursprüngliche Idee eines geradlinigen Transekts fallengelassen. Die 9 Stationen im Tiefenbereich 2500 m bis 100 m (Abb. 22) wurden statt dessen jeweils dort eingerichtet, wo Bodentopographie, Sedimentauflage und Strömungsverhältnisse ein Arbeiten mit geschleppten Geräten und Stechern erlaubten. Nach Möglichkeit wurden alle Geräte an jeder Station eingesetzt, was jedoch nicht immer erfolgreich war (vgl. Stationsliste). Das insgesamt gewonnene Material stammt aus 10 Agassiztrawlfängen (davon zwei nur zur Beschaffung von Versuchsmaterial), 3 Fängen mit dem Bodenschlitten, 9 Fängen mit der Rauschert-Dredge, 5 Mehrfachgreifereinsätzen mit 21 Makro- und 2 Meiozoobenthosproben, 4 Multicorerereinsätzen mit 30 Meiofaunaprobe sowie 380 Aufnahmen mit der Unterwasserkamera auf 5 Stationen. Die CTD-Rosette erbrachte Daten für Temperatur, Salzgehalt und gelösten Sauerstoff von der Oberfläche bis zum Boden (s. Appendix 1 und 3). Darüber hinaus wurde ein Großteil der gefangenen Makrozoobenthosorganismen fotografisch in Lebendfärbung festgehalten. Fische und Crustaceen wurden für physiologische Versuche im Kühlcontainer gehältert.

Vorläufige Ergebnisse

Alle während dieses Fahrtabschnitts gewonnenen Proben mit Ausnahme des lebenden Versuchsmaterials wurden konserviert (zu Methoden s. Fahrtbericht der VICTOR HENSEN-Reise) und bedürfen eingehender Analyse in den Labors der beteiligten Institute. Kurz nach dem Ende der Probennahme läßt sich daher nur ein erster Eindruck der zu erwartenden Ergebnisse vermitteln, der im wesentlichen auf der visuellen Analyse der Agassiztrawlfänge an Bord beruht (Appendix 4). Auch die Unterwasseraufnahmen müssen noch ausgewertet werden.

Erste Stichproben der *Meiofauna* aus dem Filtrat (40 µm) der Multicorerproben und anderer Geräte zeigen, daß folgende Gruppen (in abnehmender Häufigkeit) vorhanden sind: Nematoden, Copepoden (Calanoida, vermutlich aus der Wassersäule; Harpacticoida; Siphonostomatoida), Polychaetenlarven, Ostracoden und Foraminiferen.

Die *makrobenthische Infauna* aus den Multigreiferproben zwischen 100 und 1200 m Tiefe wies insgesamt eine geringe Dichte auf, die zudem mit der Tiefe weiter abnahm. Auf den flacheren Stationen waren die Böden mit einer biogenen Lage von Muschelschill, Bryozoen und Hydrozoen bedeckt, und die dominanten Faunenelemente waren Ophiuroiden, Echinoiden und Crustaceen. Auf den tieferen Stationen waren die Böden feinsandig, und die einzigen erkennbaren Organismen waren kleine sedentäre Polychäten.

Die benthische *Makro- und Megafauna* aus Agassiztrawl und Dredge war am individuen- und biomassereichsten in mittleren Wassertiefen zwischen 200 und 600 m. Die hohen Werte für den Gesamtfang im Flachwasser sind auf den großen Schillanteil auf diesen Stationen zurückzuführen. Die tiefen Stationen haben wegen der starken (gezeitenbedingten?) Strömungen im Untersuchungsgebiet offenbar nur eine sehr dünne Sedimentauflage. Dies ist einerseits aus der Vielzahl der fehlgeschlagenen Versuche mit Mehrfachgreifer und Multicorer und andererseits der Dominanz von Hartbodenbewohnern, v.a. von Gorgonarien, zu schließen. Größere Steine kamen aus allen Wassertiefen an Deck und waren meist stark mit Schwämmen, Hydrozoen, Bryozoen und Gorgonarien bewachsen, während sowohl Mollusken als auch Brachiopoden auf ihnen fehlten.

Für den gesamten Untersuchungsbereich bestätigt sich grundsätzlich der Befund der "VICTOR HENSEN"-Expedition, daß es in der Magellanregion keine derart reichen, dreidimensionalen Suspensionsfressergemeinschaften gibt wie in vielen Teilen der Antarktis. Allerdings zeigte sich bei Schwämmen, Bryozoen und Gorgonarien eine deutliche Zunahme gegenüber Magellanstraße und Beaglekanal sowie dem nördlicher gelegenen Ostausgang des Beaglekanals, und Crinoiden wurden - wenn auch klein und selten - von uns nur im jetzigen Untersuchungsgebiet gefunden. Die Seltenheit kolonialer und solitärer Ascidien im Vergleich zur Antarktis bestätigte sich. Aktinien wurden vergleichsweise selten gefunden. Hydrozoen blieben auch südlich Nueva häufig, obwohl dort infolge größerer Wassertiefe das "Substrat" *Macrocystis* fehlt, und Hydrokorallen traten häufig als Bewuchs von Schill und Steinen auf.

Auffällig war die sehr viel geringere Häufigkeit und Größe von Asteroiden im Vergleich zu den nördlicher gelegenen Gebieten. Reguläre Seeigel blieben in etwa

auf dem gleichen Niveau, während irreguläre Echinoiden vermutlich wegen der Seltenheit von Weichsubstraten sehr viel geringere Bedeutung aufwiesen, insbesondere im Vergleich zum Beaglekanal. Überraschend war die große Vielfalt und Abundanz von Ophiuroiden auf dem Schelf, die durch das häufige Erscheinen der biomassestarken Gorgonenhäupter noch unterstrichen wurde. Der Fund von Crinoiden wurde bereits im Zusammenhang mit den Filtrierergemeinschaften erwähnt.

Mollusken, insbesondere Bivalvier, traten südlich Nueva ähnlich wie in der Antarktis stark zurück, wenn man von den häufigen Pilgermuscheln (*Chlamys*) im flacheren Wasser absieht. Dies kam unerwartet nach den Befunden in der Magellanstraße und im Ostausgang des Beaglekanals, ist aber wahrscheinlich, wie auch das Fehlen von Scaphopoden, ebenfalls auf das Nichtvorhandensein von Weichsubstraten zurückzuführen. Die Artenzusammensetzung war ähnlich wie weiter nördlich, wenn man von den weitgehend fehlenden taxodonten Weichbodenbewohnern absieht. Bei den Prosobranchiern fanden sich auch eine Reihe von Formen, die im nördlichen Gebiet nicht registriert worden waren. Käferschnecken und Octopoden traten nur selten in den Fängen auf. Brachiopoden, die in der Antarktis die Muscheln als Hartbodenbewohner ersetzen, wurden im Gegensatz zur Magellanstraße nur in wenigen und kleinen Exemplaren gefangen.

Über die verschiedenen Wurmgruppen läßt sich erst nach eingehenderer Analyse Näheres sagen. Die Seltenheit und geringe Größe von Echiuriden und Sipunculiden bestätigte sich, Priapuliden fehlten ganz. Polychäten waren häufig, aber durchweg klein. In dieser Gruppe leben viele Formen als Untermieter z.B. in Gorgonarien, Bryozoen und Hydrokorallen.

Bei den kleinen Crustaceengruppen sind Aussagen noch nicht möglich, weil das meiste Material sofort konserviert wurde. Von den größeren Formen traten die Cirripedier im Flachen bei weitem nicht mehr so häufig auf wie weiter nördlich. Überraschend wurde jedoch auf den Tiefenstationen eine große Seepocke verzeichnet, die der antarktischen Gattung sehr ähnelt. Isopoden traten deutlich seltener als im nördlichen Untersuchungsgebiet auf, insbesondere die Spaeromatiden. Arcturiden und Seroliden, in der Antarktis stellenweise dominante Familien, wurden in geringen Zahlen gefunden, aber mit einigen vorher nicht verzeichneten Arten. Unter den Amphipoden, die in den Fängen der kleinen Dredge dominierten, zeigten sich alle Familien, die auch im Weddellmeer und bei den Südshetlands auftreten. Eusiriden, Lysianassiden und Ischyroceriden waren besonders häufig. Nicht selten waren auch die bislang im Magellangebiet nicht verzeichneten Stilipediden. Gleichermaßen für Amphi- und Isopoden gilt das Fehlen "gigantischer" Formen, wie sie in der Antarktis häufig vorkommen. Dies war bereits in den anderen magellanischen Gebieten aufgefallen (und gilt auch für die Pantopoden). Die bei Flohkrebsen häufigen Vergesellschaftungen zeigten einige neue Varianten, z.B. Caprelliden zwischen den Stacheln von Steinkrabben (Lithodidae) und Ischyroceriden im Tarnbewuchs (Bryozoen vom *Flustra*-Typ) von Seespinnen.

Die reptanten Dekapoden, insbesondere die Brachyuren vom Taschenkrebs- und Seespinnentyp, waren südlich Nueva nicht mehr dominant. Auch die Galatheiden (*Munida*) kamen zwar noch regelmäßig, aber sehr viel seltener vor als im Ostausgang des Beaglekanals. Die Palinure *Stereomastis* wurde in einem Exemplar auch hier gefunden. Die Garnelen (Caridea) gewannen im Gegensatz zu den reptanten

Formen an Bedeutung, wenn auch noch nicht im Umfang wie in der Antarktis. Dominante Formen sind die Gattungen *Campylonotus* und *Austropandalus* sowie überraschend auf den beiden tiefsten Stationen die auch in der Antarktis lebende Gattung *Nematocarcinus*. Als Raritäten sind bei den Dekapoden die Erstfunde zweier Crangonidengattungen, vermutlich *Glyphonotus* und *Pontophilus*, für die Magellanregion zu verzeichnen.

Zusammenfassend läßt sich für das Arbeitsgebiet südlich der Insel Nueva feststellen, daß die Verhältnisse im Benthos sich hier stärker an antarktische Bodenfaunagemeinschaften annähern als in den nördlicher liegenden Gebieten der Magellanregion, die während der "VICTOR HENSEN"-Reise untersucht wurden. Dennoch bleiben die Unterschiede beträchtlich.

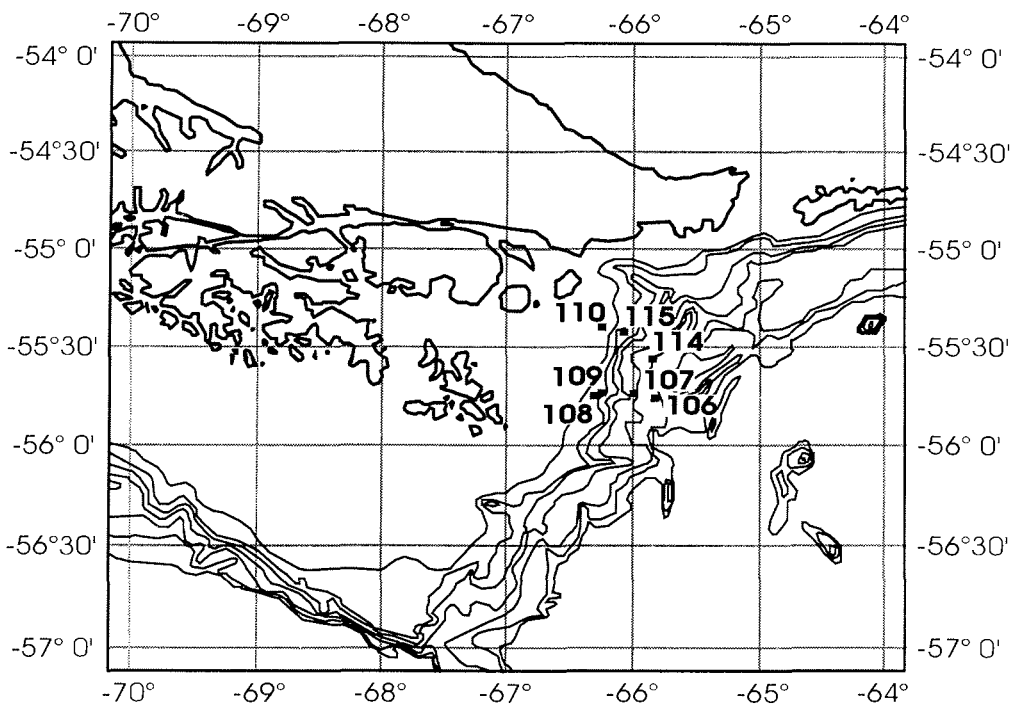


Abb. 22: Untersuchungsgebiet und Stationen des Benthosprogramms.
 Fig. 22: Observation site and stations of the benthos programme.

3. Fahrtabschnitt Punta Arenas - Bremerhaven (ANT XIII/5)
22. Mai 1996 - 21. Juni 1996

3.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf

Die Forschungsarbeiten dieses Fahrtabschnittes hatten die Untersuchung der Diversität der Tiefseefauna zum Ziel. In diesem Zusammenhang wurden entlang der Fahrtroute (Abb. 23) Proben zur Bestimmung der Breitengradabhängigen Diversität von Mikroorganismen-, Zooplankton sowie Meio- und Makrofaunagemeinschaften genommen. Insbesondere die bisher nur ansatzweise untersuchten Tiefseebecken des Südatlantiks waren dabei von Interesse. Zu diesem Zweck wurden auf fünf Tiefenstationen (5000 m) mit 4 verschiedenen Bodengreifern (Mehrfachgreifer, Revolvergreifer, Multicorer und Minicorer) quantitative Bodenproben für die Analyse der Verteilung von Meio- und Makrofaunaorganismen gewonnen. Verbreitungsmuster des Zooplanktons wurden über Multinetzfänge aus unterschiedlichen Tiefenstufen analysiert. Der Einsatz einer SEABIRD-CTD vermittelte uns zuvor jeweils einen Eindruck über die hydrographischen Bedingungen. Die mikrobiellen Tiefseegemeinschaften wurden mit einem neuentwickelten Tiefenwasserschöpfer beprobt, der die Proben mit Mikroorganismen unter Einbehaltung des in-situ-Drucks an die Oberfläche bringt. Zwischen 47°S und 24°S wurden auf einer Strecke von 1335 sm mit dem Parasound-Sedimentecholot die sedimentologischen Eigenschaften des Meeresbodens analog auf Papierschriften und digital aufgenommen.

Mit dem Revolvergreifer und dem Mehrfachgreifer wurden auf 4 Stationen insgesamt 28 Kerne für die Analyse der Makrofauna gewonnen. Die Probenaufarbeitung wurde an Bord begonnen, die Detailanalysen sind aber erst zu Hause möglich. Unser erster Eindruck ist, daß die Makrofauna an den vier Stationen mit sehr geringen Abundanz und Biomassen vertreten ist. Mini- und Multicorer erbrachten von 4 Stationen insgesamt 54 Sedimentkerne. Acht dieser Kerne wurden für mikrobiologische Untersuchungen genutzt und 23 jeweils für Untersuchungen der breitenabhängigen Diversitätsmuster von Nematoden und Copepoden. Erste Einsichten in das Probenmaterial deuten darauf hin, daß die Artenzusammensetzung der Meiofauna vergleichbar ist mit der anderer Tiefseegebiete der Nord- und Südhemisphäre. Bei den mikrobiologischen Untersuchungen stand die Frage der Zusammensetzung der Mikroflora sowie nach der Existenz und Bedeutung einer dekompressionsempfindlichen Komponente im Vordergrund. Die Biomasse, Aktivität und Struktur der mikrobiellen Gemeinschaft des Benthals wurde an Sediment- und Bodenwasserproben aus 4 verschiedenen atlantischen Tiefseebecken untersucht.

Die Arbeitsgruppe aus dem Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock führte Temperaturmessungen in der Mesopause der Atmosphäre mittels eines neuentwickelten Kalium-Temperatur-Lidars durch. Während 18 Nächten wurden zwischen 47°S und 45°N Profile der Lufttemperatur und der Kaliumatomdichte in Höhen von 80 bis 110 km gemessen.

Am 22. Mai 1996 verließ Polarstern um 19:00 Uhr Punta Arenas und hatte am frühen Morgen des nächsten Tages den offenen Atlantik erreicht. Nach Sturm und schwerer See am Ende unserer ersten Fahrtwoche wurde unsere weitere Fahrt durch gutes Wetter begünstigt. Am 21. Juni lief Polarstern nachmittags in Bremerhaven ein.

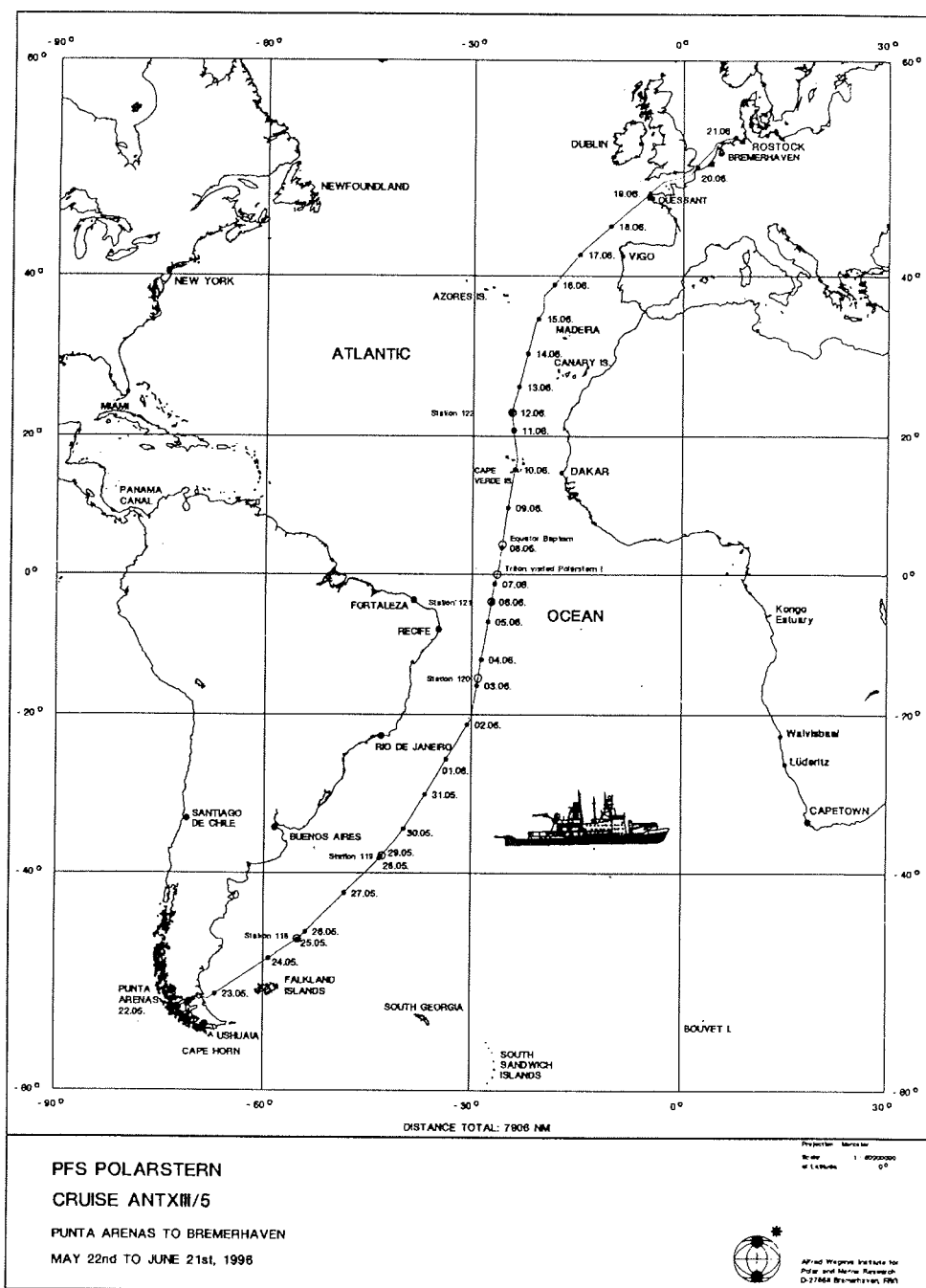


Abb. 23: Fahrtroute während des Fahrtabschnitts ANT XIII/5.
 Fig. 23: Cruise track during leg ANT XIII/5.

4. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme

4.1 Untersuchungen der Atmosphäre

4.1.1 Wetterbedingungen

Joachim England, Herbert Köhler, Edmund Knuth (DWD, Hamburg)

Während der Fahrt durch die Magellanstraße in der Nacht vom 22. zum 23. Mai traten orographisch bedingt sehr unterschiedliche Windverhältnisse auf. Die Windstärken wechselten dabei zwischen 3 und 10 Bft, wobei der Wechsel zum Teil innerhalb kurzer Zeit erfolgte. Das durchfahrene Gebiet befand sich dabei auf der Rückseite eines Sturmtiefs. Hinter dem abgezogenen Sturmtief bildete sich östlich der Fahrtroute ein kräftiger Hochkeil aus, der bis in die Antarktis reichte und weitere, von Westen heranziehende Sturmtiefs nach Südosten ablenkte, so daß die Fahrt östlich der argentinischen Küste zunächst relativ ruhig verlief. Die Windstärke betrug nur 3 bis vereinzelt 6 Bft. Die Richtung war dabei West bis Nordwest. Die erste Station bei 47°S 55°W konnte unter günstigen Wetterbedingungen durchgeführt werden.

Über dem zentralen Südatlantik bildete sich ein sehr kräftiges und umfangreiches Hochdruckgebiet mit einem Kerndruck von über 1040 hPa aus. Auf der anderen Seite entwickelte sich vor der ostbrasilianischen Küste aus einer Wolkenansammlung ein verhältnismäßig kleiner, aber für einige Tage beständiger Tiefdruckwirbel, der nur langsam nordostwärts zog und ab dem 27. Mai wetterbestimmend war. Der Wind drehte auf Ost bis Nordost und erreichte permanent Windstärken zwischen 6 und 8 Bft, so daß die zweite Station bei 38°S 43°W durch den Wind und den daraus resultierenden Wellengang beeinträchtigt wurde. Am 30. Mai nahm dann der Wind ab, drehte auf nördliche Richtungen und ging auf Stärken zwischen 3 und 5 Bft zurück, die auch am Folgetag noch anhielten. An der Westflanke des umfangreichen und kräftigen Hochdruckgebietes über dem mittleren Südatlantik blieb der verhältnismäßig starke Druckgradient zunächst noch erhalten, so daß am 1. und 2. Juni weiterhin ein Nordostwind der Stärke 6 wehte. Am 3. Juni ging der Wind auf 4 Bft zurück, so daß an diesem Tage eine weitere Station unter günstigen Bedingungen bei 15°S 29°W durchgeführt werden konnte. Am 4. und 5. Juni frischte der Wind erneut auf Stärke 6 auf und drehte dabei auf südöstliche Richtungen. Am 5. Juni traten starke Schauer mit Böen bis 36 kn (7 bis 8 Bft) auf. Erst gegen Abend flaute der Wind auf 4 bis 3 Bft ab.

Am 6. Juni wurde bei 4°S 27°W von Mitternacht bis Mitternacht eine weitere Meßstation durchgeführt. Der Wind nahm dabei auf 4 bis 2 Bft ab. Allerdings traten morgens und vormittags noch kräftige Schauer auf. Am 7. Juni, bei Annäherung an den Äquator, den wir gegen 18 Uhr UTC überquerten, wurde nur noch schwacher Wind von 1 bis 3 Bft aus östlichen Richtungen gemessen. Am 8. Juni war es im Bereich der Intertropischen Konvergenzzone schwachwindig. Der Wind wehte mit 1 bis 3 Bft noch vorwiegend aus südöstlicher Richtung. Erneut traten einzelne Schauer auf. Am Morgen des 9. Juni drehte der Wind auf Nordost. Die Windstärke betrug 3 bis 4 Bft. Wir befanden uns jetzt im Einflußbereich des Nordostpassats. Schauer traten nicht mehr auf. Vom 10. bis 14. Juni hielt der Nordostpassat an und wehte ziemlich gleichmäßig mit 4 Bft. Dadurch konnte die letzte Station bei 23°N

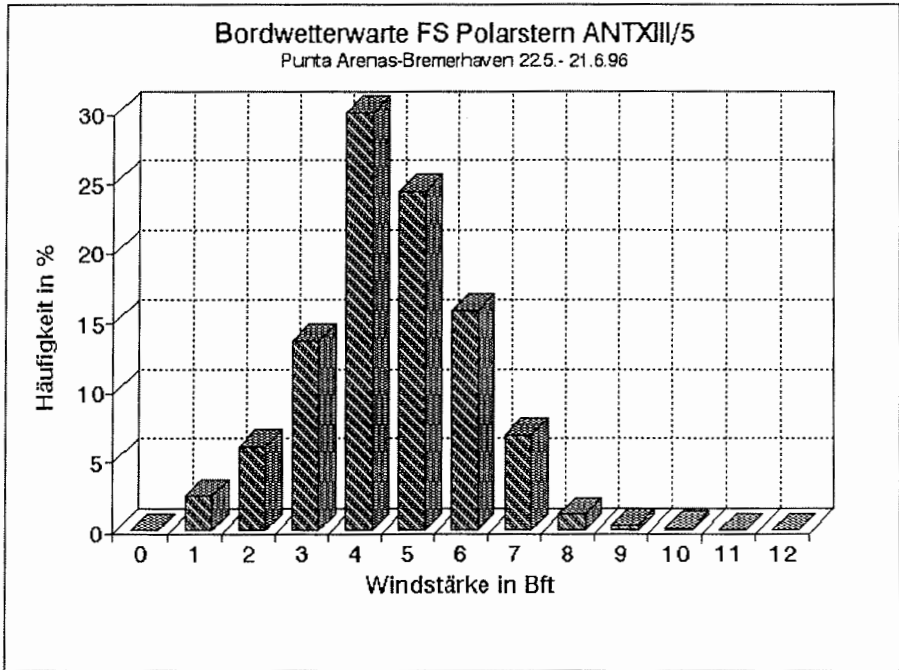
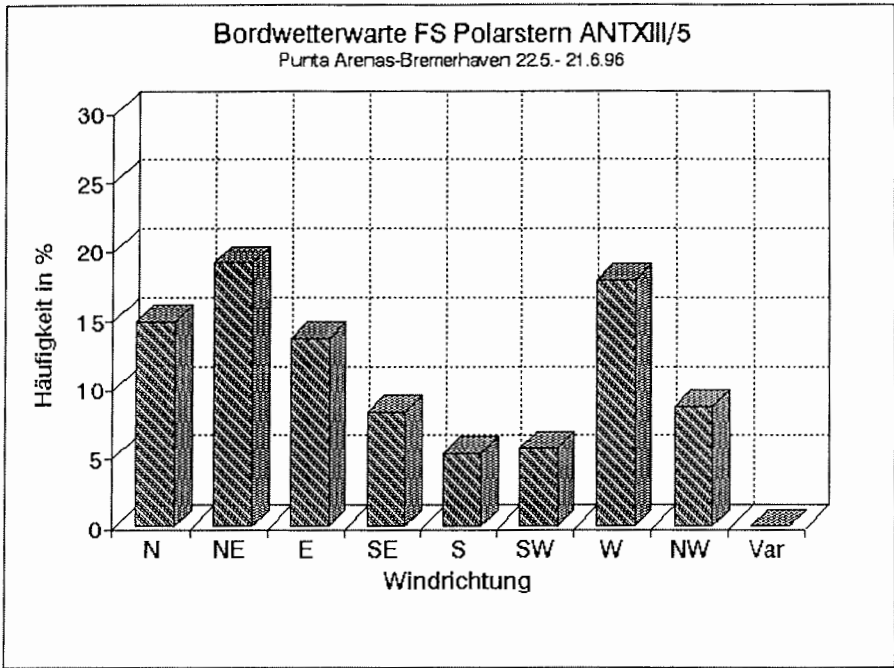


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und -stärke
Fig. 24: Frequency distribution of wind speed and direction

24.5°W unter meteorologisch günstigen Bedingungen durchgeführt werden. Sie dauerte vom Abend des 12. Juni bis zum Abend des Folgetages.

In den Tagen vom 15. bis zum 20. Juni herrschten im Bereich der Fahrtstrecke nur geringe Luftdruckgegensätze, so daß der Wind aus unterschiedlichen Richtungen wehte und nur Stärken zwischen 1 und 4 Bft erreichte. Die gefürchtete Biskaya und auch der Ärmelkanal wurden ihrem schlechten Ruf diesmal also nicht gerecht. Erst am Tage des Einlaufens, dem 21. Juni, frischte der Wind auf der Rückseite eines Tiefdruckwirbels über Skandinavien beim Verlassen des Ärmelkanals nochmals kräftig auf. Dabei wurden Windstärken von 6 bis 7 Bft aus Nordwest bis Nord gemessen.

4.1.2 Messungen von Temperaturprofilen in der Mesopause Matthias Alpers, Veit Eska, Josef Höffner, Ulf von Zahn (IAPR)

Ziele und Methoden

Das Ziel der IAP-Arbeitsgruppe war die Erforschung der thermischen Struktur der Atmosphärenschichten zwischen 80 und 105 km Höhe, sowie der darin eingebetteten Kaliumatome. In diesem Höhenbereich befindet sich ständig ein ausgeprägtes Temperaturminimum (die sog. Mesopause), über dessen absolute Temperaturen und raum-zeitlichen Änderungen wir bis heute recht wenig wissen. Dies gilt ganz besonders für die gesamte Südhemisphäre. Die in dieser Atmosphärenschicht beobachteten Kaliumatome stammen von der Verdampfung von Kleinmeteoriden (= Sternschnuppen) und kosmischem Staub. Wie diese Atome nach einiger Zeit zur Erdoberfläche gelangen, ist jedoch bisher unklar. Es existiert eine ständige Kaliumschicht, deren maximale Dichte mit ungefähr 100 Atomen pro Kubikzentimeter bei etwa 90 km Höhe liegt.

Als Meßgerät für die Lufttemperatur und Kaliumdichte im angesprochenen Höhenbereich dient erstmalig ein containerisiertes Lidar-Instrument (= Lichtpuls-Radar), das auf der Resonanzwellenlänge von Kalium bei 770 nm (nahes Infrarot) arbeitet. Durch Messung der Zeit, die von Zeitpunkt des Aussendens des Laserpulses bis zum Eintreffen des von den Kaliumatomen rückgestreuten Lichts vergeht, erhält man recht genau die Höhe der rückstreuenden Atome. Mittels einer leichten Modulation der Wellenlänge des ausgestrahlten Laserlichts läßt sich auch die Temperatur der Kaliumatome messen, die gleich der Temperatur der sie umgebenden Luft ist. Für Einzelheiten dieses Instrumentes verweisen wir auf die Beschreibung des Geräts im POLARSTERN-Expeditionsprogramm Nr. 41.

Arbeiten auf See und vorläufige Ergebnisse

Da die Durchführung der Beobachtungen, sowie die Analyse der Daten und ihre Interpretation für die Fahrtabschnitte ANT XIII/4 und ANT XIII/5 eine wissenschaftliche Einheit bilden, möchten wir hier die Ergebnisse beider Fahrtabschnitte zusammenfassen.

Die erste Meßnacht an Bord war der 25. März, die letzte der 18. Juni 1996. In diesem Zeitraum lagen insgesamt 31 Nächte mit Messungen von Temperatur- und Kaliumdichte-Profilen und zusätzlich 4 Nächte mit Messungen ausschließlich von Ka-

liumdichten. Ein recht zuverlässig laufendes Lidargerät und unerwartet gutes Wetter waren die Grundlage dieser erfreulichen Beobachtungsstatistik.

Die südlichsten Beobachtungen konnten nahe der Neumayer-Station bei 71°S, die nördlichsten vor Einlaufen in die Biskaya bei 44°N durchgeführt werden. Dabei decken die Messungen in hohen südlichen Breiten die Jahreszeit später Herbst/früher Winter ab, die Messungen in Äquatornähe den Übertritt von "tiefem Winter" in den Hochsommer. Für unsere wissenschaftlichen Ziele lag diese Meßperiode mit der darin enthaltenen Jahreszeitenfolge nahezu ideal.

Die meisten Profile der Lufttemperatur und Kaliumdichte sind von einer hohen Wellenaktivität in diesem Höhenbereich geprägt. Diese Erkenntnis kam nicht ganz unerwartet, erschwert aber das Gewinnen eines klimatologischen Mittelprofils der Temperatur und Kaliumdichte. Es beruhigt daher zu wissen, daß uns aus 4 Meßnächten nahezu lückenlose Beobachtungsreihen über mehr als 12 Stunden, von weiteren 3 Nächten über 9 Stunden zur Analyse der Charakteristika dieser Wellen zur Verfügung stehen. Wir glauben, daß uns eine Analyse des Wellenspektrums dieser langen Meßreihen helfen wird, auch die Daten der kürzeren Meßnächte zumindestens teilweise bzgl. der Wellenaktivität auf mittlere Werte hin korrigieren zu können.

Die Höhe und Temperatur der Mesopause konnte über den abgedeckten Bereich in geographischer Breite mit hoher Temperaturgenauigkeit und räumlicher Auflösung vermessen werden. Neue und daher besonders interessante Ergebnisse fanden wir sowohl bezüglich der Breitenabhängigkeit der Höhe der Mesopause, als auch bezüglich ihres jahreszeitlichen Verhaltens (wobei eine Separation dieser beiden Effekte in unseren Daten nicht ohne eine gewisse Subjektivität erfolgen kann). Bisher gibt es Messungen dieser Art, mit denen wir unsere vergleichen könnten, auf der Südhemisphäre praktisch nicht.

Da es bisher nur zwei Orte auf der ganzen Welt gibt, über denen Kaliumdichteprofile gemessen wurden, sind alle von uns auf dieser Fahrt gewonnenen Daten als völlig neu anzusehen. Auffällig ist eine ausgeprägte Abhängigkeit der Kaliumdichte von der geographischen Breite und eine bisher nie beobachtete Häufigkeit und Intensität von sog. sporadischen Kaliumschichten. Abb. 25 soll einen Eindruck vermitteln, wie sich atmosphärische Wellenaktivität in den Profilen der Kaliumdichte äußert. Es handelt sich um 59 Kaliumdichteprofile, die am 7. Juni 1996 etwa zwischen 02 und 07 Uhr morgens (UT) bei 3°S beobachtet wurden. Der zeitliche Abstand beträgt rund 4 min. Die Dichteskala der X-Achse gilt für das erste Profil links. Die folgenden Profile sind jeweils um 10 Atome pro Kubikzentimeter nach rechts versetzt. Die normale Kaliumschicht reicht hier von 80 bis 100 km Höhe. Die Dichteprofile werden durch atmosphärische Wellen moduliert, wobei das Bild oberhalb 90 km Höhe durch das Auftreten und Verschwinden relativ schmaler und kurzlebiger "sporadischer" Kaliumschichten geprägt wird.

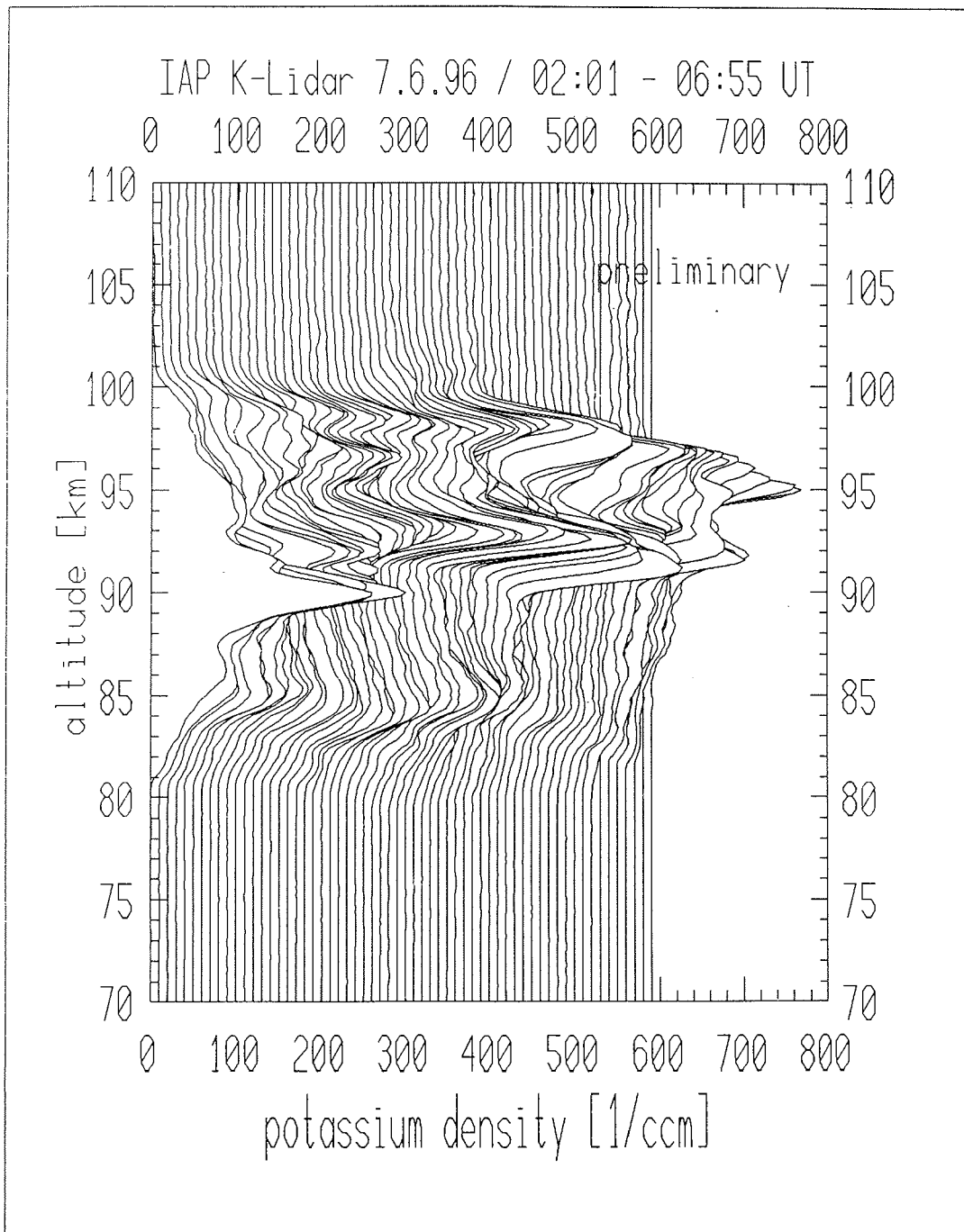


Abb. 25: Kaliumdichteprofile, die am 7. Juni 1996 bei 3°S beobachtet wurden. Der zeitliche Abstand beträgt rund 4 min.

Fig. 25: Potassium density profiles measured on 7 June 1996 at about 3°S.

4.2 Meeresbiologie

4.2.1 Mikrobiologie

Erich Dunker, Elisabeth Helmke, Ulla Klauke (AWI)

Ziele und Methoden

Tiefseeorganismen unterliegen während der Probennahme mit üblichen Sediment- und Wasserprobennehmern einer Dekompression. Ob und in welchem Maße diese Dekompression die mikrobielle Tiefseegemeinschaft beeinflusst, war die zentrale Fragestellung der mikrobiologischen Arbeiten auf diesem Fahrtabschnitt. Die Ergebnisse aus dieser Untersuchung sollen zu einem besseren Verständnis sowie zu einer realistischeren quantitativen Abschätzung der mikrobiellen Tiefseeprozesse führen. Voraussetzung für diese Arbeiten ist der Einsatz eines neukonzipierten Wasserschöpfers, der partikuläres Material im Tiefenwasser anreichert und unter Einhaltung des in-situ Drucks an die Meeresoberfläche bringt. Im Anschluß an die Probennahme können an Bord unter Einhaltung des Drucks Subproben genommen und diese unterschiedlichen Versuchsansätzen zugeführt werden.

Neben diesen Untersuchungen zur Existenz und Rolle dekompressions-empfindlicher Bakterien wurden Bestimmungen zur Biomasse, Aktivität und Struktur der mikrobiellen Tiefseegemeinschaft an dekomprimierten Bodenwasser- und Sedimentproben aus dem Multicorer durchgeführt. Das bereits aus den nördlichen und östlichen atlantischen Tiefseebecken vorliegende Datenmaterial soll durch diese Arbeiten ergänzt werden.

Arbeiten auf See

An vier Stationen wurde der Druckwasserschöpfer eingesetzt. Die unter Tiefseedruck geborgenen Proben wurden jeweils anschließend unter Einhaltung der Druckkette unterteilt und unterschiedlichen Versuchsbedingungen unterworfen. Eine endgültige Auswertung dieser Ansätze wird im Heimatlabor erfolgen. Auch die unterschiedlichen Messungen sowie endgültigen Auswertungen an dem dekomprimierten Probenmaterial ist erst in Bremerhaven möglich. An Bord wurden für die Gesamtzellzahl- und Biomassebestimmungen sowie für die Analyse der chemischen Parameter Teilproben fixiert bzw. konserviert. Weiterhin wurden Wachstums- und Abbauexperimente unter simulierten Tiefseebedingungen angesetzt. Zur Erfassung der reproduktionsfähigen Keime und der Struktur der Mikroorganismengemeinschaft wurden MPN-Kulturen präpariert. Durch die Anwendung unterschiedlicher Druck-, Temperatur- und Nährstoffbedingungen wird eine Unterscheidung allochthoner Keime von autochthonen Tiefseebakterien möglich.

4.2.2. Zooplankton

Harald Bohlmann, Birgit Strohscher (AWI)

Ziele und Methoden

Für die Untersuchung der Diversität und Biomasseverteilung des Mesozooplanktons in der gesamten Wassersäule wurden auf 5 Stationen im Südatlantik Multinetzproben (150 µm Maschenweite) aus 9 Tiefenintervallen gewonnen. Zusätzlich zu Fragen der horizontalen und vertikalen Diversität soll aus Längen-Kohlenstoffbeziehungen die Biomasseverteilung in den einzelnen Tiefenstufen untersucht

werden. Untersuchungen zur Darmfüllung und der Gonaden bei dominanten Copepodenarten ergänzten das Arbeitsprogramm.

Arbeiten auf See

Um an den Stationen einen Eindruck von der Wasserschichtung zu bekommen, wurde die Wassersäule vor jedem Einsatz des Multinetzes mit einer SEABIRD 911plus CTD profiliert. Das Multinetz wurde auf 4 Stationen erfolgreich eingesetzt; die Positionen sind dem Appendix 5 zu entnehmen. Dabei wurden folgende Tiefstufen beprobt:

St. Nr. 118 und 122: 3600 - 2600 m, 2600 - 2000 m, 2000 - 1500 m, 1500 - 1000 m, 1000 - 0 m mit Multinetz Nr.1
1000 - 750 m; 750 - 500 m, 500 - 300 m, 300 - 100 m, 100 - 0 m mit Multinetz Nr. 2

St. Nr. 119 und 121: 3000 - 2500 m, 2500 - 2000 m, 2000 - 1500 m, 1500 - 1000 m, 1000 - 0 m mit Multinetz Nr.1

Multinetz Nr. 2 beprobte die gleichen Tiefstufen wie bei den anderen Stationen.

Nach dem Fang wurde der Inhalt der Netzbecher jeweils über 100 µm Gaze filtriert und mit 4%tigem gepuffertem Formalin fixiert. Auf allen Stationen wurden die Organismen der Tiefenstufe 1000 - 0 m vom Multinetz Nr. 1 mittels eines Planktonteilers in 2 Hälften gesplittet. Eine Hälfte wurde für spätere Biomassebestimmungen eingefroren; aus der anderen Hälfte wurden bereits an Bord Organismen für unterschiedliche Untersuchungen wie z. B. Längen/Kohlenstoffbeziehungen und Untersuchung zur Darmfüllung und der Gonaden vorsortiert.

Die weitere Aufarbeitung des umfangreichen Tiermaterials erfolgt nach Rückkehr im heimatischen Labor.

4.2.3 Meiobenthos

Nicola Jane Debenham (NHM), Timothy John Ferrero(NHM), Pedro Martinez-Arbizu (FBZO), Gisela Silveira Moura (FBZO)

Ziele und Methoden

Die Bedeutung der Tiefsee als artenreicher Lebensraum wurde in den vergangenen Jahren zunehmend hervorgehoben. Latitudinale Diversitätsgradienten in der Tiefsee des Südatlantiks sind bisher kaum untersucht worden. Sie scheinen stark von einer interregionalen Variabilität beeinflusst zu sein, die ihre Ursachen in der Entstehung der Tiefseebecken haben könnte. Diversitätsmuster, soweit bekannt, wurden hauptsächlich bei Untersuchungen der Makrofauna und Nematoden erkannt. Forschungen, die sich mit anderen Organismen wie z. B. Foraminiferen oder Copepoden befassen, bilden die Ausnahme. Unsere Untersuchungen ermöglichen erste Einblicke in latitudinale Diversitätsgradienten der Tiefseemeiofauna des Südatlantiks. Es werden niedrige Abundanzen und eine hohe Variabilität erwartet, so daß eine hohe Anzahl an Parallelproben pro Station notwendig ist. Diese werden hauptsächlich mit Hilfe eines Multicorers gewonnen.

Ziel ist es, die Abundanzen, die räumliche Verteilung und die Diversität der Meiofauna-Organismen Breitengradabhängig zu untersuchen, um möglicherweise diese Parameter mit der Produktivität in der Wassersäule korrelieren zu können. Der während dieser Reise beprobte Schnitt schließt im Norden an andere, schon beprobte Stationen in der Tiefsee von Madeira, Porcupine und im Nordpolarmeer (Barentssee, Laptewsee) an. Im Süden gibt es Vergleichsdaten von Stationen im Weddellmeer. Diese Daten ermöglichen Aussagen über Biogeographie und Verbreitung der Meiofauna- Organismen, besonders der Nematoden und Copepoden aus Tiefseegebieten.

Arbeiten auf See

Insgesamt wurden 4 Stationen mit den Multicorer (MUC), 2 davon zusätzlich mit den Minicorer (MIC), erfolgreich beprobt. Eine Übersicht ist Tab. 8 zu entnehmen. Die beprobte Fläche pro Kern war 25 cm². Die Kerne wurden nummeriert und ihre Position im Gerät notiert, so daß die Berechnung der Abstände zwischen den einzelnen Repliken möglich ist.

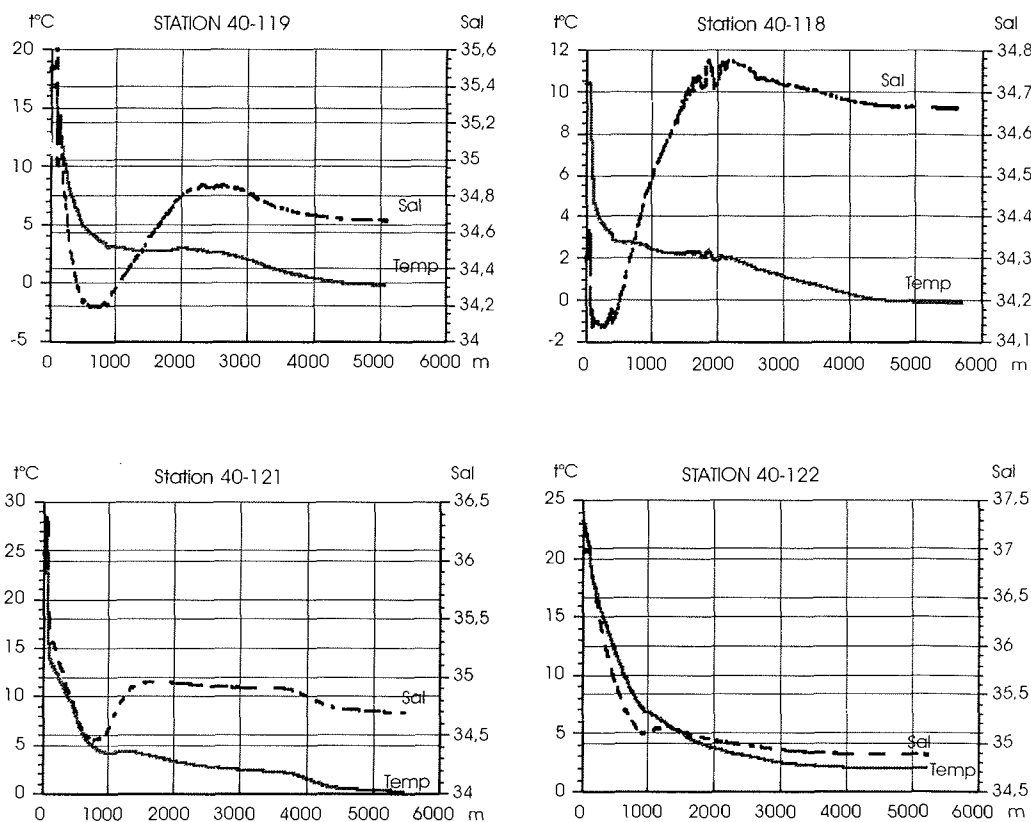


Abb.26: CTD-Profile, die an den Tiefseestationen gemessen wurden
 Fig. 26: CTD-profiles measured at the deep sea stations

Für die Untersuchung der Meiofauna (Bearbeitung B) wurden die Sedimentkerne in 6 Sektionen unterteilt: Die 1. Sektion beinhaltet die 1 cm dicke Oberflächenschicht (0-1 cm) und das darüberstehende Wasser. Die nächsten Sektionen beinhalten folgende Kernabschnitte: 1-2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm, 4-5 cm und 5-10 cm. Alle Proben wurden anschließend in 4% gepuffertem Formalin fixiert.

Für die Homogenisations-Methode (Bearbeitung C) wurden die oberen 5 cm der Kerne im cm-Abstand in Segmente geschnitten. Jeder Sedimentabschnitt wurde in künstlichem Seewasser homogenisiert und in zwei gleiche Unterproben unterteilt. Eine Unterprobe wurde für Meiofauna-Untersuchung fixiert, die andere für biochemische Analysen (hauptsächlich Lipid- und Proteingehalt) tiefgefroren.

Tab. 8. Probandaten und Bearbeitung; A: für Mikrobiologie, B: Unterteilung für Meiofauna, C: Homogenisierung für Meiofauna und Biochemie.

Tab. 8. Material and treatment; A: for microbiology, B: sliced for meiofauna, C: homogenisation technique for meiofauna studies and biochemistry

Station Nr.	Tiefe	MUC/MIC	Bearbeitung
40/118	5726 m	MUC 11 Kerne	2 x A, 9 x B
40/119	5095 m	-	-
40/120	5130 m	MUC 12 Kerne	2 x A, 10 x B
40/121	5366 m	MUC 12 Kerne	2 x A, 10 x B
40/122	5055 m	MUC 11 Kerne	2 x A, 9 x B
40/121	5362 m	MIC 4 Kerne	2 x B, 2 x C
40/122	5102 m	MIC 4 Kerne	2 x B, 2 x C

Vorläufige Ergebnisse

Die Sedimente an den verschiedenen Stationen sahen sehr unterschiedlich aus. An Station Nr. 40/118 im Argentinischen Becken waren wichtige Bestandteile des Sediments Sand und kleine Steine, an Station Nr. 40/120 war das Sediment bräunlich und kompakt, während Station Nr. 40/121 (wie Station Nr. 40/120 im Brasilianischen Becken gelegen) eher ein rötliches, flockiges Sediment durchsetzt mit vielen Röhren von Makrofaunaorganismen kennzeichnete. Das Sediment der Station Nr. 40/122 im Kapverdischen Becken war weißlich-rosa, kompakt und bestand zum großen Teil aus *Globigerina*-Schalen. Die an den Stationen unterschiedlichen Sedimenttypen, sowie eine vermutlich auch unterschiedliche Produktivität der Wassermassen in den verschiedenen Breitengraden, bewirken wahrscheinlich auch signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Meiofauna-Gemeinschaften. Vorläufige Beobachtungen der Faunenzusammensetzung der Nematoden und Copepoden ergaben Familien und Gattungen, die typischerweise auch in anderen Tiefseegebieten der Nord- und Südhemisphäre angetroffen werden. Die größten Unterschiede in der Zusammensetzung und Diversität der Meiofauna zwischen den verschiedenen Stationen sind jedoch auf Artebene zu erwarten, was dann die Theorie bestätigen würde, daß die Tiefsee ein hoch diverser Lebensraum ist.

4.2.4 Makrobenthos

Harald Bohlmann, Dieter Gerdes (AWI), Peter Albert Lamont (SAMS)

Ziele und Methoden

Die Rückreise von Punta Arenas nach Bremerhaven bot die Gelegenheit, über einen großen Breitengradbereich im Atlantik Tiefseebenthos zu sammeln. Während in den letzten Jahrzehnten vom Nordatlantik bis etwa zur Höhe Madeira einige Daten über Tiefseebenthos publiziert worden sind, gibt es aus dem Bereich des Südatlantiks kaum entsprechende Daten. Ziel war es deshalb, insbesondere in den Tiefseebecken des Südatlantiks quantitative Proben mit dem Mehrfachgreifer und einem neuentwickelten 'Revolvergreifer' zu gewinnen. An diesen Proben sollten sowohl vertikale Verteilungsmuster von Makrobenthosorganismen im Sediment untersucht werden als auch latitudinale Diversitätsgradienten entlang unseres Nord/Südtransekts durch den Atlantik.

Arbeiten auf See

Der Mehrfachgreifer (MG) mit seiner UW-Videoanlage wurde auf 4 Stationen eingesetzt. Der Revolvergreifer (RG) wurde während des Einsatzes auf Station 40/119 bei starkem Seegang beschädigt und konnte auf den folgenden Stationen nicht wieder eingesetzt werden. Auch der Mehrfachgreifer wurde auf Station 40/119 wegen der extremen Wetterbedingungen nicht eingesetzt. Die Stationsergebnisse beider Geräte sind in Tab. 9 zusammengefaßt.

Tab. 9: Verzeichnis der Kerne, die mit dem Mehrfachgreifer (MG) und dem Revolvergreifer (RG) genommen wurden.

Tab. 9. Inventory of cores taken with the multibox-corer (MG) with the attached UW-video system and the Revolvergreifer (RG).

Stat. Nr.	Wassertiefe (m)	MG Anzahl Kerne	RG Anzahl Kerne
40/118	5732	0	1
40/119	5088	-	0
40/120	5152	9	-
40/121	5374	9 (*)	-
40/122	5118	9(*)	-

(*) mit Videostrecke - nicht eingesetzt

Insgesamt standen somit für die Untersuchung der Makrofauna 28 Sedimentkerne von 4 Stationen zwischen etwa 47°S bis 23°N zur Verfügung. Die mittlere Kernlänge betrug 38 cm, die Oberflächen der Kerne an den Stationen 40/120 und 40/121 waren z.T. gestört, weil die Kästen zu voll waren. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte nach folgendem Schema:

Von allen Kernen wurde das darüberstehende Wasser abgesaugt und die Oberfläche des Sediments (ca. 1 cm) entfernt. Der restliche Kern wurde in 10-cm-Ab-schnitte sektioniert; alle Teile wurden separat in vorgekühltes (4°C) und gepuffertes

10 %-iges Formalin überführt und vorsichtig von Hand homogenisiert. Nach dreitägiger Einwirkzeit des Formalins wurden die Proben über 300 und 500 µm gesiebt und in 10 %-iges Formalin bis zur weiteren Bearbeitung überführt. Diese Probenbehandlung hat sich als sehr schonend und gut konservierend für die empfindlichen und kleinen Tiefseeorganismen erwiesen.

Vorläufige Ergebnisse

Die Aufarbeitung der Proben wird hauptsächlich zu Hause geschehen. Unsere hier festgehaltenen ersten Eindrücke beruhen auf Beobachtungen, die während der Kernaufbereitungen gemacht wurden sowie auf ersten mikroskopischen Untersuchungen von vereinzelt Kernsektionen, insbesondere von dem Kern des Revolvergreifers von der 1. Station.

Als dominante Gruppen der Tiefseemakrofauna erscheinen in diesen Proben Polychaeten (Sabelliden und Spioniden), Bivalvia, Sipunculiden und verschiedene Crustaceentaxa. Höchste Abundanzen, soweit beurteilbar, treten an der südlichsten Station 40/118 auf, gefolgt von unserer nördlichsten Station 40/122, während die Stationen 40/121 und 40/120 diesbezüglich niedriger lagen. Das Sediment bei der St. Nr. 40/120 war derartig fein, daß nach dem Sieben über 300 und 500 µm kaum Material übrigblieb; Makrofaunaorganismen konnten in diesen Proben nicht entdeckt werden. In den Kernen der Station 40/121 fanden wir Röhren von vermutlich Sipunculiden mit einem Durchmesser von ca. 6 mm, die über 40 cm tief in das Sediment gebaut waren; ein Sipunculide wurde in 35 cm Kerntiefe gefunden.

5. Danksagung

Der erfolgreiche Abschluß der beiden Fahrtabschnitte ist in weitem Ausmaß im fruchtbaren und freundschaftlichen Zusammenwirken von Besatzung und wissenschaftlichen Fahrtteilnehmern begründet. Wir danken deshalb den Kapitänen, Herrn Pahl und Herrn Keil, zusammen mit ihren Besatzungen für die gute Zusammenarbeit, die unsere Fahrtabschnitte nicht nur zu einem wissenschaftlichen Erfolg werden ließ, sondern für uns auch ein Erlebnis darstellt, an das wir uns gerne erinnern. 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 XIII/4 Cape Town - Punta Arenas
17.03. - 20.05.1996

1.1 Summary und Itinerary

The Polarstern-cruise ANT XIII/4 started on March 17th, 1996 in Cape Town. The first part of the cruise consisted of multidisciplinary work with a focus on physical oceanography in the Weddell Sea, during the second part logistic tasks were carried out at King George Island and a benthological programme was performed in the Drake Passage. During the whole cruise, temperature measurements were made with a newly developed potassium temperature lidar, which was designed to measure the natural variations in temperature of the mesopause at different geographical locations and in different seasons. The high temporal and vertical resolution of the lidar together with the simultaneous observations of the potassium layer allowed better insight into dynamic processes in the upper atmosphere.

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 and sea ice formation, as well as the interaction between the ocean and the ice shelves, induce water mass modifications which generate water masses on the shelf which are dense enough to sink to the bottom of the Weddell basin. During their descent, they mix with ambient water masses and are carried with the cyclonic Weddell gyre circulation to the north. The formation of bottom and deep water determines the exchange of atmospheric carbon dioxide (CO₂) between the ocean and the atmosphere. Through the upwelling of CO₂-rich deep-water, CO₂ can be given up to the atmosphere, a process which counteracts the CO₂ flux due to cooling and biological processes at the surface. Thus the components of the CO₂ system were measured to determine whether the Weddell Sea is a source or a sink for atmospheric CO₂. The physical oceanography measurements of the cruise contribute to the World Ocean Circulation Experiment, (WOCE). The hydrographical sections are referred in the WOCE code as the repeat sections SR2 and SR4 and the Atlantic part of the S4-section. In order to better understand the processes and effects which are important in this area, the programme consisted of four components.

1. To determine the inflow from the Antarctic Circumpolar Current into the eastern Weddell Sea, a hydrographical section was worked from 24°41'E to 39°E, using a CTD-probe (Conductivity-Temperature with Depth) in connection with water samplers and an ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).

2. The outflow of the bottom water from the east into the western Weddell Sea was measured by a zonal hydrographical section along the eastward current in the north of the Weddell gyre from 0° to 24°41'E.

3. The exchange between the eastern and western Weddell Sea was measured on a meridional hydrographical section through the Weddell gyre along the Greenwich Meridian. Here, in addition to the use of the CTD-sensor, water samplers and ADCP, moorings were also recovered and deployed.

4. To determine the inflow into the southern Weddell Sea from the east and the outflow in the north-west, a hydrographical section was performed through the southern Weddell Sea and moorings were deployed near Joinville Island.

Among other uses, these measurements will be used to validate models which simulate the circulation and water mass formation in the Weddell Sea. The isotopes of oxygen, including ^{18}O , nutrients and the tracers Freon-11, Freon-12, Freon-113 and CCl_4 , as well as Tritium, ^3He , He and Ne give information about the water mass formation and spreading. Samples of the stable carbon isotope $\delta^{13}\text{C}$ were taken for paleo-oceanographic studies.

The marine organic chemistry group concentrated on the autumn distribution of dissolved and particulate phytosterols in the Weddell Sea to understand the fate of phytosterols and other trace organic compounds in the ocean starting with biosynthesis and input into the euphotic zone and ending with the possible final deposition into the bottom sediments of the deep sea.

Planktological studies focused on the distribution of some dominant zooplankton and micronekton species such as *Calanoides acutus* and *Rhincalanus gigas* (the two dominant Copepodes of the Antarctic), which show a clear dependence on the oceanographic structure of the Weddell gyre. These species very probably do not reproduce in the western Weddell Sea. Thus the population is maintained by the advection of individuals who have over-wintered in the Warm Deep Water and by local recruitment in the eastern Weddell gyre. The presence of antarctic krill, *Euphausia superba*, in the eastern Weddell gyre seems to play a important role in the maintaining of the krill population in the Atlantic sector of the southern polar seas. Krill can be brought into the Weddell Sea by the advection of krill-larvae with the inflow of Warm Deep Water, although adult krill are usually found at shallower depths. On this cruise, the formation of the over-wintering population of the larger calanoid Copepods and the abundance of the krill-larvae in the Warm Deep Water was measured using the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) and an Optical Plankton Counter (OPC) in combination with conventional net sampling. The Chlorophyll-concentration at different depths along all the sections was measured and combined qualitatively with the phytoplankton determined from the water samples. Investigations of the antarctic zooplankton ecology focused on the completion of the reproductive periods of various species which shows a strong geographical variation. The transition of several dominant zooplankton species to over-wintering was studied in different areas of the Weddell Sea. Using the Multinet catches, the vertical distribution of the different stages of development of the Copepodes was determined.

The second part of the cruise concentrated on the investigation of the ecological relationship between the marine fauna of the Antarctic Peninsular and the southern-most part of South America. South America is the closest present-day land mass to Antarctica. Thus it is assumed that the exchange between South America and Antarctica has been longer and more intense than with the other continents. Due to bad weather, the benthological group were unable to fly to King George Island. Also the collection of material from the Dallmann laboratory, which is connected to the Argentinean Jubany-Station, could only be completed to a limited extent. The unfavourable weather conditions meant the activities planned for King George Island were cancelled and the work concentrated instead on the

continental slope south of Terra del Fuego. During the "Joint Magellan VICTOR HENSEN Campaign 1994", a large number of samples were collected in shallow and deep water in the Magellan Straits (to a depth of 650 m), in the northwestern part of the Beagle Canal and from the eastern exit of the Beagle Canal to Cape Horn. On this cruise, along a section on the northern continental slope of Drake Passage, at different depths samples were taken with the Multicorer, the Multibox Corer, the Dredge and the underwater-camera to study the macro and meiozoobenthic structure, and to complete the available benthic samples with material obtained from greater depths. In addition, samples were taken for physiological, biological reproduction and population dynamic experiments. Finally, observations were made of behaviour patterns and material was gathered for genetic work. It appeared that the transition to the Antarctic is rather of a gradual nature than abrupt. Despite this fact, considerable differences remain between the Antarctic and this southernmost part of the Magellan region. This indicates that 20 million years of separation and isolation, despite some glacial periods of increased interchange, have led to rather distinct separation of two neighbouring marine ecosystems which originally had an identical fauna. Supporting hydrographic data was acquired with the CTD. The cruise ended in Punta Arenas on May 20th, 1996. The cruise track is displayed in Fig. 1.

2. Scientific programmes

2.1 Investigations of the atmosphere

2.1.1 Weather Conditions

Hans-Joachim Möller, Herbert Köhler (DWD)

The passage from Cape Town to 54°S 39°E was dominated by a subtropical high with moderate winds but many clouds. South of 50°S, the first frontal troughs were crossed. The following westward passage was characterized by the alternation of deep lows and small wedges of high pressure. Westerly winds between 25 and 35 knots were most frequent. While passing through gale centres and frontal troughs the wind increased up to Force 9 for a short time, but also decreased to Force 4 when passing through the wedges. The passage to the northeast to the mooring position in the oceanic Polar Front was favoured by a meridional trough, followed by a strong wedge of high pressure.

On the way to the meridional hydrographic section on the Greenwich Meridian the strong westerly wind regime prevailed. The following passage south was dominated by a large polar low, filled with cold air. For many days, showers with snow and soft hail occurred. At the beginning of the second part of April, a cold air flow in the middle troposphere formed a meridional trough, which reached far north to the coast of Uruguay. This trough moved south-eastward, carrying cold antarctic air in its back. The corresponding surface low deepened rapidly to a gale with its centre between Bouvet Island and the Antarctic coast. The minimum pressure at the centre was less than 950 hPa, with RV "Polarstern" situated south of the it. For 36 hours, northeasterly to easterly winds of about 35 knots were observed with a heavy swell.

The first pancake ice was encountered at 69°09'S on April 21th about 30 nm north of the ice shelf edge. Before this time, only isolated icebergs had been passed, but now many bergs and growlers, frosted in the pack ice were observed. The wedge of a high pressure system, situated at the western Weddell Sea, extended more and more to the east. On April 24th, when we reached the Atka Bight, the finest calmy and sunny weather was experienced. For the next days, this high pressure zone influenced the Weddell Sea. At the end of April, a gale centre was formed in the Scotia Sea and consequently the southeasterly winds increased to gale force for a short time. The rising pressure, resulting from the following wedge, calmed the weather down rapidly.

Further lows were encountered during the passage through the ice of the southern Weddell Sea. A southeasterly to southwesterly airflow was at their back, whilst northeasterly to northwesterly winds dominated at their front. The situation during May 4th/5th can serve as an example: Over the western Weddell Sea, a trough was generated. Warm air was advected southward at its front with northwesterly winds Force 6. The air temperature rose continuously, from -17° C in the morning until it reached its maximum of +1° C at 23.00 UTC. The warm air flow brought a high humidity, low stratus clouds and poor visibility. The passage of the trough at 00.00 UTC was accompanied by a decreasing westerly wind, but not by a change in temperature. The strongly backing, southwest wind caused a powerful cold air

advection. The temperature dropped to -7°C in one hour, and after 12.00 UTC of May 5th to below -21°C , in spite of continual sunshine.

In the northern part of the Weddell Sea, mostly young ice up to 30 cm thick was observed. West of 50°W however, large first-year or multiyear ice floes with thickness between 3 and 5 m reduced the ship's speed considerably. The ice edge had been shifted far west-northwest by continuous southeasterly winds with a speed up to Force 8. Wind and tides exerted a strong pressure on the ice, restricting seriously the progress of the cruise. The ice edge was reached on May 11th at 18 UTC near 62.2°S 57°W . At this position in Bransfield Strait a chain of icebergs lined up the ice edge like a barrier.

The crossing of the Drake Passage was favoured by a zone of high pressure, which extended from Argentina via the Magellan region and the Drake Passage to the southern part of the Antarctic Peninsula. The high pressure system moved east only very slowly and dominated by weak winds until the middle of May. Then, a more cyclonic westerly situation developed, but strong westerly winds were not encountered until the very end of the cruise, because the pressure difference between the subtropical high and the polar trough was rather weak.

Westerly to northwesterly winds accounted for more than 40% of the hourly observations of ANT XIII/4. Wind forces 5, 6 and 7 were each recorded 20% of the time. Gales occurred only 7% of the time, although the climatological value is nearly 20%. The frequency distributions of wind speed and direction is displayed in Fig. 2.

2.1.2 Temperature observations in the mesopause Josef Höffner und Veit Eska (IAPR)

Objectives

The major task of the IAPR-group was to test the new potassium temperature lidar of the Institute of Atmospheric Research at the Rostock university and to make first measurements. Routine observations were planned to take place on ANT XIII/5 when better weather conditions were expected. Therefore we planned to build up a stable configuration for our untested lidar system.

The main part of our temperature lidar is a new high energy, narrow band, tuneable and pulsed alexandrite laser. The laser pulses are used for resonance scattering from free potassium atoms in the mesopause region. The backscattered photons are collected by a telescope and recorded by a photomultiplier. The scattering altitude is calculated from the time-of-flight of the light. It is possible to measure the Doppler broadening of the $\text{K}(D1)$ fine structure by continuous spectral tuning of the alexandrite laser. This method allows an absolute air temperature determination in the scattering volume. Vertical wind velocities within the potassium layer are measured by Doppler shifted frequencies of the fine structure. A combination of Rayleigh backscattering and resonance scattering allows temperature measurements in the mesosphere and stratosphere down to 30 km.

Potassium acts as a tracer for our temperature measurements. Up till now, potassium measurements have been made with only three lidar systems. All took

place in the northern hemisphere. Our measurements of the potassium layer are the first with a potassium temperature lidar in the southern hemisphere. The southernmost other temperature measurements in the mesopause at an altitude of 80 to 110 km, we are aware of, occurred at 31°S in Australia. Our first measurements indicated, that enough potassium is present in the southern atmosphere for temperature measurements from somewhat less than 80 km up to 110 km height. This altitude range is the coldest in the whole atmosphere and thus very interesting. With our lidar system, we are able to continuously measure these temperatures. This is only possible with a ground/ship based lidar system.

Preliminary results

Observations of the potassium layer have been performed for 16 nights during the entire cruise. Eleven nights were suitable for temperature measurements in the mesopause. Temperature measurements require nearly 30 minutes, whereas the potassium density can be determined in a few minutes. Several nights allowed us measurements of up to 12 hours and it was possible to observe changes in the temperatures on one night. These observations are the longest made with this lidar system.

The measured structure of the potassium layer is very similar to the that observed on the Isle Rügen in spring 1995. It is a broad layer and extends from 78 km up to 120 km height. The density maximum is nearly 20 atoms/cm³. At a height of 120 km the potassium density is only 0.01 atoms/cm³. The column density is nearly 20 Mio. atoms/cm². We have not observed significant monthly differences in column density of potassium in April and May. On one of the first measured nights, we observed a peak in the potassium layer density. This could be a sporadic potassium layer, seen as a sudden rise in density. The extent of this layer is very small. The measurements were too short to observe this previously unknown phenomenon because of cloudy weather this night.

A measured backscattered profile collected during the night from May 2th to 3th is shown in Fig. 3 (left) and a temperature profile up to 106 km height in the same night in Fig. 3 (right). The mesopause temperature was distinctly higher than that of the reference atmosphere CIRA '89. Measurements on the other nights showed similar results. A second local minimum lies in 83 km height. The backscattered signal (Fig. 3, right) shows a Rayleigh backscattering within the potassium layer, which helps to determine temperatures down to 35 km in the stratosphere.

The dynamic variability of the potassium layer during one night is displayed in Fig. 4. The lower boundary of the layer moves up and down more than once during the night. The reason is probably wave activity. The shape and location of the layer change continuously. The density maximum of the layer is higher at the end of the night than at the beginning. Similar tendencies also exist on the other measured nights. For more detailed analysis, we must improve and expand our software.

2.2 Physical Oceanography

2.2.1 **Deep and Bottom Water Formation in the Weddell Sea**

Eberhard Fahrbach, Janja Gorny, Andreas Hansjosten, Miriam de las Heras, Uta Horstmann, Markus Jochum, Leif Kolb, Ralf Meyer, Gerd Rohardt, Harald Rohr, Michael Schröder, Giok Nio Tan, Tanja Winterrath, Andreas Wisotzki, Hannelore Witte, Rebecca Woodgate (AWI).

Objectives

A major part of the deep and bottom waters of the global ocean are ventilated by an injection of waters from the Weddell Sea. Cooling in winter and sea ice formation, as well as the interaction between the ocean and the ice shelves, induce water mass modifications which form water masses on the shelf which are dense enough to sink to the bottom of the Weddell basin. 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, steered by topographic features.

The increase in density due to cooling in the Weddell Sea counteracts the decrease in salinity due to precipitation and melting of ice shelf or icebergs. This increase in freshwater can similarly be compensated by the inflow of salty, deep water from the Antarctic Circumpolar Current, a process which takes place predominantly in the eastern Weddell gyre. This water mass is observed as Warm Deep Water. During its path through the cyclonic gyre, it constantly loses heat and salt. The warm regime is typified by the relatively warm conditions in the southeast of the gyre, which are determined by the close proximity of the inflow in the eastern Weddell Sea. The cold regime in the northeast is created by the cooling of the Warm Deep Water in the course of its circulation through the gyre. The inflow is subject to intense fluctuations which are partly generated by the interaction of the flow with the bottom topography. The kinematics and dynamics of the fluctuations will be investigated to understand the variations of the inflow. In the Weddell Sea, these fluctuations are of importance because of their effect on the vertical stability and consequently vertical mixing in the open ocean. This can affect the sea ice cover to the extent of the generation of open ocean polynyas and the possibility of the formation of deep water.

To quantify these processes, measurements were carried out of the water mass characteristics and transport of the inflow in the eastern Weddell Sea, the exchanges between the eastern and the western Weddell gyre and the outflow into the Weddell-Scotia Confluence. The geostrophic transport determination will be optimized by quasi-synoptic measurements at various locations. The ageostrophic parts of the current field will be assessed by direct current measurements. To estimate the relevance of the results obtained, long-term measurements of the inflow, the mixing depth and the characteristics of the deep water were initiated. Because of the impact of the sea ice formation on the water mass modification, it is planned to measure the variations of the meridional profile of the sea ice thickness and concentration with moored instruments to identify possible interactions between sea ice and mixing variability. The measurements on the section will be repeated in part several times, to ascertain the longer time scale variations in the properties and distribution of the water masses.

The measurements will be used to validate models of the Weddell gyre circulation and the water mass formation. For this purpose, long time series of oceanic currents and water mass characteristics, as well as of the atmospheric forcing and the sea ice cover, are required to investigate the response of the system to variations of the forcing conditions. The measurements of the physical oceanography programme are a contribution to the World Ocean Circulation Experiment (WOCE). The hydrographic sections represent a contribution to the WOCE-section S4 and the repeat-sections SR4 and SR2. The moorings in the western Weddell Sea are part of the international DOVETAIL (Deep Ocean VENTilation Through Antarctic Intermediate Layers) Project, which is part of the iAnzone Programme. Through these international projects, instruments are also provided from the Universitat Politècnica de Catalunya in Barcelona, Spain.

Work at sea

The programme consists of measurements from ship, using the CTD-probe (Conductivity and Temperature with Depth) connected to a water sampler, XBTs (eXpendable Bathythermographs) and both ship-borne and lowered ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). In addition, 3 moorings were recovered and 14 moorings deployed. The investigation is split into four geographical regions.

1. To determine the inflow from the Antarctic Circumpolar Current into the eastern Weddell Sea, a hydrographical section, consisting of 14 CTD and water sample casts, was performed from 39°E to 24°41'E (Figs. 5 and 6).
2. To determine the intensity of eddy activity in the transition region between the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell gyre, time series are collected over many years. To this aim, moorings were recovered and re-deployed (see Fig. 5, Tab. 1 and 2) and XBTs were used to measure between the CTD stations (Figs. 10 - 12).
3. The exchange between the eastern and western Weddell Sea will be derived from a zonal hydrographical section along the eastward current in the north of the Weddell gyre from 0° to 24°41'E consisting of 15 stations and a perpendicular meridional hydrographical section of 32 stations through the Weddell gyre along the Greenwich Meridian from 55°S to the ice-shelf edge at 69°38.5'S (Figs. 5, 7 and 8). The Greenwich Meridian section was already sampled once in 1992. In addition, 8 moorings were deployed (Figs. 5 and 13, Tab. 1).
4. To determine the inflow into the southern Weddell Sea from the east and the outflow in the north-west, a hydrographical section of 36 stations was performed through the southern Weddell Sea (Figs. 5 and 9). This was the fourth repeat of this section since 1989. Six moorings were deployed near Joinville Island (Figs. 5 and 13, Tab. 3).

The hydrographical work was carried out using CTD-probes and water bottle release mechanism built by Falmouth Scientific Instruments (FSI). Two instruments of the type Triton ICTD, SN 1347 and SN 1360 were used. The water bottle rosettes used were a 24-(12-l)-bottle rosette from General Oceanics Inc. and a 36-bottle rosette from FSI. It turned out however that to obtain a steady sink rate for the 36-bottle sampler, such a high extra weighting was required that safe handling of the

rosette was no longer possible and there was the fear of breaking the winch cable. Thus only the 24-bottle sampler could be used. However, due to the intense swell 120 kg of extra weight were needed as well to avoid wire problems. The additional weights were removed once the instrument was on deck to facilitate moving the rosette to the sampling room.

Despite these precautions, the CTD wire was damaged several times. During the comparatively long time taken to repair the wire, the CTD was deployed with the A-frame aft of the ship. The extreme pitching of the ship however put such strain on the rosette, that the water bottles were broken loose. This led to the loss of 23 water bottles, 9 electronic pressure sensors and 7 electronic thermometers. In addition, the conductivity cell on the CTD was damaged. This was repaired by converting a sensor from a mooring instrument. Until this repair was fully functioning, some profiles were either unusable or in need of serious correction. The high loading had affected the electric quality of the wire also and lead to errors in the data transmission, which was noticeable in readings from depths of 2000 m to 3000 m. In addition, electronic adjustment problems of the new CTDs lead to some profiles being noisy. These issues have resulted in a unexpected noisy data set which has to be cleaned with care. The noise affects all parameters. The removal is thus done for each profile separately, using an interactive graphic programme, which analyses the properties of the noise. Particular priority is given to obtaining reliable CTD values at the points where bottles were closed, so that a quality calibration correction can be made.

The accuracy of the dataset is determined from laboratory calibrations both before and after the cruise. Since each CTD is equipped with two temperature sensors, the stability of the sensors can be controlled from a comparison of these readings. For instrument no. 1347, the calibrations before and after the cruise were performed by the Scripps Institution of Oceanography and FSI. For both sensors, the temperature drift in the relevant temperature range was less than 1 mK. Thus the pre-cruise calibration coefficients were used. For instrument no. 1360, where the conductivity sensor was repaired, only a post-cruise calibration at Scripps was possible. One of the sensors shows a jump in calibration values. Thus the post-cruise calibration was used. In addition, calibration on-board ship was performed using 13 electronic thermometers until they were lost and subsequently mercury reversing thermometers, calibrated by the Institut für Ostseeforschung in Warnemünde were used. Deviations from the sensor readings occurred due to the scatter in the thermometer readings, so the accuracy of the laboratory calibration can be assumed to be the relevant error. When noise is also taken into account, this gives a final accuracy of 2 to 3 mK.

For CTD no. 1347, a pressure calibration was performed before and after the cruise at Scripps and at FSI. No change was recorded. For CTD no. 1360, a calibration at FSI was performed before and at Scripps after the cruise. The correction was of order 2db. The calibration of the pressure sensors is good to better than 2db.

The conductivity was corrected using salinity measurements from water samples. IAPSO Standard Seawater from the P-series P127 was used. A total of 2477 water samples were measured using a Guildline Autosal 8400B. For stations 18, 19, 20, 21, the CTD conductivity profile was unusable, so a salinity profile was

reconstructed from water sample values. On the basis of the water sample correction, salinity is measured to an accuracy of 0.003.

In addition, the CTD also carried an altimeter from Benthos Undersea Systems Technology Inc. to determine distance above the sea floor and a transmissometer with a 25 cm light path from SeaTech Inc..

At all stations, oxygen samples were taken from the entire water column, (in total 2400 samples). The determination of oxygen was carried out in line with WOCE-standards for O₂-measurement, as per Carpenter, 1965. Two radiation counters from SIS were used. For more than 10% of the samples, doubles, covering the entire range of O₂-values (180-350 μmol/l), were also measured. Using this data, a percentage error of 0.2% was obtained. This is below the WOCE-standard of reproducibility of 0.5%. Oxygen profiles were not measured as oxygen sensors fail under freezing conditions.

To measure the stable isotope ¹⁸O, 1713 samples were taken at 83 stations. For paleoceanographic investigations, 1350 samples for later analysis for δ¹³C were taken at 67 stations.

Preliminary Results

The section from 39° to 4°41'E along 54° S reached from the foot of the Conrad Rise to the Southwest Indian Ridge (Fig. 5). In this area, the Antarctic Circumpolar Current has a strong southward component. This can be clearly seen in the distinct core layers of the Upper and Lower Circumpolar Deep Water (Fig. 6). The Southern Circumpolar Current Front is found at station 13 at 27° 23'E. The near-bottom layer, which reaches from the western slope to the Southwest Indian Ridge, is relatively cold due to the influence of Bottom Water, which flows out of the western Weddell Sea along the mid-ocean ridge to the east. As this core is not to be found on the slope of the Conrad Rise, it must exit into the Indian Ocean. The structure of the surface layers is resolved at the mesoscale from the XBT-section (Fig. 11).

The section from the Greenwich Meridian to the east (Fig. 7) follows the eastward current in the north of the Weddell gyre. At the depth of the Warm Deep Water, relatively cold temperatures, less than 0.3°C, show the cold regime. The boundary of the Weddell gyre, the Weddell Front, lies between stations 18 and 19. The temperature of the Weddell Sea Bottom Water of less than -0.7°C increases from west to east, reflecting the entrainment of surrounding water. The circulation perpendicular to the section is also evident from a doming of the isolines. This is caused by a northwards extension of the abyssal plain between 10 and 15°E (Fig. 5), and appears as a northwards current in the west of the section and a southward one in the east.

The section along the Greenwich Meridian (Fig. 8) cuts the cyclonic Weddell gyre meridionally. In the south, a deepening of the surface layer towards the continent and the onset of winter temperatures is observed. This part of the section was already covered with sea-ice and can be counted as the Antarctic Coastal Current. The warm regime occurs to the north, with temperatures in the Warm Deep Water of more than 1°C, caused by the proximity of the inflow of the Antarctic Circumpolar

Current. This warm regime is disturbed by Maud Rise, where noticeably colder temperatures are measured in the Warm Deep Water. The decrease in temperature further to the north signifies the cold regime, in which the eastward current is found. Near the bottom, cold temperatures show the flow of Bottom Water moving east out of the western Weddell Sea, leaning against the mid-ocean ridge. The Weddell Front lies at 55° 30'S, between stations 36 and 37.

The southern part of the Weddell gyre, in which the major water mass transformations occur, is separated from the inflow and outflow regimes by the section from Kapp Norvegia to Joinville Island (Fig. 9). The surface layer already shows winter conditions with temperatures around the freezing point. The deepening of the surface layer towards the coast, due to on-coastal Ekman transport and convection in the coastal polynya, is clearly visible on both sides of the section. The inflow of relatively warm Warm Deep Water can be seen in the east. The outflow in the west is noticeably colder. On the western slope, a layer of newly formed bottom water flows to the north.

The sections form part of the WOCE "Repeat sections" Programme. Comparison with the data of 1992 on the Greenwich Meridian Section and the 1989/1990/1992 sections through the western Weddell Sea show a clear change in the deeper layers. In the bottom water of the western Weddell Basin, a continual warming over this 6 year period is observed. This trend is confirmed by results from moored instruments. The warming is of order 0.01 K per year. The investigation of the cause of this warming is still on-going. However, the increase in temperature in the Warm Deep Water regime suggests a change in the inflow of water from the circumpolar current.

2.2.2 Tracer measurements

Klaus Bulsiewicz, Gerhard Fraas, Malte Runge, Björn Schlenker, Hiltrud Sieverding (IUPB)

Objectives and methods

Along the sections, the CFCs Freon-11, Freon-12, Freon-113 and CCl₄ were measured on board by ECD gas chromatography. This is the first time F113 and CCl₄ have been measured in this region over a complete section. F113 has been released into the atmosphere at a known rate since the early sixties and has been taken up by the oceans by the surface transfers. Therefore it can be used to characterize the younger water. Similarly CCl₄ has been released into the atmosphere since about 1920, so that it characterizes the older water. In addition to the analysis done on board, water samples for CFC measurements were stored in flame-sealed ampoules which will be analysed ashore and will provide reference measurements for the analysis carried out on board. Water samples for tritium and helium were taken also. 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 so that it can be measured by the mass spectrometer. The data sets provide important information about circulation and renewal pathways for all relevant subsurface water masses.

Work at Sea

The water samples were taken from the rosette water sampler using flow-through containers consisting of a glass ampoule (CFMs), copper tubes (helium) and glass bottles (tritium). In total, 104 stations were sampled and 2016 water samples for the CFMs were analyzed during this cruise. In addition, 785 standard gas and blank measurements were taken periodically. In total, 1418 water samples were collected for analyses ashore, including 200 water samples for CFC, 623 water samples for helium (collected at 62 stations) and 595 samples for tritium (at 60 stations).

A special calibration cast was made in the Drake Passage in which all water bottles were closed at a depth of 3000 m. The water obtained is supposed to be free of CFCs, so that the overall blank can be checked. Apart from the apparatus blank, the blank of each individual water bottle is important for the evaluation of the data. On the cruise Meteor 11/5 in 1990 the CFMs F11 and F12 were not found. Now however, these CFMs could be detected in concentrations of 0.04 pmol/kg (F11) and 0.02 pmol/kg (F12). Only Freon-113 could not be detected (limit of detection: 0.001-0.002 pmol/kg) and therefore it can be concluded that the water bottles have not yet been contaminated with Freon-113.

Preliminary results

Preliminary data for Freon-11 are presented in Figs. 14 and 15. A quasi-zonal section from 35° E to the Greenwich Meridian is shown in Fig. 14. Between stations 12 and 18 the transition from the Circumpolar to the Weddell regime occurs. In the centre of the Circumpolar Deep Water (2000 m), the lowest concentrations (<0.17 pmol/kg) is measured, values which also occur in the Warm Deep Water at 1000 m depth and indicate older water with little renewal. The section from 55° S to Antarctica along the Greenwich Meridian is presented in Fig. 15 (top). This section can be compared with results from a previous cruise (ANT X/4, 1992). For example, the 0.2-pmol/kg isoline in the centre of the gyre at 62° S now reaches up to 2500 m, whereas in 1992 it occurred at a depth of up to 4000 m. The increase of the tracer concentration in the interior is consistent with upwelling in the Weddell gyre. On the slope of the North Weddell Ridge, bottom water with F11 > 0.5 pmol/kg is advected from the Antarctic Peninsula. Fig. 15 (bottom) shows the section across the southern Weddell gyre from Kapp Norvegia to the Antarctic Peninsula (Joinville Island). Along the slope of the Antarctic Peninsula, the newly formed bottom water is obvious from the high concentrations. Between 500 and 2000 m depth, a CFC-11-minimum (<0.15 pmol/kg) is indicative of relatively old water. In the depth range 300 to 1500 m, an inflow of Warm Deep Water in the Weddell basin occurs at Kapp Norvegia and the outflow of this water mass is obvious on the western side. At 3000 m, a tongue of fresh water stretches from the eastern slope into the central basin. This is an indication that the centre of the Weddell basin is also ventilated from the east. On the eastern continental slope, a core of young water (>0.5 pmol/kg) occurs at 4000 m. A similar core is present on the Greenwich Meridian section in 3000 m. This indicates that the source of this water is in the Enderby basin or even further to the east.

2.3 Marine chemistry

2.3.1 The carbon dioxide system in Antarctic waters

Mario Hoppema (AWI) and Michel Stoll (NIOZ)

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 (CO₂) 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 CO₂, 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 CO₂ uptake and its distribution.

An objective of this project is to gain knowledge of the CO₂ 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 CO₂. 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

The ensuing CO₂ database of the Weddell Sea and the Antarctic Circumpolar Current may also be used in a modelling effort in which carbon transport and air-sea gas exchanges are calculated.

Work at sea

The CO₂ system has been investigated along four sections. Section I ran from Cape Town (SA) to 55°S 39°E, section II across the northeastern Weddell gyre from 39°E to 0°E, section III along 0°E and section IV from Kapp Norvegia to Joinville Island the western Weddell gyre.

Measurements of the CO₂ system in the entire water column were performed. TCO₂ (total inorganic carbon content) was determined by a high-precision coulometric method and automated sample stripping system. Briefly, the method is as follows. A sample of seawater is acidified with phosphoric acid and stripped with high purity N₂ gas. The carrier gas plus extracted CO₂ is passed through a solution containing ethanolamine and an indicator. This solution is electrochemically back-titrated to its original colour and the amount of Coulombs used is equivalent to the amount of CO₂ in the sample. Data obtained were processed onboard and calibrated against an internationally recognized TCO₂ standard (Dickson).

Continuous measurements of the partial pressure of CO₂ (pCO₂) in water and marine air were done using an infra-red analyzer (Li-Cor). A continuous water supply is passed through an equilibrator where approximately every 4 to 5 minutes the headspace gas is analyzed for its CO₂ content, thus giving pCO₂ 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 equipment was calibrated with reference gases, traceable against NOAA standard gases. The data obtained were processed onboard. Final data will be available pending recalibration of the reference gases ashore.

Preliminary results

Total carbon dioxide

In Fig. 16, the section on the Greenwich Meridian is shown for TCO_2 . The boundary between the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell gyre regime lies at approximately 55-56°S.

Generally, TCO_2 is low in the surface layer due to phytoplankton which utilizes 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.

The TCO_2 maximum is higher in the north (58-63°S) than in the south (66-69°S) and in addition is shallower in the former region. This division coincides with the cold and warm regions of the Weddell gyre, which are defined by the value of the temperature maximum. In the southern warm regime, the Warm Deep Water present has entered the Weddell gyre relatively recently. In its source area, the Antarctic Circumpolar Current, TCO_2 increases with depth. In the deep Weddell Sea, on the other hand, TCO_2 decreases with depth and thus a TCO_2 maximum is formed at the depth where the new Warm Deep Water meets the deep Weddell water. This deep TCO_2 maximum is observed at about 1500 m (66-69°S). In the northern, warm regime, Warm Deep Water is found which has already been circulating for a longer time in the Weddell gyre. The observed TCO_2 concentration is higher than in all waters of the warm regime and, since the Warm Deep Water is essentially the only source of water of the Weddell gyre, this implies that CO_2 enrichment has occurred in the Weddell Sea.

In the bottom layer at 60-63°S, a TCO_2 minimum was observed. This is probably due to the meeting of spatially separated bottom water masses with different TCO_2 content. Over the flanks and the crest of Maud Rise, TCO_2 values were different than to the north and south. For example, the 2255-ppm isoline, which normally occurs near the bottom of the thermocline, reaches much deeper to about 800 m. The deep TCO_2 maximum, characteristic for the warm regime, is also less pronounced over Maud Rise.

Toward the Antarctic continent (about 69°S) the isolines fall precipitously indicating a sharp frontal structure. This front separates the warm regime from the coastal regime.

Partial pressure of CO₂

The measurement of pCO₂ along the four sections resulted in a large, high spatial resolution data set. Along Section I, near-saturation values are generally observed, somewhat modified by the local hydrographic variations with a slight oversaturation in the south. Section II starts with an oversaturation and decreases to undersaturation. On crossing the frontal system between Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Sea, an increase of about 15 ppm is observed.

The section along 0°E (III) is discussed in more detail (Fig. 17, top). A slight undersaturation is observed between 50 and 52°S. Then, going southwards, a sharp increase in the pCO₂ (about 10 ppm relative to atmospheric value) occurs, accompanied by a pronounced decrease in sea water temperature. Further south (about 56°S), the Weddell Front is characterized by a further increase in pCO₂ to values of 375 ppm. Regional hydrographic variations in the cold water regime of the Weddell Sea are reflected in the pCO₂ signal. In some areas the chlorophyll content is relatively high (65°S), which may be reflected in the pCO₂ signal (Fig. 17, bottom). However, the major influence on the observed signal appears to be water temperature (Fig. 17, top).

The cold water regime is generally characterized by oversaturation. The subsequent decrease in pCO₂ concentration, to equilibrium values and below, is correlated with crossing into the warm water regime. On the flanks and the crest of Maud Rise, the water column is different in structure. This might be reflected in the pCO₂ as shown by the steep gradients over the flanks. Generally, the warm water regime is characterized by undersaturation.

For the first time, the pCO₂ was measured on a long transect with ice-covered water (section IV: Kapp Norvegia - Joinville island). The newly designed water inlet on the box-keel ("Kastenskiel") made a fairly uninterrupted water supply possible. Also a slight modification to the equilibrators shower head was necessary. The observed undersaturation in pCO₂ (-10 to -15 ppm) is very likely caused by rapid cooling of the water which, after freezing, is prevented from equilibrating with the atmosphere. Only on nearing Joinville Island, where multi-year ice is found, oversaturation with higher values is observed (+20 ppm and over). This is caused by the upwelling of deep water, which is enriched in CO₂, into the surface water. During the next spring, when the ice cover retreats, phytoplankton will most likely use this excess CO₂ for growing.

2.3.2 Nutrient distributions in Antarctic waters

Karl Bakker (NIOZ), Michel Stoll (NIOZ) and Mario Hoppema (AWI)

Nutrient concentrations of silicate, phosphate, nitrite and nitrate were determined in all samples taken from the rosette. They were analyzed by a standard colorimetric method on a rapid flow "TRAACS" autoanalyzer (60 samples/hr) manufactured by Technicon. A standard range was used for all measurements (Tab. 4), while daily diluted stock standards were used for calibration. As a reference standard a so-called "cocktail" (100 fold diluted) containing a mixture of phosphate, silicate and nitrate was used. This standard was measured for statistical purposes and corrections on the data. The precision for the different properties are given in Tab. 4.

Tab. 4: Standard measuring ranges used for Si, PO₄, NO₂ and NO₃ and standard deviations.

	Range (μmol/l)	STD
Silicate	0 - 145	0.5
Phosphate	0 - 3	0.03
Nitrite	0 - 2	0.01
Nitrate	0 - 40	0.21

Preliminary results

As an example for the nutrient data obtained, four silicated sections are presented (Figs. 6 to 9). Generally, the nutrients are relatively low in the surface layer because of biological activity. In the Warm Deep Water below, phosphate and nitrate show a maximum, associated with the temperature maximum. Both decrease towards the bottom. The silicate maximum occurs deeper than the phosphate and nitrate maxima. It originates from the dissolution of biogenic silica, which takes place at a lower rate than the remineralisation of soft tissue, by which phosphate and nitrate are released.

In the eastern part of the section, the Warm Deep Water that entered the Weddell gyre relatively recently is recognizable by a phosphate maximum at 1000-1500 m. This structure is a continuation of the same structure on the Greenwich Meridian. Remnants of it can also be seen in the very west of the basin (200-400 km), indicating that the Warm Deep Water crosses the entire basin.

In the centre and west, the phosphate maximum is shallower and has a higher value. This area is comparable with the cold regime on the Greenwich Meridian. High phosphate and nitrate values are caused by sub-surface remineralization of biological material that sinks down. For silicate (Figs. 6 to 9) some specific features can be observed which cannot be detected in other tracer distributions. In the easternmost part of the section, the highest silicate values are found in the bottom layer. This may be due to an inflow of bottom water from the Enderby basin in the east, where silicate enrichment of the bottom layers is known to occur. In the central and western basin, bottom silicate values are much lower due to the presence of bottom water recently produced in the southern and western Weddell Sea. On the western slope, some young bottom water is identified by its very low silicate, phosphate and nitrate values. Earlier data showed that this band of low silicate did only reach the lower slope (until approximately 300 km of the section; Fig. 9). During this cruise, another cell of young bottom water (Si < 100 μmol/kg) is found at the base of the continental rise (about 600 km), much further down the slope than during previous observations.

A very interesting new observation on this transect is the major silicate-minimum structure between 2500 and 4000 m, extending over the entire eastern part of the basin. Relatively low silicate values in the deep Weddell basin are associated with bottom water which indicates that significant ventilation of the deep Weddell Sea does not only take place via the bottom route, but also via the deep water route. Since such a silicate minimum can only come into existence when the deeper water shows an increase of silicate, this suggests that this deep ventilation originates from

the east where the bottom layer has a high silicate concentration. The western boundary of this deep ventilation area appears to be visible in the phosphate distribution as well as a sharp, deep phosphate front at 1000-1100 km.

2.3.3 Marine Organic Chemistry

Anneke Mühlebach and Andreas Zimmermann (AWI)

Objectives and methods

The organic chemistry work aimed to determine the distribution of dissolved and particulate phytosterols in the Weddell Sea (autumn situation). This study will complement earlier studies undertaken in the western Weddell Sea during the spring bloom of phytoplankton (ANT X/7). The objective is to understand the fate of phytosterols and other trace organic compounds in the ocean, starting with their biosynthesis and input into the euphotic zone and their possible deposition in the bottom sediments. By choosing some well defined classes out of the pool of organic compounds, the processes appearing on a molecular level can be examined. This may yield further information about the stability of highly diluted dissolutions.

Water samples (20 l each) were taken along three sections and at various depths by a rosette water sampler joined to a CTD-probe. Dissolved and particulate parts were separated by filtration. Filtration was performed over glass fibre filters (GF/C, diameter 4.7 cm, retention rate 90% for particles > 1.2 µm; for larger volume samples (vol.> 20 l), diameter 15 cm). Filters were put in ampoules and test tubes respectively, covered with inert gas (argon) to prevent oxidation, sealed and stored at -30°C. After filtration, the seawater samples were spiked with Cholesterol-d6 as an internal standard. The dissolved lipophilic compounds were extracted with hexane. A volume of 20 l of sea water was shaken with 100 ml hexane. These extracts were put in ampoules, covered with argon, sealed and kept at -30°C. In Bremerhaven, further preparation and analysis of the samples will take place. Filters will then be extracted with acetone. Hexane and acetone extracts will be evaporated. After derivatisation yielding trimethylsilyethers, the phytosterols will be analysed by GC/MS. Concentrations in the lower (ng phytosterol)/ (l seawater) range are expected (for deep water).

The quality of the extraction and the further processing is checked by the addition of various internal standards (stable isotopes). Before the extraction, 200 ng Cholesterol-d6 in 1 ml ethanol were added to the water sample. Surface samples were spiked with 2000 ng, since in surface samples higher sterol concentrations are expected. The hexane used for extraction was spiked with benz(a)anthracene-d12 to determine the hexane recovery (200 ng/100 ml). Just before the injection into the GC/MS system, a deuterated decachlorbiphenyl standard will be added to the sample to check the performance of the instrument.

Samples taken during the cruise

Section 1 - part a (stations 3 to 16) from Conrad Rise to the southwestern Indian Ridge:

Six profiles were taken, three at the slope of the Conrad Rise (stations 3,5,7), one in the centre of the basin (station 10), and two at the slope of the Southwest Indian

Ridge (stations 14,15). At each station, seven samples (20 l each) were taken. Samples were taken close to the bottom, 100 m above bottom, 600 to 800 m above bottom, at about 1500 m depth, at the temperature maximum (Circumpolar Deep Water), at the temperature minimum (Winter Water), and at the surface. All samples except the surface samples were taken from the rosette water sampler. The surface sample was provided by the Klaus-pump.

Section 1 - part b (stations 16 to 31) along the northern Weddell gyre:

Five profiles were taken at a separation of 180 sm, starting at station 19 (stations 19, 22, 25, 28, 31). Again, seven samples were taken at each station. Samples were taken close to the bottom, 100 m above bottom, 600 to 1000 m above bottom, at 2500 m depth, at the temperature maximum and minimum, and at the surface.

Polar and Weddell Front:

Profiles were taken at both station 33 (Weddell Frontal) and station 34 (Polar Front). These samples are not influenced by the Weddell regime and the newly formed bottom water respectively, and can serve as a reference.

Section 2 along the Greenwich Meridian (stations 35 to 67):

11 profiles (each some 7 samples) were taken along the section from 55°S to the continent. Four of the profiles were situated close to Maud Rise (one at the northern edge, one at the southern edge, two at the shallowest points we crossed). Between the North Weddell Ridge and Maud Rise, samples were taken every 120 sm close to the bottom, 100 m above the bottom, at 4500 m depth, at 2500 m depth, at the temperature maximum and minimum as well as at the surface. Every 60 sm, an additional surface sample was taken (Klaus-pump). On the slopes and above Maud Rise in shallower water, the station separation decreased, additional samples were taken from 1000 m depth. Profiles were taken at stations 35, 38, 44, 48, 52, 54, 56, 57, 60, 62, 66.

Section 3 - western Weddell Sea (stations 69 to 103) from Kapp Norvegia to the Antarctic Peninsula:

Samples were taken at the following depths: close to bottom, 100 m above bottom, 3000 m, 1500 m, 500 m, temp. maximum, and at the surface and 40 m, respectively. Profiles were taken at stations 69, 71, 75, 79, 83, 86, 90, 94, 99, 101, 102, 103. Additionally samples were taken close to the bottom at stations 95, 96, 97, 98, 100. In the newly formed bottom water, relatively high sterol concentrations may be found depending on the contact of the water mass to the open sea and on the half life of the sterols. In addition, sterols may be extracted from the sediment into the overlying water. The data gathered on section 3 may be compared to data from a former study along this track (ANT X/7). Then, a region with very low sterol concentrations was found in the central basin (concentration of brassicasterol < 0.5 ng/l, for example). This observation will be verified by samples from this cruise.

Along each section, various surface samples with a volume of 80 l were taken (Klaus-pump). This will allow the identification and quantification of sterols present in trace amounts in seawater. In addition, various experiments were performed to

improve the methods applied, especially with respect to the recovery of the internal standard Cholesterol-d6.

2.4 Marine Biology

2.4.1 Plankton investigations

Anke Bittkau (AWI), Corinna Dubischar (AWI), Jochen Nowaczyk (AWI), Vassili Spiridonov (ZMMU)

Objectives and methods

Zooplankton and micronekton distribution in the Weddell gyre depends largely on oceanographic structures in this region. During ANT XIII/4, two main questions were addressed by our planktological studies:

1. How are horizontal and vertical distributions of zooplankton and micronekton determined by the different oceanographic regimes in the Weddell Sea (i.e.: the frontal system between the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Sea; the warm regime; the cold regime, and the coastal current) ?
2. How do the dominant zooplankton and micronekton organisms switch to overwintering modes in these different regimes?

To answer these questions, our studies focused mainly on phytoplankton, zooplankton and micronekton species composition, abundance and distribution as a function of oceanographic structures. For precise measurements of the vertical distribution of larger zooplankton and micronekton, an Optical Plankton Counter (OPC) was used in addition to the net catches. This OPC was attached directly to the multinet. The continuous photometric measurement of particle size and number enables us to assess particle distribution parallel to the multinet-catches with a high resolution. In the following section, the methods used, as well as some preliminary results will be described in more detail.

Phytoplankton distribution

Chlorophyll a determination:

Phytoplankton biomass in the water can be detected by fluorometric measurement of the phytoplankton pigment chlorophyll a (Chla). Two different approaches were used:

1. Underway surface (8 m water depths) fluorescence of phytoplankton pigments (expressed as chla) was recorded by means of a Turner Design (TD 10) fluorometer attached to the seawater system with the ship's membrane pump. Data were obtained every 10 seconds and averaged in 5 min intervals and subsequently stored on the ship's data logging system (POLDAT) together with the appropriate ship's position and other physical, chemical and meteorological data. Every 4 hours, and also at the stations, triplicates of normally 1 l of seawater, but occasionally more (drained from a bypass to the fluorometer system), were filtered

onto Whatman GF/F glassfibre filters for calibration of the instrument. The chl_a and phaeopigment values were obtained after extraction with 90 % acetone/water. The determination limit was 0.001 µg chl_a/l.

2. At stations Chlorophyll *a* measurements were done from the Niskin bottles of the CTD rosette. At 49 stations, water from 20, 40, 60, 80, 100 and 200 m was taken. If OPC measurements and multinet samples indicated high particle concentrations in deeper water layers, additional samples were taken from water depths down to 500 m. Along the transects 3 and 4, chl_a-concentrations in the < 20 µm and the >20 µm size fraction were measured separately.

To determine the chl_a-concentrations, 2 l of seawater were filtered onto Whatmann GF/F-glassfiber filters. Pigments were extracted with 10 ml 90% acetone and measured thereafter directly on board using the method by Evans *et al.* (1987). Parallel to the sampling for chl_a measurements, 2 l seawater per depth level were filtered onto precombusted (24 h at 500°C) Whatmann GF/F-filters for later analyses of particulate organic carbon and nitrogen (POC/PON). These filters were deep-frozen (-20°C). Measurements will be carried out at AWI using an Carlo-Erba CHN Analyzer.

For determination of phytoplankton concentration and species composition, 200 ml of seawater were taken from the same depths as for chl_a and POC/PON-measurements and fixed with hexamethylenetetramin-buffered 20% formalin (end concentration 0.6%). These samples will be processed using the Utermöhl-counting technique (1958) at the home laboratory. Additional samples were taken with an Apstein-net (mesh size 20 µm) to concentrate larger phytoplankton from the upper 10 m of the water column.

Zooplankton and micronekton distribution

Zooplankton organisms were sampled using a Multinet (Hydrobios, Kiel) with mouth opening of 0.25 m² and mesh size of 100 µm. An OPC was mounted on the net frame. The OPC photometrically records the distribution and size of particles in the water column. Each half a second, the data are transferred to the deck unit, yielding in an exact pattern of the vertical distribution of plankton organisms parallel to the multinet tow. The multinet was towed with a speed of 0.5 m sec⁻¹. At all stations, the multinet tows were conducted down to 1000 m (or in the shelf areas nearly to the bottom). Five depth strata were chosen according to the thermohaline structure of the water column.

In total, 31 successful multinet stations were performed: 3 stations on the zonal transect along 54°S (transect 2a), 6 on the transect across the Weddell cold regime (transect 2b), one station in the Polar Front, 12 on the transect along the Greenwich Meridian (transect 3), and 9 stations on the transect across the western Weddell Sea from Kapp Norwegia to the Antarctic Peninsula (transect 4).

After towing, each sample was split into 2 subsamples using a 2 l Folsom splitter. One half was immediately preserved in 4% hexamine buffered formalin, while another was used for size fractioning and subsequent preparation for biomass measurement. Before fractioning, we checked a subsample for rare or

taxonomically interesting specimens. Simultaneously, several specimens of the dominant species (mostly *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, and *R. gigas*) were selected for the determination of carbon and nitrogen (C,N) content and ratio, and fatty acids composition of lipids.

For biomass measurement, a subsample was screened subsequently through 2000 μm , 1000 μm , 500 μm , 200 μm , and 100 μm meshes. Each of the fractions obtained was then filtered onto preweighted GF/C filters and dried at 50°C for 24 h. In case of the presence of abundant phytoplankton, subsamples for biomass determination were not fractionated but preserved in formalin separately. Zooplankton biomass in these samples will be estimated from size spectra of major taxa using length/weight regressions. Salps from the biomass subsample were measured and dried on filters or deep frozen separately according to a size grouping.

For determination of C,N content, the organisms were identified, staged and measured under a stereomicroscope with an accuracy of 0.1 mm, rinsed in distilled water and deep frozen individually (or for young copepodite stages of large calanoids in groups of 2-3 specimens) in Eppendorf caps. Measurements will be carried out using a Carlo Erba CHN analyzer.

For the study of fatty acids composition of body lipids, we selected 3 to 5 specimens of particular developmental stage of certain species and placed them into precombusted tubes with 10 ml conserving solution (Dichlormethan/methanol in a proportion of 2:1). These tubes were then stored under -20°C.

Micronekton was collected using a Rectangular Midwater Trawl with two nets, the larger one with an mouth opening of 8m², the smaller one with an opening of 1m² (RMT 1+8) which was towed obliquely from the depth of ca. 450 m to the surface. The volume of water filtered was estimated using flowmeters mounted in the mouth of both nets. Four RMT tows were performed on transect 2b across the Weddell cold regime waters, 7 tows were done on the Greenwich Meridian (transect 3) and one additional tow was performed in the Bransfield Strait. The fresh catch of the big (8 m²) net was sorted into major taxonomic groups, i.e. coelenterates, polychaets, pteropods, cephalopods, euphausiids, hyperiids, decapods, chaetognaths, thaliaceans and fishes, which were preserved in 4% formalin and later counted. The sample of the small (1 m²) net was preserved without sorting. Further processing of the RMT samples will be done in the AWI and the Zoological Museum of the Moscow University.

Several vertical Bongo net (200 μm and 500 μm mesh size) tows were performed in order to obtain alive animals for experiments and for further DNA/RNA analyses.

Preliminary results

In the following section, the results of the on-line chlorophyll measurements during the transects 2a, 2b and 3 are shown. Because of the permanent ice cover during transect 4, no surface chl_a data are available. Table 5 gives some general information concerning the positions etc. of the transects.

Tab. 5: Characterization of the transects carried out during ANT XIII/4.

Date	Stat.	Position Start	Position End	Name
17.3.-23.3.	01-02	Cape Town	54°00.0' S 38°59.8' E	Transect 1
23.3.-28.3.	03-15	54°00.0' S 38°59.8'E	54°00.0' S 25°44.4' E	Transect 2a
28.3.-5.4.	15-32	54°00.0' S 25°44.4"E	59°27.5' S 3°10.5' W	Transect 2b
12.4.-22.4.	35-66	55°00.0' S 0° W	69°38.5' S 0°07.4' W	Transect 3
25.4.-8.5.	68-102	71°01.0' S 11°36.6' W	63°20.1' S 52°47.6' W	Transect 4

Transects 2a/2b:

In general, very low chl_a concentrations were measured during both transects, which was in accordance to expected values during late autumn in this area (Figs. 18 and 19). Background values were between 0.1 and 0.2 µg Chl_a/l. On transect 2a, a distinct chl_a maximum was measured between 29° and 30°E, east of a significant increase of surface salinity and a decrease in surface temperature. Further to the west, an increase of the chl_a-concentration to a maximum value of about 0.5 µg/l was detected. These relatively high concentrations persisted in the connecting transect 2b between 25°E and 19°E. These positions coincide with the site of an extensive frontal system in this region. Further analyses of phytoplankton composition and detailed investigations on hydrographic conditions are needed to detect possible reasons for this higher phytoplankton biomass.

Transect 3:

Transect 3 followed the Greenwich Meridian from 55°S to the ice shelf edge. During this transect, very low chl_a-concentrations were found (Fig. 20). Chlorophyll *a*-concentrations in the north were higher than those further south. Two maxima at about 60°S are particularly noticeable. Further investigations of, for example, phytoplankton species composition are needed to explain these patterns.

Fig. 21 shows some of the vertical profiles registered by the OPC attached to the multinet. The particle concentrations showed very pronounced peaks in the upper water layers (ca. upper 150 m), but varied significantly between the different profiles. Generally the particle concentrations of up to 12000 particles m⁻³ were surprisingly high. Further investigations of the multinet catches will reveal the characteristics of the particles.

Sediment traps

Some of the particles produced in the upper ocean layers, e.g. phytoplankton aggregates and faecal pellets, may reach relatively high sinking velocities, leading to their sinking out of the surface layers. Sediment traps have been attached to the following moorings to assess this particle flux qualitatively as well as quantitatively: 227/2, 227/3, BO-5, BO-6 and PF-8. These sediment traps are equipped with 20

Tab. 6: Recovered sediment traps:

Mooring: 227/2 at 59°27.5 S and 3°11.2 E
 deployed on 26.12.1994
 recovered on 05.04.1996

Depth of the trap	565 m	3709 m
Time of deployment	27.12.1994 - 10.08.1995	27.12.94 - 11.01.96
Sampling interval	19 days	19 days
Number of samples	15	20

Mooring: BO-5 at 54°20.6 S and 03°17.6 W
 deployed on 27.12.1994
 recovered on 07.04.1996

Depth of the trap	531 m	2268 m
Time of deployment	31.12.1994 - 15.01.1996	31.12.1994 - 08.12.1995
Sampling interval	19 days	19 days
Number of samples	20	18

Mooring: PF-8 at 50°11.1 S and 05°53.7 E
 deployed on 29.12.1994
 recovered on 09.04.1996

Depth of the trap	687 m	3110 m
Time of deployment	31.12.1994 - 15.01.1996	31.12.1994 - 15.01.1996
Sampling interval	19 days	19 days
Number of samples	20	20

Tab. 7: Newly deployed sediment traps:

Mooring: 227-3 at 59°01.8 S and 0.0° E deployed on 04.04.1996

Depth of the trap	3373 m
Time of deployment	06.04.1996 - 27.03.1997
Sampling interval	14 days

Mooring: BO-6 at 54°20.6 S and 3°17.0 W deployed on 07.04.1996

Depth of the trap	2280 m
Time of deployment	08.04.1996 - 27.03.1997
Sampling interval	14 days

sampling containers and are therefore able to collect the sinking material in 20 different time intervals. To prevent degradation of the material in the sediment trap by microbial activities and zooplankton grazing, the sampling containers were poisoned with mercury dichloride. The deployed and recovered sediment traps are summarized in Tab. 6 and 7.

2.4.2 Benthos investigations

Wolf Arntz (AWI), Alexander Buschmann (AWI), Kai Horst George (FBZO), Dieter Gerdes (AWI), Matthias Gorny (AWI), Marco Antonio Lardies Carrasco (UACH), Katrin Linse (IPÖ), Americo Montiel (UMAG), Erika Mutschke (UMAG), Martin Rauschert (AWIP) and Carlos Rios (UMAG)

Objectives

During the second part of the cruise, the investigations carried out by RV "Victor Hensen" in October/November 1994, were continued to study the marine fauna and flora in the Magellan region to compare it with Antarctic conditions and to detect latitudinal clines in population dynamics, reproductive biology and other life strategy components from the high Antarctic to the Strait of Magellan. These two areas separated only recently in geological terms (<20 Ma) and are supposed to have had more intense interchange than other continents around the Antarctic. In addition they should have had a similar history of glaciation.

Faunistic and floristic overlaps have often been suspected between the Antarctic Peninsula and the Magellan region, which essentially comprises Patagonia and Tierra del Fuego with their vast system of channels and fjords. This view seems to hold true for some faunal groups, however it cannot be confirmed for other taxa, or at least there are major doubts. The principal reason for these uncertainties is the lack of adequate sampling in the Magellan region and on the adjacent continental slope of the Drake Passage.

In the past years major efforts have been made to improve the knowledge on both the Antarctic and Magellan fauna and flora. From recent work at the "Dallmann" laboratory, an annex to the Argentinian base Jubany, and other stations shallow-water fauna and flora in the Bransfield Strait near King George Island are fairly well known. During the "Joint Magellan 'Victor Hensen' Campaign 1994" substantial samples were taken in shallow and deep waters of the Strait of Magellan (to 650 m depth), in the northwestern branch of the Beagle Channel and south of the eastern entrance of the Beagle Channel down to Cape Horn. The preliminary result of that cruise was that the ecosystems on the two sides of the Drake Passage, despite certain coincidences in common faunal and floral groups on genus and species levels, have developed very distinct structures.

The original idea to fly the seven German and four Chilean participants plus two Chilean observers to King George Island failed because of bad weather, and "Polarstern" was ordered to Puerto Williams to pick up the participants on Navarino Island. Thus the activities had to be restricted to the northern slope of the Drake Passage (south of Nueva Island), leaving the intended work in the Bransfield Strait and the southern slope of the Drake Passage to a future cruise. With the reduced programme on the northern slope of the Drake Passage, the benthos group pursued the following objectives:

- To assess the macro- and meiofaunal zoobenthic structures on the northern slope of the Drake Passage and the south Chilean shelf, using gear that had been deployed formerly in the high Antarctic, off the Antarctic Peninsula and in the Magellan region;

- to complement existent benthos samples by material from the areas mentioned above, above all from greater depths;

- to carry out physiological, reproductive, and population dynamic investigations and ethological studies on "key species" and to compare the results with those of related species from lower and higher latitudes.

Work at sea

The original idea was to work on a transect between 1500 m depth on the Patagonian continental slope and 200 m on the shelf south of Isla Nueva, to complete the samples obtained during the "Joint Magellan 'Victor Hensen' Campaign 1994". Part of this transect should have been done during that expedition, but this had to be abandoned due to bad weather.

On ANT XIII/4, 5 working days were available to complete the work south of Nueva. "Polarstern" encountered calm weather but, quite unexpectedly, very rough bottom topography. The layer of fine sediments, if existent, was much thinner than at the stations worked with "Victor Hensen" in the eastern mouth of the Beagle Channel in 1994. For this reason the stations, originally planned on a transect between 2500 and 100 m, had to be chosen where topography, thickness of sediments and currents allowed the use of trawled gear and corers. Even so, by no means all equipments could be deployed at all stations. The final list includes 10 Agassiz trawl (AGT) catches (2 for collecting experimental material only), 3 hauls with the epibenthic sledge (EBS), 9 catches with the small Rauschert dredge (D), 3 multibox corer (MG) stations with 21 macro and 2 meiofaunal samples, 4 multicorer (MUC) stations with 30 meiofauna samples, and 380 pictures with the underwater camera at 5 stations. A CTD rosette registered temperature, salinity and dissolved oxygen between the surface and the seafloor. A large number of macrofaunal organisms were photographed alive, and fish and crustaceans were kept in the cool containers for physiological experiments.

Preliminary results

All samples obtained during this cruise, except for live experimental material, were preserved (for methods, cf. cruise report of the "Victor Hensen" Campaign, Arntz & Gorny 1996) and require detailed analysis in the laboratories of the participating institutions. Definite results will be presented during the IBMANT/97 workshop to be held at the Universidad de Magallanes in April 1997. The following preliminary faunal results, based principally on the sorting of the AGT catches on deck, can be summarized at this time:

A first look at the meiofauna obtained from the filtrate of the multicorer samples and from other gears revealed the following groups to occur (in decreasing abundance): nematodes; copepods (calanoids presumably from the water column, harpacticoids, siphonostomatoids); polychaete larvae; ostracods; and foraminiferans. Other groups are to be expected from further microscopical analysis of the samples.

The macrobenthic endofauna of the multibox corer samples from 100 to 1200 m depth showed low densities which decreased even more with depth. At the shallower stations the seafloor was covered with a biogenic layer of shells as well

as bryozoan and hydrozoan debris, and the dominant faunal elements were ophiuroids, echinoids and crustaceans. At the deeper stations, the substrate (if any) was fine sand, and the only identifiable organisms were small sedentary polychaetes.

The benthic macro and megafauna from AGT and small dredge was richest in number and biomass at medium water depths between 200 and 600 m. Total catch weights in shallow water were high but consisted mainly of dead shells. The deeper seafloor in the area of study seems to be characterized by a generally thin sediment layer which resulted in a large number of gear failures and was further reflected in the dominance of hard-bottom dwellers, in particular gorgonarians. Larger stones came aboard from all depths and were often strongly overgrown with sponges, hydrozoans, bryozoans and gorgonarians whereas bivalve molluscs and brachiopods were missing on the stones altogether.

On the northern slope of the Drake Passage, too, the result from the "Victor Hensen" expedition is valid that there are no such rich, three-dimensional epifaunal suspension feeding communities as in many parts of the Antarctic. However, the occurrence of sponges, bryozoans and gorgonarians revealed a distinct increase as compared with the Strait of Magellan, the Beagle Channel and the eastern mouth of the Beagle Channel, and crinoids (although small and brittle) were found only in this southernmost part of the Magellan area. The scarceness of colonial and solitary ascidians as compared with the Antarctic was confirmed, and actinians were also relatively scarce. Hydrozoans remained common south of Nueva despite the non-occurrence of its principal substrate, the brown alga *Macrocystis pyrifera*, due to greater water depths. Hydrocorals were found frequently on shells and stones.

Asteroids turned out to be much scarcer and smaller than in the Magellan area further to the north. Regular echinoids were at about the same level whereas irregular sea urchins were of much lesser importance than further to the north, particularly in the Beagle Channel, presumably because of the scarceness of soft substrates. The great variety and abundance of ophiuroids on the shelf was further increased by the large gorgonocephalans which contribute an important share to the echinoderm biomass. The find of crinoids has been mentioned already.

Molluscs, especially bivalves, played a minor role south of Nueva except for the scallops (*Chlamys*) which were found to be abundant at some shallower stations. The scarceness of bivalve molluscs, which resembles the conditions in the Antarctic, was unexpected after the dominance of molluscs found in the Strait of Magellan and in the eastern mouth of the Beagle Channel; however, the reason (as for the missing of scaphopods) may again be the lack of soft bottoms. Bivalve species composition was similar to the fauna further north if the taxodont soft-bottom dwellers are not considered. Among the prosobranch gastropods there were some species which had not been found in the regions further to the north. Chitons and octopods were present at a low abundance level. Brachiopods which in the Antarctic "replace" the bivalves as hard-bottom fauna, were only found in a few small specimens, contrary to our results in the Magellan Strait.

The various "worm" groups can be judged only after more thorough analysis. It seems, however, that the scarceness and small size of echiurids and sipunculids

stated during the "Victor Hensen" campaign was confirmed, and priapulids were missing altogether (at least on macro level). Polychaetes were common, but always small, and often colonise gorgonarians, bryozoans and hydrocorals.

For the small crustaceans, there is as yet no information available since all material was preserved immediately after trawling. Among the larger forms, balanoids were by no means as common in shallow waters as further north. However, at the deepest stations a large barnacle was found which strongly resembled the Antarctic genus *Bathylasma*. Isopods, in particular Sphaeromatidae, were considerably less common than to the north. Arcturidae and Serolidae, dominant groups in the Antarctic, were found in low numbers but yielded some species we had not seen before. Among the amphipods which dominated the small dredge catches, all families occurred which had been registered for the Weddell Sea and the Antarctic Peninsula area, with Eusiridae, Lysianassidae and Ischyroceridae as dominant groups. Also Stilipedidae, which had never been found in the Magellan region before, were quite common. Among the amphipods and isopods there were no giant types as described for the Antarctic. The same is true for the pycnogonids, and in all three cases this is valid for the whole Magellan region. Several new types of parabioses were detected, e.g., Caprellidae among the spines of lithodid crabs and Ischyroceridae in epizoid bryozoans (*Flustra* type) on majid crabs.

Reptant decapods, in particular of the cancriid and sea spider brachyuran types, were no longer dominant in the area of study. The Galatheidae (*Munida*) still occurred regularly but were much less common than in the eastern mouth of the Beagle Channel. The palinuran lobster *Stereomastis* two specimens of which had been found in the Beagle Channel during the "Victor Hensen" campaign occurred in a single specimen. Caridean shrimps were gaining importance in relation to the reptants but never reached Antarctic levels. Dominant genera are *Campylonotus* and *Austropandalus* as well as surprisingly, at the deep stations, also the Antarctic genus *Nematocarcinus*. As rarities among the decapods first finds of two genera, *Glyphonotus* and *Pontophilus*, have to be mentioned.

Summarizing, the working area on the northern slope of the Drake Passage, south of Nueva Island, revealed a greater similarity to the Antarctic benthic fauna than the Strait of Magellan, the Beagle Channel and the area immediately south of the Beagle Channel. We might cautiously conclude that the transition to the Antarctic is rather of a gradual nature than abrupt. Despite this fact, considerable differences remain between the Antarctic and this southernmost part of the Magellan region. This indicates that 20 million years of separation and isolation, despite some glacial periods of increased interchange, have led to rather distinct separation of two neighbouring marine ecosystems which originally had an identical fauna. A closer look at these phenomena will be taken during the IBMANT/97 workshop in Punta Arenas.

3. Leg ANT XIII/5 Punta Arenas - Bremerhaven
22.05. - 21.06.1996

3.1 Summary and Itinerary

The theme of the scientific programme of the last leg of Polarstern's 13th Antarctic expedition was 'diversity of the deep-sea fauna'. Along the ship's transect (Fig. 23) the faunistic diversity of microorganisms, zooplankton, meio- and macrobenthic organisms was investigated in order to look for any latitudinal gradients in the distribution patterns. Of special interest were the deep basins in the South Atlantic, where little work has been done to date.

On five deep-sea stations, each greater than 5000 m water depth, four different corers (multibox-corer, rotating-corer, multi- and minicorer) were deployed, providing quantitative sediment samples for analysing the distribution patterns of meio- and macrobenthos. Depth-related and latitudinal distribution patterns of zooplankton were investigated by means of multinet catches from 4 stations; CTD measurements carried out first provided immediate information about the hydrographic structure of the water column at these locations. The microbial deep-sea community was studied by means of a newly developed, deep water sampler which provided enriched samples of barophilic microorganisms under collection pressure by pumping and filtering a large volume of sea water in-situ.

Between 47°S and 24°S, a bathymetric profile 1335 sm long was obtained from Parasound surveys, which provide analyses of the bottom topography and sediment structure. The data are stored on analog paper record and also in digital form.

The multibox-corer and the rotating-corer provided a total of 28 single cores from four stations for macrobenthos analysis. Some basic work on the samples has been carried out on board but detailed analyses have to be done at the home institutions. At a first glance, the macro-benthos at the four locations under study seems to be very poor in both abundance and biomass compared to Weddell Sea samples from similar depths. The mini- and multicorers provided a total of 54 sediment cores from four stations. Eight of these were used for microbiological studies and 23 are for investigation of latitudinal diversity patterns of both nematodes and copepods. From initial examinations of the samples, we formed the impression that the meiofauna appears the same compared to other deep-sea sites further north and south. The newly developed, deep-water sampler obtained concentrated water samples from 4 stations under deep-sea pressure. These samples provide data which will form the basis for a description of the composition of the benthic microbial community structure and its biomass and will allow further insights into the existence and role of a decompression-sensitive fraction of bacteria and its biomass and activity.

Temperature measurements in the mesopause of the atmosphere, accomplished with a newly developed, potassium temperature lidar system, completed the scientific work of this leg. The group from the Institut für Atmosphärenphysik in Kühlungsborn measured profiles of temperature and potassium densities between 47°S and 45°N on 18 nights and obtained unique and very interesting results about the thermal structure and densities of potassium atoms in the atmospheric layer between 80 to 105 km altitude.

4. Scientific programmes

4.1 Investigations of the atmosphere

4.1.1 Weather Conditions

Joachim England, Herbert Köhler, Edmund Knuth (DWD)

During our passage through the Strait of Magellan on the night from the May 22th to 23th, the wind conditions often changed due to orographic effects. Wind strength changed on very short time periods between Force 3 to 10. During our passage, the area of the Magellan Strait lay to the rear of a storm low. Behind this disappearing low, a pronounced shallow low developed east of our cruise track, reaching far south to the Antarctic, thus keeping us away from further deep lows which came up from the west. With these conditions our passage along the Argentinian coast line took place in quite calm weather with wind strengths around Force 3 increasing occasionally towards Force 6, the main direction being west to northwest. The first station at 47°S and 55°W could thus be worked under favourable weather conditions.

Above the central South Atlantic, a strong and wide-spread high developed with a pressure of more than 1040 hPa at its centre. On the other side, an association of clouds in front of the East-Brasilian coast, formed a relatively small low pressure whirl which persisted for several days, moving slowly in a northeasterly direction. From May 27th, this low pressure dominated the weather situation. Work on the second station at 38°S and 43°W was hindered by strong wind and consequently rough sea. On May 30th, the wind decreased to Force 3 to 5 backing towards a northerly direction and remaining so for the following day.

On the western border of a wide-spread, strong high over the central South Atlantic, the relatively strong pressure gradient maintained northeasterly winds of Force 6 during June 1st and 2nd. On June 3rd, the wind decreased to Force 4 and the third station could be worked under good conditions. On June 4th and 5th, the wind increased again to Force 6 turning towards a southeasterly direction. During June 5th, heavy showers with gusts up to 36 kn occurred decreasing, however to Force 3 to 4 towards the evening. On June 6th, another station was worked at 4°S 27°W. The wind decreased further from Force 4 to 2, accompanied however by heavy rainfall. In the late afternoon of June 7th, we crossed the equator with winds of Force 1 to 3 from an easterly direction. Light southeasterly winds Force 1 to 3 also dominated in the area of the Intertropic Convergence Zone which we passed during June 8th, when it rained occasionally. On the morning of June 9th, the wind turned towards the northeast with Force 3 to 4. No further rain occurred and weather was influenced by the northeast trades.

This situation remained until June 14th. Winds of Force 3 to 4 were a regular feature from then on and the last station at 23°N 24°30'W was worked under favourable meteorological conditions. Between June 15th and 20th, light winds of Force 1 to 4 from different directions dominated along the ship's track. The feared Bay of Biscay and the Channel were amazingly calm this time. Approaching Bremerhaven on June 21th wind increased again to Force 6 or 7, with northern to northeasterly directions due to a deep low over Scandinavia.

4.1.2 Temperature observations in the mesopause

Matthias Alpers, Veit Eska, Josef Höffner, Ulf von Zahn (IAPR)

Objectives and methods

The scientific objectives of the IAPR participation in the legs ANT XIII/4-5 have been the exploration of both the thermal structure of the atmospheric layers in the 80 to 105 km altitude, and the densities of potassium atoms residing therein. At this altitude, the atmosphere exhibits a permanent deep, local temperature minimum (the so-called mesopause). However, little is known about the precise temperatures at the mesopause and their spatial and temporal variations. This is particularly true for the southern hemisphere. The potassium atoms, present in this region, are remains from the vaporisation of micrometeoroides (i.e. shooting stars) and cosmic dust. The loss processes for these atoms are unknown. Yet, there exists a permanent layer of potassium which exhibits a maximum density of about 100 atoms per cm^{-3} at approximately 90 km altitude.

For remote sensing of the air temperature and potassium density, we used for the first time, a transportable, containerized, lidar instrument ('light radar'). It operates at the resonance wavelength of potassium at 770 nm (near infrared). From a measurement of the time which passes between emission of the laser pulse and arrival of the atmospheric echo signal in the instrument's detectors, one can calculate quite accurately the altitude of the scattering air volume. By means of a tiny modulation of the wavelength of the laser light, one can also measure the temperature of the potassium atoms between 80 and 100 km altitude. This temperature is a good approximation to the air temperature.

Work at sea and preliminary results

The observational programme, the data analysis and its interpretation, for legs ANT XIII/4 and ANT XIII/5, all form a scientific entity for us and therefore we summarize the results obtained in both legs here.

The first night of lidar observations was March 25th, the last the June 18th, 1996. Within this period lie a total of 31 nights with measurements of temperature and potassium density and an additional 4 nights with measurements of potassium density only. The excellent performance of the lidar and unexpectedly good weather contributed to these good observation statistics.

Observations were made from 71°S to 45°N. Seasons changed from late autumn/early winter at high southern latitudes to "deep winter" at south-tropical latitudes and then to high summer in the northern hemisphere. For our research program, this type of variation was almost ideal. Almost all measured profiles of air temperature and potassium density are characterized by high wave activity in the upper atmosphere. This general property of the upper atmosphere is well known, but makes the determination of genuine climatological mean parameters difficult. Though in fact one just needs a very large data base. We were fortunate, therefore, to be able to obtain 4 nights of continuous observations lasting more than 12 hours plus 3 nights of more than 9 hours. These long observation series will allow us to characterize and quantify the wave spectrum and to derive corrections for the shorter observation sequences. The altitude and temperature of the mesopause

was measured over a rather wide range of latitudes with high temperature accuracy and altitude resolution. We obtained new and interesting results pertaining to the latitude dependence and seasonal variations of the mesopause altitude and temperature (although we acknowledge that a clean separation of the two effects in our data will be somewhat subjective). In the southern hemisphere there are, however, no other measurements available with which we could compare our newly acquired data.

Before now, potassium density profiles have been measured in the upper atmosphere in only two locations. For that reason, all of the acquired potassium data are entirely new. We observed an outstanding variation of the potassium density with latitude and a previously unobserved high occurrence rate and intensity of so-called sporadic potassium layers. An example of atmospheric wave activity showing up in the potassium profiles is given in Fig. 25. The 59 potassium density profiles, which we acquired on June 7th, 1996, between about 2 and 7 pm. (UT) near 3°S are shown. The temporal separation of the profiles is 4 min. The number density scale at the abscissa applies to the first left profile. Each following profile is offset to the right by a value of 10 atoms per cm⁻³. During this night, the normal potassium layer extended from 80 to 100 km altitude. The density profiles are modulated by the passage of waves through the background atmosphere. In addition, there are a few short-lived sporadic layers near 90 km.

4.2 Marine Biology

4.2.1 Microbiology

Erich Dunker, Elisabeth Helmke, Ulla Klauke (AWI)

Objectives and methods

During usual sampling of sediment or water, deep-sea organisms experience decompression. The central question of the microbiological work during this leg was whether, and if so, to what extent, such decompression affects the microbial deep-sea assemblages. The results will contribute to a better understanding, as well as to a realistic quantification, of the microbial processes in the deep-sea. A prerequisite of this study was a recently developed water sampler which concentrates particulate organic matter in-situ and brings it up to the surface maintaining in-situ pressure. Subsequent subsampling on board can be conducted without pressure loss.

As well as these investigations on the existence and role of decompression-sensitive bacteria, studies of biomass, activity, and structure of the benthic microbial community from the deep sea were carried out with the decompressed sediment and water samples of the multicorer. The results will supplement our data set from the microbial flora of different deep-sea basins of the north and east Atlantic.

Work at sea

The pressure-retaining water sampler was deployed at four stations. Concentrated water samples were obtained under deep-sea pressure. They were subdivided and subjected to different experimental conditions. The final evaluation of these experiments will be done at the home laboratory. The same is true for the measurements and the experiments with the decompressed multicorer material.

Subsamples of the sediment and bottom water were fixed and preserved for total count and biomass determinations as well as for the chemical analyses. Furthermore, growth and degradation experiments were prepared under simulated deep-sea conditions. In order to describe the structure of the benthic microbial deep-sea community, MPN-cultures were conducted. Since the MPN-cultures were subjected to different pressure and temperature conditions, a differentiation of allochthonous from autochthonous deep-sea bacteria will be possible.

4.2.2 Zooplankton

Harald Bohlmann, Birgit Strohscher (AWI)

Objectives and methods

Studies of mesozooplankton diversity and biomass of the whole water column were addressed by means of multinet hauls (150 µm mesh size) from 5 deep-sea stations at 9 depth intervals. Vertical and horizontal biodiversity, biomass distribution patterns and length/carbon-content relationships of different-sized specimens with species from different water depths will be established. Studies of gut content and reproductive condition of dominant copepod species completed the working programme.

Work at sea

CTD measurements (SEABIRD 911plus) were carried out before the multinet was deployed in order to provide immediate information about the hydrographic structure of the water column at the sampling locations. Four profiles are displayed in Fig. 26. The multinet was successfully deployed at 4 stations. The station data are summarized in Annex 5. Samples were taken from the following depth intervals:

St. Nos. 118 and 122: 3600 - 2600 m, 2600 - 2000 m, 2000 - 1500 m,
1500 - 1000 m, 1000 - 0 m with multinet No.1
1000 - 750 m; 750 - 500 m, 500 - 300 m, 300 -
100 m, 100 - 0 m with multinet No. 2

St. Nos. 119 and 121: 3000 - 2500 m, 2500 - 2000 m, 2000 - 1500 m,
1500 - 1000 m, 1000 - 0 m with multinet No.1

Multinet No. 2 at these stations sampled the same depth intervals as in the first two stations.

All samples were carefully filtered through 100 µm sieves and preserved in a 4% formaldehyde solution buffered with hexamethylenetetramine. The 1000 - 0 m sample of multinet No.1 from each station was split into two halves by means of a plankton splitter. One half was frozen for estimating the biomass later in the laboratory, while from the other half, different species groups were sorted out on board for various analyses, e.g. length/carbon-content relationships and studies of gut content and maturity stage. The detailed analyses of the material obtained has to be done at the home institution.

4.2.3 Meiobenthos

Nicola Jane Debenham (NHM), Timothy John Ferrero(NHM), Pedro Martinez-Arbizu (FBZO), Gisela Silveira Moura (FBZO)

Objectives and methods

Recent studies have indicated the importance of the deep sea as an environment of high species diversity. Latitudinal diversity gradients in the South Atlantic are poorly studied and seem to be highly influenced by interregional variation and regional-historical processes. Patterns of diversity from the North Atlantic have been mainly derived from macrofauna and nematode studies. Only a few studies deal with other groups like foraminiferans and copepods. Our planned study will give us a first indication of latitudinal deep-sea diversity patterns in the South Atlantic. Low abundances and high variability are expected in the deep-sea, therefore a high number of replicates is needed. Quantitative samples were taken with the Multicorer.

The scope of the work is to undertake a latitudinal study of meiofauna abundances, their spatial distribution and their diversity. This allows us to correlate these parameters of the benthic fauna with surface productivity at the different stations. This work provides valuable information on the Southern Atlantic and is invaluable for comparison with data from the Madeira Abyssal Plain, Porcupine Abyssal Plain, and Arctic Ocean (Barents Sea, Laptev Sea) in the North Atlantic, and some Antarctic sampling sites in the Weddell Sea. It is hoped that the data will enable an assessment of the biogeographical range and species turnover rates of abyssal meiofauna, particularly nematodes and copepods.

Work at sea

In total, four stations were successfully sampled with the Multicorer (MUC). Two of these stations were additionally sampled with the Minicorer (MIC). An overview of the sampling regime is given in Tab. 8. The area sampled by each corer covers about 25 cm². The individual corers in the MUC were numbered and their position in the gear documented, so that the relative distances between replicates can be determined.

Tab. 8: Material and treatment; A: for microbiology, B: sliced for meiofauna, C: homogenisation technique for meiofauna studies and biochemistry

Station No.	Depth	MUC/MIC	Treatment
40/118	5726 m	Muc 11 corers	2 x A, 9 x B
40/119	5095 m	-	-
40/120	5130 m	Muc 12 corers	2 x A, 10 x B
40/121	5366 m	Muc 12 corers	2 x A, 10 x B
40/122	5055 m	Muc 11 corers	2 x A, 9 x B
40/121	5362 m	Mic 4 corers	2 x B, 2 x C
40/122	5102 m	Mic 4 corers	2 x B, 2 x C

For the study of the meiofauna (treatment B) the cores were sliced in 6 sections. The first section includes the first centimetre of sediment (0-1 cm) and the overlying bottom water, the remaining sections were 1-2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm, 4-5 cm and 5-10 cm. Samples were fixed with buffered 4% formaldehyde in filtered seawater.

Homogenisation technique (treatment C): Cores were sectioned to 5 cm in 1cm horizons. Each section was homogenised to a semi-liquid state with the addition of artificial seawater and the resulting homogenate divided into two equal sub-samples. One sub-sample will be for meiofauna studies and the other for sediment biogeochemical analysis (mainly lipids and proteins) at the University of Liverpool, Dept. of Oceanography.

Preliminary results

The sediments at the four stations sampled are very different. At Station No. 40/118, in the Argentinian Basin the sediment has a significant sandy component and gravel is also observed. Station No. 40/120 is a brownish and very compact sediment, while at Station No. 40/121 (both in the Brazilian Basin) the sediment is reddish-brown, soft and with many burrows of macrofaunal organisms. The sediment at Station No. 40/122 (Cape Verde Basin) is pale, and very consistent, with a high component of Globigerina tests.

The preliminary observations of changes in sediment type along this transect, associated with likely differences in productivity and nutrient supply to the benthos, suggest that there will be detectable differences in the meiofauna. This would present similar results to those previously observed in the North Atlantic. Preliminary observations of the fauna (mainly nematodes and copepods) suggest that the greatest difference will be observed at the species level as some typical deep-sea genera have been observed. This is consistent with the concept of the deep-sea as a high diversity environment.

4.2.4 Macrobenthos

Harald Bohlmann, Dieter Gerdes (AWI), Peter Albert Lamont (SAMS)

Objectives and methods

The cruise from Punta Arenas to Bremerhaven provided the opportunity to sample deep-sea organisms across a wide range of latitudinal gradients in the Atlantic. Over the last few decades much deep-sea benthos data has been accumulated for the North Atlantic as far south as the Madeira Abyssal Plain but data for the South Atlantic is sparse. Therefore our main objective was to get as many quantitative samples as possible from the deep basins especially those of the South Atlantic by means of a multibox-corer and a newly developed rotating-corer. These samples provide the data basis for investigation of the vertical distribution of the animals in the sediment and for determining diversity trends along latitudinal gradients. The data will form part of the basis for the BIODEEP proposal.

Work at sea

The multibox-corer (MG) with the attached underwater-video system was deployed at 4 stations. During deployment at Stn. No. 40/119, the Revolvergreifer was damaged by ship movement in the rough sea and the gear could not be used again for the duration of the cruise. The multibox-corer, was not deployed at this station due to the bad weather conditions and rough sea. The results of both corers are summarized in Tab. 9

Tab. 9. Inventory of cores taken with the multibox-corer (MG) with the attached UW-video system and the Revolvergreifer (RG).

Stn. No.	water depth (m)	MG number of cores	RG number of cores
40/118	5732	0	1
40/119	5088	-	0
40/120	5152	9	-
40/121	5374	9 (*)	-
40/122	5118	9(*)	-

(*) bottom pictures via UW-video - not deployed

In total, 28 single cores were obtained from 4 stations between 47°S and 23°N for analysis of the macrofauna. The mean core length was 38 cm. Part of the MG cores from Stn. Nos. 40/120 and 40/121 had disturbed surfaces, because the cores were very full due to the soft sediments at these locations. All cores were treated according to the following procedure:

Each core was divided vertically by syphoning off the top water and removing the top centimetre, approximately, of sediment. The remainder of the core was then divided into ten centimetre slices and the sediment placed directly into five litre tubes containing 2 litres of 4% formaldehyde cooled to 4°C. As soon as possible after immediate processing of the cores, the sediment was gently manipulated by hand to mix in the formalin. Sieving through 500 and 300 µm mesh was carried out at least 3 days after collection to allow time for preservation. After sieving, samples were stored in 4 % formaldehyde prior to sorting. It is considered that this procedure improves the condition of more vulnerable fauna such as polychaetes, which are often damaged on sieves when freshly collected.

Preliminary results

The main work on the samples has to carried out at home institutions. The basis for our preliminary impression given here is due to the careful sample treatment described above and first microscopic sorting of some core fractions on board ship, especially those from the Revolvergreifer core of Stn. No. 40/118.

The dominant elements of the small, deep-sea macrofauna in our samples are polychaetes (sabellids, spionids, cirratulids, nephthyids, ophelids, and ampharetids plus a number of undetermined worms in tubes), bivalves, sipunculids and a few crustaceans. It appears that highest organism numbers occur at the southernmost station 40/118, followed by the northern station 40/122, whereas abundance values at the other two stations seemed to be lower.

The sediment at Stn. No. 40/120 is especially fine and for all 9 MG cores obtained there is virtually no material, including organisms, remaining on the 500 μm sieve, and only a few mineral grains were retained on the 300 μm sieve. Macrofauna abundance at this station appears to be very low. Samples from Stn. No. 40/121 have burrows extending the full depth of the core. Some of these burrows are up to 6 mm in diameter and 1 sipunculid worm about 40 mm in length was recovered from the base of a core at about 25 cm depth.

5. Acknowledgement

The achievements during both legs were to a large extent due to the effective and heartfelt cooperation between the ship's crews and the participating scientific personnel. We are grateful to the Masters Pahl and Keil and their crews 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.

6. Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

Adresse Address		Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
<u>Chile</u>			
UACH	Instituto de Zoologia Universidad Austral de Chile Valdivia	1	4
UCV	Esc. de Cs. del Mar Universidad Catolica de Valparaiso Valparaiso	1	4
UMAG	Instituto de la Patagonia Universidad de Magallanes Avenida Bulnes Punta Arenas	3	4
<u>Federal Republic of Germany</u>			
AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße D-27568 Bremerhaven	26,8	4,5
AWIP	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Forschungsstelle Potsdam c/o Zoologisches Museum Berlin Invalidenstr. 43 D-10115 Berlin	1	4
DWD	Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Postfach 301190 D-20304 Hamburg	2,3	4,5
FBZO	FB/7AG Zoomorphologie Carl-von-Ossietzky-Universität D-26111 Oldenburg	1,2	4,5
HSW	Helicopter-Service Wasserthal GmbH; Kätnerweg 43 D-22393 Hamburg	4	4
IAPR	Institut für Atmosphärenphysik Schloßstr. 4-6 D-18221 Kühlungsborn	2,4	4,5

Adresse Address		Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
IPÖ	Institut für Polarökologie Universität Kiel Wischofstr. 1-3, Geb. 12 D-24148 Kiel	1	4
IUPB	IUP - Institut für Umweltphysik Abt. Tracer-Ozeanographie Universität Bremen, FB 1 Postfach 330 440 D-28334 Bremen	5	4
<u>The Netherlands</u>			
NIOZ	Netherlands Institute for Sea Research P.O. Box 59 1790 Ab den Burg Texel	2	4
<u>UK</u>			
NHM	The Natural History Museum Department of Zoology Cromwell Road London, SW7B 5BD	2	5
SAMS	The Scottish Association for Marine Science P.O. Box 3 Oban, Argyll PA34 4AD, Scotland	1	5
<u>Russia</u>			
ZMMU	Zoological Museum of the Moscow University Bolshaya Nikitskaya 6 Moscow, 103009	1	4

7. Fahrtteilnehmer/ Cruise participants

ANT XIII/4

Name	Vorname	Institut
Arntz	Wolf	AWI
Bakker	Karel	NIOZ
Bittkau	Anke	AWI
Böhm	Joachim	HSW
Büchner	Jürgen	HSW
Bulsiewicz	Klaus	IUPB
Buschmann	Alexander	AWI
Dubischar	Corinna	AWI
Eska	Veit	IAPR
Fahrbach	Eberhard	AWI
Fraas	Gerhard	IUPB
George	Kai Horst	FBZO
Gerdes	Dieter	AWI
Gorny	Janja	AWI
Gorny	Matthias	AWI
Hansjosten	Andreas	AWI
Heras De las	Miriam	AWI
Höffner	Josef	IAPR
Hoppema	Mario	AWI
Horstmann	Uta	AWI
Jochum	Markus	AWI
Köhler	Herbert	DWD
Kolb	Leif	AWI
Lardies Carrasco	Marco Antonio	UACH
Linse	Katrin	IPÓ
Maturnana	Jenny	UCV
Meyer	Ralf	AWI
Möller	Hans-Joachim	DWD
Montiel	Americo	UMAG
Mühlebach	Anneke	AWI
Mutschke	Erika	UMAG
Nowaczyk	Jochen	AWI
Rauschert	Martin	AWIP
Riewesell	Christian	HSW
Rios	Carlos	UMAG
Rohardt	Gerd	AWI
Rohr	Harald	AWI
Runge	Malte	IUPB
San Miguel	Esteban	Armada de Chile
Schlenker	Björn	IUPB
Schneider	Hans	HSW
Schröder	Michael	AWI
Sieverding	Hiltrud	IUPB
Spiridonov	Vassili	ZMMU
Stoll	Michel	NIOZ

Name	Vorname	Institut
Tan	GiokNio	AWI
Winterrath	Tanja	AWI
Wisotzki	Andreas	AWI
Witte	Hannelore	AWI
Woodgate	Rebecca	AWI
Zimmermann	Andreas	AWI

ANT XIII/5

Alpers	Matthias	IAPR
Bohlmann	Harald	AWI
Debenham	Nicola Jane	NHM
Dunker	Erich	AWI
England	Joachim	DWD
Eska	Veit	IAPR
Ferrero	Timothy John	NHM
Gerdes	Dieter	AWI
Helmke	Elisabeth	AWI
Höffner	Josef	IAPR
Klauke	Ulla	AWI
Knuth	Edmund	DWD
Köhler	Herbert	DWD
Lamont	Peter Albert	SAMS
Martinez-Arbizu	Pedro	FBZO
Menßen	Klaus	AWI
Schröder	Sabine	AWI
Silveira Moura	Gisela	FBZO
Strohscher	Birgit	AWI
Zahn von	Ulf	IAPR

8. Schiffspersonal/ Ship's Crew

	ANT XIII/4	ANT XIII/5
Kapitän	Pahl	Keil
1. nautischer Offizier	Keil	Rodewald
Leitender techn. Offizier	Schulz	Schulz
2. nautischer Offizier	Block	Block
2. nautischer Offizier	Schwarze	Schwarze
2. nautischer Offizier	Spielke	
Arzt	Schuster	Schuster
Funffizier	Koch	Hecht
2. technischer Offizier	Delff	Delff
2. technischer Offizier	Folta	Folta
2. technischer Offizier	Simon	Simon
Elektroniker	Dimmler	
Elektroniker	Fröb	Fröb
Elektroniker	Holtz	Holtz
Elektroniker	Pabst	Pabst
Elektroniker	Piskorzynski	
Schiffbetriebsmeister	Loidl	Loidl
Zimmermann	Neisner	Neisner
Facharbeiter/Deck	Bäcker	Bäcker
Facharbeiter/Deck	Bohne	
Facharbeiter/Deck	Burzan	
Facharbeiter/Deck	Hagemann	
Facharbeiter/Deck	Hartwig	Hartwig
Facharbeiter/Deck	Kreis	
Facharbeiter/Deck	Moser	Moser
Facharbeiter/Deck	Schmidt	Schmidt
Storekeeper	Renner	Renner
Facharbeiter/Maschine	Dinse	Dinse
Facharbeiter/Maschine	Fritz	Fritz
Facharbeiter/Maschine	Hartmann	Arias Iglesias
Facharbeiter/Maschine	Krösche	Krösche
Facharbeiter/Maschine	Schade	Schade
Koch	Silinski	Silinski
Kochsmaat	Hünecke	
Kochsmaat	Tupy	Tupy
1. Stewardess	Dinse	Dinse
Stewardess/Krankenschwester	Lehmbecker	Lehmbecker
2. Stewardess	Klemet	Klemet
2. Stewardess	Schmidt	Schmidt
2. Stewardess	Silinski	Silinski
2. Steward	Tu	Huang.
2. Steward	Wu	Mui
Wäscher	Yu	Yu

9. **Appendix 1, Stationsliste/Station list ANT XIII/4**

Date	Station No.	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Depth (m)	Operation
19.03.96	40/001	10.05 10.46	40°07.7'S	23°24.6'E	4859	CTD
20.03.96	40/002	13.21 14.48	44°00.2'S	27°05.2'E	5487	CTD
23.03.96	40/003	06.02 08.11	54°00.0'S	38°59.8'E	3326	CTD
	40/004	09.29 11.44	54°00.0'S	38°47.0'E	3578	CTD, APSN
	40/005	14.00 18.35	53°59.9'S	38°22.9'E	4044	CTD, MN, APSN, CTD
	40/006	22.05 01.22	54°00.2'S	37°36.6'E	4688	CTD
24.03.96	40/007	04.23 10.06	54°00.0'S	36°45.0'E	4770	CTD, APSN, CTD, MN
	40/008	14.23 17.45	53°59.9'S	35°50.1'E	4862	CTD
25.03.96	40/009	00.47 04.01	54°00.0'S	34°08.1'E	5423	CTD
	40/010	10.05 13.18	54°00.0'S	32°27.2'E	5455	CTD
	40/011	20.04 23.30	53°59.9'S	30°45.9'E	5039	CTD, APSN
26.03.96	40/012	09.22 12.52	54°00.2'S	29°06.6'E	4613	CTD
	40/013	19.42 23.14	54°00.1'S	27°23.0'E	4291	CTD, MN, CTD, APSN
27.03.96	40/014	07.11 13.48	54°00.0'S	26°30.2'E	4743	CTD, ADCP, CTD
	40/015	17.06 23.18	54°00.1'S	25°44.4'E	3304	RMT, CTD, MN, CTD
28.03.96	40/016	03.30 05.46	53°47.8'S	24°41.0'E	3564	CTD
	40/017	12.03 14.43	54°45.2'S	24°38.4'E	3551	CTD, APSN
	40/018	21.41 00.46	55°30.0'S	23°26.2'E	4569	CTD
29.03.96	40/019	06.56 13.38	56°15.1'S	22°14.7'E	5102	CTD, MN, CTD, RMT
	40/020	19.14 22.06	57°00.0'S	21°00.4'E	4903	CTD
30.03.96	40/021	06.53 09.56	57°10.8'S	19°08.6'E	4813	CTD
	40/022	18.45 22.11	57°21.4'S	17°15.4'E	4940	CTD, MN, CTD, APSN
31.03.96	40/023	08.42 11.30	57°32.4'S	15°22.7'E	5144	CTD

	40/024	19.27 23.16	57°42.8'S	13°29.2'E	5508	CTD
01.04.96	40/025	08.04 15.21	57°53.4'S	11°35.1'E	5619	CTD, MN, CTD, RMT
02.04.96	40/026	00.54 04.45	58°04.2'S	9°40.5'E	5503	CTD
	40/027	11.54 16.58	58°14.8'S	7°45.5'E	4095	CTD, RL test ADCP test, ACM test, RL test
03.04.96	40/028	00.10 06.56	58°25.4'S	5°50.0'E	5115	CTD, MN, CTD, APSN, RMT
	40/029	13.05 16.45	58°36.6'S	3°53.5'E	5397	CTD
	40/030	22.17 01.33	58°47.0'S	1°56.8'E	4447	CTD
04.04.96	40/031	07.59 18.05	59°00.0'S	0°00.0'E	4592	CTD, MN, APSN, BO, CTD, 227-3 DPL
05.04.96	40/032	06.30 15.53	59°27.5'S	3°10.5'W	5007	227-2 REC, CTD
07.04.96	40/033	04.10 13.30	54°23.4'S	3°17.9'W	2551	CTD, BO5 REC, BO6 DPL, ACM test
09.04.96	40/034	06.04	50°11.2'S	5°53.9'E	3851	PF8 REC, CTD, MN, CTD, ADCP, PF6 DRD, PF4 DRD
10.04.96		21.12				
12.04.96	40/035	08.17 14.54	55°00.0'S	0°00.1'W	1705	CTD, MN, ADCP, APSN, CTD, ACM test, RMT, CTD, ADCP
	40/036	18.02 22.07	55°29.9'S	0°00.0'E	3750	
13.04.96	40/037	02.12 07.38	56°00.0'S	0°00.1'W	3788	CTD, MN, APSN, ADCP
	40/038	14.07 23.45	56°59.9'S	0°04.0'E	3614	228 DPL, CTD, MN, ADCP, APSN, CTD, RMT
14.04.96	40/039	02.59 05.35	57°30.1'S	0°00.0'E	3908	CTD
	40/040	10.12 13.03	58°00.2'S	0°00.2'W	4502	CTD
	40/041	16.17 18.52	58°30.0'S	0°00.0'E	4202	CTD
15.04.96	40/042	22.17 01.20	59°00.2'S	0°00.1'W	4570	CTD
	40/043	04.59 07.45	59°29.9'S	0°00.0'E	4606	CTD
	40/044	10.57 17.35	60°00.2'S	0°00.3'W	5342	CTD, MN, CTD, APSN, RMT
16.04.96	40/045	20.55 00.03	60°30.6'S	0°00.5'W	5352	CTD
	40/046	03.12 06.35	61°00.1'S	0°00.1'W	5352	CTD
	40/047	09.46 13.40	61°30.2'S	0°00.3'W	5378	CTD, 3 ACM test

	40/048	16.47	61°59.9'S	0°00.0'E	5356	CTD, MN, CTD, APSN, RMT
17.04.96	40/049	23.14 02.49	62°30.0'S	0°00.0'E	5332	CTD
	40/050	06.05 09.16	63°00.2'S	0°00.1'E	5287	MN, CTD, APSN
	40/051	10.40 16.57	63°30.1'S	0°00.2'W	5251	CTD, ADCP
18.04.96	40/052	20.54 00.19	64°00.1'S	0°00.2'W	5177	CTD, MN, APSN, CTD, 229 DPL
	40/053	12.12 15.52	64°29.9'S	0°00.3'W	4635	CTD
19.04.96	40/054	18.50 21.58	65°00.1'S	0°01.0'E	3684	CTD, APSN, MN, CTD
	40/055	03.02 06.45	65°35.1'S	0°00.0'E	3768	CTD
	40/056	09.12 12.42	65°59.9'S	0°01.8'W	3471	230 DPL, CTD, MN, APSN, CTD
20.04.96	40/057	21.55 01.06	66°30.1'S	0°00.0'E	4518	CTD, MN, BO, APSN, CTD, RMT, 231 DPL
	40/058	11.14 15.06	67°00.0'S	0°00.2'E	4679	CTD
21.04.96	40/059	18.08 21.20	67°30.1'S	0°00.3'E	4605	CTD
	40/060	00.15 03.31	68°00.0'S	0°00.3'E	4483	CTD, MN, APSN, BO, CTD
	40/061	09.01 12.12	68°30.1'S	0°00.5'E	4230	CTD, ACM test
22.04.96	40/062	15.24 18.30	68°59.9'S	0°00.2'W	3364	CTD, MN, CTD, APSN, RMT
	40/063	00.28 02.13	69°15.0'S	0°00.2'E	2553	CTD
	40/064	04.14 07.08	69°00.0'S	0°00.6'W	3352	232 DPL
	40/065	09.50 14.07	69°24.5'S	0°02.3'E	2051	233 DPL, CTD
23.04.96	40/066	17.40 20.42	69°38.5'S	0°07.4'W	1849	CTD, MN, CTD
24.04.96	40/067	00.25 08.34	70°26.5'S	8°23.9'W	397	CTD
25.04.96	40/068	08.56 04.00	71°01.3'S	11°36.6'W	378	CTD, ADCP
	40/069	05.31 07.30	70°57.5'S	11°41.5'W	752	CTD, MN, ADCP
	40/070	10.20 13.24	70°53.6'S	12°00.5'W	1595	CTD
	40/071	14.50 18.35	70°37.4'S	12°42.4'W	2157	CTD, APSN, MN, BO, ADCP, CTD
26.04.96	40/072	23.42 03.47	70°22.0'S	13°35.2'W	2973	CTD
		05.35				

	40/073	07.02 10.52	70°20.6'S	13°37.4'W	3668	CTD, ADCP
	40/074	11.54 16.07	70°18.7'S	13°44.0'W	4326	ADCP, CTD
27.04.96	40/075	20.00 02.57	69°59.3'S	14°44.0'W	4715	CTD, MN, ADCP, CTD
	40/076	06.28 09.53	69°39.4'S	15°39.4'W	4774	CTD
	40/077	14.14 17.39	69°14.7'S	16°48.8'W	4734	CTD
28.04.96	40/078	22.24 01.28	68°50.1'S	17°54.3'W	4766	CTD
	40/079	05.48 11.05	68°25.1'S	18°55.8'W	4797	CTD, MN, CTD
	40/080	15.41 18.44	68°00.0'S	19°58.9'W	4886	CTD
29.04.96	40/081	00.17 03.47	67°41.5'S	21°38.6'W	4892	CTD, APSN
	40082	09.26 12.30	67°23.2'S	23°17.2'W	4866	CTD
30.04.96	40083	18.10 01.31	67°03.5'S	24°52.2'W	4834	CTD, APSN, CTD
	40084	08.30 13.15	66°37.3'S	27°07.6'W	4845	CTD
01.05.96	40085	21.36 01.06	66°21.9'S	29°29.9'W	4795	CTD
	40086	11.00 16.57	66°07.9'S	31°51.4'W	4772	CTD, APSN, MN, CTD, ACM test
02.05.96	40087	23.14 02.25	65°57.9'S	33°20.0'W	4777	CTD
	40088	09.15 12.40	65°48.6'S	34°57.6'W	4740	CTD
	40089	18.55 22.06	65°38.3'S	36°29.9'W	4750	CTD
03.05.96	40090	06.30 10.50	65°27.3'S	38°01.6'W	4704	CTD, MN, BO, CTD, APSN
	40091	18.54 21.59	65°11.8'S	39°33.0'W	4752	CTD
04.05.96	40092	04.28 0806	65°00.8'S	41°03.7'W	4743	CTD
	40093	14.04 17.45	64°48.5'S	42°28.5'W	4694	CTD
05.05.96	40094	04.27 07.30	64°37.4'S	44°10.0'W	4596	CTD, MN, CTD, APSN
	40095	16.12 19.10	64°25.4'S	45°49.6'W	4428	CTD
06.05.96	40096	02.23 03.30	64°11.5'S	47°29.7'W	4178	CTD
	40097	12.06 17.09	63°57.0'S	49°07.6'W	3524	CTD, 216/2 DPL

07.05.96	40098	22.04 02.09	63°50.9'S	50°02.4'W	2863	CTD, ADCP
	40099	11.15 20.45	63°44.1'S	50°50.6'W	2506	CTD, MN, APSN, BO, CTD, ADCP, 207/4 DPL
08.05.96	40100	04.23 10.49	63°37.7'S	51°31.0'W	2025	CTD, ADCP, 236 DPL
	40101	13.15 17.20	63°32.8'S	52°06.0'W	989	CTD, APSN, ADCP, 206/4 DPL
09.05.96	40102	21.33 00.52	63°20.1'S	52°47.6'W	448	215/3 DPL, CTD, MN
	40103	15.22 16.52	62°52.6'S	53°39.5'W	290	CTD, 234 DPL
11.05.96	40104	20.03 21.49	62°15.4'S	57°39.2'W	1974	RMT, CTD, APSN
12.05.96	40105	17.03 19.56	59°21.7'S	61°07.8'W	4115	CTD
14.05.96	40106	12.10 09.54	55°47.8'S	65°48.8'W	2550	CTD, Dredge, AGT, EBS, MUC, FTS
15.05.96						
16.05.96	40107	10.56 02.18	55°47.5'S	65°58.8'W	1518	CTD, AGT, EBS, MUC, MKG, MKG, GKG
	40108	04.14 07.35	55°44.1'S	66°16.9'W	187	CTD, AGT, MKG, MKG
	40109	12.42 18.29	55°44.2'S	66°14.9'W	428	CTD, Dredge, MKG, MUC, EBS, FTS
17.05.96	40110	20.58 01.08	55°26.5'S	66°14.3'W	105	CTD, AGT, EBS, MKG, MUC, FTS
	40111	03.47 15.00	55°28.8'S	66°04.5'W	1147	CTD, AGT, EBS, MKG, MUC, EBS
	40112	19.43 21.27	55°44.2'S	66°14.8'W	386	FTS (Abbruch), FTS
	40113	22.16 23.03	55°44.5'S	66°17.2'W	176	FTS
18.05.96	40114	00.56 12.03	55°33.4'S	65°54.6'W	2468	CTD, AGT, MKG, MUC
	40115	14.35 17.37	55°27.4'S	66°05.7'W	580	AGT, MKG, MKG
	40116	18.33 19.37	55°28.1'S	66°09.1'W	336	MUC, FTS
	40117	20.20 21.23	55°24.9'S	66°15.6'W	98	AGT, AGT

ACM=Acoustic module
 ADCP=Acoustic Doppler Current Profiler
 AGT=Agassiz trawl
 APSN=Apstein net
 BO=Bongo net
 CTD=Conductivity, temperature, depth-sonde
 DPL=Mooring deployment
 DRD=Dredging of mooring
 EBS=Epibenthos sledge

FTS=Foto sledge
 MKG=Multiboxcorer
 MN=Multinet
 MUC=Multicorer
 REC=Mooring recovery
 RL=Acoustic releaser
 RMT=Rectangular Midwater
 Trawl

10. Appendix 2, XBT Data ANT XIII/4

No.	Date	Time (GMT)	Latitude	Longitude	Depth (m)	
001	18.03.1996	17.54	37°52'S	21°23'E	5074	
002		20.03	38°12'S	21°41'E	5205	
004		22.06	38°33'S	21°59'E	5119	
005		23.55	38°50'S	22°15'E	4988	
006		19.03.1996	02.09	39°12'S	22°34'E	5165
007	02.18		39°13'S	22°36'E	5156	
008	03.59		39°27'S	22°49'E	5128	
009	f		05.59	39°44'S	23°03'E	5126
010			06.09	39°44'S	23°03'E	5139
011			08.02	39°54'S	23°15'E	5041
012			11.19	40°10'S	23°27'E	4791
013			13.44	40°24'S	23°39'E	4460
014			17.58	40°34'S	23°48'E	4348
015			20.00	40°55'S	24°08'E	4327
016		21.59	41°15'S	24°27'E	4008	
017	20.03.1996	23.58	41°37'S	24°47'E	2714	
018		01.59	41°59'S	25°09'E	3534	
019		03.02	42°12'S	25°20'E	3765	
020		04.00	42°22'S	25°30'E	4157	
021		05.00	42°33'S	25°40'E	4469	
022		05.55	42°43'S	25°50'E	4731	
023		07.00	42°55'S	26°01'E	4981	
024		08.02	43°06'S	26°13'E	4987	
025		08.59	43°17'S	26°23'E	5376	
026		09.56	43°28'S	26°33'E	5223	
027		10.55	43°38'S	26°43'E	5400	
028		11.57	43°48'S	26°53'E	5704	
029		13.04	43°59'S	27°04'E	5270	
030	17.00	44°02'S	27°08'E	5300		
031	18.02	44°12'S	27°19'E	5404		
032	18.59	44°21'S	27°28'E	5454		
033	20.06	44°33'S	27°39'E	5414		
034	20.59	44°41'S	27°48'E	5422		
035	22.00	44°49'S	28°00'E	5385		
036	f	23.03	44°59'S	28°10'E	5416	
037		f	23.11	44°59'S	28°10'E	5420
038		23.14	45°00'S	28°11'E	5422	
039		23.58	45°08'S	28°20'E	5180	
040	21.03.1996	00.59	45°17'S	28°30'E	5829	
041		02.00	45°26'S	28°40'E	5404	
042		02.59	45°36'S	28°50'E	5281	
043		03.59	45°44'S	29°00'E	5274	
044		04.56	45°54'S	29°11'E	5354	
045		06.00	46°05'S	29°23'E	4283	
046		07.00	46°15'S	29°35'E	5318	
047		08.00	46°24'S	29°46'E	5247	
048		09.00	46°35'S	29°56'E	4991	

049		09.59	46°44'S	30°07'E	5430
050		11.03	46°54'S	30°18'E	5220
051		11.58	47°03'S	30°29'E	4309
052		12.58	47°13'S	30°40'E	4135
053		14.00	47°23'S	30°51'E	4463
054		14.56	47°31'S	31°01'E	5102
055		15.55	47°39'S	31°10'E	2769
056		16.55	47°48'S	31°20'E	3697
057		17.56	47°57'S	31°31'E	4513
058		18.56	48°07'S	31°42'E	5603
059		19.57	48°16'S	31°53'E	4579
060		20.56	48°26'S	32°03'E	2648
061		21.57	48°35'S	32°15'E	3975
062		22.58	48°45'S	32°27'E	3973
063	22.03.1996	00.01	48°55'S	32°39'E	4411
064		00.59	49°04'S	32°50'E	4066
065	f	01.59	49°14'S	33°01'E	4003
066		02.07	49°15'S	33°03'E	3966
067		02.57	49°23'S	33°12'E	4975
069		04.55	49°42'S	33°35'E	4074
069		06.03	49°54'S	33°49'E	5237
070		06.59	50°03'S	34°00'E	4733
071		07.58	50°11'S	34°12'E	4610
072		08.59	50°20'S	34°23'E	4566
073		09.58	50°30'S	34°34'E	5163
074		10.57	50°39'S	34°44'E	5235
075		12.04	50°50'S	34°58'E	5185
076		12.58	50°58'S	35°07'E	4880
077		13.53	51°07'S	35°18'E	4775
078		14.57	51°17'S	35°31'E	4901
079		15.55	51°26'S	35°42'E	5198
080		16.55	51°36'S	35°55'E	4261
081		17.57	51°46'S	36°08'E	4875
082		19.00	51°58'S	36°23'E	4596
083		20.08	52°10'S	36°39'E	4237
084		21.01	52°21'S	36°52'E	4516
085		22.01	52°32'S	37°07'E	4508
086		23.06	52°45'S	37°22'E	4492
087	23.03.1996	00.00	52°55'S	37°36'E	4459
088		00.57	53°06'S	37°50'E	4412
089		02.02	53°19'S	38°06'E	4296
090		03.00	53°30'S	38°21'E	4271
091		03.59	53°41'S	38°35'E	4185
092		04.58	53°53'S	38°50'E	3500
093		18.46	54°01'S	38°20'E	4129
094		19.55	54°01'S	38°03'E	4314
095		21.04	54°00'S	37°46'E	4622
096	24.03.1996	02.02	54°00'S	37°26'E	4710
097		02.53	54°00'S	37°10'E	4736
098		03.50	54°00'S	36°53'E	4772
099		11.09	54°00'S	36°36'E	4560

100		12.17	54°00'S	36°19'E	4844
101		13.23	54°00'S	36°02'E	4701
102		18.18	54°00'S	35°45'E	4724
103		19.32	53°59'S	35°28'E	4822
104		20.42	54°00'S	35°11'E	5034
105		21.52	54°01'S	34°54'E	4778
106		22.58	54°00'S	34°37'E	5310
107	25.03.1996	00.05	54°00'S	34°17'E	5327
108		04.32	54°00'S	34°02'E	5432
109		05.40	54°00'S	33°42'E	5440
110		06.37	54°00'S	33°25'E	4571
111		07.40	54°00'S	33°07'E	5448
112		08.32	54°00'S	32°51'E	5433
113		09.29	54°00'S	32°34'E	5296
114		14.00	54°00'S	32°17'E	5470
115		14.57	54°00'S	32°00'E	4630
116		16.12	53°59'S	31°43'E	5483
117		17.20	53°59'S	31°25'E	5514
118		18.31	54°00'S	31°07'E	5483
119		19.29	54°00'S	30°52'E	4981
120	26.03.1996	00.06	54°00'S	30°36'E	5272
121		01.09	54°00'S	30°19'E	5510
122		02.28	54°00'S	30°01'E	5044
123		03.39	54°00'S	29°44'E	5510
124		04.51	54°00'S	29°27'E	5227
125		06.04	54°00'S	29°10'E	4603
126		13.51	54°00'S	28°54'E	5294
127		14.59	54°00'S	28°34'E	4871
128		15.53	54°00'S	28°19'E	5173
129		16.56	54°00'S	28°02'E	4053
130		18.06	54°00'S	27°45'E	5297
131	27.03.1996	01.49	54°02'S	27°21'E	4185
132		02.58	54°01'S	27°03'E	4544
133		04.46	54°00'S	26°46'E	4896
134		14.02	54°00'S	26°29'E	4779
135		15.05	54°00'S	26°13'E	3302
136		16.04	54°00'S	25°55'E	3318
137		23.54	54°00'S	25°35'E	4179
138	28.03.1996	00.42	54°00'S	25°22'E	4147
139		01.43	53°58'S	25°04'E	4534
140		02.41	53°52'S	24°51'E	4844
141		06.15	53°46'S	24°37'E	3294
142		07.21	53°58'S	24°38'E	4132
143		08.13	54°08'S	24°38'E	4935
144		09.13	54°19'S	24°37'E	4518
145		10.08	54°29'S	24°37'E	4186
146		11.16	54°41'S	24°36'E	4449
147		16.38	54°54'S	24°22'E	3823
148		17.38	55°01'S	24°11'E	4141
149		18.36	55°08'S	23°59'E	3870
150		19.36	55°16'S	23°48'E	3961

151		20.33	55°23'S	23°37'E	4685
152	29.03.1996	01.05	55°32'S	23°26'E	4668
153		02.07	55°38'S	23°12'E	4657
154		03.02	55°46'S	23°02'E	5115
155		04.05	55°54'S	22°49'E	5237
156		05.02	56°02'S	22°37'E	5113
157		06.05	56°10'S	22°23'E	5088
158		13.57	56°14'S	22°09'E	5222
159		15.03	56°26'S	21°57'E	4805
160		16.01	56°34'S	21°44'E	5116
161		17.19	56°45'S	21°25'E	5023
162		18.09	56°52'S	21°13'E	5009
163		22.22	57°00'S	21°01'E	4738
164		23.20	57°01'S	20°46'E	5213
165	30.03.1996	10.34	57°11'S	19°06'E	4824
166		11.53	57°12'S	18°46'E	4878
167		12.51	57°14'S	18°32'E	4994
168		13.49	57°16'S	18°19'E	4941
169		14.52	57°17'S	18°04'E	5318
170		16.23	57°19'S	17°44'E	3850
171		17.57	57°21'S	17°23'E	5396
172	31.03.1996	00.14	57°23'S	17°12'E	4803
173		02.01	57°25'S	16°48'E	5327
174		03.34	57°27'S	16°26'E	5116
175		04.59	57°29'S	16°06'E	5351
176		06.33	57°30'S	15°46'E	5232
177		07.59	57°32'S	15°29'E	4965
178		12.20	57°32'S	15°29'E	5345
179		13.46	57°35'S	14°52'E	5655
180		14.56	57°37'S	14°34'E	4955
181		16.30	57°39'S	14°11'E	5607
182		18.00	57°41'S	13°49'E	5711
183		23.34	57°43'S	13°28'E	5513
184	01.04.1996	01.04	57°45'S	13°07'E	5655
185		02.27	57°47'S	12°48'E	5550
186		04.01	57°49'S	12°24'E	5506
187		05.38	57°51'S	12°02'E	5175
188		07.08	57°52'S	11°44'E	5609
189		15.55	57°54'S	11°22'E	5999
190		17.30	57°36'S	11°02'E	5379
191		19.01	57°58'S	10°46'E	5375
192		20.35	58°00'S	10°29'E	5570
193		22.11	58°01'S	10°12'E	5621
194		23.30	58°02'S	09°57'E	5589
195	02.04.1996	05.07	58°05'S	09°36'E	5501
196		06.24	58°06'S	09°18'E	5284
197		07.40	58°08'S	08°56'E	4947
198		08.45	58°10'S	08°38'E	4908
199		09.42	58°11'S	08°21'E	4440
200		10.42	58°13'S	08°04'E	3248
201		17.17	58°16'S	07°42'E	3998

202		18.29	58°17'S	07°20'E	4009
203		19.25	58°19'S	07°03'E	5004
204		20.31	58°20'S	06°45'E	5067
205		21.56	58°22'S	06°26'E	5342
206		23.10	58°24'S	06°06'E	5143
207	03.04.1996	07.12	58°27'S	05°44'E	5172
208		08.07	58°28'S	05°27'E	5040
209		09.04	58°29'S	05°10'E	5331
210		10.00	58°31'S	04°52'E	5209
211		11.02	58°33'S	04°32'E	5445
212		12.13	58°35'S	04°10'E	5514
213		17.05	58°37'S	03°48'E	5083
214		18.14	58°39'S	03°22'E	5611
215		18.58	58°41'S	03°06'E	4722
216		19.55	58°43'S	02°45'E	4925
217		20.58	58°45'S	02°21'E	4983
218		21.55	58°47'S	02°01'E	4186
219	04.04.1996	02.38	58°48'S	01°43'E	4644
220		03.50	58°50'S	01°22'E	4734
221		04.50	58°53'S	01°02'E	5326
222		05.47	58°55'S	00°43'E	4028
223		06.47	58°57'S	00°22'E	3912
224		07.36	59°00'S	00°04'E	4459
225	05.04.1996	16.50	59°24'S	03°11'W	4765
226		18.00	59°13'S	03°11'W	4897
227		19.05	59°02'S	03°12'W	4994
228		20.18	58°52'S	03°12'W	5371
229		21.24	58°42'S	03°10'W	4017
230		22.28	58°32'S	03°09'W	4535
231		23.37	58°22'S	03°11'W	4978
232	06.04.1996	00.49	58°12'S	03°13'W	3723
233		01.00	58°10'S	03°13'W	4187
234		01.44	58°03'S	03°13'W	4656
235		02.52	57°53'S	03°13'W	3688
236		04.05	57°43'S	03°13'W	3653
237		05.04	57°33'S	03°14'W	3984
238		06.07	57°23'S	03°14'W	3788
239		07.12	57°13'S	03°14'W	3895
240		08.17	57°03'S	03°14'W	4022
241		09.26	56°53'S	03°14'W	3461
242		10.36	56°43'S	03°14'W	3325
243		13.20	56°33'S	03°14'W	3731
244		14.21	56°23'S	03°15'W	3774
245		15.26	56°13'S	03°15'W	2834
246		16.28	56°03'S	03°16'W	3616
247		17.32	55°53'S	03°16'W	2812
248		18.36	55°43'S	03°16'W	4623
249		19.35	55°33'S	03°16'W	1834
250		20.42	55°23'S	03°16'W	3011
251		21.49	55°13'S	03°17'W	3154
252		22.58	55°03'S	03°17'W	3219

253	07.04.1996	00.06	54°53'S	03°17'W	2699
254		01.17	54°44'S	03°17'W	2542
255		02.22	54°35'S	03°17'W	2698
256		03.37	54°25'S	03°18'W	1812
257		13.55	54°19'S	03°13'W	2520
258		15.00	54°11'S	02°55'W	2302
259		16.01	54°03'S	02°38'W	2592
260		17.05	53°56'S	02°21'W	2157
261		18.03	53°49'S	02°04'W	2405
262		19.01	53°42'S	01°48'W	2457
263		20.03	53°34'S	01°31'W	2416
264		21.04	53°27'S	01°14'W	2318
265		22.02	53°20'S	01°00'W	2378
266		23.02	53°13'S	00°43'W	2505
267	08.04.1996	00.02	53°06'S	00°28'W	2554
268		01.03	52°59'S	00°11'W	2493
269		02.04	52°52'S	00°05'E	2684
270		03.03	52°44'S	00°22'E	2825
271		04.04	52°37'S	00°38'E	2725
272		05.02	52°30'S	00°53'E	2836
273		05.59	52°23'S	01°08'E	2635
274		06.57	52°16'S	01°24'E	2706
275		08.00	52°09'S	01°40'E	2766
276		09.00	52°02'S	01°56'E	2658
277		10.07	51°55'S	02°13'E	2817
278		11.04	51°47'S	02°29'E	3122
279		11.58	51°40'S	02°42'E	2843
280		12.58	51°34'S	02°57'E	2947
281		14.04	51°28'S	03°09'E	3490
282		15.01	51°23'S	03°21'E	3323
283		16.04	51°17'S	03°34'E	3318
284		17.05	51°11'S	03°46'E	3285
285		18.04	51°06'S	03°58'E	3585
286		19.02	51°00'S	04°09'E	3612
287		20.10	50°55'S	04°21'E	3474
288		21.10	50°49'S	04°34'E	2890
289		22.23	50°43'S	04°45'E	3536
290		23.45	50°36'S	05°02'E	3389
291	09.04.1996	01.11	50°29'S	05°15'E	1208
292		02.13	50°25'S	05°24'E	2691
293		03.20	50°21'S	05°33'E	3639
294		04.50	50°15'S	05°45'E	3425
295	11.04.1996	11.54	52°15'S	03°25'E	3177
296		13.37	52°30'S	03°05'E	1437
297		14.52	52°40'S	02°53'E	2736
298		16.04	52°50'S	02°42'E	2602
299		17.26	53°00'S	02°29'E	2638
300		18.35	53°10'S	02°17'E	2718
301		19.50	53°20'S	02°05'E	2659
302		20.54	53°30'S	01°54'E	2595
303		22.27	53°40'S	01°40'E	2718

304		23.41	53°50'S	01°29'E	2400
305	12.04.1996	01.00	54°00'S	01°16'E	3090
306		02.19	54°10'S	01°03'E	3077
307		03.38	54°20'S	00°50'E	2085
308		04.50	54°30'S	00°38'E	2508
309		05.58	54°40'S	00°26'E	1864
310		07.04	54°50'S	00°13'E	1243

f= probe failure with repeat f= XBT Ausfall mit Wiederholung.

11. Appendix 3, Station list of benthos work south of Isla Nueva

Station No.	Gear	No.	Date		Time		Position from board		Position on board		Depth [m]		Weather	Failure
			1996		from	on board	Lat. S	Long. W	Lat. S	Long. W	from	on board		
40 / 106	CTD	1	14.05.		12:58		55°47,8	65°48,8			2524		WSW 6	
40 / 106	D	1	14.05.		16:18	16:45	55°46,8	65°52,7	55°46,5	65°53,6	2276	2171	SW 3	
40 / 106	AGT	1	14.05.		20:56	21:28	55°47,7	65°49,3	55°47,3	65°49,0	2505		var. 2	
40 / 106	EBS	1	15.05.		01:33	02:00	55°48,0	65°49,3	55°48,2	65°49,3	2516	2539	NE 4	+
40 / 106	MUC	1	15.05.		06:08		55°44,9	65°49,2			2536		N4	+
40 / 106	FS	1	15.05.		07:45	09:54	55°45,7	65°48,0	55°45,3	65°48,1	2507	2528	N5	
40 / 107	CTD	2	15.05.		11:27		55°47,5	65°58,8			1565		NNE 5	
40 / 107	AGT+D	2	15.05.		13:47	14:18	55°45,6	65°58,7	55°45,4	65°58,7	1507	1474	NNE 5	
40 / 107	EBS	2	15.05.		17:18	17:47	55°45,3	65°58,0	55°44,9	65°57,3	1490	1542	N 6	+
40 / 107	MUC	2	15.05.		20:21		55°45,8	65°58,6			1575		N 6	+
40 / 107	MG	1	15.05.		22:04		55°47,1	65°58,6			1545		NWN 5/6	+
40 / 107	MG	2	15.05.		23:15		55°46,9	65°58,4			1565		NNW 5	+
40 / 107	GKG	1	16.05.		01:31		55°45,8	65°58,6			1519		WNW 3	
40 / 108	CTD	3	16.05.		04:24		55°44,1	66°16,9			191		SW 4	
40 / 108	AGT+D	3	16.05.		05:16	05:33	55°44,5	66°17,1	55°44,6	66°17,3	185	198	SW 4	
40 / 108	MG	3	16.05.		06:26		55°44,1	66°16,7			203		SW 4	
40 / 108	MUC	3	16.05.		07:28		55°44,1	66°16,7			208		SW 3	+
40 / 109	CTD	4	16.05.		12:54		55°44,2	66°14,9			377		SW 3	
40 / 109	AGT+D	4	16.05.		13:57	14:12	55°44,0	66°14,5	55°44,3	66°14,7	430	397	WNW 3	
40 / 109	MG	4	16.05.		15:22		55°44,7	66°15,3			384		NW 3/4	
40 / 109	MUC	4	16.05.		16:01		55°45,0	66°14,8			429		NW 4	
40 / 109	EBS	3	16.05.		16:51	17:02	55°44,4	66°15,0	55°44,5	66°18,0	382	395	NW 4	
40 / 110	CTD	5	16.05.		21:02		55°26,5	66°14,3			97		NNW 3	
40 / 110	AGT+D	5	16.05.		21:39	21:56	55°26,3	66°13,5	55°26,6	66°13,8	107	107	WNW 3	
40 / 110	EBS	4	16.05.		22:40	22:49	55°26,5	66°15,0	55°26,4	66°15,3	104	102	var. 0.5	
40 / 110	MG	5	16.05.		23:22		55°26,1	66°15,5			102		NNW 3	
40 / 110	MUC	5	17.05.		00:02		55°26,4	66°15,6			101		NNW 3	
40 / 110	FS	2	17.05.		00:25	01:08	55°26,4	66°15,8	55°26,3	66°15,7	100	99	NW 3	
40 / 111	CTD	6	17.05.		04:09		55°28,8	66°04,5			1139		NW 3	
40 / 111	AGT+D	6	17.05.		06:06	06:36	55°28,8	66°03,4	55°28,6	66°04:06	1270	1005	W 4	
40 / 111	EBS	5	17.05.		08:54	09:03	55°29,0	66°04,1	55°29,0	66°04,3	1220	1222	WSW 4/5	+
40 / 111	MG	6	17.05.		10:42		55°28,9	66°04,4			1145		WSW 3	
40 / 111	MUC	6	17.05.		11:55		55°29,0	66°04,4			1154		WSW 3/4	
40 / 111	EBS	6	17.05.		13:46	13:56	55°28,8	66°03,4	55°28,8	66°03,5	1279	1253	W 5	
40 / 112	FS	3	17.05.		20:22	21:27	55°44,4	66°14,8	55°44,1	66°14,3	406	480	WNW 4/5	
40 / 113	FS	4	17.05.		22:16	23:03	55°44,5	66°17,2	55°44,0	66°16,8	176	183	NNW 4/5	
40 / 114	CTD	7	18.05.		01:48		55°33,4	66°54,6			2457		NNW 5	
40 / 114	AGT+D	7	18.05.		04:58	05:29	55°31,6	65°56,8	55°30,7	65°58,8	2165	2008	W 8/7	
40 / 114	MG	7	18.05.		08:50		55°33,4	65°54,2			2523		WSW 8	+
40 / 114	MUC	7	18.05.		11:16		55°33,4	65°54,0			2524		WSW 9	+
40 / 115	AGT+D	8	18.05.		15:03	15:18	55°27,4	66°06,3	55°28,1	66°06,2	780	712	WSW 6	
40 / 115	MG	8	18.05.		16:30		55°27,9	66°06,8			876		SW 7	+
40 / 115	MG	9	18.05.		17:22		55°28,4	66°07,1			510		W 7/8	+
40 / 116	MUC	8	18.05.		18:42		55°27,8	66°09,1			336		WNW 6	
40 / 116	FS	5	18.05.		19:00	19:37	55°27,2	66°09,2	55°26,7	66°08,8	233	173	NNW 4/3	
40 / 117	AGT+D	9	18.05.		20:25	20:35	55°24,6	66°15,6	55°24,1	66°15,3	97	99	var. 4/5	
40 / 117	AGT	10	18.05.		21:02	21:17	55°23,8	66°13,8	55°24,1	66°13,8	103	104	NNW 5	

12. Appendix 4, Summary of AGT catches south of Isla Nueva

AGT No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Station No.	40/106	40/107	40/108	40/109	40/110	40/111	40/114	40/115
Date	14/05/96	15/05/96	16/05/96	16/05/96	17/05/96	18/05/96	18/05/96	18/05/96
Average depth [m]	2505	1507	185	430	107	1270	2165	780
Duration of haul [min]	30	30	18	15	17	30	31	15
Porifera	0	-	-	+	+	0	0	+
Hydrozoa	-	-	+	+	-	-	-	-
Actiniaria	0	-	-	-	-	0	-	-
Gorgonaria	0	+	-	+	-	+	+	+
Pennatularia	-	0	0	-	0	0	+	-
Alcyonaria	0	-?	-	-	-	-	0	-
Scleractinia	0	0	0	++	0	-	+	+
Nemertini	0	0	0	-	0	0	0	0
Bivalvia	0	0	+	-	++	-	0	-
Aplacophora	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosobranchia	0	0	-	-	+	-	-	-
Ophistobranchia	0	0	0	-	-	0	0	-
Polyplacophora	0	0	-	-	-	0	0	0
Cephalopoda Octopoda	0	0	0	-	-	0	-	0
Scaphopoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Polychaeta Sedentaria	-	-	-	-	+	0	0	+
Polychaeta Errantia	-	-	-	+	-	-	-	-
Priapulida	0	0	0	0	0	0	0	0
Sipunculida	0	0	0	-	-	0	0	0
Echiurida	0	0	0	0	0	0	0	-
Cirripedia	0	-	0	0	0	-	+	0
Amphipoda	-	-	0	-	-	0	-	-
Isopoda	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacea	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysidacea	0	-	0	0	0	0	0	0
Stomatopoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda Natantia	-	+	0	-	+	++	-	-
Decapoda Reptantia	0	-	+	+	+	++	0	+
Pantopoda	0	-	-	-	-	0	-	0
Bryozoa	0	-	-	+	+	-	0	+
Brachiopoda	0	0	0	-	-	0	0	0
Pterobranchia	0	0	+	++	++	-	0	-
Ophiuroidea	0	-	+	++	++	-	-	+
Asteroidea	0	0	-	-	+	0	-	-
Echinoidea	-	0	-	-	+	0	-	0
Crinoidea	-	0	+	-	0	0	0	-
Holothuroidea	+	0	0	-	-	0	-	-
Ascidiacea	0	0	-	0	0	0	0	-
Pisces	0	-	-	0	+	++	-	-
Total amount [kg]	0.25	4	2	80	200	20	20	15
0 absent - rare + regular occurrence ++ very abundant/dominant								

13. Appendix 5, Stationsliste/Station list ANT XIII/5

Date	Station No.	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Depth (m)	Operation
25.05.96	40/118	02.47	47°02,2'S	55°05,4'W	5751	CTD, MIC
		06.32				
		07.10	47°04,1'S	55°05,3'W	5732	MKG
		11.30				
		11.59	47°04,9'S	55°05,5'W	5730	TWS
		16.24				
		16.49	47°05,6'S	55°06,8'W	5733	MN (3600-1000 m)
		20.07				
		20.45	47°04,5'S	55°05,1'W	5744	MN (1000 - 0 m)
		21.40				
26.05.96		22.12	47°04,7'S	55°05,2'W	5721	RG
		02.04				
		02.50	47°04,9'S	55°05,6'W	5726	MUC
28.05.96	40/119	14.49	37°59,9'S	43°00,1'W	5088	CTD, MIC
		17.50				
		18.34	38°00,6'S	43°02,3'W	5088	RG
		22.28				
29.05.96		23.24	38°02,8'S	43°05,6'W	5092	MN (3000 - 1000 m)
		01.56				
		02.10	38°02,0'S	43°05,6'W	5095	MUC
		06.07				
		06.34	38°02,3'S	43°07,6'W	5088	MN (1000 - 0 m)
		07.29				
03.06.96	40/120	16.33	14°59,9'S	29°02,7'W	5130	MUC
		20.18				
04.06.96		21.00	14°59,7'S	29°02,2'W	5152	MKG
06.06.96	40/121	00.46				
		00.55	04°00,1'S	27°12,2'W	5362	CTD, MIC
		04.43				
		05.11	03°59,8'S	27°11,6'W	5366	MUC
		08.39				
		08.48	03°59,9'S	27°11,1'W	5362	MKG (Abbruch)
		10.07				
		10.21	04°00,6'S	27°10,8'W	5374	MKG
		14.27				
		14.43	04°00,6'S	27°10,4'W	5372	MN (3000 - 1000 m)
		17.30				
17.55	04°00,5'S	27°10,2'W	5374	TWS		
22.19						
22.29	04°00,8'S	27°09,0'W	5371	MN (1000 - 0 m)		
23.29						

11.06.96	40/122	22.45	23°10,9'N	24°26,2'W	5102	CTD, MIC
		02.14				
12.06.96		02.47	23°10,9'N	24°26,3'W	5055	MUC
		06.13				
		06.32	23°11,0'N	24°26,3'W	5118	MKG
		10.14				
		10.27	23°11,3'N	24°27,3'W	5119	MN (3600 - 1000 m)
		13.30				
		14.06	23°11,6'N	24°27,8'W	5125	TWS
		18.36				
		18.44	23°10,4'N	24°29,0'W	5128	MN (1000 - 0 m)
		19.43				

CTD=Conductivity, temperature, depth-sonde

MIC=Minicorer

MKG=Multiboxcorer

MN=Multinet

MUC=Multicorer

RG=Rotating corer

TWS=Deep-water sampler