

Expeditionsprogramm Nr. 20

**RV "Polarstern"**

**ANTARKTIS IX/1-4**

**1990/91**

Fahrleiter:

ANT IX/1: Meinhard Schulz-Baldes  
ANT IX/2: Summer Weddell Gyre Study (SWGS) Eberhard Fahrbach  
ANT IX/3: Südwestliches Weddellmeer (SWW) Victor Smetacek  
ANT IX/4: Hans-Wolfgang Hubberten

Koordinator: Victor Smetacek

Alfred Wegener Institute  
für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven  
August 1990

25. Okt. 1990



**Z 432**

**20  
1990**

Expeditionsprogramm Nr. 20

**RV "Polarstern"**

**ANTARKTIS IX/1-4**

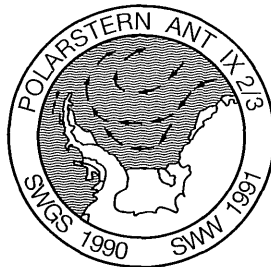
**1990/91**

Fahrleiter:

ANT IX/1: Meinhard Schulz-Baldes  
ANT IX/2: Summer Weddell Gyre Study (SWGS) Eberhard Fahrbach  
ANT IX/3: Südwestliches Weddellmeer (SWW) Victor Smetacek  
ANT IX/4: Hans-Wolfgang Hubberten

Koordinator: Victor Smetacek

Alfred Wegener Institute  
für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven  
August 1990



1. Zusammenfassung .....	3
2. Forschungsprogramme ANT IX/1.....	4
3. Forschungsprogramme ANT IX/2.....	10
4. Forschungsprogramme ANT IX/3.....	20
5. Forschungsprogramme ANT IX/4.....	35
6. Beteiligte Institute / Participating Institutions.....	40
7. Fahrtteilnehmer / Participants	
8. Schiffsbesatzung / Ship's Crew.....	46
1. Summary .....	47
2. Research Programs ANT IX/1 .....	48
3. Research Programs ANT IX/2.....	53
4. Research Programs ANT IX/3.....	60
5. Research Programs ANT IX/4.....	72
Abb. / Fig. 1.....	5
Abb. / Fig. 2.....	11
Abb. / Fig. 3.....	21
Abb. / Fig. 4.....	35
Abb. / Fig. 5.....	36

## 1. Zusammenfassung

Die neunte Forschungsreise des FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT IX) setzt sich aus insgesamt vier Fahrtabchnitten zusammen. Der erste Abschnitt ist chemischen Untersuchungen während der Überfahrt durch den Atlantik gewidmet. Auf dem zweiten Abschnitt konzentrieren sich die Arbeiten auf das ozeanographische Programm zur Erfassung des Weddellwirbels im Rahmen des World Ocean Circulation Experiments (WOCE). Im dritten Fahrtabchnitt werden Arbeitsgruppen der physikalischen Ozeanographie, der Biologie und der Geologie im südwestlichen Weddellmeer auf den bisher wenig bekannten Kontinentalshelf und über dem Kontinentalhang Untersuchungen durchführen. Während des vierten Abschnitts wird ein vorwiegend geologisches Arbeitsprogramm auf dem Rückweg im Südatlantik absolviert.

FS "Polarstern" wird am 20. Oktober 1990 von Bremerhaven Richtung Punta Arenas auslaufen, wo es am 14. November eintreffen wird. Auf diesem Abschnitt wird ein umfangreiches chemisches Arbeitsprogramm als Fortsetzung der langjährigen Untersuchungen im Atlantik durchgeführt, das Nord-Südunterschieden in Konzentrationen von organischen und anorganischen Substanzen in der Atmosphäre und deren Wechselwirkung mit dem Ozean gewidmet ist.

Am 16. November 1990 verläßt "Polarstern" Punta Arenas und fährt zunächst nach King George Island um dort Versorgungsarbeit zu leisten. Danach fängt die ozeanographische Profilfahrt an, die das Schiff quer durch das Weddellmeer führen wird. Auf diesem kurzen Abschnitt sollen 24 Verankerungen versorgt werden, die zur Bilanzierung des Ein- und Ausstromes des Weddellwirbels ins innere Weddellmeer eingesetzt werden. Flankierende CTD-, Nährsalz- und Chlorophyllprofile sollen Informationen über die Lage verschiedener Wassermassen und über die Frühjahrsentwicklung der Planktonpopulationen liefern. Diese Fahrt ist Teil einer Serie von Traversen durch das Weddellmeer im Rahmen des AWI-Beitrages zum WOCE-Programm. Sinkstoff-Fallen an drei Verankerungspositionen sollen ebenfalls über mehrere Jahre den vertikalen Stofftransport messen. Diese Untersuchung ist Teil des AWI-Beitrags zur Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS). Die Versorgung der Georg-von-Neumayer-Station (GvN) wird kurz vor dem Abschluß dieses Abschnittes erfolgen, der am 30. Dezember 1990 in Kapstadt beendet sein wird.

Drei Tage später, am 3. Januar 1991 verläßt das FS "Polarstern" Kapstadt, um Sommerpersonal und weitere wissenschaftliche und Versorgungsgüter zur GvN zu transportieren. Die folgenden Monate des Südsommers werden genutzt, um so weit wie möglich in den bisher unbekanntem Südwesten des Weddellmeeres vorzudringen. Dabei müssen Wissenschaftler und Besatzung sich auf schwierige Eisverhältnisse einstellen, die eine exakte Festlegung des Kursverlaufes im Vorhinein erschweren. Vor dem Filchner-Ronne Schelfeis wird die Tiefenwasserbildung und dessen Transport mittels eines ozeanographischen Schnittes aufgenommen und über das folgende Jahr mittels zweier Strommesserverankerungen verfolgt. Sinkstoff-Fallen in diesen Verankerungen werden erste Daten zum Stofffluß liefern. Die biologischen Prozesse im Eis und im oberen Pelagial werden während dieser Fahrt verfolgt, und die Besiedlung des Meeresbodens auf dem Südschelf und entlang des Kontinentalhanges aufgenommen. Dazu wird versucht, drei Trajektorien

senkrecht zur Küste abzufahren, auf denen zusätzlich das geologische Vermessungsprogramm erste Karten der Meeresbodentopographie erstellen wird. Anhand von Sedimentproben soll die rezente Geschichte dieses Gebietes rekonstruiert werden. Nach der Aufnahme von Personal von GvN sowie von der weiter östlich gelegenen Georg-Forster-Station der DDR wird "Polarstern" am 28. März 1991 in Kapstadt eintreffen.

Der vierte Fahrtabschnitt, der nach zwei Hafentagen am 30. März 1991 beginnt, wird mit einer geologischen Forschergruppe, die sich aus dem Sonderforschungsbereich 216 der Universität Bremen und aus dem AWI rekrutiert, zur Bouvet Insel führen. Die Beprobung und Vermessung sub-mariner Erhebungen bilden das wissenschaftliche Hauptinteresse dieses Abschnittes. FS "Polarstern" wird am 13. Mai 1991 in Bremerhaven zurückerwartet.

## **2. Forschungsprogramme ANT IX/1 Bremerhaven - Punta Arenas - 20.10.90 - 14.11.90**

### **2.1 Einführung**

Auf dem Fahrtabschnitt Bremerhaven - Punta Arenas (Abb. 1) sollen Spurenstoffe in der Atmosphäre, im Wasser und in Organismen untersucht werden. Die von der Mehrzahl der Arbeitsgruppen vorgesehenen Spurenstoffuntersuchungen knüpfen teilweise an vorausgegangene Reisen an und sollen Einblicke in die von der geographischen Breite abhängige Verbreitung natürlicher und anthropogener Spurenstoffe, in die Bildungsweise natürlicher Spurenkomponenten sowie in Stoffaustauschprozesse ermöglichen. Sie sollen hiermit einen Beitrag zur Ermittlung von Stoffflüssen und zur Belastungssituation des Nord- und Südatlantiks liefern. Darüberhinaus arbeitet eine Arbeitsgruppe über die Verteilung ausgewählter Planktongruppen. Schwerpunkte der Untersuchungen sind:

- a) Schwermetalle in Wasser, Schwebstoff und Organismen
- b) Schwefel in der Troposphäre und im Oberflächenwasser
- c) Organobromverbindungen in der Troposphäre und im Oberflächenwasser
- d) PCBs in der Troposphäre und im Oberflächenwasser
- e) Hexacyclohexan und -benzol in der Troposphäre
- f) Quecksilber in der Troposphäre
- g) Salpetersäure und Ammoniak in der Troposphäre
- h) Stratosphärische Gase
- i) Verteilung planktischer Foraminiferen und Coccolithophoriden

### **2.2 Schwermetalle in Wasser, Schwebstoff und Organismen (AWI)**

#### **2.2.1 Oberflächenwasser**

Im Südatlantik ist die Verteilung von Spurenmetallen im Oberflächenwasser noch weitgehend unbekannt, während es hierüber im anthropogen beeinflussten Nordatlantik in den letzten Jahren verschiedene Untersuchungen gegeben hat. Hatte man es bisher für möglich gehalten, diese Erkenntnisse auch auf den Südatlantik zu übertragen, so zeigt sich nun (s. ANT VII/5 und

ANT VIII/7), daß in der Verteilung von "anthropogenen" Metallen wie Blei ein starkes Nord-Süd-Gefälle herrscht.

Bei Cadmium spielen, abhängig vom Meeresgebiet, jahreszeitliche Schwankungen, Anbindungen an Nährstoffkreisläufe und Auftriebsgebiete eine Rolle. Kupfer gehört zu den wenigen Metallen, die auch in der offenen See noch zu einem deutlichem Anteil organisch (d.h. durch Huminstoffe) komplexiert sind und offenbar entsprechend mit DOC-Gehalten im Wasser korrespondieren.

Eine quantitative Bestimmung der genannten drei Metalle und eine Differenzierung von Kupfer und teilweise Cadmium in "anorg." bzw. "org." Fraktionen ermöglicht die Voltametrie, welche auf ANT IX/1 im Reinraumlaborcontainer des AWI durchgeführt werden soll.

Die Aufarbeitung und weitere Behandlung (Bestrahlung etc.) wird im Heimatlabor fortgesetzt, hinzu kommt eine fluorimetrische Analyse der Aluminium-Gehalte, um hiermit einen geochemischen Parameter zu erhalten. Eine weitere Serie von Schwermetallanalysen wird nach flüssig-flüssig-Extraktion durch AAS-Messungen vorgenommen. Erste Analysenschritte werden an Bord durchgeführt.

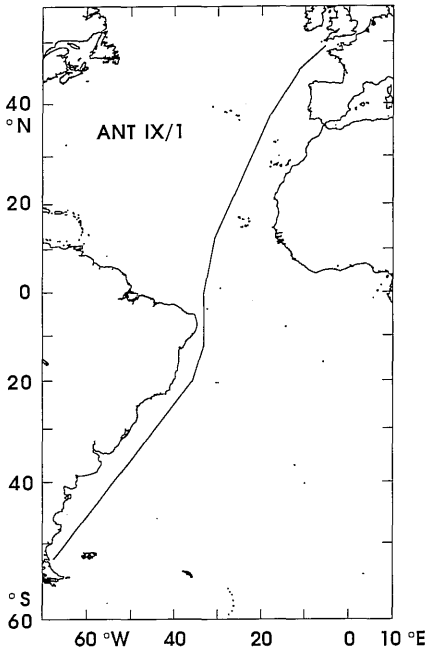


Abb. 1: Fahrtverlauf von ANT IX/1  
Fig. 1: Cruise track of ANT IX/1

Die Oberflächenwasser-Probennahme soll in mehrstündigen Abständen über das kontinuierlich pumpende Schnorchelsystem erfolgen, vergleichend dazu einmal täglich vom Bugausleger mit MERCOS-Schöpfern im Anschluß an die Neustonstationen.

#### 2.2.2 Tiefenwasser

Für die Probennahme von etwa 10 Tiefenwasserserien wird ein 12 x 12 Liter-Rosettenwasserschöpfer eingesetzt. Es hat sich gezeigt, daß es starke Schwankungen der Kupferspeziesverteilung in der Wassersäule gibt. Besonders interessant ist hier der Bereich bis 1500 m Wassertiefe. Die Tiefenserien im Nordatlantik sollen darüber hinaus mögliche Inhomogenitäten der Bleiverteilung in der Wassersäule, hervorgerufen durch den zurückgehenden Eintrag, aufzeigen.

Die Metallkonzentrationen im Seewasser sollen mit Nährstoffkonzentrationen und den Metallgehalten parallel gefangener Planktonorganismen korreliert werden.

#### 2.2.3 Schwermetallverteilung im Neuston und Tiefenplankton

Marine Planktonorganismen greifen in der Oberflächenschicht durch aktive und passive Anreicherung und Abgabe entscheidend in den geochemischen Kreislauf von Metallen ein. Essentielle wie nicht-essentielle Spurenelemente werden in der euphotischen Zone von Flora und Fauna aufgenommen und mit den absinkenden Organismen und ihren Exkretionsprodukten in die Tiefe transportiert. Zum Verständnis dieser Prozesse sind Basisdaten über die Schwermetallgehalte der verschiedenen Plankter in Abhängigkeit von ihrem Lebensraum notwendig. Zweimal täglich sollen Neustonorganismen mit dem Neustonschlitzen gefangen werden. An den Tiefenstationen wird mit einem Bongonetz ein Schräghol bis 500 m Tiefe durchgeführt.

Die Proben werden lebend unter dem Binokular sortiert, den verschiedenen Taxa zugeordnet und tiefgefroren. Die Aufarbeitung der Proben mit Gefrier-trocknung, Druckaufschluß im Mikrowellenofen und AAS-Analyse erfolgt im Labor.

#### 2.2.4 Verteilungsdynamik von Spurenmetallen zwischen Schwebstoff und gelöster Phase

Schwebstoffe spielen eine wichtige Rolle bei der Regulation der Spurenmetallgehalte im Meerwasser und ihrer Verfügbarkeit für Organismen. Der durch Staubeinträge aus Nordafrika beeinflusste Teil des Atlantiks stellt hier ein besonders interessantes Gebiet dar. Aufgrund experimenteller Probleme war die Anreicherung ausreichender Mengen des im Hochseewasser stark verdünnten Schwebstoffs bisher nur selten möglich.

Eine neue Durchlaufzentrifuge, durch Verwendung von Titan und Teflon kontaminationsgeschützt, soll die Gewinnung relativ großer Schwebstoffmengen durch Anschluß an das kontinuierlich pumpende Schnorchelsystem ermöglichen.

### 2.3 Schwefelkonzentrationen in Atmosphäre und Seewasser (IfMG)

Auf einem meridionalen Schnitt durch den Atlantik von ca. 80° N bis ca. 70° S (ARK VII/2, ANT IX/1 und ANT IX/2) wird die Konzentrationsverteilung wichtiger Schwefelverbindungen (u.a. Dimethylsulfid, Carbonylsulfid, Schwefelkohlenstoff) für den marinen Schwefelkreislauf in Atmosphäre und Seewasser gemessen. Wasserproben werden mit Hilfe des an Bord vorhandenen Pumpensystems entnommen und auf den Gehalt an gelösten schwefelhaltigen Gasen untersucht. Durch die simultane Bestimmung der Schwefelkonzentration in Atmosphäre und Seewasser lassen sich die Flüsse dieser Gase aus dem Ozean berechnen. Die Oxidationsprodukte Methansulfonsäure und Sulfat werden auf Filtern angereichert und ionenchromatographisch nachgewiesen.

### 2.4 Organobromverbindungen in der marinen Troposphäre und im atlantischen Oberflächenwasser (AWI)

Horizontale Konzentrationsprofile leichtflüchtiger Organobromverbindungen (Bromoform, Methylbromid), welche hauptsächlich von Makroalgen produziert werden, und fluorierter Organobromverbindungen anthropogenen Ursprungs sollen ermittelt werden. Die letzteren Verbindungen gelten wegen ihrer chemischen und photolytischen Stabilität in der Troposphäre als langfristige, potentielle Quelle für Br-Radikale in der Stratosphäre und sind dort in den katalytischen Ozonabbau involviert. Ein signifikantes Ozonzerstörungspotential der biogenen Organobromverbindungen wird in der Literatur diskutiert.

Aus den gemessenen Profilen mehrerer Fahrtabschnitte, ergänzt durch Laborexperimente, werden Aussagen über den biogenen Beitrag auf den bromkatalysierten stratosphärischen Ozonabbau erwartet. Zur Untersuchung des Austausches mit der Hydrosphäre werden die luftchemischen Daten durch Messungen der Organobromverbindungen im Oberflächenwasser ergänzt.

### 2.5 Muster und Gehalte der Polychlorbiphenyle (PCB), der Hexachlorcyclohexan-Isomeren (HCH) und des Hexachlorbenzols (HCB) in der Grundsicht der Troposphäre und dem ozeanischen Oberflächenwasser (UU)

Polychlorbiphenyle stellen aufgrund ihrer ähnlichen chemischen Struktur bei einem breiten Spektrum an physikalischen Eigenschaften wie Wasserlöslichkeit und Dampfdruck ideale Testverbindungen zur Korrelation von Ferntransport und PCB-Daten dar. Frühere Messungen im ozeanischen Bereich waren durch die Tatsache geprägt, die 80 bis 100 relevanten PCB-Kongeneren als eine Substanzklasse zu behandeln. Mittels starker Anreicherung aus Luft und Oberflächenwasser sollen auf einer Traverse durch Nord- und Südatlantik Gehalte und Muster der PCB-Verteilung erstellt werden.

Messungen auf der Insel Réunion haben ergeben, daß a-HCH und HCB als hemisphären-typische, schwerflüchtige Organochlorverbindungen anthropogenen Ursprungs wertvolle Hinweise auf den Ferntransport in der Troposphäre liefern können. Es soll die Hypothese überprüft werden, ob der



Interhemisphären-Austausch durch den Quotienten aus Henry-Konstante und Octanol-Wasser Koeffizient  $H/K_{OW}$  beschrieben werden kann. Dieser Quotient vereinigt den Austrag durch "wash out" und "rain out". Durch Adsorption auf Tenax sollen nach geprüfter Methodik Proben für eine Untersuchung in Ulm gezogen werden.

## 2.6 Messungen von atmosphärischem Quecksilber über dem Atlantik (IFUG)

Quecksilber reichert sich in der aquatischen Nahrungskette an und tritt als Dimethylquecksilber in erhöhten Konzentrationen im Fisch auf. Schon heute muß der Verzehr vom Fisch wegen des zu großen Quecksilbergehaltes in Kanada, den USA und Schweden eingeschränkt werden. Die erhöhten Quecksilberkonzentrationen im Fisch werden z.T. mit dem Ferntransport in der Atmosphäre erklärt. Deshalb ist der Quecksilbergehalt und sein Langzeitrend von erheblicher Bedeutung.

In den Jahren 1978 bis 1980 wurden von den Forschungsschiffen "Walther Herwig" und "Meteor" aus Messungen von Quecksilber in der Luft über dem Atlantik durchgeführt. Diese Messungen zeigten eine mittlere Gesamtquecksilber-Konzentration von  $1,96 \text{ ng/m}^3$  in der nördlichen und  $1,33 \text{ ng/m}^3$  in der südlichen Hemisphäre. Unter Annahmen über die Verteilung der Quellen läßt sich aus dieser interhemisphärischen Differenz eine mittlere Verweilzeit des atmosphärischen Quecksilbers von etwa 1 Jahr abschätzen. Die Quecksilberkonzentrationen, die in diesem Zeitraum gemessen worden sind, deuten auf einen globalen Anstieg von  $10 \pm 8\%$  in der nördlichen und  $8 \pm 3\%$  in der südlichen Hemisphäre.

Das Ziel der geplanten Messungen im Fahrtabschnitt ANT IX/1 ist, die damaligen Messungen mit gleicher Technik, auf ungefähr der gleichen Route und zu etwa der gleichen Jahreszeit im Abstand von nunmehr 10 Jahren zu wiederholen. Damit soll festgestellt werden, ob der sich damals abzeichnende globale Anstieg eingetroffen ist.

## 2.7 Messung der Konzentrationen an gasförmiger Salpetersäure, gasförmigem Ammoniak und partikelförmigem Ammoniumnitrat in der Atmosphäre (RUB)

Während des Fahrtabschnittes sollen die Konzentrationen von gasförmiger Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und gasförmigem Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) kontinuierlich 24 Stunden täglich gemessen (Laserphotolyse-Fragmentfluoreszenz-Methode) und registriert werden. Die beiden Substanzen stehen in einem temperatur- und feuchteabhängigen Gleichgewicht mit partikelförmigem Ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) nach der Gleichung:



Um Aussagen über dieses Gleichgewicht in der Luft über dem Atlantik machen zu können, soll auch die Konzentration von Ammoniumnitrat (Ionenchromatographie) ermittelt werden, wobei aufgrund der angewandten Methode nur 12- bzw. 24-Stunden-Mittelwerte zur Verfügung stehen werden.

Mit den hier angesprochenen Messungen soll ein Beitrag zum globalen Haushalt der Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre erbracht werden. Zusammen mit den Ergebnissen der Fahrtabschnitte ARK VII/2 und ANT IX/2 soll dann eine Konzentrationsverteilung der beiden Substanzen von 80°N bis 70°S vorliegen.

## 2.8 Fernerkundung stratosphärischer Spurenstoffe mittels Absorptionsspektroskopie im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich (UH)

Auf der Fahrt von Bremerhaven nach Punta Arenas werden Messungen an abluftentfernten Standorten auf dem Schiff von Ozon und anderen mit dem Ozonabbau-Mechanismus eng verknüpften stratosphärischen Spurenstoffen (Stickoxid- und Halogenverbindungen, wie z.B. NO<sub>2</sub>, BrO, OClO) durchgeführt. Es soll dabei die Breitenabhängigkeit dieser Spurengase erstmalig simultan untersucht werden. Dazu wird mit differentieller optischer Absorptions-Spektroskopie (DOAS) das vom zenitnahen Himmel gestreute Sonnenlicht im ultravioletten und blauen Spektralbereich analysiert, was aus technischen Gründen einen unbehinderten Blick in möglichst viele Richtungen erfordert. Die in der Atmosphäre enthaltenen Spurenstoffe prägen dem Sonnenlicht ihre charakteristischen Absorptionen auf, aus denen die vertikalen Säulendichten berechnet werden, wobei ein Modell für den Strahlungstransport in der Atmosphäre benutzt wird.

## 2.9 Verteilung planktischer Foraminiferen und Coccolithophoriden (VUA)

Die Diversität planktischer Foraminiferen und Coccolithophoriden wird mittels Faunen- und Florenanalyse bestimmt. Die Beprobung erfolgt durch Filtration von Oberflächenwasser mit einer Deckspumpe, wobei gleichzeitig Proben für die Bestimmung stabiler Isotope entnommen werden. Die Beprobung der Coccolithophoriden wird zum einen an den Tiefenstationen mit Goflo-Schöpfnern durchgeführt, zum anderen kontinuierlich aus dem Oberflächenwasser mit Hilfe des Schnorchelsystems. Mit dieser Information sowie Temperatur, Salinität und Nährstoffkonzentration kann u.a. der horizontale Diversitätsgradient bestimmt werden.

Das Ziel der Erforschung des kalkhaltigen Phytoplanktons ist die Quantifizierung der Kalzitfixierung für die Palaeozeanographie und Palaeoklimatologie im globalen Kohlenstoffzyklus. Folgende Fragen sollen untersucht werden:

- a) Wieviel CO<sub>2</sub> wird pro Zeiteinheit durch Coccolithophoriden extrahiert?
- b) Wie ist die Diversität der Coccolithophoriden im Atlantik und welche anderen Arten außer *Emiliana huxleyi* können bei der CO<sub>2</sub> Extraktion eine Rolle spielen?
- c) Wie ist der Bestand des kalkhaltigen Phytoplanktons im Vergleich von Nord- und Südhemisphäre?

### **3. Forschungsprogramme ANT IX/2 Punta Arenas - Kapstadt - 16.11.90 - 30.12.90**

#### **3.1 Einführung**

Der zweite Fahrtabschnitt beginnt am 16. November in Punta Arenas. Das Hauptarbeitsgebiet im Weddellmeer liegt zwischen der nördlichen Spitze der Antarktischen Halbinsel und Kapp Norvegia (Abb. 2). Auf der Anreise werden chemische und physikalische Arbeiten vom fahrenden Schiff aus durchgeführt. Als erstes Ziel wird die King George Insel angelaufen, wo drei Wissenschaftler mit ihrem Material bei der Bellingshausenstation abgesetzt und einer übernommen wird. Danach folgen einigen Hols mit dem Agassiztrawl auf dem Schelf der Antarktischen Halbinsel zur Beschaffung von Lebendmaterial für physiologische Untersuchungen. Anschließend beginnt die Stationsarbeit auf einem hydrographischen Schnitt durch das zentrale Weddellmeer.

Das Grundprogramm besteht in der Messung von vertikalen Profilen der Temperatur, des Salzgehalts sowie verschiedener natürlicher und anthropogener Tracer. Darüber hinaus werden Verankerungen mit Strömungsmessern und Sedimentfallen aufgenommen und ausgebracht. Zusätzlich werden zwei Pegel ausgelegt. In sechs Verankerungen werden nach oben gerichtete Echolote eingebaut, um Zeitreihen der Meereisdicke zu messen. Mit diesem Programm soll die Zirkulation und die Wassermassenverteilung des Weddellwirbels mit den damit verbundenen Transporten erfasst werden, um eine Abschätzung des Beitrags dieses Meeresgebietes zu den großräumigen klimarelevanten Eigenschaften des Weltmeeres zu ermöglichen. Hier steht die Bildungsrate von Weddellmeerbodenwasser im Vordergrund, die den tiefreichenden vertikalen Austausch kontrolliert und so die Eigenschaften des ozeanischen Wärme- und Gasspeichers mitbestimmt. Diese Arbeiten stellen einen Beitrag zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE) dar. Ferner bildet die Kenntnis der physikalischen Bedingungen die Grundlage für biogeochemischen Arbeiten zum Haushalt unterschiedlicher Stoffe im Meerwasser und für die planktonökologischen Untersuchungen. Hierbei sind besonders die Siliziumverbindungen von Bedeutung. Diese Arbeiten bilden gemeinsam mit einem Teil des geologischen Programms einen Beitrag zur Erfassung der globalen Flüsse, die zum Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs nötig sind und im Zusammenhang mit der Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) stehen. Die chemischen Arbeiten zum marinen Schwefelkreislauf, den reaktiven atmosphärischen Stickstoffverbindungen und den Organobromverbindungen, die bereits auf der Anreise begonnen hatten, werden fortgesetzt. Ein weiteres Interesse der geologischen Arbeitsgruppen besteht in den Untersuchungen eines Rinnensystems, welches das Weddellmeer durchzieht und für die Ausbreitung des Bodenwassers von Bedeutung sein kann.

Bei Kapp Norvegia finden die hydrographischen Stationsarbeiten mit Ausnahme einer geringen Anzahl flacher Biogeochemiestationen ihren Abschluß und die Georg-von-Neumayer Station wird zu einer Teilversorgung angelaufen. Nach der Durchführung dieser Aufgabe erfolgt die Rückreise nach Kapstadt. Nördlich des Maud Rückens wird eine Verankerung mit Sedimentfallen ausgelegt und in der Polarfront eine weitere ausgetauscht. Wie auf der Anreise werden auch auf der Rückreise physikalische und chemische Messungen vom fahrenden Schiff aus durchgeführt. Das Einlaufen in Kapstadt ist für den 30. Dezember vorgesehen.

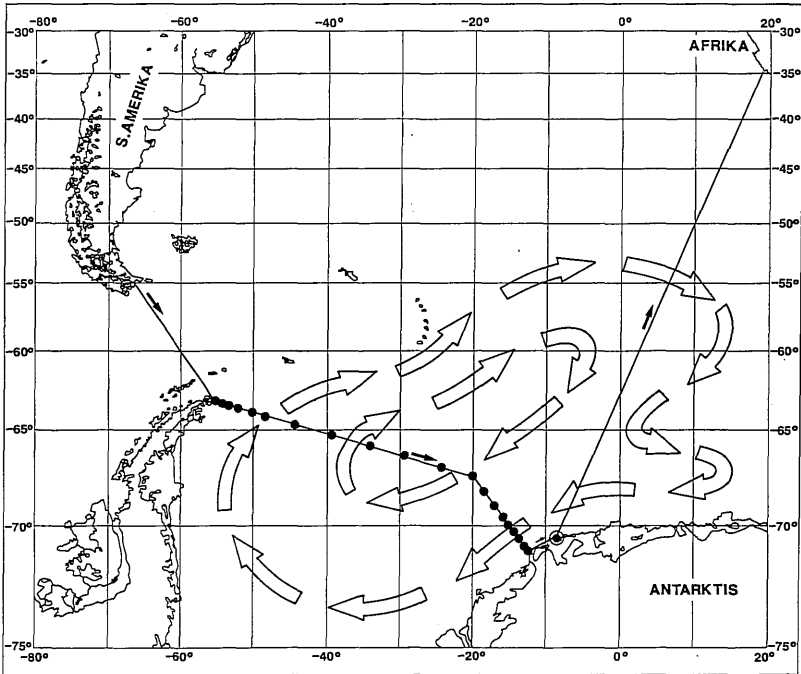


Abb. 2: Fahrtverlauf von ANT IX/2 entlang der durchgezogenen Linie.  
Die schwarzen Punkte geben die Verankerungspositionen an.  
Offene Pfeile = ungefährer Verlauf des Weddellwirbels.

Fig. 2: Cruise track of ANT IX/2.  
The black dots indicate locations of moorings,  
the open arrows show the patterns of the Weddell Gyre.

## 3.2 Physikalische Ozeanographie

### 3.2.1 Zirkulation und Wassermassen (AWI, IfMW, ITBA, OSU, FPB)

Die Arbeiten der physikalischen Ozeanographie haben die Untersuchung der großräumigen Zirkulation des Weddellwirbels und der damit verbundenen Wassermassenverteilung zum Ziel. Sie sind Teil eines mehrjährigen Programmes, das einen Beitrag zum World Ocean Circulation Experiment (WOCE) darstellt. In diesem Rahmen wird ein hydrographischer Schnitt von der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel nach Kapp Norvegia je zweimal im Winter und im Sommer abgearbeitet, um sowohl jahreszeitliche als auch längerfristige Veränderungen der Wassermassen zu erfassen (Abb. 2). Das Programm begann 1989 mit einem hydrographischen Schnitt im Winter und der Auslegung von Verankerungen. Die resultierenden Daten erlauben die Erfassung des Volumentransports durch diesen Schnitt mit direkten Strömungsmessungen. Dies ist von besonderer Bedeutung, da der barotrophe Strom einen erheblichen Anteil des Transports darstellt und nur durch direkte Messungen ermittelt werden kann. Aus den abgeleiteten Massen-, Wärme- und Salztransporten in das und aus dem südlichen Weddellmeer kann auf Formationsraten des Weddellmeerbodenwassers geschlossen werden. Von besonderer Bedeutung für den Süßwasserhaushalt ist der Eistransport. Sauerstoff, Nährstoffe und andere Tracer werden zur Ableitung von Zeitskalen des Austauschs der Wassermassen des Weddellwirbels herangezogen.

Um diese Ziele zu erreichen, wird auf dem hydrographischen Schnitt die Wassermassenverteilung mit CTD-Profilen (Conductivity, Temperature, Depth) und diskreten Messungen von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Nährstoffen und Tracern (Helium, Tritium,  $^{18}\text{O}$ ) bestimmt. Zur Erhöhung der horizontalen Auflösung werden zwischen den Stationen Temperaturprofile mit XBTs (Expendable Bathythermograph) gemessen. Sieben Strömungsmesserverankerungen werden aufgenommen und 21 ausgelegt (Tabelle 1). Auf sechs dieser Verankerungen wird die Meeresdicke mit nach oben gerichteten Echoloten (ULS) gemessen werden. Die Verankerungen werden für zwei Jahre ausgelegt. Auf der An- und Abreise werden XBTs geworfen und Strömungsmessungen mit einem akustischen Strömungsprofilmesser (ADCP) ausgeführt, um weitere Informationen über die Variabilität des Antarktischen Zirkumpolarstroms zu erhalten.

### 3.2.2 Pegelmessungen (AWI)

Die großräumige Dynamik des antarktischen Wasserrings und des Weddellwirbels bildet sich in der Topographie der Meeresoberfläche ab. Messungen des Wasserstandes sind deshalb in Verbindung mit der Satelliten-Altimetrie geeignet, den breiten Periodenbereich des Bewegungsspektrums kennenzulernen.

Seit 1987 wird bei Kapp Norvegia eine Meßgerätekette mit einem Pegel am Meeresboden und zwei Strömungsmessern unterhalten. Die Geräte sollen während dieses Fahrtabschnittes erneut ausgetauscht werden. Eine zusätzliche Pegelverankerung soll an der Antarktischen Halbinsel ausgelegt werden.

No	Id	Lat S	Lon W	Depth (m)	Dist (nm)	Instruments
1	215	63 20	53 00	461	0	2 RCM, 1WLR
2	206/2	63 30	52 07	946	25.7	2 RCM,S,ULS
3	207/2	63 46	50 54	2503	36.2	4 RCM,2TK,ULS
4	216	63 57	49 09	3525	47.6	2 RCM
5	217	64 31	45 55	4487	91.1	ACM,3 RCM
6	218	65 05	42 37	4709	91.1	ACM,3 RCM,TK,ULS
7	219	65 21	39 14	4680	100.6	3 RCM
8	208/2	65 36	36 30	4768	69.7	ACM,3 RCM,2S
9	220	65 56	33 25	4720	79.5	2 RCM,
10	221	66 17	30 16	4727	79.5	ACM,3 RCM,TK,ADCP
11	209/2	66 37	27 07	4863	78.2	ACM,3 RCM,TK,ULS
12	222	67 01	23 14	4865	95.0	ACM,1 RCM
13	223	68 00	20 00	4893	94.9	ACM,3 RCM
14	224	68 48	17 51	4756	67.5	ACM,1 RCM
15	210/2	69 39	15 44	4751	68.1	ACM,3 RCM,TK,ULS
16	225	70 00	14 40	4730	30.5	4 RCM
17	226	70 16	13 50	2900	23.3	3 RCM
18	211/2	70 29	13 07	2402	19.4	4 RCM,TK,ULS
19	212/2	70 59	11 49	1069	39.5	2 RCM,ULS
20	KN4	71 62	11 45	676	3.3	2 RCM, 2S
21	214/2	71 03	11 46	430	1.0	2 RCM, 1 WLR
22	BO1	52 36	04 28E	3270		2RCM, 2S
23	PF4	50 10	05 45E	3750		2RCM, 2S

Tabelle 1: Verankerungen während ANT IX/2

Table 1: Moorings during ANT IX/2

Instrumente/Instruments: 9 ACM (NB-Acoustic current meters), 57 RCM (Aanderaa current meters), 6 TK (Thermistor cables), 6 ULS (Upward looking sonars), 2 WLR (Water level recorder), 1 ADCP (Acoustic Doppler current profiler), 10 S (Sediment traps)

Wassertiefe unkorrigiert/ Water depth uncorrected.

### 3.2.3 Optische Eigenschaften des Meerwassers (AWI)

Auf der Kenntnis optischer Eigenschaften des Meerwassers beruhen eine Reihe von Meßmethoden der physikalischen und biologischen Ozeanographie sowie der Satellitenfernerkundung. Die Reisen der "Polarstern" im Weddellmeer bieten sich an, optische Parameter der euphotischen Zone in relativ kurzer Zeit wiederholt zu vermessen.

Im hydrographischen Schacht des Schiffes wird deshalb neben den üblichen Meßfühlern für Temperatur und Salzgehalt ein Paket optischer Sensoren betrieben. Gemessen werden: Fluoreszenz des Chlorophylls und des Gelbstoffs sowie Mie-Streuung, um Hinweise auf die Konzentration des

Phytoplanktons, Anwesenheit von Zooplankton und die Teilchenkonzentration zu erhalten.

Die gemessenen optischen Daten interessieren in erster Linie im Hinblick auf Anreicherungseffekte von Organismen und Teilchen in den Frontalزونen zwischen verschiedenen Wassermassen und Stromsystemen. Dabei soll ein statisches Beobachtungsmaterial über die horizontalen Strukturen der Frontalزونen an der Oberfläche (ca. 10 m Tiefe) gesammelt werden, mit denen wir unsere Befunde aus der Grönlandsee vergleichen wollen, um möglichst allgemeingültige "Fronteneffekte" isolieren zu können.

Darüber hinaus liefern derartige Datensätze Informationen für die Bereiche Satellitenfernerkundung, Teilchenflußstudien (JGOFS), Phytoplanktonverteilung sowie Basisdaten für das LIDAR-Projekt im Rahmen von EUROMAR.

### 3.2.4. Messung der Heliumkonzentration auf See (FPB)

Mit diesem Projekt soll die Möglichkeit für eine seegängige Aufbereitung der Heliumproben untersucht werden. Eine solche Aufbereitung, mit der eine potentielle Probenverfälschung bei der Aufbewahrung vermieden würde, hat die Verbesserung der Datenqualität zum Ziel. Die vorgesehene Technik soll erprobt und ein Vergleich mit dem bisherigen Verfahren durchgeführt werden.

## 3.3 Chemie

### 3.3.1 Der Schwefelkreislauf in Ozean und Atmosphäre (IfMG)

Im Rahmen der chemischen Untersuchungen soll die Konzentrationsverteilung verschiedener, für den marinen Schwefelkreislauf relevanter Schwefelverbindungen in Atmosphäre und Seewasser gemessen werden. Zu diesen Komponenten zählen die Gase Dimethylsulfid (DMS), Carbonylsulfid (COS) und Schwefelkohlenstoff (CS<sub>2</sub>), welche infolge mikrobiologischer Prozesse im Oberflächenwasser produziert werden. Simultan zu atmosphärischen Messungen dieser Komponenten sollen Wasserproben mit Hilfe des an Bord vorhandenen Pumpensystems entnommen und auf deren Gehalt an gelösten schwefelhaltigen Gasen untersucht werden. Mit Hilfe der gleichzeitigen Bestimmung der Schwefelkonzentration in Atmosphäre und Seewasser lassen sich die Flüsse dieser Gase aus dem Ozean berechnen. Die Oxidationsprodukte Methansulfonsäure und Sulfat werden auf Filtern angereichert und ionenchromatographisch nachgewiesen.

Die Konzentrationsverteilung der oben genannten Komponenten soll auf einem meridionalen Schnitt von ca. 80°N bis ca. 70°S bestimmt werden, was mit einer Teilnahme an den Fahrabschnitten ARK VII/2, ANT IX/1 und ANT IX/2 der "Polarstern" in diesem Jahr ermöglicht wird.

### 3.3.2 Atmosphärische Stickstoffverbindungen (RUB)

Während des gesamten Fahrabschnitts sollen die Konzentrationen von gasförmiger Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) und gasförmigem Ammoniak (NH<sub>3</sub>) kontinuierlich gemessen und registriert werden. Die beiden Substanzen stehen in einem temperatur- und feuchteabhängigen Gleichgewicht mit partikelförmigem Ammoniumnitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>).

Deshalb soll auch dessen Konzentration ermittelt werden, um Aussagen über dieses Gleichgewicht im Bereich des Weddellmeeres machen zu können. Aufgrund der angewandten Methode werden von diesem Parameter nur 12- bzw. 24-Stunden-Mittelwerte zur Verfügung stehen. Mit den hier angesprochenen Messungen soll ein Beitrag zum globalen Haushalt der Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre erbracht werden. In Ergänzung zur Teilnahme an den Fahrtabschnitten ARK VII/2 und ANT IX/1 soll am Ende dieses Fahrtabschnitts eine Konzentrationsverteilung der o. g. Substanzen von 80°N bis 70°S vorliegen.

Die quantitative Bestimmung von  $\text{HNO}_3$  und  $\text{NH}_3$  wird mit der Laserphotolyse-Fragmentfluoreszenz-Methode erfolgen, wobei die beiden Moleküle im Laserlicht der Wellenlänge 193 nm fragmentiert werden und jeweils ein Bruchstück (entweder das OH- bzw. das NH-Radikal) sofort Fluoreszenzlicht ausstrahlt. Dieses Licht, das direkt proportional der Konzentration der fragmentierten Moleküle ist, stellt das eigentliche Meßsignal dar. Ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) wird in einem beheizten Denuderrohr auf einen dünnen Film an der Rohr-Oberfläche abgeschieden und nach dem Auswaschen mit Hilfe eines Ionenchromatographen analysiert. Dies ist jedoch erst nach der Reise im Heimatlabor möglich, während die Laser-Methode online arbeitet.

### 3.3.3 Organobromverbindungen in Ozean und Atmosphäre (AWI)

Als Teil der luftchemischen Untersuchungen sollen horizontale Konzentrationsprofile von leichtflüchtigen Organobromverbindungen ermittelt werden. Beispiele sind Bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ) und Methylbromid ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ), welche hauptsächlich von Makroalgen produziert werden, während die fluorierten Organobromverbindungen anthropogenen Ursprungs sind. Die letzteren Verbindungen gelten wegen ihrer chemischen und photolytischen Stabilität in der Troposphäre als langfristige, potentielle Quelle für Br-Radikale in der Stratosphäre und sind dort in den katalytischen Ozonabbau involviert. Eine potentielle Ozonzerstörung durch biogene Organobromverbindungen wird diskutiert.

Als Meßmethode soll die kryogene Anreicherung der Organobromverbindungen durch Ausfrieren in flüssigem Argon und anschließende gaschromatographische Trennung und Quantifizierung (Elektroneneinfangdetektor) angewendet werden.

### 3.3.4 Biogeochemie des Silizium (IEM, OSU, RUU, VUB)

Die jährliche Gesamtproduktion von biogenen Siliziumverbindungen (BSi) im zirkumpolaren Wassergürtel ist immer noch unbekannt. Die Bedingungen des Weddellmeeres müssen besonders berücksichtigt werden, da hier unterschiedliche Verhältnisse wie im Rossmeer herrschen, das schon besser erforscht ist. Die Bearbeitung dieses Problemkreises stellt einen wesentlichen Beitrag zum "Southern Ocean JGOFS-Programme" dar. Während der European "Polarstern" Study (EPOS) Abschnitt 2 war es möglich, die Produktion von BSi im Weddell/Scotia-Bereich und dem Eisrandgebiet (MIZ) des nordwestlichen Weddellmeeres zu untersuchen. Während ANT IX/2 wer-



den diese Arbeiten auf den zentralen und östlichen Teil des Weddellmeeres und das Küstengebiet ausdehnt.

Zu diesem Zwecke werden in der Scotiasee vom fahrenden Schiff aus Oberflächenproben genommen, von denen der Gehalt an Silikat, Chlorophyll-a, BSi, sowie an partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON) gemessen wird. An 10 Stationen in der MIZ des zentralen und östlichen Weddellmeeres und im Küstenbereich werden in je 6 Lichttiefen (100%, 25%, 10%, 3%, 1%, 0.1%) mit Wasserschöpfern Proben genommen, um die Produktion und Lösung von BSi in der euphotischen Zone zu bestimmen. Gleichzeitig wird die Verteilung hydrographischer und chemischer Parameter in den oberen 300m gemessen. Dazu zählen Nährstoffe, Chlorophyll-a, partikulärer organischer Phosphor (POP), POC, PON und die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons. Mit Experimenten wird die Aufnahme von C, Si und P durch Diatomeen bestimmt. Die Isotopenfraktionierung wird durch die Aufnahme von stabilem  $^{30}\text{Si}$  und radioaktivem  $^{32}\text{Si}$  erfasst. Für diese Messungen werden von 10 Stationen 3 bis 6 Proben mit  $^{14}\text{C}$ ,  $^{32}\text{Si}/^{32}\text{P}$  und  $^{30}\text{Si}$  inkubiert. Mit einem zweiten Inkubator wird die Aufnahme von  $^{15}\text{N}$  untersucht. Die Remineralisierung von Diatomeen soll in Zusammenarbeit mit der Zooplanktongruppe bearbeitet werden, indem Diatomeenkulturen mit  $^{32}\text{Si}$  markiert werden.

### 3.3.5 Biogeochemie des Barium (VUB)

Barium wird in der Form von Barytmikrokristallen biogene Ursprungs in den marinen Schwebstoffen gefunden. Es wird bei der Zersetzung locker gebundener Aggregate freigesetzt. Die Konzentration hängt nicht direkt von der lokalen Produktion oder der vorhandenen Biomasse ab, sondern sie stellt die Folge vorhergegangener biologischer Aktivitäten dar. Um diese Zusammenhänge besser zu verstehen, ist es beabsichtigt, die Beziehung zwischen der Verteilung des partikulären Bariums in der Wassersäule und den biologischen Aufnahme- und Abbauprozessen zu bestimmen.

Mit diesem Ziel wird die Aufnahme und Remineralisierung mit markiertem  $\text{NH}_4$  und  $\text{NO}_3$  bestimmt. Die Bariumkonzentration wird in filtriertem Material aus Wasserschöpfern und in Material aus Sedimentfallen gemessen

## 3.4 Planktonökologie

### 3.4.1 Phytoplankton (AWI)

Die jährliche Entwicklung der planktischen Gemeinschaften im Weddellmeer beginnt mit dem Aufbrechen und Schmelzen des Eises. Diese Situation wurde während des Winter-Weddell-See-Projektes 1986 (WWSP 86) bearbeitet. Die winterliche Situation in Pelagial und Eis wurde in der Winter Weddell Gyre Study 1989 (WWGS 89) angetroffen, wobei jeweils aktive Gemeinschaften vorgefunden wurden. Für die Entwicklung des Planktons im Südsommer ist nun entscheidend, wie stark Schmelzwasser die Deckschicht stabilisiert und in welchem Maße Eis- oder Untereisgemeinschaften zur Erhöhung der Planktonbiomasse beitragen. Eisschmelze und Planktonblüten können zur Erhöhung des vertikalen Stofftransportes führen, wobei je nach Ausbildung des Nahrungsgeflechtes in der oberen Wasserschicht mehr oder weniger organische Substanz herabsinkt. Masse und Zusammensetzung der

Sinkstoffe lassen Rückschlüsse über die im Pelagial beteiligten Prozesse zu. Diese Vorgänge sind bisher nur vom nördlichen Rand des Weddellwirbels und von den Schelfregionen des Weddellmeeres untersucht. Aus Satellitenaufnahmen ist aber erkennbar, daß mit dem Rückzug des Meereises von Norden nach Südwesten auch im Inneren des Weddellwirbels Flecken erhöhter Chlorophyllwerte auftreten, die vergleichbare Prozesse erwarten lassen.

Der geplante Nordwest-Südost-Schnitt im Süd-Frühsummer 1990 quer durch das Weddellmeer soll Informationen zur Planktonentwicklung in Abhängigkeit von Eisschmelze und Deckschichtstabilität aus den Schelfgebieten im Vergleich zum zentralen Weddellwirbel liefern. Neben der Bestandsaufnahme aus Schöpferproben der regulären Stationen der physikalischen Ozeanographie werden Untersuchungen zur Wachstumscharakteristik von Phytoplankton durchgeführt. Darüberhinaus sollen einige Plankter der verschiedenen Regionen des Weddellmeeres für beginnende Kulturexperimente im AWI isoliert werden. Die Sinkstoff-Fallen sollen gemeinsam mit den Strommesser-Verankerungen der physikalischen Ozeanographie ausgetauscht werden.

#### 3.4.2 Zooplankton (AWI)

Das zooplanktologische Programm im Weddellmeer befaßt sich seit 1985 mit dem Studium der Sekundärproduktion herbivorer Copepoden. Als Arbeitsmethoden werden dabei in-situ Messungen mit Laborexperimenten verknüpft.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Bestandsaufnahme und experimentelle Arbeiten zur Reproduktion. Hierzu werden auf verschiedenen Stationen mit einem Multinetz vertikale Stufenfänge von 1000-0 m ausgeführt, um die horizontale und vertikale Verteilung zu erfassen. Besonderes Interesse dabei liegt auf der Vertikalverteilung der Entwicklungsstadien im Hinblick auf deren ontogenetische Vertikalwanderung. Gonadenuntersuchungen an fixierten Weibchen geben weiterhin Hinweise auf den Reifezustand in verschiedenen geographischen Regionen und zu verschiedenen Zeiten. Um festzustellen, ob die Tiere sich noch im Überwinterungszustand und damit in einem Zustand reduzierter Aktivität befinden, werden Aktivitätsmessungen der Verdauungsenzyme gemacht.

Für die Experimente werden Copepoden mit Planktonnetzen (Vertikalnetz, Bongo) auf verschiedenen Stationen aus den oberen 300 m der Wassersäule gefangen. Reife Weibchen werden für die Bestimmung der Eiproduktion bei 0°C im Laborkühlcontainer inkubiert. Da die Weibchen nicht mehr wachsen, ist die Eiproduktion ein Maß für die Nettoproduktion und steht in direkter Beziehung zum Nahrungsangebot. Um den Einfluß der Nahrung auf die Eiproduktion zu bestimmen, werden den Weibchen unterschiedliche Algen und Konzentrationen als Futter angeboten. Häutung und Dauer der verschiedenen Entwicklungsstadien werden durch die Änderung in der Stadienzusammensetzung über die Zeit bestimmt.

### 3.5 Benthos

#### 3.5.1 Physiologische Untersuchungen an Crustaceen (AWI)

Die bislang durchgeführten vergleichenden Untersuchungen zur Aktivität einer tryptischen Protease in der Mitteldarmdrüse und im Magen-Darm-Trakt verschiedener Crustaceenarten aus unterschiedlichen geographischen Regionen lassen auf das Vorhandensein von mehreren Isoenzymen schließen, die sich in ihrem Verhalten gegenüber physikalisch-chemischen Faktoren signifikant voneinander unterscheiden. Das Ziel der geplanten weiteren Untersuchungen an antarktischen Crustaceen ist die Auftrennung dieser Isoenzyme, sowie ihre Reinigung und Charakterisierung. Vorversuche lassen den Schluß zu, daß spezifische Effektoren bei der Aufrechterhaltung der Enzymaktivität im niedrigen Temperaturbereich eine wesentliche Rolle spielen. Um hierzu konkrete Schlußfolgerungen ziehen zu können, ist die weitere Arbeit mit gereinigten Enzympräparaten unbedingt notwendig.

Dazu werden frisch gefangenen Tieren der Inhalt des Vorder- bzw. Mitteldarms sowie die Mitteldarmdrüse(n) entnommen. Die Präparate werden für die weitere biochemische Analyse am AWI vorbereitet und bei -80°C tiefgefroren. Da bei unterschiedlichen Futterbedingungen mit einer unterschiedlichen Ausschüttung von Isoenzymen zu rechnen ist, sollen Einzeltiere über unterschiedlich lange Zeiträume unter kontrollierten Laborbedingungen gehalten und anschließend im Hinblick auf ihre Protease-Aktivitäten untersucht werden.

### 3.6 Geologie

#### 3.6.1 Bathymetrie und Sedimentverteilung (AWI)

Das geologische Programm hat die Untersuchung von Rinnen zum Inhalt, die sich nach Nordosten durch das Weddellmeer erstrecken. Sie sind 50 bis 100 m tief und 300 bis 600 m breit. Diese Rinnen können durch Trübeströme oder durch Kanalisierung des Bodenwasserstromes (Konturstrom) entstanden sein. Ihre Entstehung und ihre Bedeutung für den Bodenwasserabfluß sowie die Sedimentverteilung soll untersucht werden.

Die Rinne bei 65°38'S 39°15'W soll mit Parasound und Hydrosweep vermessen werden. Dies erfolgt auf mehreren Schnitten senkrecht zur Rinnenachse über einen 50 bis 100 km weiten Abschnitt. In der Rinne wird eine Strömungsmesserverankerung ausgelegt. Entlang des Hauptschnittes wird ein Hydrosweep- und Parasoundprofil aufgenommen. Am CTD wird ein Greifer installiert, um Oberflächensedimentproben zu erhalten.

#### 3.6.2 Natürliche Radioisotope in der Wassersäule (FGB)

Es soll im Bereich der Polarfront und im nordwestlichen Weddellmeer die Konzentration des kosmogenen Isotops Be-10, bzw. das Be-10/Be-9 Verhältnis untersucht werden, um Zusammenhänge zwischen dem Be-10 Gehalt in der Wassersäule und der Bioproduktivität zu erkennen. Hinweise auf diese Zusammenhänge geben Untersuchungen an Sedimenten aus den Auftriebsgebieten vor Westafrika, die zeigen, daß der Fluß von Be-10 - wie auch der von Th-230 - in die Sedimente in Gebieten mit hoher Bioproduktivität

sehr viel höher ist als es der Produktionsrate entspricht. Dies ist auf das sogenannte "scavenging" zurückzuführen: die Radioisotope werden mit den sedimentierenden Partikeln mitgerissen. Dies führt in der Wassersäule zu einem Konzentrationsgefälle zwischen Gebieten mit hoher und niedriger Produktivität. Mit den geplanten Untersuchungen soll - zusammen mit weiteren Messungen im Gebiet des äquatorialen Atlantik und im Angola Becken - versucht werden, diese Effekte zu quantifizieren. Das Ziel ist, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Radioisotopenfluß in die Sedimente und der Stärke und Ausdehnung der Produktivität herzustellen, um evtl. den Radionuklidfluß als Paläoproduktivitätsindex benutzen zu können. Die Wasserproben sollen soweit wie möglich an Bord aufbereitet werden, der Be-10 Gehalt wird am Tandem-van-de-Graaf-Beschleuniger der ETH Zürich massenspektrometrisch gemessen.

### 3.6.3 Partikelfluß in der Wassersäule (AWI, FGB)

An Positionen am West- und Osthang und im zentralen Weddellmeer, am Maud Rise und in der Polarfront soll der Partikelfluß aus der photischen Zone über mehrere Jahre beobachtet werden. Das Ziel ist, jahreszeitliche Veränderungen der Primärproduktion und der Exportproduktion aus der photischen Zone zu quantifizieren. Außerdem sollen Informationen über Sinkgeschwindigkeit von Partikeln und Remineralisationsprozesse während des Absinkens gewonnen werden. Die Untersuchungen stehen im Zusammenhang mit weiteren Sedimentfallenexperimenten im Südatlantik im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 261.

### 3.7 Bordwetterwarte (DWD)

Das Personal der Bordwetterwarte führt dreistündlich eine vollständige WMO-Observation (World Meteorological Organisation) durch. Ferner wird täglich mindestens ein Radiosondenaufstieg zur Bestimmung des vertikalen Temperatur-, Feuchte- und Windprofils durchgeführt und in das GTS (Global Telecommunication System) eingesteuert. Sofern die Flugwetterberatung es erfordert, werden zusätzlich Satellitenbilder ausgewertet und die gesammelten meteorologischen Daten teilweise verarbeitet bzw. aufbereitet. Der Bordmeteorologe berät Fahrtleitung und Schiffsführung täglich hinsichtlich der kurzfristig bis mittelfristig zu erwartenden Wetter- und Eisverhältnisse. Darüberhinaus obliegt ihm die Beratung der Hubschrauberbesatzungen über die Flugwetterbedingungen im Einsatzgebiet.

Die synoptischen Datensätze vergangener Antarktisreisen sollen um aktuelle Daten ergänzt werden, um mit größeren Datenkollektiven klimatologische Untersuchungen durchzuführen. Eine Auswertung der letzten Reisen zeigte deutliche Tagesgänge von Sicht und Ceiling, sowie der Windrichtung und des Feuchtetransfers.

#### **4. Forschungsprogramme ANT IX/3 Kapstadt - Kapstadt - 03.01.90 - 28.03.91**

##### **4.1 Einführung**

Am 3. Januar 1991 wird der dritte Fahrtabschnitt in Kapstadt beginnen. Die erste Aufgabe dieses Abschnittes wird der Transport von Wissenschaftlern, Technikern und Material zur Georg von Neumayer Station sein. Das Hauptarbeitsgebiet des nachfolgende wissenschaftliche Programmes dieses Abschnittes wird im Süden und Südosten des Weddellmeeres liegen (Abb. 3), wobei die zu erwartenden unsicheren Eisverhältnisse uns bei der Planung und sicher auch bei der Durchführung unserer Arbeiten eine hohe Bereitschaft zur Flexibilität bezüglich Fahrtroute und Programmabfolge abverlangen.

Das wissenschaftliche Programm beginnt auf dem Weg zum Filchner Schelfeis mit der Aufnahme einer Tiefseeverankerung. Am Schelfeis werden auf dem ozeanographisch-biologischen Schnitt entlang der Schelfeisküste zwei Jahresverankerungen mit Strommessern und Sinkstoff-Fallen ausgebracht und erste Benthosproben gewonnen. Im Anschluß sind bis zu drei küstensenkrechte Schnitte vom Schelf bis in Wassertiefen von 4000 m vorgesehen, auf deren Verlauf bis zu fünf mehrtägige Eisstationen mit Verankerungen geplant sind. Plättcheneisgemeinschaften, die auf diesen Stationen angetroffen werden, werden intensiv beprobt. Bakterienaktivitäten in Aggregaten und die Geschichte von Radionukleiden im Wasser werden ebenfalls aus diesen Gebieten bestimmt, zusätzlich auch aus Anreicherungen mit in situ Pumpen aus größeren Wassertiefen. Entlang der Schnitte wird der Bestand und die Aktivität der Fisch- und Bodenfauna aufgenommen, um zoogeographische und ökophysiologische Fragen zu beantworten. Diese Arbeiten bilden gemeinsam mit einem Teil des geologischen Programms einen Beitrag zur Erfassung der globalen Stoff-Flüsse, die zum Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs nötig sind und im Zusammenhang mit der Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) stehen.

Das geologische Arbeitsprogramm wird ebenfalls entlang der Schnitte durchgeführt, wobei mittels Messungen mit Hydrosweep, Parasound und den verschiedensten Probenahmegeräten klein- und großräumige bathymetrische Aufnahmen vorgenommen werden. Das marin-geologische Programm befasst sich mit der Sedimentechographie, mit Sedimentationsprozessen, der Vereisungsgeschichte, der Paläozeanographie und der Mikrofossilien-geschichte, um Aussagen zur Historie dieses bisher wenig untersuchten Schelfgebietes zu liefern.

Auf dem Rückweg zur GvN, von der POLARSTERN die Überwinterinnen, das Sommerpersonal und -material abholen wird, werden mehrfach im zentralen Weddellmeer Tiefenwasserproben für die Bestimmung der Radionuklide gewonnen. Im Anschluß sollen zusätzlich von der Forster-Station Wissenschaftler abgeholt und mit nach Kapstadt zurückgenommen werden, wo dieser Fahrtabschnitt am 28.3.91 enden wird.

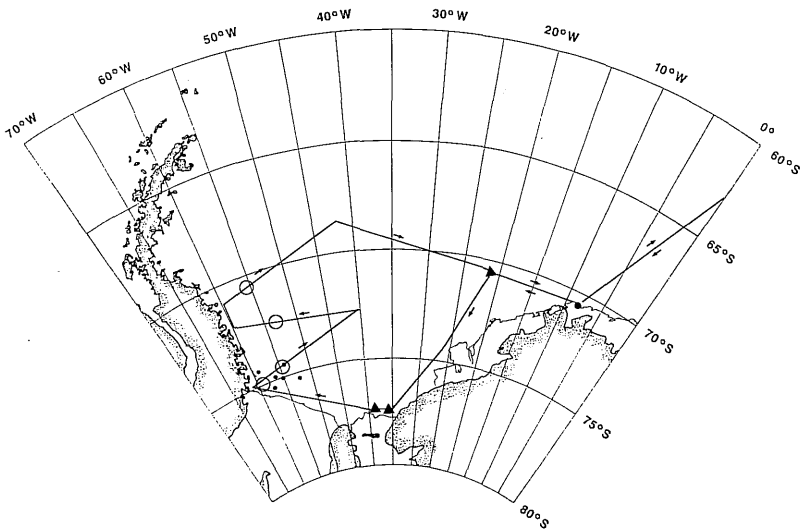


Abb. 3: Geplanter, maximaler Fahrtverlauf von ANT IX/3. Dreiecke geben Verankerungspositionen, schwarze Punkte die Positionen von Meteorologiebojen und die offenen Kreise die ungefähre Position von Dauerstationen wider.

Fig. 3: Expected maximal cruise plan of ANT IX/3. The triangles indicate positions of moorings, black dots those of meteorological buoys and open circles those of longterm stations.

#### 4.2 Luftchemische Langzeitmessung stratosphärischer Spurenstoffe mittels Absorptionsspektroskopie im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich in der Antarktis (AWI)

Seit etwa 10 Jahren wird über der Antarktis im September/Oktobre eine starke Abnahme der Ozonkonzentration beobachtet. Um den Jahresgang der Säulendichten von Ozon und anderen mit dem Ozonabbau-Mechanismus eng verknüpfte stratosphärischen Spurenstoffen (Stickoxid- und Halogenverbindungen, z. B. NO<sub>2</sub>, BrO, OClO) zu erfassen, soll im Rahmen unseres Projektes ein automatisch arbeitendes Spektrometer auf der Georg von Neumayer Station aufgestellt werden. Dabei wird mittels differentieller optischer Absorptions-Spektroskopie (DOAS) das vom Himmelszenit gestreute Sonnenlicht im ultravioletten und blauen Spektralbereich analysiert. Die in der Atmosphäre enthaltenen Spurenstoffe prägen dem Sonnenlicht ihre charakteristischen Absorptionen auf, aus denen die vertikalen Säulendichten berechnet werden, wobei ein Modell für den Strahlungstransport in der Atmosphäre benutzt wird. Die Vorteile der Methode bestehen darin, daß man in Abhängigkeit vom Sonnenzenitwinkel eine Höhenauflösung der Spurenstoffkonzentrationen erhält, und Messungen auch in der Polarnacht und bei bedecktem Himmel möglich sind.

#### 4.3 Bildungsprozesse des Weddellmeer Bodenwassers und Hydrographie des Filchner-Ronne-Schelfs (AWI)

Die Bodenwasserbildung im Weltozean ist beschränkt auf wenige Meeresgebiete. Ein wesentlicher Anteil (79%) des Antarktischen Bodenwassers (AABW) wird im Weddellmeer gebildet und findet seinen Ursprung in der Entstehung von Weddellmeer Bodenwasser (WSBW) auf dem breiten Schelf entlang der Antarktischen Halbinsel und vor bzw. unter den Schelfeisgebieten des Filchner-Ronne-Schelfeises. Im wesentlichen zwei Prozesse tragen zu einer Erneuerung des Bodenwassers des Weddellmeeres bei.

a) Vermischung von westlichem Schelfwasser (WSW) und modifiziertem warmen Tiefenwasser (MWDW) zu Weddellmeer Bodenwasser im Schelfbereich. Dieses Mischprodukt ist schwerer als die Ausgangswassermassen und sinkt daher über den Kontinentalabhang in die Tiefsee des Weddellmeeres ab. Die Voraussetzungen für diesen Vorgang scheinen entlang großer Teile des südwestlichen Schelfs vorhanden zu sein.

b) Unterstromen von Schelfeisflächen mit Westlichem Schelfwasser und Umwandlung zu Eisschelfwasser (ISW) infolge Abkühlung und Aussüßung. Das ausströmende Eisschelfwasser vermischt sich über dem Kontinentalhang mit dem Warmen Tiefenwasser (WDW) zu Weddellmeer Bodenwasser. Nach bisheriger Kenntnis (geringe Datendichte in der südwestlichen Weddell See) ist dieser Vorgang auf den Filchner Graben beschränkt.

Einzelheiten der Bildungsprozesse, ihre gegenseitige Bedeutung sowie ihre zeitlichen und räumlichen Variationen sind weitgehend unbekannt und erfordern weitere Messungen in den Formationsgebieten und den Ausgangswassermassen. Das ozeanographische Meßprogramm während der Polarstern Expedition ANT IX/3 wird sich deshalb auf die Hydrographie entlang der Schelfeiskante und mehrere Schnitte senkrecht zum Kontinentalabhang zwischen 75° und 65° konzentrieren (Fig. 3), um mögliche

weitere Quellen der Bodenwasserbildung westlich des Filchner Grabens zu finden. Zusätzliche Isotopenanalysen der Wasserproben erlauben Abschätzungen der Vermischungsraten entlang des Kerns des Weddellmeer Bodenwassers, der sich am Kontinentalhang mit der Zirkulation des Weddell Wirbels nach Norden bewegt. Angaben zu Bildungs- und Erneuerungszeiten für das WSBW werden durch erstmalige intensive Beprobung der Ausgangswassermassen ISW und WSW möglich sein. Die langzeitigen Variationen im Stromsystem des Filchnergrabens sollen durch zwei Verankerungen mit Rotorstrommessern in den Kernbereichen des Eisschelfwassers jeweils am Hang des Grabens gemessen werden.

#### 4.4 Turbulente Flüsse in der ozeanischen Deckschicht unter dem Meereis während des sommerlichen Schmelzprozesses (AWI)

In Ergänzung zu Messungen im Spätwinter 1989 werden die vertikalen turbulenten Impuls- und Wärmeflüsse in der Wasser/Eis Grenzschicht direkt gemessen. Durch die sommerlichen Abschmelzvorgänge werden sowohl die Rauigkeit der Eisunterseite verändert als auch die Stabilität der Wassersäule erhöht, was die Intensität und Skalen der Turbulenz beeinflusst. Geeignete Parametrisierungen der turbulenten Flüsse sollen die Verbesserung von Meereis-Modellen erlauben und den Informationsgehalt über die Ozean-Eis-Atmosphären Grenzschicht in Verbindung mit gekoppelten Modellen erhöhen. Für diese Messungen sollen die mehrtägigen Dauerstationen genutzt werden.

#### 4.5 XBT und ADCP Messungen (AWI)

Auf der An- und Abreise von Georg von Neumayer bzw. Kapstadt werden im Abstand von 30 nm XBT-Sondierungen der oberen 800 m der Wassersäule durchgeführt, die in Verbindung mit anderen Daten (WOCE) zur Bestimmung von langzeitigen Trends der Struktur und des Wärmeinhalts der obersten Ozeanschicht genutzt werden. Gleichzeitige Registrierungen des Akustischen Schiffsdopplerstrommessers stellen den Zusammenhang zur Dynamik in dieser Schicht her.

#### 4.6 Meteorologische Untersuchungen mit driftenden Bojen (AWI)

Das Bojenmeßprogramm zielt darauf ab, Informationen zur Thermodynamik der Meereisentwicklung und zur Wechselwirkung zwischen der Eisbewegung und der Dynamik der ozeanischen Deckschicht zu gewinnen. Besonderer Schwerpunkt ist das westliche Weddellmeer entlang der Antarktischen Halbinsel. Diese Region ist mit unterschiedlich viel Meereis bedeckt, das im Sommer nicht schmilzt und durch große Windschubspannungen und Küsteneffekte beeinflusst wird. Acht Bojen mit Argos-Datenübertragung werden auf Eisschollen ausgesetzt. Die Anordnung (Abb. 2) besteht aus zwei zentralen Bojen, die von sechs Geräten umgeben sind, die den Luftdruck und die Lufttemperatur messen. Die Bojen bilden ein Polyeder mit einem Abstand von ca. 100 km zwischen den Geräten. Die zentralen Bojen werden mit Thermistorketten ausgerüstet, mit denen sich die vertikale Temperaturstruktur in der Deckschicht und im Eis bestimmen läßt. Sie werden mit einem akustischen Abstandssensor zur Bestimmung der Schneehöhe ausgestattet, welche im antarktischen Meereisgebiet nahezu unbekannt ist. Das Bojenprogramm wird voraussichtlich 12 Monate dauern. Wir werden deshalb auch Vergleichsdaten für den Betrieb des SAR des ERS-1-Satelliten gewinnen.



#### 4.7 Meereisbiologie (AWI)

Die biologischen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Erfassung der Verteilung und Aktivität von Organismen im ein- und mehrjährigen Eis des südwestlichen Weddellmeeres. Die detaillierte Analyse der Eiskerne wird biologische, physikalische und chemische Parameter umfassen. Neben Eistexturanalysen sollen mittels Ausgußpräparaten die genaue Struktur des soehaltigen Hohlraumsystems als eigentlichem Lebensraum der Eislebensgemeinschaften erfaßt werden. An ausgeschleudeter Sole werden Nährstoffe, Biomasse (POC, Chla) sowie Organismenkonzentrationen bestimmt. Weiterhin sind Aktivitätsmessungen (Primärproduktion, bakterielle Produktion) geplant. Durch die Erfassung der Bestände an Bakterien, Algen, Flagellaten, Ciliaten und Metazoen im Eis zusammen mit Freßratenexperimenten werden neue Einsichten in die Struktur und Dynamik des Nahrungsnetzes im Meereis erwartet. Diese Untersuchungen sollen in enger Kooperation mit der planktologischen Arbeitsgruppe durchgeführt werden, um Erkenntnisse über die Kopplung zwischen den Lebensgemeinschaften des Meereises und des Pelagials zu erhalten. Hier werden insbesondere die Untersuchungen an Bodeneis- und Plättcheneisgemeinschaften eine zentrale Rolle einnehmen.

#### 4.8 Mikrobiologie (AWI)

Die mikrobiologischen Untersuchungen sollen die Verteilung und Umsatzraten von Bakterien im Eis, in der Wassersäule, in Aggregaten und im Sediment erfassen. Die Verteilungsmuster sollen im Hinblick auf Zonierung bzw. Sukzession (im Eis, Sediment und Aggregaten) und auf unterschiedliche Wassermassen hin untersucht werden. Diese Daten bilden die Grundinformation zur Bewertung der Aktivitätsmessungen und geben Hinweise auf die Ernährungssituation der Bakterien in den verschiedenen Kompartimenten.

Die bakterielle Aktivität soll in diesen unterschiedlichen Lebensräumen unter folgenden Gesichtspunkten untersucht werden:

- 1) Wie schnell werden organische Substanzen (Modellsubstrate sind gelöste Aminosäuren und Algenzellen) veratmet und welcher Anteil wird inkorporiert (nur Aminosäuren).
- 2) Wie rasch vermehren sich die Bakterien in den verschiedenen Lebensräumen?
- 3) In welchen Zonen ist das bakterielle Abbaupotential am höchsten? Diese Frage wird durch die Erfassung von extrazellulären Enzymen in verschiedenen Schichten des Eises und des Sedimentes verfolgt.
- 4) Welche Rolle spielt anaerober Abbau und chemoautotrophe Biomasseproduktion in den Lebensräumen, die durch Diffusionsbehinderung anaerob werden können bzw. eine Anhäufung von reduzierten Stoffwechselprodukten aufweisen?

Die mikrobiologischen Arbeiten sollen parallel zu den Untersuchungen des Phytoplanktons und der Eisalgen durchgeführt werden, um die Kopplung von Primärproduktion und heterotrophem Abbau zu erfassen. Die Bearbeitung des Sediments und der sedimentierenden Aggregate soll in Zusammenarbeit mit den geologischen Untersuchungen von Sedimentation und Akkumulationsraten durchgeführt werden.

Stationen, die auf Transekts senkrecht zum Schelf liegen, zeichnen sich durch unterschiedliche Primärproduktion im Oberflächenwasser/Eis aus, unterschiedlichen Eintrag organischer Substanz in das Sediment und zunehmende Wassertiefen. Die Untersuchung der extrazellulären Enzyme und der bakteriellen Umsatzraten im Sediment sollen hier Rückschlüsse auf den Nahrungseintrag durch Sedimentation und die Abbauprodukte in unterschiedlichen Wassertiefen ermöglichen.

#### 4.9 Phytoplanktonökologie (AWI)

Im Weddellmeer ist die Phytoplanktonproduktion und die Verteilung der Biomasse auf dem Südschelf wesentlich höher als im Norden. Mehrere hydrogeographische und biologische Gründe können zur Erklärung herangezogen werden: Flachere Durchmischungstiefen aufgrund topographischer und/oder hydrographischer Gegebenheiten können Planktonblüten begünstigen. Der durch dieselben Bedingungen verminderte Fraßdruck des Zooplanktons kann eine Blütenentwicklung dann nicht aufhalten. Zusätzlich können aufsteigende Eisplättchen eine Eisplättchenschicht bilden, die die Ausbildung von Planktonblüten erheblich begünstigen, da dieser eigene Lebensraum optimale Licht- und Nährsalzbedingungen bei größtmöglicher Fraßschutz bietet.

##### 4.9.1 Plättcheneisgemeinschaft

Die Untersuchungen dieser Gemeinschaften, die am Schelfeisrand auftreten, bilden ein Schwergewicht unserer Forschung. Die Probennahme wird vom Eis aus (mit L'se) und von der Wasserseite her (mit dem Schlauchboot) erfolgen. Neben der Erfassung der physikochemischen Parameter werden Lebend- und konservierte Proben zur Bestimmung des Artenbestandes gewonnen sowie Untersuchungen über die Stoffwechselleistungen durchgeführt.

##### 4.9.2 Pelagial

Die Entwicklung der planktischen Gemeinschaften im Jahreszyklus in diesen Teilen des Weddellmeeres beginnt mit dem Aufbrechen und Schmelzen des Eises (WWSP '86) oder an den südlichen und südwestlichen Schelfeispolynyen im Plättcheneis und endet (vermutlich) mit dem Zufrieren. Während dieser Zeitspanne findet eine Sukzession von Planktongemeinschaften statt, die jedoch nicht näher bekannt ist und im südlichen und südöstlichen Weddellmeer eng mit den oben beschriebenen Plättcheneisgemeinschaften gekoppelt ist. Die Ausdehnung dieser Gemeinschaften nach Nordwesten ist bisher unbekannt.

Unser Forschungskonzept beinhaltet daher neben der Aufnahme der physikochemischen Parameter die biologische Probennahme zur Charakterisierung verschiedener Gemeinschaften in mehreren Gebieten im südlichen und südwestlichen Weddellmeer. Die Bestimmung der relevanten Prozesse, die diese Gemeinschaften jeweils aufrechterhalten oder verändern (z.B. Produktion, Fressen) und die zum Stoffumsatz beitragen (z.B. Partikelbildung, bakterielle Aktivität) wird durchgeführt.

#### 4.10 Zooplankton (AWI)

Das zooplanktologische Programm im Weddellmeer befaßt sich seit 1985 mit dem Studium der Sekundärproduktion herbivorer Copepoden unter in-situ Bedingungen und mit Hilfe von Laborexperimenten. Das Zooplankton wird auf mehreren Wegen untersucht und konzentriert sich auf folgende Punkte:

##### 4.10.1 Tiefenstratifizierte Bestandsaufnahme.

Hierzu werden auf verschiedenen Stationen mit einem Multinetz vertikale Stufenfänge von 1000-0 m durchgeführt, um die horizontale und vertikale Verteilung zu untersuchen. Besonderes Interesse dabei liegt auf der Verteilung der Entwicklungsstadien im Hinblick auf deren ontogenetische Vertikalwanderung. Gonadenuntersuchungen an fixierten Weibchen geben weiterhin Hinweise auf den Reifezustand in verschiedenen geographischen Regionen und zu verschiedenen Zeiten. Um festzustellen, ob die Tiere sich noch im Überwinterungszustand und damit in einem Zustand reduzierter Aktivität befinden, werden Aktivitätsmessungen der Verdauungsenzyme gemacht.

##### 4.10.2 Experimentelle Untersuchungen zur Reproduktion.

Für die Experimente werden Copepoden mit Planktonnetzen (Vertikalnetz, Bongo) auf verschiedenen Stationen aus den oberen 300 m der Wassersäule gefangen. Reife Weibchen werden für die Bestimmung der Eiproduktion bei 0°C im Laborkühlcontainer inkubiert. Da die Weibchen nicht mehr wachsen, ist die Eiproduktion ein Maß für die Nettoproduktion und steht in direkter Beziehung zum Nahrungsangebot. Um den Einfluß der Nahrung auf die Eiproduktion zu bestimmen, werden den Weibchen unterschiedliche Algen und Konzentrationen als Futter angeboten. Häutung und Dauer der verschiedenen Entwicklungsstadien wird durch die Änderung in der Stadienzusammensetzung über die Zeit bestimmt.

#### 4.11 Vertikaler Partikelfluß (AWI)

Die sich aufbauende Biomasse (im Eis, in der Plättcheneisschicht und im Pelagial) wird entsprechend des Grades der Vernetzung im pelagischen Ökosystem mehr oder weniger stark aus der Deckschicht aussinken, wenn es zum Zusammenbruch der Lebensräume kommt (z.B. Eisschmelze, Nährsalzerschöpfung). Das Sedimentationssignal wird dabei Ausdruck über den Verbleib des organisch gebundenen Kohlendioxids sein, wobei die benthische Besiedlung und die Höhe der benthischen Umsatzraten Hinweise auf die Größenordnung eines entsprechenden jährlich wiederkehrenden Sedimentationssignals geben. Ein eventueller Abbau organischer Materie in tieferen Wasserschichten wird die Zusammensetzung verändern. Die Größenordnung dieser Veränderungen (O<sub>2</sub>-Abnahme, DOC-Anreicherung, CO<sub>2</sub>-Freisetzung, Alkalinitätsänderung) ist für den Wasserkörper unbekannt, der als Tiefenwasser lange Zeit im Weddellmeer und in den Atlantik strömt.

Unser Forschungsprogramm, das eng mit den Programmen der anderen Gruppen verzahnt ist, wird das Messen des kurzfristigen pelagischen Partikelflusses aus der Deckschicht und Messen der Umwandlung des sinkenden Materials in tieferen Wasserschichten mittels treibender (an

Eisschollen oder an Bojen befestigt) Sinkstoff-Fallen beinhalten. Dabei werden die Bildung und vertikale Verfrachtung der Partikel im Tiefenwasser anhand physiko-chemischer und planktologischer Parameter verfolgt, was vor dem Filchner Schelfeis durch verankerte Sinkstoff-Fallen über ein Jahr erfolgt.

#### 4.12 Entfernung natürlicher Radionuklide aus der Wassersäule (AWI)

Durch radioaktiven Zerfall des im Meerwasser gelösten Urans werden ständig radioaktive Zerfallsprodukte gebildet. Ohne chemische Reaktion würden diese Tochternuklide in gleicher Aktivität vorliegen wie die Mutternuklide von Uran und Radium. Zu den Zerfallsprodukten gehören aber Isotopen der Partikelreaktiven Elementen Th, Pa, Po und Pb. Das Ungleichgewicht zwischen Mutter- und Tochterprodukten ist ein Maß für die Entfernungsrates der reaktiven Tochternuklide aus der Wassersäule. Auf dieser Weise werden wir drei Prozesse untersuchen:

1. Bodenwasser wird im südlichen Weddellmeer gebildet und wird im N.W. Weddellmeer als Weddell Sea Bottom Water wiedergefunden. Es ist zu erwarten, daß ein Teil dieses neu gebildeten Bodenwassers im S.W. Weddellmeer am Schelfhang entlang nach Norden fließt. Wie im N.W. nachgewiesen, ist auch im S.W. Erosion durch diesen Strom gut möglich; Echo- und Kerndaten werden darüber Klarheit geben. Der Partikeltransport im Bodenwasser und der Sedimentations/Erosions Austausch zwischen Bodenwasser und Meeresboden lassen sich mit Th-Isotopen untersuchen:  $^{234}\text{Th}$  (24 Tage Halbwertszeit) wird ständig durch Zerfall von im Meerwasser gelöstem  $^{238}\text{Uran}$  nachgeliefert. Im Ozeanischen Tiefenwasser sind  $^{234}\text{Th}$  und  $^{238}\text{Uran}$  normalerweise in Gleichgewicht:  $^{234}\text{Th}$  hat die gleiche Aktivität wie  $^{238}\text{Uran}$ , die sich aus dem Salzgehalt genau berechnen läßt. Resuspension von Sediment ins Bodenwasser und Adsorption von  $^{234}\text{Th}$  an diesen Partikeln verursachen eine Entfernung von  $^{234}\text{Th}$  aus dem Bodenwasser. Das Ausmaß des Ungleichgewichts gibt damit Information über die Verweilzeit von resuspendiertem Material im Bodenwasser. Die Benutzung von weiteren natürlichen Radionukliden verschiedener Halbwertszeiten ( $^{210}\text{Po}$ :  $t_{1/2}$  138 Tage;  $^{228}\text{Th}$ :  $t_{1/2}$  1.9 Jahr) wird diese Aussage noch verbessern.

Für diese Berechnungen ist es wichtig zu wissen ob ein Ungleichgewicht schon beim Absinken des Wassers entsteht, und allmählich ausgeglichen wird, oder ständig aufrecht erhalten wird durch neue Resuspension. Deswegen muß das WSBW auf mehreren Breiten, und damit von mehreren Altern, beprobt werden. In der Filchner-Rinne werden wir versuchen die isotopische Zusammensetzung des Ice Shelf Wassers, eines der Komponenten des WSBW, zu messen.

2. An der Meeresoberfläche kann die Analyse von  $^{234}\text{Th}$  benutzt werden um die Entfernungsrates von Partikeln, entweder durch Sedimentation oder durch Aufschwimmen von Plätteneis, zu quantifizieren. Hier ist eine Zusammenarbeit mit den Planktologen geplant.

3. Während der ANT VIII/3 Reise (bis  $56^\circ\text{S}$ ) wurde eine Anreicherung von  $^{230}\text{Th}$  in der Wassersäule südlich der Polarfront beobachtet. Diese Anreicherung ist zum Teil auf die Hydrographie zurückzuführen; sie kann aber auch in Verbindung stehen mit niedrigen Partikelflußraten im Weddell Wirbel.

Der sehr niedrige Partikelfluß der mit der WS-1 Falle gemessen wurde, und  $^{230}\text{Th}$  und  $^{210}\text{Pb}$  Daten in Sedimenten des Zentralen Weddellmeeres deuten darauf hin, daß der Scavenging der Wassersäule hier sehr unvollständig ist. Wir brauchen ergänzenden Daten aus dem Tiefen Weddell-Enderby Becken. Dazu wird die Wassersäule bei einer Verankerung vor Kap Norvegia, und wenn möglich bei etwa  $63^{\circ}\text{S}$  beprobt.

Bei der Probennahme werden in-situ Filtrationspumpen eingesetzt. Mit diesen Pumpen wird in 2.5 Stunden 1.5 bis  $2\text{ m}^3$  Wasser filtriert, und aus dem filtrierten Wasser werden die gelösten Radionuklide mit Adsorptionssäulen abgefangen. Zur Kalibrierung werden außerdem Proben mit Großwasserschöpfern genommen. Auf jeder Pumpstation wird die Verteilung der Radionuklide im Sediment in Multicorer-Kernen gemessen. In diesen Kernen werden wir außerdem die Tiefenverteilung des gelösten Sauerstoffs bestimmen als Maß für die Zufuhr organischer Substanz zum Sediment.

#### 4.13 Untersuchungen der Mikrofauna und Meiofauna an der Sedimentoberfläche und im Eis (AWI)

In Zusammenhang mit Sedimentfallen-Untersuchungen sowie Phytoplankton- und Bodentieruntersuchungen sollen Ursache und Wirkungen saisonaler Massensedimentation von Phytoplankton in antarktischen Gewässern untersucht werden. Untersuchungen von der Tiefsee des Nordatlantik zeigten, daß eine spezielle opportunistische Mikro- und Meiofauna mit großer Besiedlungsdichte auf die Ablagerung frischer Phytoplanktonsedimente ("Fluff") reagieren kann. Das oft fleckenhafte Vorkommen solcher Ablagerungen setzt eine gezielte Entnahme kleiner Teilproben von der Oberfläche ungestörter Bodenproben voraus. Lebend- und Subvitaluntersuchungen der empfindlichen Kleinorganismen und ihrer Mikrohabitate sind geplant.

Neben Nematoden gilt das Hauptinteresse der Suche nach pilzähnlichen labyrinthomorphen Protozoen (Familie Thraustochytridae) und anderen amoeboiden Organismen. Thraustochytrien sind beteiligt am Abbau gewisser organischer Substanzen, die Bakterien schwer zugänglich sind. Da bestimmte Entwicklungsstadien einen hohen Lipidgehalt haben, treiben sie im Labor-experiment nach oben und sind daher an der Unterseite von Eisschollen zu erwarten. Die jetzt geplanten Studien sehen eine sofortige mikroskopische Untersuchung nach Präparation und Färbung an Bord sowie Lebendbeobachtungen vor.

#### 4.14 Makrozoobenthos- und Fischökologie (AWI, IPÖ)

Das Benthos im südwestlichen Teil des Weddellmeeres und vor der Ostküste der Antarktischen Halbinsel dürfte sich infolge der weit stärkeren Meereisbedeckung und somit veränderter Produktionsbedingungen im Pelagial sowie aufgrund der Strömungs- und Sedimentverhältnisse vom bisher untersuchten Schelf und Kontinentalhang des südöstlichen Weddellmeeres grundsätzlich unterscheiden. Sowohl hinsichtlich der Zusammensetzung der Fauna und der Struktur der Benthos- und Fischgemeinschaften als auch in bezug auf physiologische, fortpflanzungsbiologische und nahrungsökologische Anpassungen der Organismen sind daher neue Erkenntnisse über das Leben unter hochantarktischen Bedingungen zu erwarten. Darüberhinaus könnte eine Aufnahme des Artenbestands in

diesem Übergangsgebiet zum Scotia-Bogen Aufschlüsse über den Ursprung der Weddellmeerfauna bringen, deren Herkunft nach wie vor umstritten ist.

Die Benthos- und Fischökologen gehen von folgenden Hypothesen aus:

- Makrozoobenthos und Fischfauna in Gebieten mit ständiger Meereisbedeckung und in Arealen, die bis vor kurzem vom Schelfeis überlagert waren, sind insgesamt ärmer (an Arten, Dichte, Biomasse) als in den Polynyengebieten des südöstlichen Weddellmeeres.
- Beide Organismengruppen unterscheiden sich im Artenbestand und hinsichtlich der Dominanz bestimmter trophischer Gruppen (z.B. Suspensionsfresser im Makrobenthos) von der Fauna im bisher untersuchten hochantarktischen Bereich des Weddellmeeres. Die charakteristischen Schwamm-Bryozoengemeinschaften der Epifauna treten zurück, Infaunagemeinschaften gewinnen an Bedeutung. Der Anteil von Formen mit Verwandtschaftsbeziehungen zum Scotia-Bogen und zur südamerikanischen Fisch- und Benthosfauna nimmt zu.
- Die Fauna unterscheidet sich hinsichtlich ihrer Ernährung und ihres physiologischen Zustands (Hungerstoffwechsel, Kälteadaptation) sowie ihrer Fortpflanzungs- und Wachstumsverhältnisse sowohl von der des südöstlichen Weddellmeeres als auch von der des nördlichen Halbinsel- und Inselbereichs.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen soll im Seegebiet östlich der Antarktischen Halbinsel zwischen etwa 63° und 75°S auf dem Schelf (bis 600 m Tiefe) und im oberen Bereich des Kontinentalhangs (bis 1500 m Tiefe) liegen. Hinsichtlich der exakten Lokalitäten müssen die Meereisverhältnisse berücksichtigt werden. Eine enge Kopplung mit den Untersuchungsstationen der Ozeanographen, Planktologen und Geologen wird angestrebt, um die Befunde in einen weiteren ökologischen Rahmen zu stellen. Auf der Anfahrt sollen Proben auf einigen Stationen im bis vor wenigen Jahren vom Eisschelf bedeckten Gebiet vor dem Filchner-Ronne-Schelfeis genommen werden, um die benthische Neubesiedlung zu verfolgen.

Die Probennahme wird vorwiegend mit dem Agassiztrawl und dem Mehrfachkastengreifer, gelegentlich - bei Vorliegen größerer eisfreier Flächen - mit dem Grundschieppnetz erfolgen. Zur Erbeutung von Fischen in gutem Zustand und benthischen Carnivoren/Saprophagen sowie der Fauna unter dem Meereis werden beköderte Reusen eingesetzt. Für physiologische Untersuchungen (Enzyme, Lipidbiochemie, Blutphysiologie und Neurochemie) sowie Beobachtungen zum Verhalten und zur Reproduktionsbiologie werden Fische bzw. Makrobenthos im Kühlcontainer gehalten. Die Aquarienhälterung soll später im Institut fortgesetzt werden. Größere Mengen an Material werden für histologische und elektronenmikroskopische Untersuchungen fixiert oder eingefroren. Die Netzfänge werden auf allen Stationen durch den Einsatz einer Unterwasser-Fotoschaukel ergänzt, um später einen Vergleich der Epi- und Megafauna auf den Bildern mit den im Trawl vorgefundenen Arten durchzuführen.

#### 4.15 Bathymetrie (Hydrosweep) (AWI)

Das hier vorgestellte Programm ist eingebunden in die Arbeiten zu den geologischen marinen Prozessen, die z. B. als tektonische und Sediment-Prozesse den Meeresboden gestalten. Die engere Aufgabenstellung umfaßt die Verbindung zwischen dem glaziologischen Regime der Westantarktis und den Sedimentationsprozessen.

Die Durchführung bathymetrischer Vermessungen ist für den gesamten Expeditionsverlauf vorgesehen. Die Daten werden dabei auf der gesamten Fahrtroute kontinuierlich erfaßt und aufgezeichnet. Abhängig von der aktuellen Route werden die Topographie und die Geomorphologie im Bereich der Tiefsee des Weddellmeeres und an den Kontinentalhängen vermessen.

Sofern es möglich ist, werden die Meßprofile zwischen den Einsatz- und Arbeitsgebieten parallel zu den bisherigen Fahrtrouten der Polarstern oder anderer Forschungsschiffe gelegt werden. Zusätzlich zu den Messungen während der Transit- und geophysikalischen Profildfahrten soll detailliert die kleinräumige Topographie und Geomorphologie, z. B. an Verankerungspositionen vor Ausbringen der Verankerung oder in Benthos-Beprobungsgebieten, erfaßt werden.

Die Arbeiten der Bathymetrie umfassen die Datenerfassung mit dem Hydrosweep-System auf der KAE-Anlage und der Workstation der Arbeitsgruppe Bathymetrie des AWI. Dazu gehört ferner die interaktive Korrektur der Profil-Meßdaten und die Erstellung von on-line-Plots (Streifenplot der Echtzeitdaten, ggf. zusätzlich mit anderen Daten). Zum Aufgabengebiet der Bathymetrie gehört ferner die Fahrtplanung (Wegpunkte), sofern sie z. B. in Verbindung mit der Ergänzung bereits vorhandener Meßprofile steht.

Die Navigationsdaten des Schiffes sind aufzudatieren, damit nachfolgend digitale Geländemodelle des Meeresbodens berechnet werden können. Auf diesen Daten und der eventuellen Hinzuziehung älterer Polarstern-Daten und anderer Daten baut die Erstellung von bathymetrischen Karten (Isolinien der Tiefen) und räumlichen Ansichten auf. Dabei muß in kleinräumige Karten zur Darstellung der Detailmorphologie und in großräumige Karten zur Übersicht des Meß- und Arbeitsgebietes unterschieden werden.

##### 4.15.1 Postprocessing der Navigations- und Hydrosweep-Daten

Die großmaßstäbigen Kartierungen erfordern eine präzise Positionsbestimmung des Meßträgers, die durch Satelliten- und Koppelnavigation erreicht wird. Die Figur und Gestalt der Erde wird durch eine Äquipotentialfläche beschrieben, die auf dem Meer in erster Näherung dem mittleren Meeresspiegel entspricht. Gerade für den Bereich der Antarktis liegen hier nur wenig Informationen vor. Daher soll für den Fall, daß das Schiff längere Zeit auf Position gehalten wird und eine günstige GPS-Überdeckung vorliegt, im Weddellmeer eine Geoid-Bestimmung erfolgen. Die mit dem GPS-Empfänger aufgezeichneten dreidimensionalen Positionen werden sensibel hinsichtlich ihrer Höhenkomponente bewertet und ausgewertet. Die Differenz zwischen ellipsoidischer Höhe aus GPS und der momentanen Höhe der Antenne über dem Meeresspiegel liefert die zur Beschreibung des Geoides erforderliche

Geoidundulation. Diese Messungen sind z. B. an den Eis-, Benthos- und geologischen Beprobungsstationen möglich.

Zweidimensionale und räumliche Ansichten der Meeresbodentopographie sind notwendig, um Strukturen und Zusammenhänge zu erkennen. Daher wird für bestimmte Bereiche bereits an Bord ein digitales Geländemodell (DGM) zur Kartenerstellung berechnet, aus dem die zum Studium der Meeresbodenstrukturierung genutzten Produkte abgeleitet werden können. Für das DGM müssen bereinigte Daten vorliegen. Zu diesem Zweck werden die Hydrosweep-Daten bereits während der Messung überprüft und korrigiert. Die Korrektur umfaßt zum einen die Übernahme der aufdatierten Schiffspositionen und zum anderen eine Überprüfung der Tiefenmessungen. Hierfür werden die Meßdaten der Querprofile dargestellt, auf Plausibilität überprüft und ggf. bearbeitet (interaktive graphische Korrektur).

#### 4.15.2 Großräumige Bathymetrie im Hauptarbeitsgebiet Weddellmeer

Meeresbodentopographie vor dem Filchner-Ronne-Schelfeis: Filchner-Graben

Im Bereich des Filchner-Grabens (oder Filchner-Trog) soll der tiefe Grabenbereich erfaßt werden, der bis 1985 vom östlichen Schelfeis (Filchner-Schelfeis) des Filchner-Ronne Ice Shelves überdeckt wurde und zu dem entsprechend wenig Daten vorliegen. Bathymetrische Daten existieren derzeit nicht, jedoch gibt es aus seismischen Messungen der Sowjets Tiefeninformationen in diskreten Punkten bzw. in Profilen.

Meeresbodentopographie vor dem Filchner-Ronne-Schelfeis und der Antarktischen Halbinsel: Kontinentalsockel und -hang

Die Flachwassereigenschaften des Hydrosweep-Systems sollen vor dem Filchner-Ronne-Schelfeis genutzt werden, um Parallelprofile entlang der Schelfeiskante zu vermessen. Hierbei werden im Bereich des Kontinentalschelfs kleinräumige Strukturen mit geringen Tiefenunterschieden (z.B. Abflußgräben und Erosionsrinnen des ISW, Ice Shelf Water) erfaßt und analysiert werden.

Zur Untersuchung submariner Prozesse zur Anlagerung und Abtragung von Sedimenten werden Profile quer zum Kontinentalhang geplant. Im nördlichen Bereich des Kontinentalschelfs sollen Gebiete mit hemipelagischer Sedimentation, Areale von Turbidit-Fächern oder von Konturiten mit den dazugehörigen Erosionsstrukturen flächenhaft durch Hydrosweep in Koordination mit der profilhaften hochauflösenden Sedimentechographie durch Parasound kartiert werden.

Die bei vorherigen Expeditionen aufgefundenen Erosionsstrukturen (Canyons/Rinnen) sollen in ihrer Ausdehnung erfaßt werden. Dazu wird eine online-Navigation des Schiffes in seiner Profilfahrt längs der linearen Strukturen anhand der über Hydrosweep sofort sichtbaren Meeresbodentopographie erforderlich. Auch diese Messungen erfolgen in enger Korrelation mit den Parasound-Messungen der Sedimentechographie.



#### 4.15.3 Kleinräumige bathymetrische Geländeaufnahmen

Mit der Hydrosweep-Anlage sollen Detailaufnahmen des Meeresbodens in besonders interessierenden Bereichen von Meß- und Beprobungsstationen erfolgen, die Informationen mit hoher Auflösung für die betreffenden Areale liefern. Als Ergebnis wird eine topographische Karte im Maßstab 1:50 000 an Bord erstellt.

Im Nahbereich geologischer Probenstationen (Kastengreifer, Schwerelot, Dredgen) und ozeanographischer Verankerungen (Strömungsmesser, Sinkstoff-Fallen) soll eine Fläche von ca. 10 sm x 10 sm vermessen werden. Eventuell wird zusätzlich die Umgebung ehemaliger ozeanographischer Verankerungen im Bereich des Filchner-Grabens kartographisch erfaßt.

Mit dem Hydrosweep-System erfolgt eine kleinsträumige Geländeaufnahme des Photo-Survey-Gebietes (Fotoschlitten) und des Benthos-Beprobungsgebietes und des Areal der Verankerung der Sedimentfalle.

#### 4.15.4 Ergänzende Hydrosweep-Profilmessungen

Zusätzliches Ziel ist die Verdichtung, Ergänzung und Erweiterung von Messungen in bereits befahrenen Gebieten. Sofern es möglich ist, werden die Meßprofile zwischen den Einsatz- und Arbeitsgebieten parallel zu den bisherigen Fahrtrouten der Polarstern oder anderer Forschungsschiffe gelegt werden. Daher werden an Bord für die Fahrtplanung sowohl die Kurs-, Hydrosweep- und Seabeamdaten vergangener Expeditionen mit Polarstern aus auch Daten anderer Forschungsschiffe zur Verfügung stehen.

#### 4.16 Marin-geologische Untersuchungen (AWI, SPRI)

Die marin-geologischen Untersuchungen im südwestlichen Weddellmeer sind in mehrere, sich ergänzende Teilprojekte untergliedert, die zum Teil das gleiche Probenmaterial verwenden werden. Auf den geologischen Stationen werden standardmäßig ein Gerät für eine möglichst ungestörte Beprobung der Sedimentoberfläche und der obersten Sedimentdezimeter (Großkastengreifer, GKG, oder Multicorer, MUC) sowie ein Kernlot zur Gewinnung längerer Sedimentkerne (Schwerelot, SL, oder Kolbenlot, KOL) eingesetzt.

##### 4.16.1 Sedimentechographische Untersuchungen

Mit dem PARASOUND-System besteht auf FS "Polarstern" die Voraussetzung zur digitalen Registrierung von Sedimentecholotprofilen. Die so registrierten hochauflösenden Seismogramme der oberflächennahen Sedimente können mit den Methoden der Reflexionsseismik prozessiert werden.

Auf der Reise ANT-IX/3 wird auf der gesamten Fahrtstrecke mit PARASOUND registriert werden. Dabei sollen auf der Anreise zum eigentlichen Arbeitsgebiet Parallelkurse zu bestehenden Profilen gefahren werden, um für ein möglichst großes Gebiet flächenhafte Informationen zu erhalten, die für spätere Fahrtplanungen und wissenschaftliche Arbeiten herangezogen werden können.

Die PARASOUND-Aufzeichnungen im westlichen Weddellmeer werden die Grundlage zur Auswahl von Positionen zur geologischen Probennahme bilden. Sie ermöglichen eine gezielte Beprobung, da man mit ihrer Hilfe Hinweise auf die Beschaffenheit des Meeresbodens sowie Sedimentumlagerungen durch Bodenströmung, gravitativen Sedimenttransport oder Grundberührung durch Eis bekommt.

Durch Vergleich der PARASOUND-Daten mit den am Kernmaterial gemessenen physikalischen und sedimentologischen Parametern lassen sich Sedimenttypen charakterisieren, flächenhaft erfassen und kartieren.

#### 4.16.2 Sedimentationsprozesse, Vereisungsgeschichte, Paläozeanographie

In den letzten Jahren wurden Sedimentationsprozesse und Sedimentationsmuster am Antarktischen Kontinentalrand mit verschiedenen Methoden und in verschiedenen Gebieten im Detail untersucht. Besonders zu erwähnen sind die Aktivitäten im Zusammenhang mit früheren Polarstern-Expeditionen ins südliche und südöstliche Weddellmeer, die Expeditionen im Rahmen des "Ocean Drilling Program" in die Prydz-Bucht und ins Weddellmeer sowie die Bohrkampagnen "CIROS" im Rossmeer. Ganzjährig eisbedeckte Gebiete mußten bisher jedoch von den Untersuchungen ausgeschlossen bleiben.

Auf der Expedition ANT-IX/3 ins südwestliche Weddellmeer wollen wir daher versuchen, die proximal-glazialmarine Sedimentation in einem z.T. ganzjährig eisbedeckten Gebiet mit der Dynamik der Eismassen zu verknüpfen, die das Sediment anliefern. Ziel ist es, Sedimentationsmodelle aufzustellen, die auch auf andere stark glazial beeinflusste Kontinentalränder angewandt werden können. Auf dem Schelfgebiet sollen zunächst die Oberflächensedimente systematisch beprobt werden. Die Untersuchung der Sedimentfazies und eine Kartierung verschiedener Faziestypen wird Aufschluß über Liefergebiete und Transportmechanismen geben. Diese Kenntnisse können dann mit Hilfe von längeren Sedimentkernen in die geologische Vergangenheit extrapoliert werden. Zeitliche Veränderungen im Liefergebiet, in der Eisbewegung, und -bedeckung sowie im Sedimenttransport sollen erkannt werden.

Geologische Schnitte vom Schelf über den Kontinentalhang zur angrenzenden Tiefsee sollen die Faziesverzahnung vom proximalen zum distalen Bereich aufzeigen. Besonderes Gewicht wird auf die Beprobung von Erosionsstrukturen durch Bodennwasserströmungen gelegt, wo solche mit Hilfe von PARASOUND entdeckt werden. Lange Sedimentkerne lassen zyklische Schwankungen spezifischer sedimentologischer, sediment-physikalischer und magnetischer Parameter erwarten, die zur Rekonstruktion der quartären Glazial-Interglazial-Zyklen dienen können. Der Einfluß permanenter Meereisbedeckung auf die Sedimentation biogener und terrigener Partikel wird untersucht. Die Ergebnisse könnten zu besserem Verständnis der Sedimente führen, die während kälterer Klimaphasen in Gebieten mit heute semipermanenter Meereisbedeckung, wie im östlichen Weddellmeer, abgelagert wurden.

In Zusammenarbeit mit der ozeanographischen Arbeitsgruppe soll eine Verankerung, die ein Jahr lang an einer Erosionsstruktur bei 71° 5,8' S 20° 47,1' W die bodennahen Strömung messen sollte, aufgenommen und bei 73° 38,6' S 26° 9,5' W wieder ausgebracht werden.

#### 4.16.3 Benthische Foraminiferenvergesellschaftungen

Die Kartierung rezenter benthischer Foraminiferenvergesellschaftungen anhand von Oberflächensedimentproben am östlichen Kontinentalrand des Weddellmeeres zeigt deutliche Abhängigkeiten ihrer Verbreitung und Siedlungsstruktur von Nahrungszufuhr, Bodenwassermassen und Substrat. Mit Proben von Sedimentoberflächen des westlichen Weddellmeeres soll untersucht werden, ob sich die im östlichen Weddellmeer erkannten Beziehungen zwischen Umwelt und Foraminiferenfaunen auch auf das westliche Weddellmeer mit der Besonderheit der z.T. ständigen Eisbedeckung ausdehnen lassen. Dazu wird ein möglichst flächendeckendes Probenetz angestrebt, welches alle Wassertiefen abdecken soll. Vergleichende Untersuchungen an Sedimentkernen sollen Aufschluß über die Veränderungen der Umweltbedingungen in Abhängigkeit der quartären Klimazyklen und deren Auswirkung auf die Foraminiferenfauna geben. Die Befunde können zu einem besseren Verständnis der paläozeanographischen Entwicklung des Weddellmeeres beitragen.

#### 4.16.4 Kieselige Mikrofossilien

Während ANT IX/3 sollen Oberflächensedimentproben aus Großkastengreifer- und Multicorerkernen entnommen werden, mit denen bereits bestehende Datensätze zur Verbreitung und Erhaltung kieseliger Mikrofossilien (Diatomeen, Silikoflagellaten, Radiolarien) in Oberflächensedimenten des atlantischen Sektors des Antarktischen Ozeans ergänzt werden können. Die Datensätze werden insbesondere als Referenzdaten bei paläo-ökologischen Rekonstruktionen mit Hilfe statistischer Methoden benötigt. Die geplante Beprobung im Bereich des südwestlichen Weddellmeeres schließt eine bedeutende Lücke im bisher bestehenden Probenetz. Erstmals können damit auch Informationen aus einem pelagischen Bereich gewonnen werden, der auch heute mehr oder weniger ganzjährig von Meereis bedeckt ist.

Ergänzend zu den Sedimentprobennahmen sollen auch Planktonfänge in der Wassersäule durchgeführt werden. Dabei geht es insbesondere um die Verbreitung von Radiolarien, die mit Hilfe eines Vertikal-Schließnetzes in verschiedenen Tiefenstufen in den oberen 1000 m der Wassersäule gefangen werden sollen. Das Probenmaterial wird im Rahmen laufender Untersuchungen zur Autökologie von Radiolarien ausgewertet.

#### 4.17 Bordwetterwarte (DWD)

Die unter 3.7 aufgeführten Arbeiten werden auf diesem Abschnitt weitergeführt.



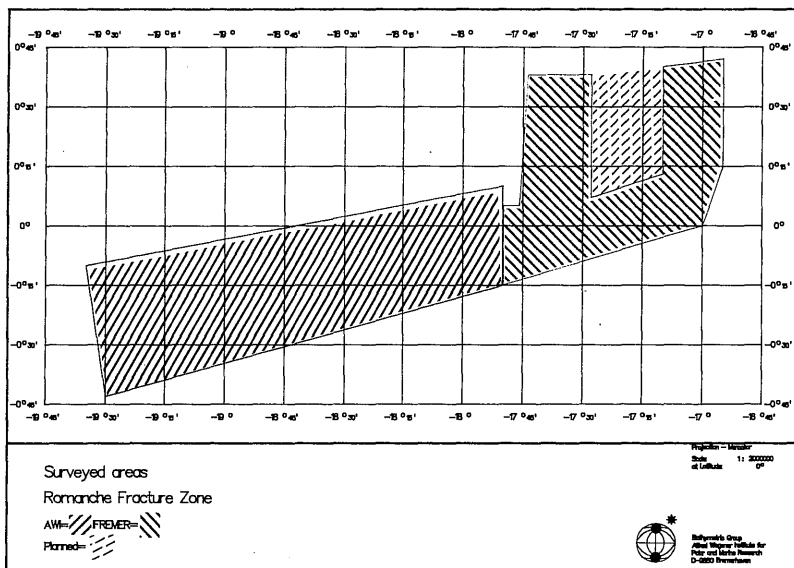


Abb. 5: Untersuchungsgebiet der Romanche Fracture Zone während ANT IX/4

Fig. 5: Investigation area of Romanche Fracture Zone during ANT IX/4

## 5.2 Paläozeanographie (AWI, FGB)

Unsere Untersuchungen konzentrieren sich auf die Rekonstruktion der quartären und spät-pliozänen Paläozeanographie im Gebiet um die Polarfrontzone. Die wissenschaftlichen Hauptzielsetzungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- die Rekonstruktion der Temperaturen der Oberflächenwassermassen sowie der Zirkulation der Oberflächen-Stromsysteme, so besonders der Nord-Süd-Verschiebung der hydrographischen Frontensysteme;
- die Rekonstruktion charakteristischer Wassermassenparameter (Temperatur, stabile Isotopenzusammensetzung, Spurenelemente, Nährsalze) der Zwischen- und Bodenwassermassen sowie deren Ausbreitung und Zirkulationsmuster, so besonders die Produktion und die Mächtigkeit des Antarktischen Bodenwassers (AABW).

### 5.2.1 Kieselige Mikrofossilien

Kieselige Mikrofossilien (Radiolarien und Diatomeen) lassen sich zur Rekonstruktion der paläozeanographischen Entwicklung (Lageveränderungen der ozeanographischen Fronten und Meereisgrenze, Veränderungen der Stromsysteme, Rekonstruktion der Paläo-Oberflächenwassertemperaturen) heranziehen. Darüber hinaus lassen sich mit Häufigkeitsverteilungen verschiedener kieseliger Indikatorarten ökostratigraphische Datierungen jungpleistozäner Sedimente durchführen.

Während der Polarstern-Expedition ANT IX/4 soll gezielt ein bereits bestehendes Probennetz, das während der Polarstern-Expedition ANT VIII/3 gewonnen wurde, verdichtet werden. Dabei geht es unter anderem um die Gewinnung von Probenmaterial zur Rekonstruktion des Agulhas Stromes, der deswegen von großer paläozeanographischer Bedeutung ist, da über ihn warmes Oberflächenwasser aus dem Indischen Ozean in den Süd-Atlantik transportiert wird. Zusätzlich soll weiteres Probenmaterial gewonnen werden, um die nördliche Verbreitung der Polarfront-Zone und der Meereisgrenze während der jungpleistozänen Vereisungsmaxima zu erfassen. Zur Erweiterung des Referenzdatensatzes für paläozeanographische Rekonstruktionen mit Hilfe statistischer Methoden sollen an möglichst allen Stationen Oberflächensedimentproben gesammelt werden.

Im Rahmen der paleoökologisch orientierten Arbeiten soll darüber hinaus das Multinetz eingesetzt werden, um damit weitere Informationen zur Verbreitung und Autökologie rezenter kieseliger Mikroorganismen zu bekommen. Ein wesentlicher Punkt dieser Untersuchungen ist eine Beprobung des Antarktischen Zwischenwassers, die bereits auf der Polarstern-Expedition ANT VIII/3 begonnen wurde und nun nach Norden ausgedehnt werden soll. Es soll hierbei geprüft werden, ob bestimmte antarktische Arten mit dieser Wassermasse abtauchen, nach Norden transportiert werden und möglicherweise in den Auftriebsgebieten des Süd-Atlantiks wieder auftauchen.

### 5.2.2 Partikelfluß zum Meeresboden

Der Chemismus der Wassersäule und die Regeneration von Nährsalzen wird maßgeblich durch das Absinken partikulärer Substanzen aus der euphotischen Zone beeinflusst. Der Partikelfluß stellt die hauptsächliche Nahrungsquelle für das Tiefseebenthos dar und bildet gleichzeitig die Voraussetzung für den Eintrag von Umweltsignalen in das Sediment. Der Jahresgang des Partikelflusses und die damit verbundene Saisonalität in der Produktion des Oberflächwassers soll mit Hilfe zeitgeschalteter Sinkstofffallen erfaßt werden.

Von März 1988 bis 1990 wurden für Langzeituntersuchungen jeweils Verankerungen im Benguelastrom über dem Walfischrücken ausgebracht, die mit Sinkstofffallen und Strömungsmessern bestückt waren. Die zuletzt ausgebrachte Verankerung soll auf dem Abschnitt ANT IX/4 geborgen werden. Gleichzeitig soll zur Fortführung der Untersuchungen eine neue Verankerung mit zwei Sinkstofffallen sowie zwei Strömungsmessern in verschiedenen Wassertiefen ausgebracht werden. Zusätzlich soll während der gesamten Reise kontinuierlich Oberflächenplankton für organisch-geochemische Untersuchungen gesammelt werden.

### 5.2.3 Benthische Foraminiferenvergesellschaftungen und stabile Isotopenverhältnisse als Umwelt-Anzeiger

Rezente benthische Foraminiferenvergesellschaftungen vom östlichen Kontinentalrand des Weddellmeeres zeigen deutliche Abhängigkeiten in ihrer Verbreitung und Siedlungsstruktur von der Höhe der Nahrungszufuhr, der Art der Bodenwassermasse und vom Substrat. Im besonderen, ist eine von Nuttallides umbonifer dominierte Fauna an den unteren Bereich des Antarktischen Bodenwassers (AABW) zwischen Karbonat-Lysokline und Karbonatkompensations-Tiefe (CCD) gebunden. Auf dem Fahrtabschnitt ANT IX/4 in den südlichen atlantischen Ozean soll in Vervollständigung von ANT VIII/3 in das nördlichste Weddellmeer untersucht werden, ob sich die im östlichen Weddellmeer (ANT IV/3) erkannten Beziehungen zwischen Umwelt und benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen auf Gebiete unterhalb der Polarfrontzone ausdehnen lassen und ob spezifische benthische Foraminiferenvergesellschaftungen die Lage der Polarfrontzone als Hoch-Produktionsgebiet widerspiegeln.

Zusätzlich sollen die stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen-Verhältnisse von epi-benthischen Foraminiferen bestimmt werden, um Kenngrößen der Bodenwassermassen abzuleiten, aber auch um eine korrekte Korrelation mit der weltweiten  $d^{18}O$ -Stratigraphie zu ermöglichen (So müssen wegen begrenzter Verbreitung in hohen Breiten andere Arten als in niederen Breiten mit möglichen, unterschiedlichen Vitaleffekten gemessen werden). Produktivitätsabschätzungen (Exportproduktion) sind möglich über einen Vergleich von stabilen Kohlenstoffisotopen Verhältnissen von planktischen, epi-benthischen und endo-benthischen Foraminiferen.

Diese Untersuchungen sollen sowohl an Oberflächenproben als auch an ausgesuchten pliozänen/ quartären Kernen durchgeführt werden um eine paläozeanographische Interpretation und Rekonstruktion in Analogie zu den rezenten Bedingungen zu ermöglichen. Insbesondere sollen so Daten zur Ausbreitung und Strömungsintensität der Bodenwassermasse, zur Paläoproduktivität, sowie zur Nord-Süd-Verlagerung der Polarfrontzone gewonnen werden.

### 5.2.4 Sedimentologische und tonmineralogische Untersuchungen

An Oberflächenproben und Sedimentkernen aus dem östlichen Südatlantik sollen detaillierte Korngrößenbestimmungen sowie Untersuchungen des Tonmineralbestandes (Röntgendiffraktometrie) durchgeführt werden. Ziel der Untersuchungen ist ein besseres Verständnis der Herkunft sowie der Transport- und Sedimentationsbedingungen des feinputikulären terrigenen Materials im Zeitraum der letzten 300.000 Jahre.

Das Verteilungsmuster des Tonmineral-Detritus südatlantischer Sedimente ist sowohl von der großräumigen Zirkulation des antarktischen Bodenwassers als auch von Oberflächenströmung, Eisdrift, Windregime und Biogenproduktion abhängig. Die Verbreitung der Schichtsilikate nach Art, Struktur und Ordnungsgrad kann somit wechselnde klimatische und ozeanographische Verhältnisse sowie den Stofftransport aus ehemaligen Liefergebieten z.B. über Stromsysteme abbilden. Hierbei werden Aussagen über mögliche Verschiebungen der hydrographischen Fronten sowie über

Veränderungen in der Ausbreitung des Boden- und Zwischenwassers im Zusammenhang mit den Kalt-/Warmzeitzyklen erwartet.

### 5.3 Bathymetrische Vermessungen mit Hydrosweep (AWI)

Das Fächerlot Hydrosweep soll während des gesamten Fahrtabschnitts kontinuierlich betrieben werden. Hauptziel ist die Verdichtung und Erweiterung bereits vermessener Gebiete. Hierzu zählt insbesondere die Romanche Bruchzone (RFZ) in Höhe des Äquators bei 18° W. Der westliche Teil der RFZ wurde während der Polarsternfahrt ANT VIII/1 vom AWI mit Hydrosweep, der östliche Teil vom Ifremer mit Seabeam vermessen. Auf diesem Abschnitt soll die Lücke zwischen den beiden nördlichen Seabeam-Blöcken geschlossen werden. Für die Profilplanung werden die Kursdaten vergangener Expeditionen berücksichtigt.

### 5.4 Spurenstoffuntersuchungen in der Atmosphäre

siehe Kapitel 4.2



## 6. Beteiligte Institute / Participating Institutions

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
<u>Federal Republic of Germany</u>		
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 2850 Bremerhaven	74	1, 2, 3, 4
DWD Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Bernhard-Nocht-Str. 76 2000 Hamburg 4	7	1, 2, 3, 4
FGB Universität Bremen Fachbereich Geowissenschaften FB5 Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33	5	2, 4
FiW Forschungsstelle für Wirbeltierforschung Akademie der Wissenschaften der DDR Am Tierpark 125 O-1136 Berlin	3	2
FPB Universität Bremen Fachbereich Physik FB1 Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33	6	2
HSW Helicopter-Service Wasserthal GmbH; Kätnerweg 43 2000 Hamburg 65;	8	2,3
IfMG Johann Wolfgang Goethe-Universität Institut für Meteorologie und Geophysik Feldbergstr. 47 Postfach 11 19 32 6000 Frankfurt am Main 11	3	1,2
IfMW Institut für Meereskunde Akademie der Wissenschaften der DDR Seestr. 15 O-2530 Rostock-Warnemünde	2	2
IFUG Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung Kreuzteckbahnstr. 19 8100 Garmisch-Partenkirchen	2	1

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
IPÖ Universität Kiel Institut für Polarökologie Physikzentrum Olshausenstraße 40-60 D-2300 Kiel 1	2	3
KAE Krupp Atlas Elektronik GmbH Seebaldsbrücker-Heerstr. 235 2800 Bremen	1	1
RUB Ruhr-Universität Bochum Fakultät für Chemie / Physikalische Chemie I Postfach 10 21 48 4630 Bochum 1	2	1,2
TA TERRAQUA Indersdorfer Str. 16 8061 Arnbach	1	2
UH Universität Heidelberg Institut für Umweltphysik Im Neuenheimer Feld 366 6900 Heidelberg	2	1,3
UU Universität Ulm Analytische Chemie Postfach 40 66 7900 Ulm	3	1

#### Argentinien

ITBA Instituto Tecnológico de Buenos Aires Avda Enardo Madero 351/99 1106 Buenos Aires	1	2
--	---	---

#### Belgium

VUB Vrije Universiteit Brussels Laboratory for Analytical Chemistry Pleinlaan 2 B-1050 Brussels	1	2
--	---	---

#### England

SPRI Scott Polar Research Institute Cambridge	1	3
--	---	---

Adresse Address		Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Leg
--------------------	--	----------------------------	-----------------------

Frankreich

IEM	Institut d'Etudes Marines Université de Bretagne Occidentale 6 Avenue le Gorgeu F-29287 Brest Cedex	3	2
-----	--	---	---

Netherlands

RUU	Rijksuniversiteit te Utrecht Faculteit der natuur- en sterrenkunde Princetonplein 5 NL-3508 TA Utrecht	1	2
VUA	Vrije Universiteit Amsterdam Instituut voor Aardwetenschappen Boelelaan 1085 NL 1081 HV Amsterdam	2	1

United States of America

OSU	Oregon State University College of Oceanography Oceanography Admin. Bld. 104 Corvallis, Oregon 97331-5503	2	2
-----	--	---	---

Union of Socialistic Soviet Republics

AARI	Arctic and Antarctic Research Institute 38 Bering St. 199226 Leningrad	2	3
------	--	---	---

## 7. Fahrtteilnehmer / Participants:

### ANT IX/1

Bacher, Reiner	UU
Hamann, Hendrik	AWI
Helmers, Eckard	AWI
Knappertsbusch, Michael	VUA
Köhler, Herbert	DWD
Kreher, Karin	UH
Langer, Eckhard	IFUG
Luxenhofer, Oliver	UU
Modersitzki, Jutta	AWI
Niewold, Muriel,	VUA
Oertel, Thomas	AWI
Papenbrock, Thomas,	RUB
Schäfer, Bettina	IfMG
Schreitmüller, Jörn	UU
Schulz-Baldes, Meinhard	AWI
Schwarz, Werner	KAE
Slemr, Franz,	IFUG
Staubes, Regina	IfMG
Weller, Rolf	AWI

### ANT IX/2

Baumann, Marcus	AWI
Behmann, Thomas	AWI
Bluszcz, Thaddäus	AWI
Brandini, Frederico	AWI
Brosin, Hans-Jürgen	IfMW
Buxhoeveden, Cristina Isabel	ITBA
Dehn, Joachim	AWI
Dittrich, Birgit	AWI
Erdmann, Holger	DWD
Fahrbach, Eberhard	AWI
Goeyens, Leo	VUB
Harder, Markus	FPB
Heitmüller, Karl-Heinz	HSW
Hillebrandt, Oliver	HSW
Hinrichsen, Hans-Harald	FPB
Knoche, Martin	AWI
Köhler, Herbert	DWD
Krest, Jim	OSU
Kurbjeweit, Frank	AWI
Leynaert, Ande	IEM
Lindner, Louk	RUU
Markus, Thorsten	AWI
Monk, Jürgen	AWI
Papenbrock, Thomas	RUB
Pauls, Margarete	AWI
Plugge, Rainer	AWI
Queguiner, Bernard	IEM
Ragueneau, Olivio	IEM
Rauschert, Martin	FfW bis K.G.I

Rievesell, Christian	HSW
Ross, Andy	OSU
Schäfer, Hartmut	FPB
Schmidt, Martin	IMW
Schoch, Roland	FPB
Schöffmann, Erhard	FGB
Schrems, Otto	AWI
Schütt. Ekkehard	FGB
Segl, Monika	FGB
Simon	FfW bis K.G.I
Sonnabend, Hartmut	DWD
Staubes, Regina	IMG
Sterr, Uta	FPB
Stiller, Michael	AWI bis K.G.I
Strass, Volker	AWI
Tins, Wolfgang	TA
Wasserthal, Claus	HSW
Weber, Michael	AWI
Wisotzki, Andreas	FPB
Zippel	FfW ab K.G.I
NN Geologie	AWI

#### ANT IX/3

Arntz, Wolf	AWI
Bathmann, Ulrich	AWI
Beyer, Kerstin	AWI
Bönisch, Gerhard	AWI
Brey, Thomas	AWI
Drager, Johannes	AWI
Ehrmann, Werner	AWI
Fahl, Kirsten	AWI
Gerdes, Dieter	AWI
Gerland, Sebastian	AWI
Gingele, Franz	AWI
Gleitz, Markus	AWI
Gorny, Matthias	AWI
Gradinger, Rolf	AWI
Großmann, Sönke	AWI
Grothe, Joachim	UH
Gutt, Julian	AWI
Hain, Stefan	AWI
Hambrey, Michael	SPRI
Hinze, Heinrich	AWI
Höltzen, Heike	AWI
Ibrahim, Tarek	HSW
Janssen, H.-H.	AWI
Kringel, Robert	AWI
Kuhn, Gerhard	AWI
Kurbjeweit, Frank	AWI
Lahrman, Uwe	HSW
Laing, Ralph	AWI
Lochte, Karin	AWI
Lukin, Valery	AARI

Lundström, Volker	HSW
Maus, Bertram	AWI
Melles, Martin	AWI
Michel, Andreas	AWI
Ochsenhirt, Wolf-Thilo	DWD
Pols, Hans-Arnold	DWD
Provorkin, Andrey	AARI
Rau, Ingo	AWI
Riemann, Franz	AWI
Rutgers v.d. Loeff, Michel	AWI
Schantz, Anja	AWI
Scharek, Renate	AWI
Schmiedl, Gerhard	AWI
Schrank, Wolfgang	HSW
Schröder, Michael	AWI
Schröder, Sabine	AWI
Smetacek, Victor	AWI
Steinmetz, Richard	AWI
Weissenberger, Jürgen	AWI
Wisotzki, Andreas	AWI
Witte, Hannelore	AWI
Wöhrmann, Andreas	IPÖ
Zimmermann, Christopher	IPÖ
XXX	AWI

#### ANT IX/4

Abelmann, Andrea	AWI
Bohrmann, Gerhard	AWI
Grobe, Hannes	AWI
Hubberten, Hans-Wolfgang	AWI
Köhler, Herbert	DWD
Lensch, Norbert	AWI
Mackensen, Andreas	AWI
Oertel, Thomas	AWI
Petschick, Rainer	AWI
Ruhland, Götz	FGB
NN, Parasound	
NN, Hydrosweep	
NN, Hydrosweep	
NN, Luftchemie	

## 8. Schiffsbesatzung / Ship's Crew

Dienstgrad	ANT IX/1	ANT IX/2	ANT IX/3	ANT IX/4
Kapitän	Jonas	Jonas	Greve	Jonas
1. Offizier	Gerber	Gerber	Götting	Götting
1. Offz. Ladung	Varding	Fahje	Stehr	Stehr
Naut. Offizier	Schwarze	Schiel	Schiel	Varding
Naut. Offizier	--	Rodewald	Rodewald	--
Arzt	Dr. Kohlberg	Dr. Kohlberg	NN	NN
Ltd. Ingenieur	Schulz	Schulz	Müller	Müller
1. Ingenieur	Delff	Delff	Knoop	Knoop
2. Ingenieur	Simon	Simon	Erreth	Erreth
2. Ingenieur	Kuchta	Kuchta	NN	NN
Elektriker	Erdmann	Erdmann	Schuster	Schuster
Elektroniker	Muhle	Muhle	NN	NN
Elektroniker	Humm	Humm	Husmann	Husmann
Elektroniker	Elvers	Elvers	Hoops	Hoops
Elektroniker	Muhle	Muhle	NN	NN
Funkoffizier	Müller	Müller	Geiger	Geiger
Funkoffizier	Butz	Butz	Wanger	Wanger
Koch	Klasen	Klasen	Werner	Werner
Kochsmaat	Roggartz	Roggartz	NN	NN
Kochsmaat	NN	NN	Brümmer	Brümmer
1. Steward	Peschke	Peschke	Scheel	Scheel
Stewardess/Nurse	Chalupar	Chalupar	Lieboner	Lieboner
Stewardess	Hopp	Hopp	Reitz	Reitz
Stewardess	NN	NN	Ambo Masse	Ambo Masse
Stewardess	Gollmann	Gollmann	NN	NN
2. Steward	NN	NN	NN	NN
2. Steward	NN	NN	NN	NN
Wäscher	Chang	Chang	Chang	Chang
Bootsmann	Schwarz	Schwarz	Hopp	Hopp
Zimmermann	Kassubeck	Kassubeck	Marowsky	Marowsky
Matrose	Carcia Martinez	C. Martinez	Iglesias Bermudez	I. Bermudez
Matrose	Meis Torres	Meis Torres	Suarez Paisal	Suarez Paisal
Matrose	Willbrecht	Willbrecht	Soage Curra	Soage Curra
Matrose	Novo Loveira	Novo Loveira	Gil Iglesias	Gil Iglesias
Matrose	Prol Otero	Prol Otero	Abreu Dios	Abreu Dios
Matrose	Pereira Portela	P. Portela	Pousada Maratinez	P. Maratinez
Lagerhalter	Barth	Barth	Schierl	Schierl
Masch-Wart	Jordan	Jordan	Wittfoth	Wittfoth
Masch-Wart	Fritz	Fritz	Dufner	Dufner
Masch-Wart	Heurich	Heurich	Carstens	Carstens
Masch-Wart	Buchas	Buchas	Husung	Husung
Masch-Wart	Reimann	Reimann	NN	NN

## 1. Summary

The ninth research cruise of RV "Polarstern" to the Antarctic (ANT IX) consists of 4 Legs. The first Leg will address chemical interactions between ocean and atmosphere during the southward voyage. The second Leg will carry out investigations of the Weddell Gyre within the framework of the World Ocean Circulation Experiment (WOCE). The third Leg, fielded primarily by AWI scientists, is a broad-based, interdisciplinary study of the hitherto unexplored southwestern Weddell Sea shelf and continental margin. The fourth Leg is the return journey and will be primarily devoted to the geology of the South Atlantic.

RV "Polarstern" departs Bremerhaven on October 20, 1990 and arrives in Punta Arenas on November 14. The intensive chemical research programme is a continuation of previous Atlantic crossings and will address hemispheric variability of metals and various natural and anthropogenic compounds in atmosphere and ocean.

The second Leg commences on November 16 and proceeds first to King George Island in order to drop off personnel and supplies at the Bellingshausen station. From there, the transect across the Weddell Gyre first performed in the winter of 1989, will be repeated. These studies are carried out in the framework of the international World Ocean Circulation Experiment (WOCE). Twentyfour current meter moorings deployed in 1989 will be serviced and equipped in some cases with new instruments; in addition some new moorings will be deployed. Water column measurements of physical, chemical and biological parameters will be carried out; the data will aid in assessing seasonal differences in hydrography and their influence on the ecology of the Gyre. The current meter data will enable assessment of bottom water formation and transport of water out of and into the Gyre. Sediment traps attached to three of the current meter moorings will also be serviced. The data obtained from them, together with results of specific studies on silica cycling, will further our knowledge on vertical particle flux and cycling of matter in the Weddell Sea. This research is part of the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS). At the end of the cruise, some equipment will be dropped at the Georg-von-Neumeyer Station and Cape Town reached on December 30, 1990.

The third Leg will depart Cape Town on January 3, 1991 with personnel and equipment for the Georg-von-Neumeyer station on board. After disembarkation and unloading of supplies, "Polarstern" will proceed south along the coast and deploy two moorings with current meters and sediment traps off the Filchner ice shelf. Thereafter, transects will be carried out along the ice shelf and normal to the coast. The position of these transects will depend on ice conditions and must be determined on the basis of satellite imagery. The ship will have to be guided by helicopter reconnaissance. As the three major disciplines participating on this cruise - oceanography, biology and geology - have closely interlocked programmes, dependance on particular study sites, though desirable, is not an absolute essential. The aim of the investigations is to obtain as much information as possible on water mass distribution, biota of perennial sea ice, the underlying water column and the sediment surface as well as the morphology of the sea floor and composition of the sediments of this area. Comparisons between the situation on the broad shelf, the shelf



slope and the adjoining deep sea will be attempted. The GvN station will be visited on the return journey and personnel from here as well as the Georg-Forster-Station further to the East transported to Cape Town where arrival is scheduled for March 28, 1991.

The fourth Leg will depart Cape Town on March 30 and proceed to Bouvet Island. The aim of this predominantly geological Leg is to map and sample submarine elevations - the Agulhas Ridge, the Meteor Rise and the eastern flank of the southernmost Mid-Atlantic Ridge in order to refine existing models of the paleoceanography of the South Atlantic. "Polarstern" will arrive in Bremerhaven on May 13, 1991.

## **2. Research Programs ANT IX/1 Bremerhaven - Punta Arenas - 20.10.90 - 14.11.90**

### **2.1 Introduction**

The main emphasis of leg 1 (Fig. 1) will be laid on the investigation of inorganic and organic trace compounds in the atmosphere, in water and organisms. One group will carry out research on selected plankton taxa. The scientific goals are:

- a) Heavy metals in water, particulate matter and organisms
- b) Sulfur in the troposphere and surface waters
- c) Organobromine compounds in the troposphere and surface waters
- d) PCBs in the troposphere and surface waters
- e) Hexachlorocyclohexane and -benzene in the troposphere
- f) Mercury in the troposphere
- g) Nitric acid and ammonia in the troposphere
- h) Stratospheric gases
- i) Distribution of planktonic Foraminifera and Coccolithophores

The results of the various working groups will be jointly evaluated in order to better quantify the sea-air exchange of trace compounds and to improve knowledge of their formation and distribution in the South and North Atlantic.

### **2.2 Heavy metals in water, particulate matter and organisms (AWI)**

#### **2.2.1 Surface water**

The distribution of trace metals in surface waters of the South Atlantic is mostly unknown whereas several papers have been published recently on the North Atlantic. It was earlier assumed that these results could be transferred to the South Atlantic. But it is now evident (see results from ANT VII/5 und ANT VIII/7) that a strong north-south-gradient in anthropogenic influenced metals such as lead does exist. Seasonal differences in cadmium are related to nutrient cycles and upwelling regimes. Copper belongs to those metals which are partly complexed even in the open sea and correspond to DOC concentrations. A quantitative determination of these three metals and the differentiation of copper and perhaps cadmium into inorganic and organic fractions will be accomplished by voltametry using a rotating electrode. Analyses will be car-

ried out on board ship immediately after sampling in the clean-room container of the AWI.

Further treatments (irradiation etc.) and analyses will be continued at the home laboratories and a fluorimetric analysis of aluminium (taken as a geochemical parameter) is planned. A further series of heavy metal analyses with fluid-fluid extraction followed by Zeeman-AAS-measurements in the graphite tube will be performed. Initial analytical steps will be carried out on board ship. The sampling of surface water will be carried out by means of the continuously pumping snorkeling system. For comparison, samples will be taken via the bow beam with all Teflon MERCOS-samplers.

### 2.2.2 Deep water

Ten deep water stations are planned with 12 x 12 l-Rosettesampler. The deep water stations of ANT VII/5 have shown that there are strong differences in the distribution of copper species in the water column. Of special interest is the upper part of the water column down to 1500 m. The deep water series in the North Atlantic might moreover reflect possible inhomogeneities of the lead distribution in the water column caused by decreasing input via the atmosphere.

Metal concentrations in sea water will be correlated with nutrient concentrations and with metal contents of simultaneously collected plankton organisms.

### 2.2.3 Heavy metal distribution in neuston and deeper plankton

Marine plankton organisms decisively interact by active and passive uptake and release with the geochemical cycle of metals. Essential as well as non-essential trace elements are taken up by flora and fauna in the euphotic zone and transported downwards together with sinking organisms and their excretion products. For a better understanding of these processes basic data are needed on heavy metal contents of the different plankton taxa depending on metals in their environment. Twice daily neuston organisms will be caught by means of a neuston sledge.

At the deep water stations deeper plankton will be sampled by a bongo net. The organisms will be sorted alive under dissecting microscopes, grouped into different taxa and deep frozen. Following freeze drying and acid digestion in pressure bombs, AAS analyses will be carried out in the laboratory.

### 2.2.4 Dynamics of trace metals between particulate and dissolved phase

Suspended matter plays an important role in the regulation of trace metal contents in sea water and the metal availability for organisms. A region of special importance is that part of the Atlantic which is influenced by dust inputs from North Africa.

Sufficient quantities of the strongly diluted suspended matter in the open sea are difficult to gather. A new continuous centrifuge made from titanium and Teflon in all parts contacting sea water will permit sampling of large amounts of suspended matter which will be analyzed for metals, chlorophyll and geochemical parameters.

### 2.3 Sulfur concentrations in atmosphere and sea water (IfMG)

On a transect across the Atlantic between 80° N and 70° S (ARK VII/2, ANT IX/1 und ANT IX/2) the concentrations of several sulfur compounds in atmosphere (DMS, COS and CS<sub>2</sub>) and sea water will be determined. The emission of reduced sulfur gases from the oceans represents the most important natural source of atmospheric sulfur. These measurements permit calculation of sulfur fluxes from the ocean. On reaching the atmosphere these gases are oxidized mainly by hydroxyl radicals to form SO<sub>2</sub> and finally SO<sub>4</sub>. During ANT IX/2 the concentrations at intervals of 4-6 hours will be measured to acquire information on diurnal variations and possible source and sink mechanisms. The oxidation products methanesulfonic acid and sulfate in the aerosols will be enriched on filters at intervals of 24 hours.

### 2.4 Organobromine compounds in the marine troposphere and Atlantic surface water (AWI)

Horizontal profiles of concentrations of volatile organobromine compounds (CHBr<sub>3</sub> and CH<sub>3</sub>Br) which are produced by marine macro algae, and fluorinated organobromine compounds as anthropogenic source gases, which have a substantial tropospheric life time will be determined. These anthropogenic compounds are a potential reservoir for stratospheric bromine radicals which are involved in catalytic ozone depletion processes. Furthermore a significant ozone depletion potential of the biogenic organobromine compounds is discussed in the literature.

With the measured profiles and the results of preceding campaigns, supplemented by laboratory studies, we hope to gain information about the biogenic influence of the bromine catalyzed stratospheric ozone depletion. In order to investigate the air-sea-exchange it is planned to determine these compounds in the surface water of the ocean.

### 2.5 Pattern and concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs), hexachlorocyclohexane isomers (HCHs) and of hexachlorobenzene (HCBs) in the primary layer of the troposphere and in the surface water of the ocean (UU, IFUG)

Because of their similar chemical structures with a wide range of physical properties like water-solubility and vapor pressure, polychlorinated biphenyls represent ideal test substances for the correlation of long-range transport and PCB data. Earlier measurements in the oceanic environment were characterized by the fact that the 80-100 most relevant congenial PCB species have been treated as one class of substances. By means of large-volume air-sampling near the ocean surface and by enrichment from surface water via adsorption samples will be collected during the cruise through the North and South Atlantic which will in the following be analyzed for their PCB patterns and concentrations.

Measurements at Réunion Island have shown that a-HCH and HCB as hemisphere-typical non-volatile organochlorine compounds of anthropogenic origin can provide valuable information for the understanding of long-range transport processes in the troposphere. It is intended to examine the hypothe-

sis whether the interhemispheric exchange can be described by the ratio ( $H/K_{ow}$ ) between Henry constant ( $H$ ) and the octanol-water coefficient ( $K_{ow}$ ). This ratio combines the removal by "wash out" and "rain out" processes. Air sampling will be performed by adsorption of the species of interest on Tenax for final investigation at the University of Ulm.

## 2.6 Measurements of atmospheric mercury over the Atlantic ocean (IFUG)

Mercury is known to accumulate in the aquatic food chain leading to enhanced methyl mercury levels in fish. The elevated mercury concentration even in remote areas are thought to be at least partly the result of long range atmospheric transport. Therefore, the mercury content of atmosphere and its trend warrants measurement.

In the period between 1978 and 1980 measurements of atmospheric mercury were made over the Atlantic Ocean from research vessels "Walther Herwig" and "Meteor". The latitudinal distribution of total gaseous mercury showed a pronounced and reproducible interhemispherical difference with  $1,96 \text{ ng/m}^3$  in the northern and  $1,33 \text{ ng/m}^3$  in the southern hemisphere. This interhemispherical difference indicates that the tropospheric residence time of mercury is in the order of 1 year. The total mercury concentration seemed to increase with time at a rate of  $10 \pm 8\%$  in the northern and  $8 \pm 3\%$  in the southern hemisphere.

The objective of the investigations on leg ANT IX/1 is to repeat the 10 year old measurements with the same technique along almost the same track and at approximately the same season. These measurements should reveal whether the global increase of mercury concentration in air, indicated by the old measurements, exists.

## 2.7 Detection of nitric acid, ammonia and particulate ammoniumnitrate in the atmosphere (RUB)

Nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ) is a final, stable product of atmospheric  $\text{NO}_x$  and  $\text{HO}_x$  chemistry. One third of the acid rain is caused by nitric acid. Hence  $\text{HNO}_3$  is an important indicator for two of the most important cycles in clean and polluted atmospheres.

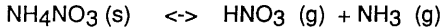
Ammonia ( $\text{NH}_3$ ), one of the most important bases in air, is especially produced by biological processes. It has been found in clean and polluted air masses, even in the marine atmosphere, i.e. in the Sargasso Sea.

Our method for measuring  $\text{HNO}_3$  and  $\text{NH}_3$  is based on the sequential two-photon ArF-(193 nm) laser photolysis yielding excited OH and NH, respectively. The fluorescence intensities provide  $\text{HNO}_3$  and  $\text{NH}_3$  mixing ratios in the atmosphere.

At present the detection limit for long integration times (one hour) is 0.04 ppbv for nitric acid and 0.3 ppbv for ammonia. Our method is a direct and continuously working method for measuring the mixing ratios of these two trace gases in air.

Additionally we plan to measure the concentration of particulate ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) in the atmosphere with the denuder technique. An air stream flows through a coated, heated glass tube and the  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  is collected at the film on the glass surface. The analysis of the samples will take place in our home laboratory after the cruise.

Ammonium nitrate participates in the acid-base equilibrium with gaseous nitric acid and ammonia:



The simultaneous measurement of the three components is therefore important for understanding the temperature and humidity dependence of the equilibrium in the air.

## 2.8 Remote sensing of stratospheric gases with differential optical absorption spectroscopy in the ultraviolet and visible spectral region (UH)

Ozone and other stratospheric trace gases related to ozone-chemistry ( $\text{NO}_2$ , BrO, OCIO) will be measured. We will investigate the latitudinal abundance of these trace gases simultaneously for the first time. The zenith scattered skylight is analyzed in the ultraviolet and visible spectral region by differential optical absorption spectroscopy (DOAS). For technical reasons a larger segment of the sky must be accessible to the observing optics. The analyzed sun light contains characteristic absorption bands of atmospheric trace gases, from which the vertical column abundances can be calculated using a model for the radiation transport in the atmosphere. To exclude contamination by ship exhaust gases the instrument will have to be located in a suitable place.

## 2.9 Distribution of planktonic Foraminifera and Coccolithophoridae (VUA)

The diversity of planktonic forams and coccolithophores will be determined by means of a fauna and flora analysis. Foraminifera will be sampled by filtering surface water (0-10 meter) by means of a deck-wash-pump or a plankton-pump. Coccolithophore sampling will be carried out at depth stations throughout the euphotic zone with Goffo bottles and also continuously via the snorkeling system. With this information and the temperature, salinity and nutrient contents, one can determine the diversity gradient and several other gradients. These are used to establish parameters which can be used in paleoceanography and paleoclimatology. The goal of coccolithophore research is to quantify the effects of calcite fixation for paleoceanography and paleoclimatology on the global carbon cycle. The following questions will be asked:

- a) How much  $\text{CO}_2$  is actually extracted per unit of time by coccolithophores?
- b) What is the diversity of living coccolithophores on an ocean wide scale and which coccolithophore species other than *Emiliana huxleyi* could potentially have a major influence on the extraction of  $\text{CO}_2$ ?
- c) Is the calcareous phytoplankton standing stock in the Southern Hemisphere comparable to the Northern Hemisphere coccolithophore standing stock?

### **3. Research Programs ANT IX/2 Punta Arenas - Cape Town - 16.11.90 - 30.12.90**

#### **3.1 Introduction**

The main operation area of the second leg (Fig. 2) is located in the Weddell Sea between the northern tip of the Antarctic Peninsula and Kapp Norvegia (Fig. 1). Physical and chemical measurements from the moving ship will begin on the way across Drake Passage. At King George Island three scientists will be dropped off with their material at the Bellingshausen Station and one will be picked up. After a few hauls with the Agassiz trawl on the shelf of the Antarctic Peninsula to provide living material for physiological experiments, "Polarstern" will proceed to the main working area.

The basic program consists of the measurement of vertical profiles of temperature, salinity and natural as well as anthropogenic tracers. In addition, moorings with current meters and sediment traps will be recovered and redeployed. On two moorings water level recorders will be added. Six upward-looking sonars will be installed to measure ice thickness. The measurements aim to determine the circulation and the water mass distribution in the Weddell Gyre with the related transports. This will allow estimation of the contribution of the Weddell Sea to the world oceans' effect on climate. In this context the program focuses on the rate of bottom water formation in the Weddell Sea which controls to a large extent vertical exchange and consequently the ability of the ocean to store heat and gas. These investigations are part of the World Ocean Circulation Experiment (WOCE). Furthermore, knowledge of the physical conditions provides the base for biogeochemical and biological programs. The biogeochemical investigations refer to cycles of different compounds in sea water. Silica compounds are of special interest. The biological work focuses on plankton ecology. Together with part of the geological work these programs contribute to a better understanding of the global carbon cycle and are to be viewed in the context of the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS). Chemical studies of the marine sulfur cycle, reactive nitrogen compounds and organobromine compounds, started in the Drake Passage, will continue. A further interest of the geological group is a system of trenches which crosses the Weddell Sea and might be of relevance to bottom water flow.

The hydrographic station work stops at Kapp Norvegia with the exception of a few shallow biogeochemical casts. From there "Polarstern" will proceed to the Georg von Neumayer Station to drop supplies. After completion, the way back to Cape Town will be used to deploy one mooring with sediment traps north of Maud Rise and to exchange another one in the Polar Front. The physical and chemical work from the moving ship will continue across the Antarctic Circumpolar Current. On 30. December "Polarstern" will dock in Cape Town.

#### **3.2 Physical Oceanography**

##### **3.2.1 Circulation and water masses (AWI, IfMW, ITBA, OSU, FPB)**

The aim of the physical oceanography work is to further understanding of the circulation of the Weddell Gyre and the related distribution of water masses. The operations contribute to a multiyear program which is part of the World Ocean Circulation Experiment (WOCE). A hydrographic survey along a tran-

sect from the northern tip of the Antarctic Peninsula to Kapp Norvegia (Fig. 2) will be repeated four times, twice in summer and twice in winter, to measure seasonal as well as interannual variability. The program was initiated with a winter survey in 1989 and the deployment of current meter moorings. After recovery the data will be used for a direct estimate of the volume transport in the Weddell Gyre which is essential because of the importance of the barotropic current which can only be detected by direct measurements. From the obtained mass, heat, and salt transports across the transect we can derive formation rates of Weddell Sea Bottom Water. The salt budget of the area is strongly influenced by the ice transport.

In order to obtain the required information, a hydrographic section will be carried out with CTD-profiles (Conductivity, Temperature, Depth) and discrete casts for temperature, salinity, oxygen, nutrients and tracers (helium, tritium and  $^{18}\text{O}$ ). To increase horizontal resolution XBTs (Expendable Bathythermographs) will be launched between the stations. Seven moorings will be recovered and 21 will be laid (Tab.1). On six of them ice thickness will be measured by upward-looking sonar (ULS). The moorings will stay in position for two years.

On the way to and from the major working area XBTs will be launched and current profiles will be measured with an acoustic doppler sonar current meter (ADCP) to obtain information on the variability of the Antarctic Circumpolar Current.

### 3.2.2 Water level measurements (AWI)

The large scale structure of the Weddell Gyre is reflected in the topography of the sea surface. Therefore water level measurements especially in connection with satellite-altimetry are suited to study a wide range of the spectrum of motions.

Since 1987 water level recorders have been deployed at Kapp Norvegia. The time series will be continued with the present deployment. A further instrument will be installed on the shelf of the Antarctic Peninsula.

### 3.2.3 Optical properties of sea water (AWI)

Various measurements in physical and biological shipborne oceanography as well as in remote sensing are based on the knowledge of the optical properties of sea water. The cruises of "Polarstern" to the Weddell Sea provide the possibility to determine repeatedly optical parameters in the euphotic zone.

With this aim a package of optical sensors will be mounted in the moonpool of "Polarstern" to measure fluorescence of chlorophyll and Gelbstoff as well as Mie-scattering to collect information on the phytoplankton concentration, the presence of zooplankton and particle concentration.

The data will be used to detect accumulation of organisms and particles in frontal zones between water masses and current systems. The results will be combined with data from the Greenland Sea to identify more general features of fronts. Furthermore the information will be used in connection with remote

sensing data in the framework of the JGOFS and a LIDAR-project under EUROMAR.

#### 3.2.4 Measurements of helium concentration at sea (FPB)

It is planned to test a new seagoing extraction unit for helium samples. Seagoing extraction can be expected to avoid a possible sample deterioration during storage, thus contributing to further data improvement. Equipment tests and a comparison with the standard procedure are to be carried out.

### 3.3 Chemistry

#### 3.3.1 Sulfur compounds in ocean and atmosphere (IfMG)

As part of the chemistry program the concentrations of several sulfur compounds in the atmosphere and sea water will be determined. Reduced sulfur gases, predominantly in the form of DMS, COS and CS<sub>2</sub>, are produced in surface sea water due to microbiological processes and reach the atmosphere due to wind-induced gas exchange between sea water and the atmosphere. The emission of reduced sulfur gases from the oceans represent the most important natural source of atmospheric sulfur. The simultaneous measurements of the sulfur concentration in the atmosphere and in surface sea water provide the possibility to calculate the sulfur fluxes from the ocean. Upon reaching the atmosphere these gases are oxidized mainly by hydroxyl radicals to form SO<sub>2</sub> and finally SO<sub>4</sub>. During ANT IX/2 the concentration of DMS, COS and CS<sub>2</sub> in sea water and the atmosphere will be determined at intervals of 4 - 6 hours to get information on these compounds. The oxidation products methanesulfonic acid and sulfate in the aerosol will be enriched on filters in intervals of 24 hours.

It is planned to determine this year the latitudinal distribution of the above mentioned compounds between 80°N and 70°S, on the cruise tracks ARK VII/2, ANT IX/1 and ANT IX/2 of "Polarstern".

#### 3.3.2 Reactive atmospheric nitrogen compounds (RUB)

Nitric acid (HNO<sub>3</sub>) is a final, stable product of atmospheric NO<sub>x</sub> and HO<sub>x</sub> chemistry. One third of the acid rain is caused by nitric acid. Hence, HNO<sub>3</sub> is an important indicator for two of the most important cycles in clean and polluted atmospheres. Ammonia (NH<sub>3</sub>), one of the most important bases in air, is especially produced by biological processes. It has been found in clean and polluted air masses, even in the marine atmosphere, for example in the Sargasso Sea.

Our method for measuring HNO<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub> is based on the sequential two-photon ArF-(193 nm) laser photolysis yielding excited OH and NH, respectively. The fluorescence intensities are taken as a measure for the HNO<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub> mixing ratios in the atmosphere. At the present time the detection limit for long integration times (one hour) is 0.04 ppbv for nitric acid and 0.3 ppbv for ammonia, respectively. Our method is a direct and continuously working method for measuring the mixing ratios of these two trace gases in air.



Ammonium nitrate participates in the acid-base equilibrium with gaseous nitric acid and ammonia. Therefore, we plan to measure the concentration of particulate ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) in the atmosphere with the denuder technique. An air stream flows through a coated heated glass tube and the  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  is collected at the film on the glass surface of the tube. The analyses of the probes will take place in our home laboratory after the cruise.

### 3.3.3 Organobromine compounds in ocean and atmosphere (AWI)

As a part of the atmospheric chemistry program it is intended to measure horizontal concentration profiles of volatile organobromine compounds. Examples are  $\text{CHBr}_3$  and  $\text{CH}_3\text{Br}$  which are produced by marine macro algae, whereas fluorinated organobromine compounds on the other hand are anthropogenic source gases, which have a substantial tropospheric life time. Therefore these anthropogenic compounds are a potential reservoir for stratospheric bromine radicals which are involved in the catalytic ozone depletion processes. Furthermore, a significant ozone depletion potential of the biogenic organobromine compounds is discussed in the literature.

With the measured profiles and the results of preceding cruises supplemented by laboratory studies, we hope to gain information about the biogenic influence of the bromine catalyzed stratospheric ozone depletion. In order to investigate the air-sea-exchange it is planned to determine these compounds in the surface water of the ocean.

The applied methods are cryogenic preconcentration of the samples with liquid argon as coolant. The samples will be analyzed by means of a gaschromatograph equipped with an electron capture detector.

### 3.3.4 Biogeochemistry of silica (IEM, OSU, RUU, VUB)

In the perspective of the Southern Ocean-JGOFS Programme the contribution of the Weddell Sea to the total annual production of biogenic silica (BSi) of the Antarctic waters is still a matter of debate, as the functioning of this important subsystem appears to be very different from that of the Ross Sea. During the European "Polarstern" Study (EPOS) leg 2 it was possible to document the production of biogenic silica in the Weddell/Scotia Confluence area and in the marginal ice zone (MIZ) of the northwestern Weddell Sea. During ANT IX/2 the BSi-cycle will be investigated in the MIZ of the central and eastern Weddell Gyre and in the coastal waters.

With this aim surface samples will be collected enroute through the Scotia Sea for the determination of silicate, chlorophyll-a, BSi and particulate organic carbon and nitrogen (POC, PON). At 10 stations in the MIZ in the central and eastern Weddell Sea and the coastal waters samples will be taken in the euphotic layer in 6 light levels (100%, 25%, 10%, 3%, 1%, 0.1%) for the determination of production and dissolution of BSi. In parallel the distribution of hydrological and chemical characteristics of the 0-300 m layer will be measured. For each sample nutrients, chlorophyll-a, BSi, Particulate Organic Phosphorus-POP, POC, PON, and species composition of phytoplankton (microscopic examination of Lugols-fixed samples) will be determined. Kinetic experiments on the uptake of C, Si and P by diatoms will be performed. The isotope fractionation will be measured by the uptake of stable  $^{30}\text{Si}$  and

radioactive  $^{32}\text{Si}$ . For ten stations a set of 3 - 6 samples ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{32}\text{Si}/^{32}\text{P}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ) will be incubated during 24h in an on-deck incubator. A second incubator will be used in parallel for  $^{15}\text{N}$  experiments. Remineralisation of diatoms will be studied in cooperation with the zooplankton group by using diatom cultures labelled with  $^{32}\text{Si}$ .

### 3.3.5 Biogeochemistry of Barium (VUB)

In total suspended matter barium is present as barite microcrystals originating from the disintegration of loosely packed bio-aggregates. The concentration is not necessarily correlated with local productivity and biomass but represents the integrated effect of former biological activity. For a better understanding of this relation, it is intended to establish the correlation between the distribution of particulate barium in the water column and biologically mediated uptake and breakdown processes. With this aim, uptake and remineralisation will be measured by incubation with labelled  $\text{NH}_4$  and  $\text{NO}_3$ . Barium concentration will be determined from filtered particulate matter from water samples and from material collected with sediment traps.

## 3.4 Plankton ecology

### 3.4.1 Phytoplankton

Build-up of plankton biomass in the Weddell Sea commences with the onset of ice melting as results from WWSP '86 (Winter Weddell Sea Project) indicate. During the winter cruise of WWGS '89 (Winter Weddell Gyre Study), active communities were observed in the ice and in the underlying water. Plankton blooms may occur if the upper water column is stabilized due to ice melting. Data collected from the shelf regions of the Weddell Sea and from the Weddell Confluence region confirm that such blooms are triggered by organisms released from the melting ice and from species which had previously overwintered in the water column under the ice. Melting and bloom formation may finally result in enhanced vertical particle flux. The planktonic food web structure probably influences the amount and composition of sinking material. Thus, trap collections will allow reconstruction of processes involved in particle modification. Satellite information on surface chlorophyll indicates that patchy blooms and consequently similar processes occur in the Weddell Gyre advancing from north to southwest with the melting ice.

During the northwest-southeast transect across the Weddell Gyre, plankton will be collected in relation to the hydrographical patterns and to the ice situation in the area. Comparisons of the respective plankton patterns and growth characteristics of plankton collected over the shelves and from across the gyre will be carried out. For some species, cultures will be started for further measurements at the AWI. Moorings equipped with sediment traps and current meters will be exchanged together with those of the physical oceanography group.

### 3.4.2 Zooplankton (AWI)

Since 1985 the zooplankton program has dealt with the study of secondary production of herbivorous copepods under in-situ conditions as well as laboratory experiments. The research is concentrated on deep stratified

inventory and reproduction experiments. With this aim vertical hauls with a multi-net from 1000m to the surface will be made on selected stations to examine the horizontal and vertical distribution of copepods. Special interest will focus on the vertical distribution of developmental stages with regard to their ontogenetic migration. Furthermore, examination of the gonad development of adult females will give evidence of the maturity in different geographical regions and at various times. Activity measurements of digestive enzymes will be conducted to ascertain if specimens are still in a state of overwintering and thereby in a condition of reduced activity.

For all experiments copepods will be sampled with a plankton net (Bongo net) on various stations within the upper 300m of the water column. Ripe females will be incubated at 0°C in a lab container to determine the egg production. Since these females do not grow anymore, the egg production may be used as a measure of net production and is thus directly related to the food supply. To examine the influence of food on egg production, females will be fed with nutritionally different algae at various concentrations. Moulting and duration of the developmental stages will be determined through changes in stage composition over time.

### 3.5 Benthos

#### 3.5.1 Physiological investigations of crustaceans (AWI)

Comparative investigations on a trypsin like protease in the gastric fluids and the midgut glands of different crustacean species from different geographic localities indicate the presence of several isoenzymes; obviously, they differ significantly in their reaction to physical-chemical factors. In the course of further investigations on Antarctic crustaceans, the separation of these isoenzymes as well as their purification and characterization are planned. First analyses hint at specific effectors which play a decisive role in sustaining enzymic activity at low temperatures.

For drawing distinct conclusions from the results achieved so far, further analyses on purified and enriched enzymes are necessary.

With this aim gastric fluids as well as midgut glands will be obtained from freshly collected animals. The samples will be prepared for further analyses at the AWI and deep-frozen at -80°C. As the secretion of different isoenzymes is expected to vary with different feeding conditions, several individuals will be kept at controlled laboratory conditions for a limited period of time; afterwards they will be analyzed with respect to their protease activities.

### 3.6 Geology

#### 3.6.1 Bathymetry and sediment distribution (AWI)

This proposal addresses the investigation of channel-systems that extend northeastward on the Weddell Sea abyssal plain. They are 50 to 100 meter deep and 300 to 600 meter wide. These channels may be formed by turbidity currents or strong bottom currents (underflow). Their genesis and significance for the drainage of dense bottom water and the corresponding sediment distri-

bution will be investigated. Sediment echo sounding, bathymetric mapping, and sediment sampling will be carried out on the transect.

The channel at 65°38'S 39°15'W will be mapped with the Parasound- and Hydrosweep-System. Therefore, some transects will be examined perpendicular to the channel axis in an area 50 to 100 km wide. Moored current meters will be deployed in the channel.

Along the main transect Hydrosweep and Parasound measurements will be undertaken. It is planned to install a grab sampler below the CTD for sampling the surface sediments.

### 3.6.2 Natural radioisotopes in the water column (FGB)

At the Polar Front and in the Northwestern Weddell Sea the concentration of the cosmogenic isotope Be-10 as well as the Be-10/Be-9 ratio will be measured. The objective is to investigate the relationship between Be-10 content and bioproductivity. Results of measurements of the Be-10 flux on sediments off West Africa indicated that in areas of high bioproductivity the Be-10 flux, as well as the Th-230 flux to the sediments is much higher than the production rate of the isotopes. This is due to scavenging of the isotopes by settling particles. This causes a concentration gradient of the isotopes from the high to the less productive areas. It is thought that if the correlation between productivity, Be-10 content in the water column, and Be-10 flux to the sediments can be determined, the Be-10 flux can be used as an index for paleoproductivity. The Be-10 samples will be prepared on board the ship, and the Be-10 content will be measured using the Accelerator Mass Spectrometer at the ETH Zürich.

### 3.6.3 Particle flux in the water column (AWI, FGB)

At five positions on the western and eastern slope and in the center of the Weddell Sea, at Maud Rise and the Polar Front, the particle flux from the photic zone to the deeper water layers will be monitored over several years. The objective is to quantify seasonal changes of the primary productivity in and the export production of material settling out of the photic zone. Another objective is to determine the settling velocity of particles. These investigations are linked to other sediment trap experiments of the Sonderforschungsbereich 261 in the South Atlantic.

## 3.7 Ship's meteorological station (DWD)

The personnel of the ship's meteorological station conduct full three hourly WMO-observations (World Meteorological Organization). Furthermore, every day at least one radio sonde will be released for upper-air measurement of temperature, humidity and wind. Also, the received meteorological satellite photographs will be analyzed. The collected meteorological data sets are partly managed and prepared. The meteorologist of the ship's meteorological station issues short to medium range forecasts about the weather- and sea-ice situation for the ship's command and the scientific management. In addition the helicopter crew is provided with information about the flight-weather conditions in the operating area.

The synoptic data files of past Antarctic expeditions should be completed with data sets from recent Antarctic expeditions to obtain time series over the larger data sets. Further, a climatology should be worked out. An analysis of the data of past expeditions showed significant daily dependence on visibility and ceiling. Also, significant daily change of wind direction and moisture transport were noticed.

#### **4. Research Programs ANT IX/3 Cape Town - Cape Town - 03.01.91 - 28.03.91**

##### **4.1 Introduction**

This cruise leg (Fig. 3) will carry out investigations of the hydrography, glaciology, biology and geology of one of the least known areas of the Southern Ocean - the southwestern Weddell Sea shelf and slope. This area is relatively inaccessible because it is covered by pack ice throughout the year. However, satellite imagery has shown that the summer ice cover is not a homogeneously formidable barrier but is subject to considerable movement - presumably wind-driven - that results in break-up and lateral displacement of various sized patches of pack-ice. There is also substantial inter-annual variation in the position and pattern of this perennial ice cover. The interest to investigate this area lies not only in its remoteness and the fact that it is practically unexplored; a significant portion of the oceanic bottom water is formed here relatively close to the surface. This dense water sinks down the shelf slope - presumably along troughs and channels in the continental rim and leaving behind deltaic fans on the adjoining deep sea plain - pushing ahead the water in front of it, thus contributing both oxygen and movement to the deep water masses of the ocean.

The first task on this cruise Leg is to transport personnel and equipment to the Georg-von-Neumeyer Station. Approximately 3 days will be required for this purpose; on the return journey, personnel will be picked up from the station which will take about 2 days. After relieving the station, "Polarstern" will proceed eastward to collect personnel from the Georg Forster Station who will be taken back to Cape Town. The latter will be picked up from the Soviet base at Novolazarevskaya; this detour is expected to take 4.5 days. After deducting time required for steaming to the study site and back, a total of 54 days is estimated to be available for research.

The three major disciplines represented on this cruise - oceanography, biology and geology - will extend the observations collected from more accessible northern and eastern parts of the Weddell Sea to this area. The programmes of the various groups are closely linked and will hence provide a coherent picture of the area accessible to investigation. It is impossible to delineate cruise tracks at this stage, as this will depend on the position of the ice cover. The first scientific task is to retrieve a mooring off Kapp Norvegia and record CTD profiles. The first transect will be carried out along the Ronne-Filchner ice shelf proceeding as far west as possible. Two current meter moorings also equipped with sediment traps will be deployed off the Filchner ice shelf to record in and out flow. Benthos samples will be collected at this site as well. During this first transect, it should be possible to ascertain the position of the ice cover and plan the following cruise tracks. Our maximal programme is to

conduct three transects from the shelf across the slope to the adjoining deep sea in different sites along the southwestern shelf.

The oceanography programme centers on processes leading to bottom water formation. To this end CTD profiles will be taken along the afore mentioned transects to trace the positions of the various water masses involved. Radioisotope measurements will aid in their identification.

The biology programmes address the three major habitats - sea ice, water column and sediments - during the transects. The biology of summer sea ice is poorly known and special emphasis will be placed on heterotrophic components (bacteria and protozoa) that are expected to gain more importance than in spring. The platelet ice layers along the ice shelf, known to harbor rich diatom assemblages, will be studied during the first transect. Phytoplankton biomass, composition and production will be measured on samples collected with the CTD rosette. Zooplankton will be sampled at the same stations with nets. Plankton communities from the shelf, the shelf break and the open sea, as well as the marginal ice zone will be compared with one another. Free drifting sediment traps will be deployed to record vertical flux. The benthos along the transects will be sampled at sites deemed appropriate from the continuous Hydrosweep recordings. The epifauna will be surveyed by photo-sledge and collected with an Agassiz and other trawls. Smaller organisms and endofauna will be collected with a box and a multicorer. The comparison between areas seasonally covered and those permanently covered by pack ice is of particular interest to the benthos studies.

The geology programme will also be conducted along the transects. Bathymetric surveys of the sea floor will be carried out with Hydrosweep measurements and the structure of near-surface sediments with Parasound echosoundings. The information obtained from these two systems will aid in selection of sites for collection of sediment surface and core samples. The sediment samples will be analysed with an aim to ascertaining the geological history of the area. Special emphasis will be laid on benthic foraminiferal and siliceous microfossils as indicators of paleoceanography of the region. Here again, the interest lies in comparing structure and composition of sediments underlying more or less permanent sea ice cover with those from regions experiencing open water in summer.

#### 4.2 Longterm measurements of stratospheric trace gases with differential optical absorption spectroscopy in ultraviolet and visible spectral region over Antarctica (AWI)

Observations of ozone over Antarctica have shown a decrease in the column abundance during austral spring since the late 1970s. In order to monitor the seasonal variation of the column abundances of ozone and other stratospheric trace gases related to the ozone-chemistry (NO<sub>2</sub>, BrO, OClO) an automatic spectrometer will be established at the Georg-von-Neumayer Station. The zenith scattered skylight will be analyzed in the ultraviolet and visible spectral region by differential optical absorption spectroscopy (DOAS). The observed sun light contains characteristic absorption bands of atmospheric trace gases, from which the vertical column abundances can be calculated using a model for the radiation transport in the atmosphere. The method combines the advantage of height resolution for the trace gas concentrations

as a function of the sun zenith angle and the possibility to measure also during polar night and in case of cloudy sky.

#### 4.3 Processes of Weddell Sea Bottom Water formation and hydrography of the Filchner-Ronne-Shelf (AWI)

The formation of bottom water in the world oceans is limited to some very few places located mostly at high latitudes. The major part (70%) of Antarctic Bottom Water (AABW) emanates from the Weddell Sea with the Weddell Sea Bottom Water being its main source. This water mass is formed on the wide shelf areas along the Antarctic Peninsula and in front as well as underneath the Filchner-Ronne ice shelves .

Two different processes are believed to be responsible for the renewal of bottom water within the Weddell Sea.

a) Mixing of Western Shelf Water (WSW) and Modified Warm Deep Water (MWDW) on the shelf leads to Weddell Sea Bottom Water formation, resulting in a more dense water mass which sinks down the continental slope into the deep basin. The requirements for this process are met all along the south-western shelf areas.

b) Inflow of Western Shelf Water below the ice shelves and transformation to Ice Shelf Water (ISW) due to supercooling and freshening. The outflowing Ice Shelf Water mixes with Warm Deep Water (WDW) at the continental shelf break to form Weddell Sea Bottom Water. Up to now this process is only documented in the Filchner Depression because of the sparse data available from the west of this area. Details of these formation processes, their significance as well as their spatial and temporal variabilities are still unknown and require additional measurements within the regions of formation.

The oceanographic program during ANT IX/3 focusses on CTD measurements along the ice shelf edge of Filchner-Ronne and on several CTD sections normal to the continental shelf break between 75 and 65 degrees south (Fig. 1) to find other possible sources of bottom water formation west of the Filchner Depression. Additional analyses of isotopes of bottle samples will be used to derive mixing rates along the core of Weddell Sea Bottom Water sloping down on its way north within the overall Weddell Gyre circulation. Measurements of isotope contents in the initial water masses of WSW and ISW should make the calculation of renewal and formation rates of WSBW possible.

Variations of the current regime in the Filchner Depression on longer time scales will be monitored by two moorings on both sides of the Trench. Together with two current meters each mooring will carry a sediment trap to sample vertical particle flux.

#### 4.4 Turbulent fluxes in the oceanic boundary layer below sea-ice during melting conditions (AWI)

The vertical turbulent momentum and heat fluxes in the ice-water boundary will be measured directly to complete measurements from late winter 1989. Melting of sea-ice influences the roughness under the sea-ice as well as the

stability of the water column which results in different turbulent fluxes and scales. Suitable parameterizations of these fluxes should improve sea-ice models and provide sufficient information on the ocean-sea ice-atmosphere boundary conditions for coupled model studies. These measurements will be carried out during some time stations of more than 24 h.

#### 4.5 XBT and ADCP measurements (AWI)

Between Cape Town and Georg von Neumayer station XBT launches shall be carried out at intervals of 30 nm. In combination with other transects (WOCE) these data are used to monitor long-term trends of the heat content in the upper 800 m of the Ocean. Simultaneous soundings of the ADCP on board POLARSTERN shall give information on the dynamics of the surface layer.

#### 4.6 Meteorological studies with drifting buoys (AWI)

The drifting buoy program aims to gather information on the thermodynamics of sea-ice growth and decay and on the interaction of sea-ice motion and mixed layer dynamics. Particular emphasis will be laid on the Western Weddell Sea along the Antarctic peninsula. This area is generally covered by various amounts of sea-ice, that survives summer melting and which is exposed to strong wind stress and to coastal effects. Eight Argos-transmitting buoys will be installed on drifting ice floes. Each configuration (Fig. 2) consists of two central buoys surrounded by six systems measuring atmospheric pressure and air temperature. The buoys (approx. 100 km apart) form a polyhedron. Thermistor chains are attached to the central buoys to give the vertical temperature both in the mixed layer and in the sea-ice. They will be equipped with a downward looking acoustic sensor to detect changes of snow depth, a parameter almost unknown in the Antarctic sea-ice regime. The buoy program is expected to last for 12 months. Thus we expect also to gather ground truth data after the launch of the ERS-1 satellite, which will be equipped with SAR-instrument.

#### 4.7 Sea-ice biology (AWI)

The biological investigations will focus on the distribution and activity of organisms living in the annual and multi-year ice of the southwestern Weddell Sea. The analysis of the ice cores will include biological, physical and chemical parameters. In addition to ice-textural analysis, centrifuged ice samples will be infiltrated with resin to evaluate the dimensions of the brine channel system. Furthermore nutrient and organism concentrations will be determined as well as the activity of primary producers and bacteria. By studying the abundance of bacteria, algae, flagellates, ciliates and metazoa in conjunction with grazing experiments using selected species, we expect to gain new insights into the dynamics of the food web of sea-ice biota. These investigations will be undertaken cooperatively with the planktological group in order to follow coupling between the pelagic and the sea-ice biocoenoses. Research on the bottom ice and platelet ice communities will play a central role.

#### 4.8 Microbiology (AWI)

Microbiological investigations are designed to study distribution patterns of bacteria and turnover rates in ice, water column, aggregates and sediment.



The distribution will be investigated with special attention to zonation or succession (in ice, sediment and aggregates) and to differences between water masses. These data provide basic information for the assessment of activity measurements and give some hints for the nutritional situation of bacteria.

Bacterial activity will be investigated under the following main aspects:

- 1) How rapidly are organic substances respired (model substrates are dissolved amino acids and algal cells) and how large a proportion is being incorporated into bacterial cells (amino acids only)?
- 2) How high is the bacterial growth rate in the different habitats?
- 3) which zones have a high potential for degradation of organic matter by bacteria? This point will be followed by determination of activity of extracellular enzymes in different layers of ice and sediment.

Microbiological investigations will be carried out parallel to those of phytoplankton and of ice algae in order to trace the connection between primary production and heterotrophic degradation of organic matter. Sediments and aggregates will be studied together with geological investigations of sedimentation and accumulation rates.

Stations on a transect perpendicular to the shelf are characterized by different magnitudes of primary production in the surface water or ice, different input of organic matter into the sediment via sedimentation and increasing water depth. Measurements of activity of extracellular enzymes and of bacterial turnover rates in the sediment will give indications on input of nutritive substances and degradation rates at stations with different water depths.

#### 4.9 Phytoplankton ecology (AWI)

Phytoplankton production and standing stocks are much larger on the southern shelf areas of the Weddell Sea compared to the northern oceanic regime. This is based on differences in hydrographical and biological conditions of the areas: phytoplankton blooms may be enhanced by shallow mixing of the upper water column which in turn is favored by the topography of the shelves. Another factor for bloom development is the reduction of the grazing pressure of zooplankton due to smaller zooplankton stocks and due to the formation of platelet ice. In this ice-water mixture, light and nutrient conditions are optimal for bloom development.

##### 4.9.1 Platelet ice community

The investigation of this community is an important part of our programme. Sampling will be carried out from the ice by means of L'se and from zodiac's on uncovered platelet ice layers. Physical and chemical properties will be analyzed as well as samples for determination of biomass and species composition. The physiological conditions of the organisms will be investigated.

##### 4.9.2 Pelagial

Plankton succession on an annual basis in coastal polynyas starts with ice break up (WWSP'86) especially close to platelet ice layers and end (possibly) with ice formation. The actual development of the plankton succession, how-

ever, is unknown, but probably closely related to platelet ice fields. Their extensions to the northwest and thus their possible impact in the Weddell Gyre are unknown.

Plankton communities will be analyzed as described for the platelet ice communities. The processes relevant for community maintenance or succession (e.g. production, feeding) and mass fluxes (e.g. particle formation, pellet production, bacterial activity) will be determined.

#### 4.10 Zooplankton (AWI)

Since 1985 the zooplankton program within the Weddell Sea deals with the study of secondary production of herbivorous copepods under in-situ conditions as well as in laboratory experiments. The research is concentrated on the following topics.

##### 4.10.1 Deep stratified inventory

On selected stations vertical hauls with a multi-net from 1000 m to the surface will be made to examine the horizontal and vertical distribution of copepods. Special interest will focus on the vertical distribution of developmental stages with regard to their ontogenetic migration. Furthermore, examination of the gonad development of adult females will give evidence of the maturity in different geographical regions and at various times. Activity measurements of digestive enzymes will be conducted to ascertain if specimens are still in a state of overwintering and thereby in a condition of reduced activity.

##### 4.10.2 Reproduction experiments

For all experiments copepods will be sampled with a plankton net (Bongo net) on various stations within the upper 300 m of the water column. Mature females will be incubated at 0°C in a lab container to determine the egg production. Since these females do not grow anymore, the egg production may be used as a measure of net production and is thus directly related to the food supply. To examine the influence of food on egg production, females will be fed with nutritionally different algae at various concentrations. Moulting and duration of the developmental stages will be determined through changes in stage composition over time.

##### 4.11 Vertical particle flux (AWI)

Biogenic material will be released from the ice and the platelet ice layer and will sink through the water column if ice melting or nutrient/light limitation occurs. Depending on the pelagic food web, the sinking material will be recirculated in the water column or transported to the benthos. Primarily fixed organic carbon will move along this pathway with utilization in deep water layers resulting in enhanced carbon dioxide production and oxygen consumption. Therefore the measurement of these parameters give information of the fate of carbon in the deep water which can be exported into the Atlantic ocean.

Measurements of short time series of pelagic particle fluxes and of particle transformation will be carried out during the cruise by means of drifting sediment traps attached to ice floes. In close cooperation with the other scientific

groups on board, biological, biochemical and geochemical parameters will be measured on trap material and in the surrounding water. In addition, two one year sediment trap moorings will be deployed near the Filchner ice shelf.

#### 4.12 Scavenging of natural radionuclides from the water column (AWI)

The radioactive decay of Uranium, which is dissolved in sea water, produces a continuous supply of radioactive daughter products. In the absence of any chemical reaction, these daughter products would be in secular equilibrium with their Uranium or Radium parent nuclides. Many of the daughter products however are isotopes of the particle-reactive elements Th, Pa, Po and Pb. The disequilibrium between parent and daughter nuclides can be used to derive the removal rate of the reactive daughter product from the water column. We will use this approach in the study of three processes:

1. Weddell Sea Bottom Water is formed in the southern Weddell Sea and is found again as a deep current in the N.W. Weddell Sea. It can be expected, that part of this newly formed bottom water flows northward along the continental slope in the S.W. Weddell Sea. It is quite possible that this current is strong enough to cause erosion, similar to the situation observed in the N.W. Parasound and core data will tell us whether such erosion actually occurs. Particle transport in the bottom water and the erosional exchange between sediment and bottom water can be studied with Th isotopes:  $^{234}\text{Th}$  (24 days half-life) is at mid-depths in secular equilibrium with its parent  $^{238}\text{U}$ . The  $^{238}\text{U}$  activity is accurately known from the salinity. Resuspension and adsorption cause a depletion of  $^{234}\text{Th}$  relative to  $^{238}\text{U}$  in the bottom water. The extent of this disequilibrium reveals the residence time of particles in the bottom water. A check and more detailed information can be obtained from the measurement of additional nuclides with different half-lives ( $^{210}\text{Po}$ :  $t_{1/2}$  138 days;  $^{228}\text{Th}$ :  $t_{1/2}$  1.9 year).

The calculations require that we know whether a disequilibrium already exists when the bottom water is formed and gradually disappears by ingrowth, or that it is maintained by continuous resuspension. We plan to sample the bottom water at various latitudes and corresponding ages since its formation. We will try to measure the isotopic composition of the Ice Shelf Water in the Crary Trough (Filchner trench).

2. At the sea surface, the analysis of  $^{234}\text{Th}$  can be used to quantify the removal rate of particles, caused either by sedimentation or by floating ice-platelets. Here we plan to cooperate with the planktologists.

3. During the ANT VIII/3 expedition (down to  $56^\circ\text{S}$ ) we observed an accumulation of  $^{230}\text{Th}$  south of the Polar Frontal Zone. This accumulation is in part explained by the hydrography, it can however also be related to low particle rain rates in the Weddell Gyre. The extremely low rain rate measured with the WS-1 sediment trap, and excess  $^{230}\text{Th}$  and  $^{210}\text{Pb}$  concentrations in sediments suggest that scavenging is very inefficient in the central Weddell Sea. The interpretation of these data requires additional data from the deep Weddell-Enderby Basin. We will sample the water column at a mooring off Kap Norvegia, and when time allows at a latitude of around  $63^\circ\text{S}$ .

The radionuclides will be sampled with in-situ filtration pumps. During a 2.5 hour deployment, these pumps filter between 1.5 and 2 m<sup>3</sup> water, while the dissolved components are adsorbed on MnO<sub>2</sub>-coated cartridges. Mainly for calibration, additional samples will be taken with 270-liter Gerard bottles. At every pump-station, the distribution of radionuclides in the sediment will be measured in cores from the Multicorer. In these cores we will also determine the distribution of dissolved oxygen as an approach to determine the supply of organic matter to the sediment.

#### 4.13 Studies of microfauna and meiofauna at the sediment surface and in sea ice (AWI)

Causes and effects of seasonal mass sedimentation of phytoplankton, which are expected to occur in the envisaged research site, will be investigated in conjunction with sediment-trap studies, phytoplankton, and zoobenthos studies. Similar work conducted in the North Atlantic showed that opportunistic members of micro- and meiofauna may react with considerable population build-up following deposition of fresh phytodetritus. Because of the patchy occurrence of such deposits, careful subsampling from the surface of undisturbed sediment samples is necessary. Particular attention will be directed to fragile microorganisms and their microhabitats, which may be destroyed in the course of the usual formalin preservation. Live and subvital studies will be intended.

In addition to nematodes, focus is also directed to fungus-like labyrinthomorph Protozoa (family Thraustochytridae) and other amoeboid organisms. Thraustochytrids are involved in the degradation of certain organic substances which are not easily accessible to bacteria. Because of the high lipid content, certain developmental stages in the experiment showed positive buoyancy. Therefore, we expect their occurrence to be at the bottom of ice floes. We will focus on microscopical observations and preservation immediately after collection of the animals.

#### 4.14 Macrozoobenthos and fish ecology (AWI, IPÖ)

The benthos of the southwestern part of the Weddell sea is assumed to be different in terms of species composition and physiological adaptation (reproduction, feeding) compared to the communities of other parts of the southern ocean. This might be due to heavy sea ice cover, mode of primary production and the hydrographical situation. The faunistic analysis of the transition area of the Scotia trench is expected to give indications of the history of the Weddell bottom fauna

Hypotheses for benthic and fish ecology are as follows:

- The macrozoobenthos and fish fauna of the areas permanently covered with ice will be much poorer compared to polynya areas.
- Species abundances and dominance of suspension feeders will be different compared to other regions of the Weddell Sea. Epifauna (porifera-bryozoa-communities) are replaced by infauna communities. Species numbers related to those found off South America will increase.

- Mechanisms for cold adaptation and reduced metabolic activities will be different from those found in the benthos from the Peninsula region.

The investigations will focus on the shelf area between 63° and 75°S (600 m depth) and on the slope (1 500 m depth) and will be carried out in close cooperation with the other groups. Pilot sampling will be done on the way to the area off the Filchner-Ronne-shelf ice.

Sampling will be done by means of the Agassiz trawl, multibox corer, and benthic nets. The determinations of enzyme composition, lipids, blood physiology and neurophysiology of fish and benthos will be done in the cool container and later in the aquarium of the AWI. Material for histological examinations will be fixed. In addition to the sampling, photographic surveys will continue throughout the cruise.

#### 4.15 Bathymetry and seafloor mapping (Hydrosweep) (AWI)

Bathymetric survey of the seafloor will be carried out continuously during Leg ANT IX/3. The multibeam sonar system Hydrosweep will be used which covers a swath's width of about twice the water depth. The new profiles will be combined with existing sounding profiles to achieve a complete coverage for seafloor mapping.

Precise ship position data are necessary for the post-processing of Hydrosweep data on board. The compilation of precise large-scaled bathymetric charts requires high accuracy in the ship's position. The latter depends on the available navigation data and mode. However, if the coverage of Global Positioning System (GPS) satellites results in a poor precision, or precise GPS ephemerides data are coded, or if no GPS or NNSS-Transit satellites are visible at all, navigation has to be done by dead-reckoning. Therefore, correction of dead-reckoned navigation data by means of satellite fixes will be done on board.

Contour maps and three-dimensional perspective views of the seafloor topography and selected features are necessary to observe and to decipher interrelationships in oceanography, biology, marine geology and geophysics. To produce a precise map scaling 1:50 000 aboard the vessel, a digital terrain model (DTM) of the sea bottom has to be determined. Consequently the navigation and the Hydrosweep raw data are verified and corrected if necessary during the cruise.

The shallow-water survey capability of the Hydrosweep system will be used to survey the seafloor in front of the Filchner-Ronne Ice Shelf. Parallel tracks to the ice shelf front are planned to cover a broad stripe. Small-scale structures with small differences in depths shall be mapped to analyze and detect gullies caused by the ice shelf water (ISW) streaming out of the Filchner-Ronne Ice Shelf.

At places of geological sampling, oceanographic moorings, or biological investigation a detailed mapping of a small area (approx. 10 x 10 sq. nm) is planned. This will give fundamental scientific information about bottom topography and morphology in the site's vicinity. Maps with scales of 1:50 000 will be completed during the expedition to allow better geoscientific interpretation.

The new tracks shall be attached to existing profiles to achieve a complete coverage for detailed seafloor mapping. The planning of the bathymetric survey profiles will be performed with navigation and sounding data of former expeditions. These data shall be available on board (computer, workstation).

#### 4.15.1 Postprocessing of Navigations- and Hydrosweep-Data

The form of the earth can be approximated by levels of equal potential which on the ocean are close to the mean sea level. For the Antarctic little is known about these sea level altitudes. On permanent stations during leg 3, and if GPS is available, the Geoid undulation will be measured using the exact height of the ship's antenna and the ellipsoid height derived from GPS.

Sea bottom topography will be calculated in a three dimensional model using digitized information from the Hydrosweep data. These in turn have to be processed immediately after collection to correct for possible errors of ship's position and actual sea depths. Therefore, a grid like survey is necessary to cross check the data for the different cruise's trajectories.

#### 4.15.2 Long range Bathymetry in the Weddell Sea

Sea bottom topography off the Filchner-Ronne shelf ice: Filchner trench

A deep section of the Filchner trench will be recorded. This area was covered by shelf ice since 1985 but is now accessible to the ship. Until now, no bathymetric data are available but will be collected during our cruise.

Sea bottom topography of the Filchner-Ronne shelf ice/continental slope

In the shallow water region off the Filchner-Ronne shelf ice Hydrosweep profiles will be carried out parallel to the ice edge. Small scale bottom topography (i.e. erosion-trenches of the shelf ice water) will be located and analyzed.

Transport and advection of sediments down the continental slope will be recorded on profiles perpendicular to the coast by means of Hydrosweep (in areas of hemipelagic sedimentation and turbid layers) and Parasound (profiling high resolution sediment echography).

#### 4.15.3 Short scale bathymetry

In areas of special interest, high resolution hydrosweep records are necessary to interpret the results of the discrete sampling program. These areas include positions of geological and benthic sampling and positions of the long term current meter moorings. A topographical map (scale 1:50 000) of an area of approximately 10 nm x 10 nm will be processed on board.

#### 4.15.4 Hydrosweep-Profiles

During the entire cruise track the Hydrosweep and Parasound mapping will be used to improve the maps already processed. Therefore, we propose a ship's course parallel to those of previous cruises.

#### 4.16 Marine-geological investigations

The marine-geological research program in the area of the southwestern Weddell Sea consists of several subprojects complementary to one another which will use identical sampling stations and tools. Sampling on geological stations will be carried out routinely with one tool suitable for sampling of undisturbed sediment surfaces and of the uppermost few sediment decimetres (box grab, GKG, or multi-corer, MUC) and with one additional tool suitable for recovering longer sediment cores (gravity corer, SL, or piston corer, KOL).

##### 4.16.1 Sediment echo-sounding

The newly installed Parasound system on board "Polarstern" will allow the digital acquisition of sediment echo-soundings. We will therefore have the possibility to process these high resolution seismograms of the near-surface sediments with methods used in reflection seismics.

During cruise ANT-IX/3 the Parasound system will run throughout on a routine basis. On the transit to and from the operation area, parallel courses to existing profiles should be chosen in order to cover a larger area with sediment echo-sounding data. These data are of scientific interest and can be used for planning future cruises.

Pre-site surveys with PARASOUND registrations in the western Weddell Sea will assist in selecting geological sampling stations. They will allow a specific geological sampling program, because they will provide us with information on the nature of the ocean floor as well as on reworking of sediments by bottom currents, gravitational sediment transport or grounding ice.

Based on comparisons of the PARASOUND signals with physical and sedimentological parameters measured in samples from the cored material, different sediment types can be characterized, and their areal distribution mapped.

##### 4.16.2 Sedimentary processes, glacial history, and paleoceanography

The geology group will try to link the proximal glacial marine sedimentation of an area in part permanently covered by ice with the dynamics of the ice masses delivering the sediments. The thorough knowledge of the sediment facies typical for these special depositional environments is crucial for more precise interpretations of sediment cores from other regions. This will contribute to a more detailed reconstruction of the glacial history of Antarctica. The aim is to develop sedimentation models applicable also to other heavily glacially influenced continental margins.

On the continental shelf area surface sediments will be sampled in a systematic way. The investigation of the sediment facies and a mapping of different facies types will improve our knowledge about source areas and transport mechanisms. This knowledge can be extrapolated to the geological past using long sediment cores. Temporal variations in the source area, the ice movement, the ice coverage and the sediment transport will be revealed.

Geological cross sections from the shelf area via the continental slope to the adjacent deep-sea basin will document the transition from proximal to distal

facies. Special emphasis will be given to the sampling of erosional structures created by Antarctic Bottom Water flow, if identified by PARASOUND. In long sediment cores we expect cyclic variations of specific sedimentological parameters, physical properties and magnetic parameters, which will be used for reconstructing the Quaternary glacial/interglacial cycles. The influence of a permanent sea ice cover on the sedimentation of biogenic and terrigenous particles will be investigated. The results will improve our knowledge on sediments that accumulated during cold periods in areas which today are semipermanently covered by ice, such as the eastern Weddell Sea.

In cooperation with the oceanographic group a current meter mooring, deployed near an erosive structure at 71° 5.8' S 20° 47,1' W for over a year, will be recovered and redeployed at 73° 38,6' S 26° 9,5' W.

#### 4.16.3 Benthic foraminiferal assemblages

On the eastern continental margin of the Weddell Sea the distribution and community structure of recent benthic foraminiferal assemblages are correlated with particulate organic matter fluxes, sediment conditions and the distribution of bottom water masses. The investigation of the benthic foraminiferal fauna of the western Weddell Sea, in comparison with on-going investigations, will prove whether the relationship between environment and foraminiferal faunas can be extended to this special area, which is characterized by in part permanent ice coverage. For this purpose we aim at a dense sample network at the continental margin of the western Weddell Sea that covers an area as large as possible and which covers all water depths. Comparisons with long sediment cores will give information on variations in the environment in response to the Quaternary climatic cycles and on their effects on the foraminiferal assemblages. The results will improve our knowledge on the paleoceanography of the Weddell Sea.

#### 4.16.4 Siliceous microorganisms

During expedition ANT IX/3 surface sediment samples will be collected using box corer and multicorer to improve our data sets on distribution and preservation of siliceous microfossils (diatoms, silicoflagellates, radiolarians) in surface sediments of the Atlantic sector of the Southern Ocean. These data sets serve as reference data in paleoceanographic reconstructions of the past with statistical methods. The planned sampling in the area of the southwestern Weddell Sea will close a large gap in the existing sample set. For the first time we expect to gather information from a pelagic environment that is affected by sea ice coverage during most of the year.

In addition to the sediment sampling we also plan to take vertical plankton hauls throughout the upper 1000 m of the water column, especially for the collection of radiolarians at different depths in the ocean. This program is part of ongoing studies on the autecology of Antarctic radiolaria.



## 5. Research Programs ANT IX/4 Cape Town - Bremerhaven - 30.03.91 - 13.05.91

### 5.1 Introduction

The first part of this cruise is planned within the context of a major ongoing research project at Bremen University and the AWI (SFB 261), which deals with the late Quaternary circulation history of the South Atlantic. In particular, Leg ANT IX/4 (Fig. 4) is designed to complete a geological North-South profile between Cape Town and Bouvet Island. The main areas of interest are situated on the submarine morphological elevations, i.e. the Agulhas Ridge, the Meteor Rise, and the eastern flank of the southernmost Mid-Atlantic Ridge (Fig. 5). The preliminary selection of sites is based on 3.5-kHz and PARASOUND echo-sounding profiles from Polarstern expeditions ANT IV/3, ANT VI/3, and ANT VIII/3, respectively. In addition, information on sediment composition as well as sedimentation rates are derived from preliminary investigations of ANT VIII/3 material. Based on this information it is planned to use gravity and piston corers for the recovery of long sediment cores, and large vented box corers and multi corers for the sampling of undisturbed sediment surfaces. The selection of the appropriate sampling device will depend on the expected sediment type and sedimentation rate.

### 5.2 Paleooceanography (AWI, FGB)

Our investigations focus on the reconstruction of the paleoceanographic history in the area of the Polar Frontal Zone during the Quaternary and late Pliocene glacial-interglacial climatic fluctuations. The main scientific goals can be summarized as follows:

- the reconstruction of surface water paleotemperatures and of the circulation of surface current systems, particularly the latitudinal migrating and meandering of hydrographic frontal zones
- the reconstruction of water mass characteristics (paleotemperature, stable isotope composition, trace elements, nutrients) and circulation routes of deep- and bottom water masses, particularly the production and thickness of the Antarctic Bottom Water (AABW)

#### 5.2.1 Siliceous microfossils

Siliceous microfossils (radiolarians, diatoms) are useful tools for the reconstruction of the paleoceanographic evolution (distribution of oceanographic frontal systems, currents and sea ice coverage, surface water temperature) during the Pleistocene in the Southern Ocean. Species abundance patterns of siliceous microfossils can also be used for ecostratigraphic dating of late Pleistocene sediments.

During ANT IX/4 it is planned to extend the sample set, which was collected during ANT VIII/3. One aim is the collection of sediment cores, which can be used for the reconstruction of the Agulhas current, which is the main transport agent of warm surface water from the Indian Ocean into the South Atlantic. It is also planned to collect further sediment material for a more accurate reconstruction of the northern boundary of the oceanographic frontal systems and the sea ice extension during late Pleistocene glacial time periods. For the

completion of a reference data set, which is needed for paleoceanographic reconstructions with statistical methods, further surface sediments will be collected.

In addition to the paleoceanographic studies, it is planned to collect vertical net samples to improve knowledge on the distribution and autecology of siliceous microplankton in the Southern Ocean. One goal of this investigation is the collection of siliceous plankton organisms from the Antarctic Intermediate Water for testing the hypothesis that Antarctic microplankton organisms might be transported by this watermass into the upwelling regions in the South Atlantic.

#### 5.2.2 Particle flux to the sea-floor

Ocean chemistry and nutrient regeneration is mainly influenced by the settling of particulate matter out of the euphotic zone. The particle flux is the primary nutrient supply for the deep-sea benthos and the source for imprinting environmental signals in the sediment. The seasonality of the particle flux and therefore seasonal changes of surface-water productivity can be determined with time-series sediment traps.

From March 1988 to 1990 moorings with sediment traps and current meters were continuously deployed in the Benguela Current at the Walfish Ridge. The last mooring shall be recovered during this leg. To continue the experiments a new double array is to be deployed at the same time. In addition, surface plankton will be continuously sampled during the whole cruise for organic geochemical studies.

#### 5.2.3 Benthic foraminiferal assemblages and stable isotopes as environmental indicators

On the eastern continental margin of the Weddell Sea the distribution and community structure of Recent benthic foraminiferal assemblages is correlated with particulate organic matter fluxes, substrate conditions and the distribution of bottom water masses. In particular, a characteristic fauna dominated by *Nuttalides umbonifer* is associated with the lower part of the Antarctic Bottom Water (AABW) between the carbonate lysocline and the Carbonate Compensation Depth (CCD). During Leg ANT IX/4 in completion of ANT VIII/3, the benthic foraminiferal fauna from the eastern South Atlantic and the northernmost Weddell Sea will be investigated to decipher whether the relationship between environment and foraminiferal faunas recognized on the eastern Weddell Sea continental margin (ANT IV/3), can be extended to faunas from below the Polar Frontal Zone, and whether the benthic foraminiferal assemblage composition reflects the position of the Polar Frontal Zone and its particularly high productivity.

In addition, the stable oxygen and carbon isotope composition of epibenthic foraminifera will be analyzed to infer bottom water mass characteristics and to facilitate the worldwide correlation of the late Pleistocene faunas with  $\delta^{18}\text{O}$ -stratigraphy. Productivity estimate can be derived by comparing the stable carbon isotope composition of planktonic, epibenthic and endobenthic foraminiferal species.

All of these studies will be carried out on both sediment surface samples and selected Pliocene/Pleistocene cores to carefully reconstruct paleoenvironmental conditions, such as bottom water routes and intensity, paleoproductivity, and latitudinal fluctuations of the Polar Frontal Zone.

#### 5.2.4 Sedimentology and clay mineralogy

Surface samples and sediment cores from the eastern South Atlantic will be investigated by detailed grain size and clay mineral analysis (X-ray diffraction). The goal is to collect information about source and transport of the fine-grained terrigenous material and its deposition during the last 300 000 a.

The distribution of clay mineral within the South Atlantic sediments depends on widespread circulation of the Antarctic Bottom Water as well as on surface currents, ice drift, the prevailing wind regime and biogenic particle production. Type, structure and ordering of phyllosilicate minerals are probably related to climatic and oceanographic variations and illustrate the particle transport from source areas, e.g. by current systems. Consequently, we expect correlations with the quaternary latitudinal migration of the hydrographic frontal zones as well as the extension of deep- and bottom water masses connected with the climatic cycles.

#### 5.3 Bathymetric survey with hydrosweep (AWI)

Surveying with the fansweep-system Hydrosweep will be carried out continuously during this leg. Main interests will be the completion and the enlargement of areas surveyed on earlier cruises. On this leg the Romanche Fracture Zone (RFZ) is one important area. The western part of the RFZ was mapped by the AWI on leg ANT VIII/1 with the Hydrosweep, the eastern part by the IFREMER with Seabeam. During this cruise the gap between the two northern seabeam boxes shall be closed. The track data of former expeditions will be available on the ship's computer for planning profiles.

