



FS „POLARSTERN”
Expeditionsprogramm Nr. 43

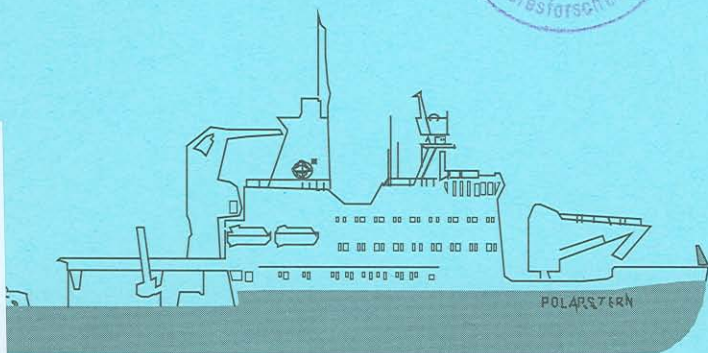
ANTARKTIS XIV

1-2
1996



Z 432

43
1996



X 1894

ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN, OKTOBER 1996

Expeditionsprogramm Nr. 43

FS "POLARSTERN"

ANTARKTIS XIV/1-2

1996

Koordinator:
H. Miller

Fahrtleiter:
ANT XIV/1: O. Schrems
ANT XIV/2: G. Kattner

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven

Oktober 1996

Deutscher Text
Seite 3 bis 36

English Text
Page 47 to 74

Fahrtabschnitt Bremerhaven - Punta Quilla (ANT XIV/1)

NARE-Kampagne

1. Zusammenfassung

Der erste Fahrtabschnitt der 14. Reise des Forschungsschiffes "Polarstern" in die Antarktis wird als umfangreiche atmosphärenchemische Meßkampagne durchgeführt. FS "Polarstern" wird am 5. Oktober 1996 von Bremerhaven auslaufen und zunächst Kurs Richtung Island nehmen und die Insel nördlich passieren. Nach einer Nord-Süd-Traversal vom nördlichen Polarkreis entlang des 30. Längengrades bis ca. 50°S soll am 10. November 1996 der Zielhafen Punta Quilla in Argentinien angelaufen werden.

An dieser Fahrt werden ausschließlich Arbeitsgruppen teilnehmen, die atmosphärenchemische Untersuchungen durchführen und Beiträge zum "North Atlantic Regional Experiment" (NARE) leisten. Die Teilnehmer der drei Großforschungseinrichtungen AWI, KFA und GKSS arbeiten auf dieser Expedition außerdem im Rahmen des HGF-Verbundprogramms "Chemie und Transport von Spurenstoffen in der Atmosphäre" zusammen und werden hier Ergebnisse zum Teilprojekt A "Ozonbildung in der planetaren Grenzschicht" liefern. Die Forschungsprojekte anderer teilnehmender Institute und Gruppen ergänzen das atmosphärenchemische Meßprogramm der "NARE"-Kampagne in sinnvoller Weise.

Der Nordatlantik wird von hoch industrialisierten Kontinenten umrandet, die weltweit die höchsten Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe aufweisen. Luftmassen mit beträchtlichen Verunreinigungen primärer Schadstoffe, wie z.B. CO, NO_x, SO₂ und Kohlenwasserstoffe, sowie sekundärer Schadstoffe, wie z.B. O₃, H₂O₂, PAN, HNO₃, SO₄²⁻ verlassen das Gebiet der nordöstlichen USA und Kanada häufig in Richtung Europa. Während des Transportes werden in der kontinentalen Abluftfahne weiterhin sekundäre Schadstoffe durch photochemische Prozesse erzeugt. Aber auch Europa trägt zur Luftverschmutzung über dem Nordatlantik und dem Polargebiet signifikant bei.

Über dem Ozean treten kurzlebige biogene Schwefelgase (hauptsächlich Dimethylsulfid) hinzu, die aus dem Oberflächenwasser in die maritime Atmosphäre emittiert werden und die über verschiedene Zwischenprodukte (SO₂, Methansulfonsäure) zusammen mit anthropogenen SO₂-Emissionen zu Sulfatpartikeln oxidiert werden. Diese Partikel üben einen erheblichen Einfluß auf die globale Strahlungsbilanz aus. Weiterhin wirken diese über Gas zu Partikelkonversion entstandenen Sulfataerosolteilchen als Wolkenkondensationskeime (CCN). Eine Erhöhung der Partikelkonzentration hätte daher erhebliche Konsequenzen für die Mikrophysik maritimer Wolken und als Folge davon für Albedo und Einfluß der Wolken auf das globale Klima.

Der interkontinentale Transport von Schadstoffen, die Entsehung von Ozon sowie die Verteilung der Aerosolpartikel und Wolkenkondensationskerne sind bisher nicht in einem großskaligen Experiment, wie in dem für ANT XIV/1 geplanten, untersucht

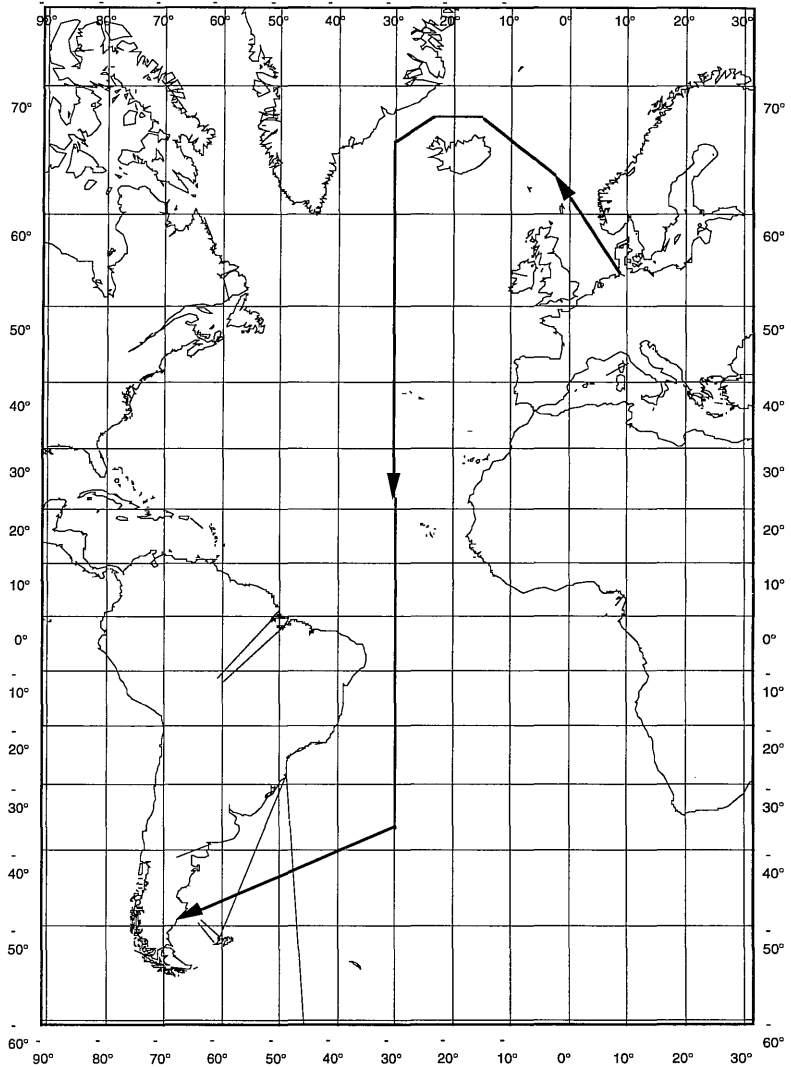


Abb. 1 Vorläufige Planung des Fahrtverlaufes für den Fahrtabschnitt ANT XIV/1

worden. Ziele der auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/1 durchgeführten NARE-Kampagne sind u.a.

- Charaktisierung und bestimmung des Oxidationspotentials der Atmosphäre über dem Atlantik
- Besseres Verständnis des Transports und der chemischen Transformation in der Abluffahne des amerikanischen Kontinents insbesondere von Kohlenwasserstoffen, NO_x , SO_2 , CO sowie der resultierenden Produkte, wie O_3 , H_2O_2 , RO_2NO_2 , HNO_3 und Sulfataerosol
- Abschätzung des Imports obiger Spurenstoffe in den europäischen Luftraum
- Bestimmung der großräumigen Verteilung von DMS und SO_2 über dem Atlantik sowie die Quantifizierung des natürlichen Anteils aus der DMS-Exhalation.

Die Untersuchungen der auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/1 beteiligten Arbeitsgruppen werden einen wichtigen Beitrag zur internationalen NARE-Aktivität im IGAC-Focus "Natural variability and anthropogenic perturbations of the marine atmosphere" leisten.

2. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme (ANT XIV/1)

2.1 Atmosphärische Spurenstoffe in der marinen Troposphäre

2.1.1 Meridionale Verteilung von O₃, H₂O₂, HCHO, NO und NO₂ (AWI)

Die geplanten luftchemischen Untersuchungen setzen frühere Messungen der Expeditionen ANT X/1, ANT X/8, ANT XI/5 und ARK X/1 fort. Schwerpunkt des aktuellen, erweiterten Programmes ist die vertikale (s. auch Absatz 2.2.4) und horizontale Verteilung von Ozon, die entlang der Fahrtroute durch tägliche Ozonsondierung gemessen werden soll. Neben Ozon werden die meridionalen Konzentrationsprofile der reaktiven Spurengase Stickoxide (NO/NO₂, Meßmethode: Chemilumineszenz), Wasserstoffperoxid (H₂O₂, Meßmethode: Fluorimetrisch nach Lazrus) und Formaldehyd (HCHO, Meßmethode: Fluorimetrisch nach Hantzsch) kontinuierlich ca. 20 m über dem Meeresspiegel entlang der Fahrtroute gemessen.

Die Verteilung und Konzentrationen dieser Verbindungen sind als Eingabedaten für troposphärische Modellsysteme von großem Interesse, da sie zu den Schlüsselmolekülen zählen, die das Oxidationspotential der Atmosphäre charakterisieren. Ein möglichst lückenloses Datenprofil von hohen nördlichen zu hohen südlichen Breiten ist eine Voraussetzung, um den Einfluß verschiedener atmosphärenchemischer Prozesse und deren anthropogenen Komponenten, welche die globale Ozonverteilung bestimmen, zu quantifizieren.

Auf der Meridionalschnittfahrt ANT XIV/1 soll insbesondere der Eintrag verschmutzter Luftmassen aus dem nordamerikanischen Kontinent untersucht werden. Diese Luftmassen werden bis nach Europa transportiert und haben dort einen erheblichen Einfluß auf die atmosphärenchemischen Prozesse. Die Untersuchungen liefern Beiträge des AWI zum HGF-Forschungsverbund "Chemie und Transport von Spurengasen in der Atmosphäre" Teilprojekt A "Ozonbildung in der planetaren Grenzschicht" das in Abstimmung mit der KFA und der GKSS durchgeführt wird sowie zum NARE (North Atlantic Regional Experiment) - Projekt.

2.1.2 LIDAR-Messungen von troposphärischem Ozon und von Aerosolen über dem Nord- und Südatlantik (FU, AWI)

Ein Schwerpunkt der troposphärischen Lidar-Messungen ist die höhenaufgelöste Ermittlung der Ozonkonzentration in der Troposphäre mit der DIAL-Methode (Differential Absorption LIDAR). Die mit dieser Methode gewonnenen Daten werden benutzt um Ozonspeicherschichten in der planetaren Grenzschicht und den Austausch von Ozon zwischen den verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre zu untersuchen. Weiterhin sollen in den Tropen Austauschprozesse an der Tropopause mit Ozon als Tracer studiert werden.

Ein weiteres Ziel ist, die vertikale Verteilung der optischen Extinktion troposphärischer Aerosole mit sichtbarem und mit UV-Licht auf der gesamten Fahrtroute zu messen. Die Meßergebnisse werden als Datensammlung für die

Untersuchung großskaliger Transportprozesse sowohl zwischen Nordamerika und Europa als auch zwischen Afrika und Südamerika dienen. Mit den Daten werden außerdem durch Aerosole hervorgerufene Änderungen des Strahlungshaushaltes über weite geographische Bereiche erforscht. Ferner soll ein Vergleich der Aerosolbelastung zwischen der Nord- und der Südhemisphäre die unterschiedlichen anthropogenen Einflüsse quantifizieren.

2.1.3 Untersuchungen zur Breitenabhängigkeit der OH-Radikalkonzentration und der damit gekoppelten Photochemie von Dimethylsulfid in der marinen Grenzschicht über dem Atlantik (KFA, UC, CFR-CNRS)

Auf dieser Atmosphärenchemie-Meßkampagne sollen im wesentlichen drei Ziele verfolgt werden: erstens sollen atmosphärisch-chemische Modelle zur Beschreibung der troposphärischen Chemie durch direkte Messungen der OH-Radikalkonzentration über einen großen geographischen Breitenbereich mit sehr unterschiedlicher Spurengasbelastung überprüft werden. Zweitens soll im Rahmen des HGF-Verbundes "Chemie und Transport von Spurenstoffen in der Atmosphäre" Teilprojekt A: "Ozonbildung in der planetaren Grenzschicht" die mit dem Spurengasabbau durch OH verknüpfte photochemische Ozonbildung in der Troposphäre untersucht werden. Und drittens soll durch die gemeinsame Messung von OH und Dimethylsulfid (DMS) und dessen OH-Oxidationsprodukte (Methansulfonsäure, SO₂ und S-haltige Aerosole) die Bedeutung von DMS für die Bilanz der Schwefelchemie und die Strahlungsbilanz der Troposphäre im Rahmen des EU-Forschungsprojektes "MARATHON" untersucht werden.

OH-Radikale gelten als wichtigstes Oxidationsmittel der Troposphäre, da sie regional und global den Abbau der meisten atmosphärischen Spurengase, wie z.B. dem klimarelevanten Methan, einleiten. Darüberhinaus ist die OH-Chemie stark mit der Ozonbilanz verknüpft. Letztlich entscheidet die Stickoxidkonzentration über Bildung oder Zerstörung von Ozon bei der Oxidation von Kohlenwasserstoffen durch OH. Obwohl die atmosphärisch-chemischen Modelle zur OH-Chemie bereits weitentwickelt sind, steht bis heute eine umfassende Überprüfung dieser Modelle durch Feldexperimente mit OH-Messungen aus. Dies gilt insbesondere für Reinluftbedingungen, wie man sie in der atlantischen Hintergrundatmosphäre findet. Die Erfahrung aus früheren landgestützten OH-Feldmeßkampagnen in belasteter kontinentaler Luft hat gezeigt, daß für die Interpretation der OH-Meßdaten eine breite Palette an Stützmessungen zur chemischen und meteorologischen Charakterisierung der Luftmassen notwendig ist.

Das Forschungsschiff Polarstern stellt die ideale Meßplattform dar, alle notwendigen luftchemischen Experimente - insbesondere die Laserexperimente zum Nachweis von OH - aufzunehmen und während einer Nord-Süd Meridionalschnittfahrt auf dem Atlantik Regionen sehr unterschiedlicher Spurengasbelastung zu durchqueren. Die geplante Fahrt stellt somit eine erweiterte Neuauflage der luftchemischen Untersuchungen während ANT VII/1 dar.

Die Experimente werden im wesentlichen in zwei 20"-Containern auf dem Peildeck

installiert. Für die Messung der OH-Radikale durch Laser-Absorptionsspektroskopie wird ein gefalteter Lichtweg mit 20 m Basislänge quer zur Fahrtrichtung zwischen den Containerdächern aufgebaut. Folgende zusätzliche Messungen sind von Seiten der KFA-Gruppe geplant:

	Methode	Meßgröße	
OH	Laserlangweg-Absorptionsspektroskopie	OH Radikale	
OH	Laserinduzierte Fluoreszenz	OH Radikale	
METEO	Meßdatenerfassung		
	UV-Filterradiometer	J(O1D)	Ozonphotolysefrequenz
	UV-Filterradiometer	J(NO ₂)	NO ₂ -Photolysefrequenz
	Pyranometer	G	Globalstrahlung
	Kondensationskernzähler	CN	Kondensationskerne
	Nephelometer	b	Aerosolstreuung
	Aerosolgrößenmeßgerät		
	UV-Absorptionsphotometer	O ₃	Ozonkonzentration
GC	Behälterproben und online GC	CH ₄	
		CO	
		NMKW	Nichtmethankohlenwasserstoffe
NO	Chemilumineszenzmessung	NO	

Zusammenarbeit:

Im Rahmen des AGF-Verbundprogramms "Chemie und Transport von Spurenstoffen in der Atmosphäre" Teilprojekt A: "Ozonbildung in der planetaren Grenzschicht erfolgt eine Zusammenarbeit mit folgenden Großforschungseinrichtungen:

1. AWI: Vertikalsondierung von O₃, H₂O₂, Temperatur und Feuchte mit Radiosonden, Messung von NO_x, H₂O₂.
2. GKSS : Vertikalsondierung von Aerosol, H₂O und Temperatur mit LIDAR.

Darüberhinaus werden in Zusammenarbeit mit weiteren Gruppen folgende Messungen durchgeführt:

- Kontinuierliche Messungen von H₂O₂ und RO₂
- Messung von HCHO
- Bestimmung der Konzentration von Dimethylsulfid im Seewasser und in der Atmosphäre
- Sammlung und chemische Analyse des Aerosols

2.1.4. Vertikalprofile der Ozonkonzentration in der unteren

Troposphäre über dem Atlantischen Ozean (GKSS)

Meßdaten zur vertikalen Verteilung des troposphärischen Ozons sind eine wichtige Voraussetzung für das Verständnis der photochemischen Produktion und dem atmosphärischen Verhalten der Photooxidantien. Bislang wurden entsprechende Messungen in der Mehrzahl über Land durchgeführt. Messungen der vertikalen Ozon-Konzentrationsprofile über dem Ozean liefern neue Informationen, um diese Prozesse zu verstehen.

Der Ozonabbau über dem Ozean wird wegen der unterschiedlichen Zusammensetzung der kontinentalen und marinen Atmosphäre sicherlich kleiner sein als über dem Festland. Weitreichender Transport der kontinentalen Abgasfahne von Nordamerika über dem Atlantischen Ozean kann die Untergrundkonzentration auf dem Europäischen Kontinent beeinflussen.

Neue Erkenntnisse zu diesen Problemen werden durch Anwendung der DIAL- (Differential Absorption Lidar) Technik erwartet. Das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, das ein Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) ist, wird auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/1 ein DIAL betreiben. Die Messungen sind Beiträge zum "North Atlantic Regional Experiment" (NARE) und zum Teilprojekt "Ozonbildung in der planetaren Grenzschicht" im Rahmen der HGF-Verbundforschung.

Das Lidarsystem mit dem Namen ARGOS (Advanced Remote Gaseous Oxides Sensor) kann Vertikalprofile der Ozonkonzentration in einem Höhenbereich zwischen 100 und mehr als 2000 m messen. Die Höhenauflösung variiert zwischen 50 und 150 m und die zeitliche Auflösung liegt in der Größenordnung von 10 Minuten. Zusätzliche Informationen über die Struktur der maritimen Troposphäre werden durch die Profile des atmosphärischen Extinktionskoeffizienten gegeben, die aus den Rückstreuungssignalen des Lidars hergeleitet werden mit noch weiterer Reichweite und höherer zeitlicher und räumlicher Auflösung als die Ozonprofile.

2.1.5 Peroxyradikal-Messungen in der maritimen Grenzschicht (UB)

Peroxyradikale (RO_2) z.B. HO_2 , CH_3O_2 , CH_3COO_2 u.s.w. spielen eine entscheidende Rolle in der Chemie der maritimen Grenzschicht. Abhängig von der vorhandenen Menge an NO führen die Peroxyradikale entweder zu einer Kettenreaktion die Ozon produziert oder abbaut.

Peroxyradikale bilden bedingt durch ihre Selbstreaktion auch wasserlösliche, instabile Superoxyde (H_2O_2 , CH_3O_2H , u.s.w.), welche wichtige Oxydationsmittel in Wolken und Wassertropfen sind. Die Hauptquelle der RO_2 -Radikale ist der Abbau organischer Verbindungen (z.B. die Oxidation von Methan). Über diese und ähnliche Zyklen ist die OH- und RO_2 -Chemie der Troposphäre gekoppelt. Obwohl RO_2 -Radikale eine entscheidende Rolle in der troposphärischen Chemie spielen, ist die Konzentration aufgrund ihrer hohen Reaktivität klein - 10^7 bis 10^9 Moleküle/cm³ (0.4 bis 40 pptv).

Die ROx ($\Sigma RO+RO_2$) werden auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/1 mit Hilfe eines Detektors gemessen, der auf dem Prinzip der chemischen Verstärkung beruht. Ein Vorgängermodell dieses Detektors wurde schon auf der Polarsternfahrt ANT X/1 (1991) erfolgreich betrieben.

Die Hauptziele dieses Experimentes sind Messungen von RO_2 in "sauberer" nord- und südhemisphärischer, maritimer Luft und die Validierung der Ergebnisse der Polarsternfahrt ANT X/1. Außerdem sollen die entwickelten troposphärischen Modelle mit den in Reinluftgebieten gemessenen Daten überprüft werden.

2.1.6 Bestimmung von Wasserstoffperoxid und organischen Hydroperoxiden (BUGH, AWI)

Bei luftchemischen Abbaureaktionen von biogenen und anthropogenen Spurenstoffen können Hydroperoxide als Zwischenprodukte auftreten. Zu den Hauptquellen von Wasserstoffperoxid und Alkylhydroperoxiden zählen die Reaktionen von Hydroperoxy- und Alkylperoxyradikalen. 1-Hydroxyalkylhydroperoxide sind als Produkte der Reaktion von ungesättigten Kohlenwasserstoffen mit Ozon bekannt.

Während der Polarsternfahrt ANT XIV/1 werden diskontinuierlich Luftproben mittels Kryosampling bei $-78\text{ }^\circ\text{C}$ genommen und auf Hydroperoxide untersucht. Die Trennung erfolgt durch High-Performance-Liquid-Chromatography (HPLC) an gekühlten Reversed-Phase-Säulen. Da die zu untersuchenden Substanzen weder eine Fluoreszenzaktivität, noch ausreichende UV-Absorption zeigen, werden durch verschiedene Nachsäulenreaktionen detektierbare Produkte erzeugt. Zur Messung der Hydroperoxide im Spurenbereich werden dazu ein Fluoreszenz- (p-Hydroxyphenylessigsäure / Meerrettichperoxidase), ein neues UV-VIS- (Eisen(II) / N,N-Dimethyl-1,4-phenylendiamin) sowie ein Chemilumineszenz-System (Luminol) eingesetzt.

Die diskontinuierliche Kryosampling-Methode ist dazu geeignet, Mittelwerte der Konzentration einzelner Hydroperoxide über die Probenahmedauer (ca. 30 min) zu bestimmen. Damit werden die Daten einer kontinuierlichen Messung ergänzt bei der Wasserstoffperoxid und die Summe der organischen Hydroperoxide erfaßt werden.

2.1.7 Untersuchung des S(IV)-S(VI)-Redoxsystems in mariner Atmosphäre (ZUF)

Der Ozean stellt infolge mikrobiologischer und bakterieller Prozesse im Oberflächenwasser eine Quelle für die reduzierte Schwefelverbindung Dimethylsulfid (DMS) dar. Dieses Gas gelangt durch windinduzierten Gasaustausch in die Atmosphäre. Hier wird DMS hauptsächlich durch Hydroxyl-Radikale oxidiert.

Dabei treten 2 Reaktionskanäle auf:

1. Oxidation zu gasförmigem Schwefeldioxid (SO_2) und schließlich zu partikelgebundenem Überschuß-Sulfat.

Als Überschusßsulfat wird der Anteil des aerosolgebundenen Sulfats bezeichnet, welcher nicht aus Seesalz erzeugt wird. Die SO_2 -Oxidation zu Sulfat erfolgt auf 2 verschiedenen Hauptpfaden: der homogenen Gasphasenreaktion mit OH-Radikalen, bei der vorwiegend Sulfat-Partikel im Größenbereich 0,1 - 1 μm gebildet werden, und der heterogenen Reaktion von gelöstem SO_2 mit O_3 in Seesalz-Aerosolen > 1 μm , wodurch deren Überschusß-Sulfatgehalt erhöht wird.

2. Oxidation zu Methansulfonat-Aerosolen (MSA).

Konsequenz dieser Partikelbildung für die marine Atmosphäre ist neben dem Säureeintrag insbesondere der Einfluß auf Wolkenbildungs- und Strahlungsprozesse.

Die Reaktionsausbeute beider Oxidationswege ist bisher noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Die vom Zentrum für Umweltforschung (ZUF) geplanten Untersuchungen atmosphärischer SO_2 -Konzentrationen sowie der Konzentrationen von Sulfat- und Methansulfonat-Partikeln sollen den bisher noch lückenhaften Kenntnisstand der beschriebenen Reaktionsketten erweitern. Mit der gleichzeitigen Bestimmung der atmosphärischen OH-Radikal und O_3 -Konzentration, die von der KFA an Bord durchgeführt werden, sowie der atmosphärischen DMS-Konzentration, welche von Mitarbeitern der Universität Kreta, Heraklion (UC) gemessen werden, ist es möglich, alle wichtigen Reaktionspartner des DMS- bzw. SO_2 -Oxidationsmechanismus in mariner Atmosphäre simultan zu untersuchen.

Die Meßmethode zur Konzentrationsbestimmung gasförmigen Schwefeldioxids beruht auf der Anreicherung auf imprägnierten Filtern und nachfolgender Analyse der Filter-Auswaschlösung mit Hilfe einer Chemilumineszenz-Reaktion. Die Probenahme soll stündlich erfolgen, die Anreicherungszeit liegt bei 40 - 50 Minuten.

Die partikelförmigen Komponenten Sulfat und Methansulfonat werden ebenfalls auf Filtern angereichert, die Anreicherungszeit dieses Verfahrens liegt bei 6 - 12 Stunden. Die Analyse erfolgt ionenchromatographisch nach der Fahrt im Frankfurter Labor. Um eine Aussage über den jeweiligen Reaktionsmechanismus treffen zu können, erfolgt die Partikel-Probenahme größenfraktioniert mit Hilfe von Vorabscheidern (< 1 mm). Als Zusatzinformation werden die Partikelfilter auf weitere Anionen und Kationen (Natrium, Kalium, Chlorid, Nitrat) untersucht.

2.1.8 Bestimmung von Organo-Halogenverbindungen und Alkylnitrat in Luft und Oberflächenwasser des Nord- und Südatlantiks (UU)

Im Rahmen der Arbeiten der Abteilung Analytische Chemie und Umweltchemie der Universität Ulm (UU) zur globalen Umweltchemie einschließlich der Atmosphärenchemie organischer Verbindungen werden Untersuchungen und Probenahmen der unteren Troposphäre wie auch des Oberflächenwassers des Atlantischen Ozeans durchgeführt.

Die Ausbreitung von persistenten Umweltchemikalien, wie es sich z. B. für die polychlorierten Biphenyle (PCB) als Modellverbindungen für die Gruppe der schwerflüchtigen stabilen Organochlorverbindungen zeigen läßt, bleibt nicht nur auf das Gebiet ihrer Anwendung beschränkt, sondern erstreckt sich über den gesamten Globus. Das Verständnis der Transport-, Verteilungs- und Veränderungsprozesse, denen diese Verbindungen in der Umwelt unterliegen und die damit ihre globale Verteilung prägen, ist von besonderer Bedeutung. Durch Bestimmung der Gehalte der Xenobiotika und weiterer Indikatormoleküle in repräsentativen Bereichen der Umwelt in Abhängigkeit von Ort und Zeit und die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse unter Berücksichtigung der geophysikalischen Vorgänge wie Luft- und Meeresströmungen können Rückschlüsse auf das globale Verteilungsverhalten von Xenobiotika allgemein gezogen werden.

Besonderes Ziel der Untersuchungen der UU ist, neben der Charakterisierung der Unterschiede beider Hemisphären, für das die Nord-Süd-Nord Traversen der "Polarstern" ein - bezogen auf alle Forschungsschiffe aller anderen Nationen - einmaliges und für globale Betrachtungen unverzichtbares Untersuchungs- und Datenmaterial ergeben, die Suche nach Umweltparametern, die Quellen und Senken nachgewiesener organischer Spurenstoffe erklären helfen. Besondere Bedeutung bekommt in diesem Zusammenhang dem Austausch zwischen Atmosphäre und Meeresoberfläche zu. Zu dieser Thematik wurden bereits erste Ergebnisse erzielt.

Auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/1 werden großvolumige Luftproben (jeweils 300 - 800 m³) und Wasserproben (200 - 500 Liter) genommen, die an der Universität Ulm unter Reinraumbedingungen auf Organo-Halogenverbindungen (u.a. HCB, PCBs, Pestizide, Anisole) untersucht werden sollen. Des weiteren sollen in den Luftproben ebenfalls die erst kürzlich von uns aufgefundene Gruppe der längerkettigen polaren und unpolaren Alkylnitrate bestimmt werden. Alkylnitrate und substituierte Alkylnitrate sind Abbauprodukte der natürlichen Luftchemie der entsprechenden Alkane, Alkene und Aldehyde.

Die aus vorangegangenen Expeditionen der "FS Polarstern" erhaltenen Ergebnisse zur globalen Verteilung der halogenierten Methylphenylether (Anisole), die partiell biogenen Ursprungs sind, sollen durch die Aufnahme des Indikatormoleküls "Elementarer Schwefel" ergänzt werden. Zugleich soll als Wiederaufnahme früherer Untersuchungen ein Nord-Süd-Profil der Konzentrationen der Verbindungen Tetrachlorethen, Hexachlorethan und Hexachlorbutadien erstellt werden, die als Basis für eine Erweiterung des Drei-Boxen-Modells nach Wiedmann-Wormer dienen werden.

Die Luftprobenahme erfolgt adsorptiv durch Low-Volume bzw. durch High-Volume-Sampler. Bei dem letzteren Verfahren werden große Luftvolumina (20 - 40 m³/Stunde) durch eine Turbine angesaugt und über geeignete Adsorptionsmaterialien geleitet. Die Dauer der einzelnen Probenahmen wird zwischen 15 und 30 Stunden liegen und richtet sich nach dem eingestellten Fluß und dem gewünschten Probevolumen. Da es sich um eine extreme Spurenanalyse organischer Komponenten handelt, wird auf kontaminationsfreie Sammelstellen an Bord besonders zu achten sein. Die Wasserprobenahme, bei der bis zu 500 l Wasser gesammelt werden sollen, erfolgt über ein neu entwickeltes

Kartuschensystem mit aktivem Transport des Wassers, das das bordeigene Pumpsystem anliefert.

Ein weiteres Ziel der UU für den Fahrtabschnitt ANT XIV/1 wird sein, in Ulm neu entwickelte Adsorptionsmaterialien auf Graphitbasis bei der Luft- und Wasserprobenahme einzusetzen und mit herkömmlichen Adsorbentien zu vergleichen.

2.1.9 Biogene Produktion neutraler und ionischer Methylschwermetallspecies im Atlantik und deren Verteilung in der Atmosphäre (UM)

Bisher wurden in der Umwelt nur Untersuchungen zur Gesamtkonzentration von Schwermetallen durchgeführt, wogegen kaum etwas über die Speciation dieser Schwermetalle bekannt ist. Verschiedene Schwermetallspecies besitzen aber zum Teil sehr unterschiedliche Eigenschaften, u.a. bezüglich des geochemischen Transportverhaltens, der Toxizität und der Bioverfügbarkeit. Deshalb ist es notwendig, Schwermetallspecies zu identifizieren und zu quantifizieren, um genauere und detailliertere Informationen u.a. über den globalen Stoffkreislauf sowie die entsprechenden globalen Quellen und Senken zu erhalten, wobei hier die Biomethylierung ein wichtiger biogeochemischer Prozeß ist.

Für die Bestimmung und die Spezifikation von neutralen und ionischen Methylschwermetallverbindungen kommen aufgrund der chemischen Stabilitäten die Elemente Quecksilber, Blei, Cadmium und Thallium in Frage. Hohe Anreicherungsfaktoren z.B. von Blei und Cadmium in antarktischen Schneeproben deuten dabei auf die Emission flüchtiger metallorganischer Verbindungen aus den Weltmeeren hin. Von hohem Interesse ist das Element Quecksilber, das in verschiedenen Bindungsformen im Meerwasser auftreten kann. Über eine Emission dieser Species, deren Verteilung und chemisches Verhalten in der Atmosphäre ist jedoch wenig bekannt.

Zur Untersuchung dieser Zusammenhänge soll im Atlantik ein Nord-Süd-Profil der verschiedenen Methylschwermetallverbindungen aufgezeichnet werden, um damit einen Beitrag zum wichtigen globalen biogeochemischen Stoffkreislauf der Schwermetalle zu bestimmen. Bei den Untersuchungen wird sowohl eine Korrelation zu biogener Aktivität als auch zu chemischen Parametern wie DMS oder Ozon angestrebt. Methylierte Verbindungen von Quecksilber, Blei und Cadmium konnten in atlantischen Proben bereits nachgewiesen werden. Der Anteil solcher Verbindungen am Gesamtmetallgehalt kann dabei bis zu 50% betragen. Eine Biomethylierung von Thallium konnte zwar in Modellversuchungen erreicht werden, der Nachweis der entsprechenden Verbindung in der Umwelt ist jedoch bisher nicht gelungen.

Die Bestimmung von Quecksilberspecies erfolgt mit CVAFS (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry). Mit Hilfe der DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltametry) sollen Blei- und Cadmiumspecies untersucht werden. Diese beiden Methoden werden direkt auf der Polarstern angewendet. Der Nachweis entsprechender Thalliumspecies soll mit MS-IVA (Massenspektrometrische Isotopenverdünnungsanalyse) im Heimatlabor erfolgen.

2.1.10 Nord-Süd-Verteilung von Spurengasen über dem Atlantischen Ozean: Hg, H₂O₂ und HCHO (IFU)

a) Trend der globalen Quecksilberkonzentration in der Atmosphäre

Messungen des Quecksilbergehalts in der Luft über dem Atlantik wurden vom IFU auf verschiedenen Forschungsschiffen durchgeführt (1977 und 1978 auf "Walter Herwig", 1979 und 1980 auf "Meteor", 1990 und 1994 auf "Polarstern"). In gold- und silberbeschichteten Quarzwolle-Sammelröhrchen wurde das Quecksilber abgeschieden und anschließend mit Hilfe eines Atomabsorptions- oder Fluoreszenz-Spektrometers quantitativ nachgewiesen. Während der letzten Fahrt ergaben sich dabei mittlere Konzentrationen von 1.79 ± 0.41 ng Hg/m³ für den nördlichen, und 1.18 ± 0.17 ng Hg/m³ für den südlichen Atlantik. Das Auftreten von niedrigen CO-Konzentrationen galt dabei als Beleg, daß Messungen der Hintergrundkonzentration durchgeführt wurden. Eine statistische Auswertung der Mittelwerte der Meßfahrten 1977-1990 ergibt bei einem 95% Signifikanzniveau einen ansteigenden Trend für beide Hemisphären, jedoch mit unterschiedlichen Anstiegsraten: $1.46 \pm 0.17\%$ /Jahr für den Nord- und $1.17 \pm 0.16\%$ für den Südatlantik.

Neuere Messungen auf dem Wankgipfel oberhalb von Garmisch-Partenkirchen und auf der Polarstern 1994 implizieren einen weltweiten Rückgang der Quecksilberkonzentrationen um ca. 22% für den Zeitraum von 1990 bis 1994, wahrscheinlich aufgrund der reduzierten wirtschaftlichen Aktivitäten in den Ländern des früheren Ostblocks. Das Ziel der geplanten Untersuchungen ist daher, die Quecksilbermessungen mit demselben Meßverfahren auf derselben Route in der nahezu gleichen Jahreszeit zu wiederholen, um festzustellen, inwieweit die Messungen auf dem Wank für die Nordhemisphäre repräsentativ sind, und um den Trend für die Südhemisphäre zu bestimmen.

b) Wasserstoffperoxid- und Formaldehyd-Messungen

Die wichtige Rolle des Wasserstoffperoxids (H₂O₂) für die Chemie der Atmosphäre ergibt sich aufgrund seines Oxidationspotentials in der Flüssigphase sowie durch die Tatsache, daß es auch in die Radikalchemie der Gas- und Flüssigphase eingebunden ist. Je nach Größe der NO₂-Konzentration in der Luft stellt das Wasserstoffperoxid den Hauptabbauweg der HOx-Radikale dar. Der Gehalt von Hydroperoxiden in der Luft hängt von den Parametern ab, die das Vorhandensein von HO₂ kontrollieren, wie z.B. O₃, H₂O, CO, HCHO, NO_x und Sonnenstrahlung. Es gibt einige Veröffentlichungen von Wasserstoffperoxidmessungen über dem Atlantischen Ozean; 1990 und 1994 wurden Messungen an Bord des Forschungsschiffs "Polarstern" durchgeführt. Dazu wurde die enzymatische Methode von Lazrus et al. verwendet, die 1994 so verbessert wurde, daß die Sammeleffizienz der organischen Peroxide nun besser definiert ist.

Der Peroxidgehalt zeigte eine Abhängigkeit von der geographischen Breite mit im allgemeinen höheren Mischungsverhältnissen im Bereich des Äquators (bis zu 2 ppbv) und zu den Polen hin abnehmenden Werten (bis zu 0.1 ppbv). Das Fluoreszenzinstrument für H₂O₂ erlaubt zusätzlich eine Abschätzung der Konzentration der organischen Peroxide, indem durch Zugabe von Katalase H₂O₂

zerstört wird. Das Gesamt-Mischungsverhältnis der organischen Peroxide lag zwischen 0.1 und 1 ppbv.

Formaldehyd (HCHO) ist ein weiteres wichtiges photoaktives Spurengas in der Atmosphäre. Die Photolyse von Formaldehyd und anderen Karbonylen führt zu einer Nettoproduktion von HOx-Radikalen. Als natürliche Quelle von Formaldehyd gelten dabei in Reinluftgebieten die Kohlenwasserstoffe, die mit OH-Radikalen und Ozon reagieren und dabei Formaldehyd und andere Aldehyde bilden. In der sonnenbestrahlten Atmosphäre ist der HCHO-Gehalt im wesentlichen durch die CH₄-Konzentration, die Lichtintensität und die HOx-Radikal-Konzentration bestimmt. Messungen in sauberen Luftmassen bieten deshalb einen wichtigen Einblick in den Abbauprozess von leichten Kohlenwasserstoffen sowie Informationen über die allgemeine chemische Reaktivität der Atmosphäre.

Modellberechnungen, die die photochemische Oxidation von Methan als die einzig mögliche Quelle von HCHO berücksichtigen, sagen Mischungsverhältnisse im Bereich von 0.1 bis 0.3 ppbv voraus. Andererseits vermutet man, daß weitere 0.3 ppbv HCHO durch Photooxidation von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen erzeugt werden. Es wurden nur wenige Messungen der Formaldehydkonzentration über den Ozeanen durchgeführt, wobei unterschiedliche Hintergrundkonzentrationen berichtet wurden. Desweiteren wird ein leichter Tagesgang erwartet. Das Ziel der geplanten Messungen ist die Bestimmung der Hintergrundkonzentration und des Tagesgangs von Formaldehyd. HCHO dient dabei als Leitsubstanz für andere organische Komponenten.

1994 wurde HCHO mit einer enzymatisch-fluorimetrischen Technik bestimmt; die Nachweisgrenze lag bei 120 bis 150 pptv. Gemessen wurden Mischungsverhältnisse zwischen 1.5 und 3 ppbv in küstennahen Regionen sowie um 0.5 ppbv in sauberer mariner Luft. Mit einem verbesserten fluorimetrischen Hantzsch-Gerät werden kontinuierliche Formaldehyd-Messungen mit einer Nachweisgrenze von 50 pptv durchgeführt werden. Die beschriebenen Messungen können einen wichtigen Beitrag zur Bestimmung des Oxidationspotentials der Atmosphäre liefern.

2.1.11 Untersuchungen von biogenen Kohlenwasserstoffen in der marinen Troposphäre (ISAS, AWI)

Die von Pflanzen emittierten Kohlenwasserstoffe machen einen Großteil der Gesamtemissionen von Kohlenstoff in die Atmosphäre aus. Dabei spielen die biogenen Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMKW) eine wichtige Rolle bei der regionalen Bildung photochemischer Oxidantien. Der größte Teil wird als Isopren (C₅-Kohlenwasserstoff), als Monoterpene (C₁₀) oder als Sesquiterpene (C₁₅) von Pflanzen abgegeben. Aufgrund der Menge und der Reaktivität der größtenteils ungesättigten Substanzen beeinflussen sie neben der Ozonbildung noch eine ganze Reihe anderer troposphärenchemischer Prozesse. So existieren Hinweise, daß die Oxidationsprodukte biogener Kohlenwasserstoffe einen signifikanten Beitrag zur atmosphärischen Partikelphase liefern.

Um die Bedeutung biogener Kohlenwasserstoffemissionen für atmosphärische Vorgänge bewerten zu können, müssen zunächst zuverlässige Daten über die

Verteilung der Emissionen vorliegen. Es besteht die Vermutung, daß bei der gas-to-particle-conversion die biogenen Kohlenwasserstoffe als Kondensationskeime dienen oder aber auch auf bestehende Partikel gebunden werden.

Für die Bestimmung biogener Kohlenwasserstoffe werden die Proben auf Adsorptionsröhrchen gesammelt und mit GC/MS und GC/Kryokondensations-FT-IR nach Thermodesorption untersucht. Die Pilotstudie mit Probenahme auf der Polarstern im Einflußbereich eines Regenwaldgebietes soll erste Ergebnisse zeigen, ob Untersuchungen mit Adsorptionsröhrchen in maritimen Gebieten Aussagen über biogene Kohlenwasserstoffe ermöglichen.

2.2. Untersuchungen in der Troposphäre und Stratosphäre

2.2.1 FTIR-Spektroskopische Messung von troposphärischen und stratosphärischen Spurengasen (AWI)

Die FTIR Spektroskopie hat sich zu einer wichtigen Meßmethode atmosphärischer Spurengase entwickelt. Mit Hilfe von Sonne oder Mond als Lichtquellen können bis zu 30 verschiedene Spurengase in der Tropo- und Stratosphäre in Absorption gemessen werden. Dazu gehören u.a. Stoffe, die zum Verständnis der Ozonchemie von Bedeutung sind (z.B. HCl, ClONO₂, HNO₃, einige FCKW's) sowie andere Gase, die zum Verständnis der allgemeinen Atmosphärenchemie und des Treibhauseffektes wichtig sind (z.B. HF, CO, C₂H₆, C₂H₂, CH₄, N₂O). Im Gegensatz zu Punktmessungen, liefern die Sonnen- und Mondabsorptionsmessungen die Konzentrationen in der atmosphärischen Gesamtsäule. Die Druckabhängigkeit der Linienbreite ermöglicht bei einigen Spurengasen eine Bestimmung der Konzentrationsprofile.

Viele Stoffe werden in niedrigen Breiten durch photochemische Reaktionen gebildet, bzw. gelangen dort von der Tropo- in die Stratosphäre um dann weiter zu den Polen transportiert zu werden. Für ein Verständnis der polaren Atmosphärenchemie ist es daher wichtig die Quellenkonzentrationen und Breitengradabhängigkeit der Spurengase genau zu kennen.

Die Breitengradabhängigkeit der Spurengaskonzentrationen wird bisher nur durch Satellitenmessungen oder sporadisch durch Flugzeugexperimente erfaßt. Satelliten und Flugzeuge erfassen die Spurengase aber nur oberhalb von ca. 10 km in der Stratosphäre. In der freien Troposphäre dagegen liegen kaum Informationen über die Breitengradabhängigkeit der Spurengase vor.

Auf der Schiffsexpedition soll die Breitengradabhängigkeit einer Vielzahl von Spurengasen mit Hilfe eines hochauflösenden FTIR Spektrometers erfaßt werden. Das Spektrometer befindet sich in einem Laborcontainer. Auf dem Containerdach ist ein Sonnensucher installiert, der das Sonnenlicht in das Spektrometer lenkt. Bei wolkenfreiem Himmel können die Messungen entweder mit der Sonne oder dem Mond als Lichtquelle durchgeführt werden. Die Auswertung der Spektren zur Analyse der Spurengaskonzentrationen erfolgt später im Heimatinstitut.

2.2.2 Messung der Aerosolbelastung der oberen Troposphäre und Stratosphäre mit einem Aerosol-Raman-LIDAR (AWI)

Aerosole spielen in Troposphäre und Stratosphäre eine bedeutende Rolle sowohl für die Strahlungsbilanz als auch für die heterogenen chemischen Reaktionen, die zum Ozonabbau führen können. Für eine genauere Betrachtung des Einflusses der Aerosole sind Messungen von Höhenprofilen der Aerosolverteilung, sowie Informationen über die Aerosoleigenschaften notwendig. Informationen über Konzentrationen und Charakteristika der Aerosole lassen sich höhen- und zeitaufgelöst mit einem LIDAR erfassen.

Die häufigsten Aerosole der Stratosphäre bestehen aus Schwefelsäuretröpfchen und Silikatstaub vulkanischen Ursprungs sowie in der polaren Stratosphäre aus Wassereis- bzw. Salpetersäuretrihydrat-(NAT)-Kristallen. In der Troposphäre überwiegen Wassertröpfchen und Wassereis, es finden sich aber auch Stäube und Tröpfchen unterschiedlichster Herkunft.

Bei dem für diese Kampagne benutzten neuen Aerosol-Lidar des AWI handelt es sich um ein Zweiwellenlängen-Rayleigh-Raman-Lidar mit der Möglichkeit zur Depolarisationsmessung. Die Sendewellenlängen liegen bei 355 nm und 532 nm (Nd:YAG Laser). Empfangswellenlängen sind: a) 355 nm und 532 nm; b) 387 nm und 607 nm (Ramanstreuung durch N_2) und 408 nm (Ramanstreuung durch H_2O). Das in einem 20 ft Container untergebrachte Lidarsystem wurde in einer Kooperation von AWI, GKSS und der Firma OHB-System (Bremen) nach industriellem Standard entwickelt.

Als Ergebnisse der Lidarmessungen erhält man Rückstreuverhältnisse und Aerosolvolumenrückstreu-, Extinktions- und Depolarisationskoeffizienten. Aus diesen lassen sich mit zusätzlichen Annahmen Aerosolkonzentrationen und Aerosoloberflächen abschätzen. Ebenso läßt sich aus der Depolarisation des rückgestreuten Lichtes unter Umständen eine Aussage über den Aggregatzustand der Aerosole ableiten.

Zu den wichtigsten Zielen der Lidar-Aerosolmessungen während der Meridionalschnittfahrt entlang des 30. Längengrades zählen (a) die Beobachtung stratosphärischer Aerosole, (b) die Beobachtung der Verteilung von Cirren und (c) die technische Erprobung des neuen LIDAR-Systems auf seine Eignung zur Bestimmung von H_2O -Mischungsverhältnissen.

Die Stratosphäre befindet sich wegen des bereits 5 Jahre zurückliegenden letzten, größeren Vulkanausbruchs (Juni 1991, Mt. Pinatubo) in einem relativ aerosolarmen Zustand. Bei den Cirren sind besonders die sehr dünnen und mit dem Auge nicht erkennbaren Cirren in den Tropen wegen Ihrer möglichen Bedeutung für den Wassertransport von der Troposphäre in die Stratosphäre interessant.

2.2.3 Meridionalverteilung des atmosphärischen Aerosols (AWI)

Zur Ermittlung globaler Aerosolverteilungen fehlen noch Messungen des ungestörten maritimen Aerosols. Mit Hilfe solcher Messungen ist es möglich die bisherigen Kenntnisse über die breitenabhängige Verteilung des Aerosols über dem Atlantik sowie dessen langzeitige Veränderungen zu verbessern. Mit entsprechenden Daten werden verbesserte Parameterisierungen für die Modellierung des Aerosoleinflusses auf den Strahlungs- und Energiehaushalt der Atmosphäre möglich.

Die auf der Meridionalschnitffahrt ANT XIV/1 mit einem Sonnenphotometer geplanten Messungen der spektralen Dicke des Aerosols sind als Anschlußmessungen für Satellitenbeobachtungen geeignet und ermöglichen eine Trennung troposphärischer und stratosphärischer Aerosolverteilungen über dem Atlantik. Die Daten von bodengebundenen Messungen sowie die Aerosolmessungen im Rahmen des Satellitenprojektes ADEOS (1996-1999) ermöglichen die Bestimmung der troposphärischen Aerosolkonzentration über dem Atlantik. Das ebenfalls auf ANT XIV/1 eingesetzte LAS-X Aerosolspektrometer liefert Informationen über die Größenverteilung der Aerosole.

2.2.4 Vertikale Verteilung des Ozons über dem Atlantik (AWI)

Die vertikale Verteilung von Ozon (O_3) soll entlang der Fahrtroute von Bremerhaven über Island nach Punta Quilla durch tägliche Ozonsondierungen gemessen werden. Die Ozonkonzentrationen in der Troposphäre sind als Eingabedaten für troposphärische Modellsysteme von großem Interesse, da Ozon ein Schlüssel-molekül für das Oxidationspotential der Atmosphäre ist. Ein möglichst lückenloses Datenprofil von hohen nördlichen zu hohen südlichen Breiten ist Voraussetzung für die Berechnung globaler troposphärischer Veränderungen durch anthropogene Einflüsse.

Die Ozonsondierungen sollen aber auch Informationen über das Ozonprofil der Stratosphäre (bis ca. 35 km Höhe) liefern. Die erfolgreichen Messungen auf den Fahrtabschnitten ANT X/8 , ANT XI/1 und ANT XI/5 sollen verifiziert und gegebenenfalls Unterschiede durch den Einfluß der Jahreszeiten überprüft werden. Zur Messung des vertikalen Ozonprofils werden ballongetragene, elektrochemische Ozonsonden eingesetzt.

2.4. Meteorologie / Strahlungsmessungen

2.4.1 Messungen der solaren UV-B Strahlung (AWI)

In Ergänzung zu direkten Ozonmessungen und der Bestimmung anderer Spurengase soll während des gesamten Fahrtabschnitts ein Profil der solaren UV-Einstrahlung im Wellenbereich 290 - 330 nm gemessen werden. Das am AWI entwickelte und gebaute Meßgerät erlaubt die simultane Erfassung des gewünschten Spektralbereichs mit einer Auflösung von 1.3 nm und einer sekundlichen Abtastrate bei beliebiger Mittelwertbildung. Es werden die Absolutwerte der Bestrahlstärke, die Zeitintegrale und die aus den Verhältnissen

der Bestrahlstärke bei unterschiedlichen Wellenlängen abzuleitenden Ozonwerte bestimmt.

2.4.2 Niederschlagsmessungen (IfMK)

Niederschlagsmessungen auf See sind für die Bestimmung des Antriebs der thermohalinen Zirkulation und für Klimauntersuchungen wesentlich. Bisher fehlten Bodenmessungen des Niederschlags auf See, die zur Verifikation von Modellrechnungen und von Satelliten-Algorithmen benötigt werden. Der im Rahmen von WOCE entwickelte mechanische Schiffsregenmesser soll Regenmessungen von den freiwillig wettermeldenden Schiffen ermöglichen und damit eine Kalibrierung von Satellitendaten und Wettervorhersage-Produkten. Mit der Kenntnis des Niederschlags auf dem Ozean wird eine wesentliche Komponente des Antriebs der thermohalinen Zirkulation des Ozeans erfaßt, die u.a. für WOCE als Teil des Weltklima-Forschungsprogramms (WCRP) wesentlich ist.

Für eine globale Bestimmung des Niederschlages ist eine internationale Einführung von Schiffsregenmessern erforderlich, die praktisch nur durch die WMO (World Meteorological Organisation) erfolgen kann. Dazu ist in erster Linie erforderlich, die Möglichkeit des Dauereinsatzes zu zeigen und die Eichfähigkeit für den Einsatz auf fahrenden Schiffen nachzuweisen. Dieser Nachweis ist nach langjährigen Vergleichsmessungen zwischen dem Schiffsregenmesser und einem zu diesem Zweck entwickelten optischen Disdrometer bereits für die mittleren Breiten erfolgt und soll nun auch für tropische Niederschläge durchgeführt werden. Die Messung tropischer Niederschläge wurde im Rahmen der Antarktisexpedition ANT XIII/1 begonnen und soll auf dem 1. Fahrabschnitt von ANT XIV fortgesetzt werden.

Die zur Durchführung unseres Vorhabens auf FS 'POLARSTERN' installierten Meßgeräte sind:

- Ein optisches Disdrometer zur Messung von Regentropfen Größenverteilungen (Tropfenspektren). Anhand dieser Daten können Niederschlagsereignisse klassifiziert sowie die Regenraten und Flüssigwassergehalte berechnet werden.
- Ein Schiffsregenmesser nach Prof. Hasse zur Messung der Regenraten. Dieses Gerät ist im Gegensatz zu dem zum Schiff gehörigen Schiffsregenmesser mit einer Heizung der Sammelflächen versehen.
- Ein Schalenstern - Anemometer.

Diese rein quantitativen Niederschlagsmessungen sind dazu geeignet, qualitative (chemische) Untersuchungen des Regenwassers hinsichtlich der Feuchtd deposition atmosphärischer Spurenstoffe zu ergänzen.

2.4.3 Meteorologische Beratung (DWD)

Die Bordmeteorologen beraten Fahrtleitung und Schiffsführung hinsichtlich der kurzfristig bis mittelfristig zu erwartenden Wetterverhältnisse. Desweiteren erfolgt eine meteorologische Kampagnenberatung für die atmosphärischen Meßprogramme. Die Meteorologen stellen Rückwärtstrajektorien auf der Basis des globalen Modells des DWD zur Verfügung. Die Routineaufgaben der Bordwetterwarte werden wie üblich durchgeführt.

2.5 Meereschemische Untersuchungen

2.5.1 Adenosinriphosphat als Biomasseindikator (AWI)

Alle lebenden Organismen enthalten Adenosinriphosphat (ATP) als zentrale Komponente des Energiestoffwechsels. Nach dem Absterben der lebenden Zellen wird das ATP schnell zerstört. Da der ATP-Gehalt vieler Organismen bekannt ist, kann aus der quantitativen Bestimmung von ATP die Biomasse ermittelt werden.

Die Bestimmung des ATP erfolgt enzymatisch mit dem Luciferin-Luciferase-System in den Trispuffer-Extrakten von abfiltriertem Mikroplankton. Die Biomassenermittlung nach der ATP- und Chlorophyllmethode wird verglichen. Die Daten stehen für die Korrelation mit der DMS-Verteilung zur Verfügung.

Fahrtabschnitt Punta Quilla - Punta Arenas (ANT-XIV/2)

1 Zusammenfassung

Das Forschungsprogramm des Fahrtabschnitts ANT-XIV/2, der am 12. November 1996 in Punta Quilla, Argentinien, beginnt, wird sich überwiegend auf die Seegebiete der Antarktischen Halbinsel konzentrieren (Abb. 1). Bei Elephant Island und King George Island werden Untersuchungen zum Fisch- und Krillbestand im Rahmen der "Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources" (CCAMLR) durchgeführt werden. Parallel zu den Untersuchungen über die Fischbestände werden spezielle Aspekte untersucht. Ein Schwerpunkt ist die physiologische Anpassung der Arten an die niedrigen Temperaturen. In diesem Zusammenhang werden auch Untersuchungen über Gefrierschutzproteine durchgeführt. Weiterhin wird der Parasitenbefall von Fischen untersucht und Proben für die elektronenmikroskopische Untersuchungen von Fischeiern gesammelt. Ein umfangreiches Programm gilt den antarktischen Cephalopoden (Tintenfischen), deren Lebensweise und Ökologie intensiv untersucht werden soll. Die biologischen Arbeiten werden ergänzt durch ökologische und taxonomische Untersuchungen des Crustaceen-Benthos, insbesondere der Cumaceen, Amphipoden und Isopoden. Biochemische Untersuchungen der Lipidbiosynthese und der -speicherung der dominanten Copepodenarten ergänzen das Programm. Während der gesamten Reise werden in diesem Gebiet erstmalig Walbeobachtungen durchgeführt, die sich mit einem Programm zur akustischen Erfassung von Walvorkommen ergänzen. Eine weitere Arbeitsgruppe untersucht die Auswirkungen der UV-B Strahlung auf das antarktische Phytoplankton. Die physikalischen Programme befassen sich mit der Hydrographie dieser Region und mit dem Einsatz eines neuartigen LIDAR Systems, mit dem gelöste organische Substanzen, Gelbstoff und fluoreszierende Substanzen in Algen in der Deckschicht gemessen werden sollen.

Am Ende der Expedition wird Jubany angelaufen, um dort Personen und Ausrüstung abzuholen. Anschließend geht die Fahrt zur britischen Station Rothera, die mit Treibstoff versorgt werden soll. Danach geht es Richtung Punta Arenas, wo dieser Fahrtabschnitt dann am 1. Januar 1997 endet.

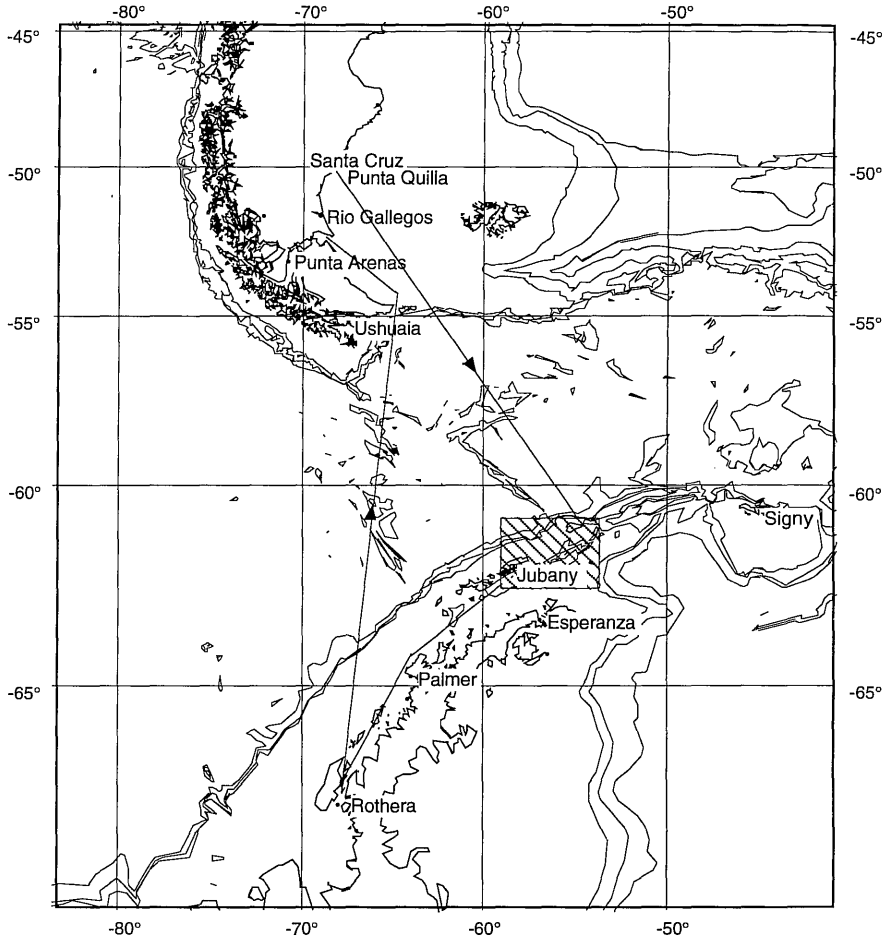


Abb. 1 Geplante Fahrtroute und Untersuchungsgebiete während ANT XIV/2

der Bestrahlstärke bei unterschiedlichen Wellenlängen abzuleitenden Ozonwerte bestimmt.

2.4.2 Niederschlagsmessungen (IfMK)

Niederschlagsmessungen auf See sind für die Bestimmung des Antriebs der thermohalinen Zirkulation und für Klimauntersuchungen wesentlich. Bisher fehlten Bodenmessungen des Niederschlags auf See, die zur Verifikation von Modellrechnungen und von Satelliten-Algorithmen benötigt werden. Der im Rahmen von WOCE entwickelte mechanische Schiffsregenschiffmesser soll Regenmessungen von den freiwillig wettermeldenden Schiffen ermöglichen und damit eine Kalibrierung von Satellitendaten und Wettersvorhersage-Produkten. Mit der Kenntnis des Niederschlags auf dem Ozean wird eine wesentliche Komponente des Antriebs der thermohalinen Zirkulation des Ozeans erfaßt, die u.a. für WOCE als Teil des Weltklima-Forschungsprogramms (WCRP) wesentlich ist.

Für eine globale Bestimmung des Niederschlages ist eine internationale Einführung von Schiffsregenschiffmessern erforderlich, die praktisch nur durch die WMO (World Meteorological Organisation) erfolgen kann. Dazu ist in erster Linie erforderlich, die Möglichkeit des Dauereinsatzes zu zeigen und die Eichfähigkeit für den Einsatz auf fahrenden Schiffen nachzuweisen. Dieser Nachweis ist nach langjährigen Vergleichsmessungen zwischen dem Schiffsregenschiffmesser und einem zu diesem Zweck entwickelten optischen Disdrometer bereits für die mittleren Breiten erfolgt und soll nun auch für tropische Niederschläge durchgeführt werden. Die Messung tropischer Niederschläge wurde im Rahmen der Antarktisexpedition ANT XIII/1 begonnen und soll auf dem 1. Fahrtabschnitt von ANT XIV fortgesetzt werden.

Die zur Durchführung unseres Vorhabens auf FS 'POLARSTERN' installierten Meßgeräte sind:

- Ein optisches Disdrometer zur Messung von Regentropfen Größenverteilungen (Tropfenspektren). Anhand dieser Daten können Niederschlagsereignisse klassifiziert sowie die Regenraten und Flüssigwassergehalte berechnet werden.
- Ein Schiffsregenschiffmesser nach Prof. Hasse zur Messung der Regenraten. Dieses Gerät ist im Gegensatz zu dem zum Schiff gehörigen Schiffsregenschiffmesser mit einer Heizung der Sammelflächen versehen.
- Ein Schalenstern - Anemometer.

Diese rein quantitativen Niederschlagsmessungen sind dazu geeignet, qualitative (chemische) Untersuchungen des Regenwassers hinsichtlich der Feuchtd deposition atmosphärischer Spurenstoffe zu ergänzen.

2.4.3 Meteorologische Beratung (DWD)

Die Bordmeteorologen beraten Fahrtleitung und Schiffsführung hinsichtlich der kurzfristig bis mittelfristig zu erwartenden Wetterverhältnisse. Desweiteren erfolgt eine meteorologische Kampagnenberatung für die atmosphärischen Meßprogramme. Die Meteorologen stellen Rückwärtstrajektorien auf der Basis des globalen Modells des DWD zur Verfügung. Die Routineaufgaben der Bordwetterwarte werden wie üblich durchgeführt.

2.5 Meereschemische Untersuchungen

2.5.1 Adenosintriphosphat als Biomasseindikator (AWI)

Alle lebenden Organismen enthalten Adenosintriphosphat (ATP) als zentrale Komponente des Energiestoffwechsels. Nach dem Absterben der lebenden Zellen wird das ATP schnell zerstört. Da der ATP-Gehalt vieler Organismen bekannt ist, kann aus der quantitativen Bestimmung von ATP die Biomasse ermittelt werden.

Die Bestimmung des ATP erfolgt enzymatisch mit dem Luciferin-Luciferase-System in den Trispuffer-Extrakten von abfiltriertem Mikroplankton. Die Biomassenermittlung nach der ATP- und Chlorophyllmethode wird verglichen. Die Daten stehen für die Korrelation mit der DMS-Verteilung zur Verfügung.

Fahrtabschnitt Punta Quilla - Punta Arenas (ANT-XIV/2)

1 Zusammenfassung

Das Forschungsprogramm des Fahrtabschnitts ANT-XIV/2, der am 12. November 1996 in Punta Quilla, Argentinien, beginnt, wird sich überwiegend auf die Seegebiete der Antarktischen Halbinsel konzentrieren (Abb. 1). Bei Elephant Island und King George Island werden Untersuchungen zum Fisch- und Krillbestand im Rahmen der "Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources" (CCAMLR) durchgeführt werden. Parallel zu den Untersuchungen über die Fischbestände werden spezielle Aspekte untersucht. Ein Schwerpunkt ist die physiologische Anpassung der Arten an die niedrigen Temperaturen. In diesem Zusammenhang werden auch Untersuchungen über Gefrierschutzproteine durchgeführt. Weiterhin wird der Parasitenbefall von Fischen untersucht und Proben für die elektronenmikroskopische Untersuchungen von Fischeiern gesammelt. Ein umfangreiches Programm gilt den antarktischen Cephalopoden (Tintenfischen), deren Lebensweise und Ökologie intensiv untersucht werden soll. Die biologischen Arbeiten werden ergänzt durch ökologische und taxonomische Untersuchungen des Crustaceen-Benthos, insbesondere der Cumaceen, Amphipoden und Isopoden. Biochemische Untersuchungen der Lipidbiosynthese und der -speicherung der dominanten Copepodenarten ergänzen das Programm. Während der gesamten Reise werden in diesem Gebiet erstmalig Walbeobachtungen durchgeführt, die sich mit einem Programm zur akustischen Erfassung von Walvorkommen ergänzen. Eine weitere Arbeitsgruppe untersucht die Auswirkungen der UV-B Strahlung auf das antarktische Phytoplankton. Die physikalischen Programme befassen sich mit der Hydrographie dieser Region und mit dem Einsatz eines neuartigen LIDAR Systems, mit dem gelöste organische Substanzen, Gelbstoff und fluoreszierende Substanzen in Algen in der Deckschicht gemessen werden sollen.

Am Ende der Expedition wird Jubany angelaufen, um dort Personen und Ausrüstung abzuholen. Anschließend geht die Fahrt zur britischen Station Rothera, die mit Treibstoff versorgt werden soll. Danach geht es Richtung Punta Arenas, wo dieser Fahrtabschnitt dann am 1. Januar 1997 endet.

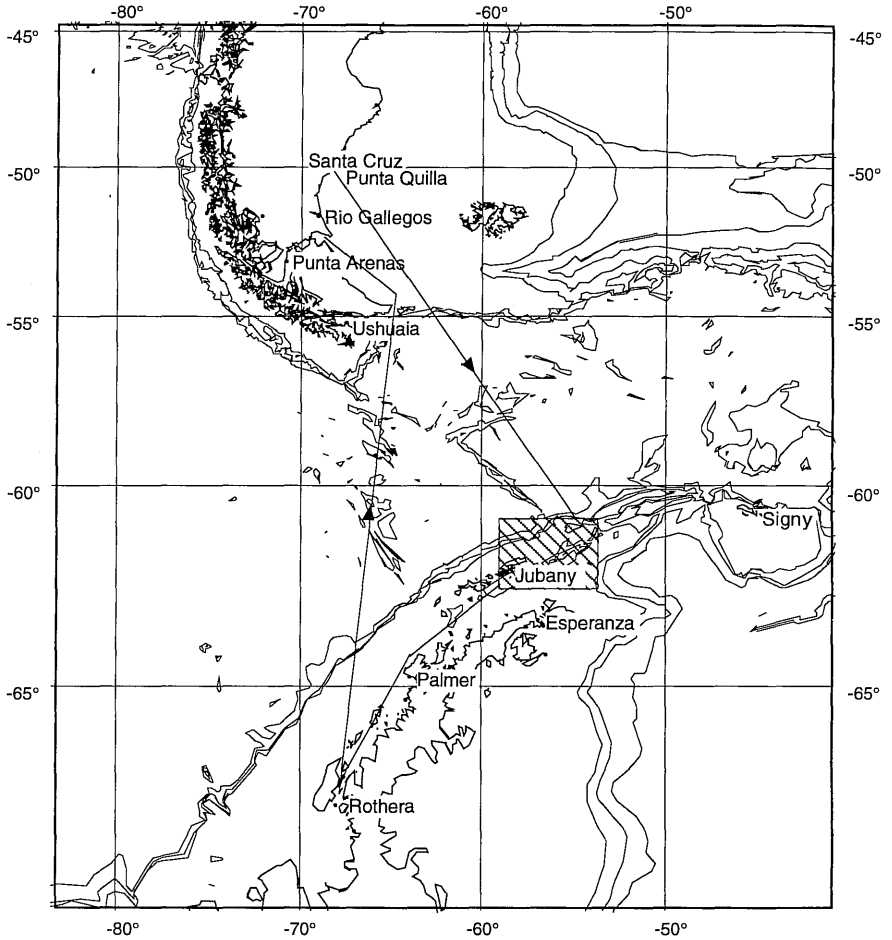


Abb. 1 Geplante Fahrtroute und Untersuchungsgebiete während ANT XIV/2

2 Biologische Untersuchungen

2.1 Untersuchungen über die Zusammensetzung der Fischfauna um Elephant Island (BFA, SAM)

Die Bodenfishfauna um Elephant Island setzt sich aus Vertretern der periantarktisch-subantarktischen und der hochantarktischen Ichthyofauna zusammen. Bisher konnten fast 50 Arten nachgewiesen werden, die überwiegend der periantarktischen Fauna zuzuordnen sind. Die vier, die Bodenfishfauna dominierenden Arten (Bandereisfisch, Marmorbarsch, Scotia-See Eisfisch, Grüne Notothenia) wurden in der 2. Hälfte der 70er/Anfang und der 80er Jahre intensiv, in den Folgejahren nur noch unregelmäßig fischereilich genutzt. Untersuchungen der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in den 80er Jahren zeigten, daß insbesondere die Bestände des Bandereisfisches (*Champsocephalus gunnar*) und des Marmorbarschs (*Notothenia rossii*) stark überfischt waren. Die letzte Bestandsaufnahme erfolgte 1987. Seit dem Ende der 80er Jahre ist die kommerzielle Fischerei in diesem Seegebiet von der Kommission zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis (CCAMLR) untersagt.

Ziel der geplanten Untersuchungen ist es, Aufschluß darüber zu gewinnen, ob sich die Fischbestände 7 Jahre nach Einstellung der kommerziellen Fischerei wieder erholt haben und wie sich die Zusammensetzung der Fischfauna seit 1987 entwickelt hat. Dazu sollen 40 Hols à 30 Minuten mit einem 140' Grundschleppnetz kommerzieller Größe bis in 500 m Tiefe um Elephant Island durchgeführt werden. Neben der Fangzusammensetzung sind die Längen-, Alters- und Reifezusammensetzung der häufigsten Arten ein weiteres Ziel der Untersuchungen. Magenuntersuchungen an Bandereisfisch, Marmorbarsch und Grüner Notothenia (*Gobionotothen gibberifrons*) sollen Daten aus den Untersuchungen der 70er und 80er Jahre ergänzen und Vergleichsdaten zu Nahrungsuntersuchungen an Fischarten um South Georgia liefern. Die Untersuchungen sind ein Beitrag der Bundesrepublik Deutschland zum "Übereinkommen zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis" (CCAMLR).

2.2 Variabilität des Krillbestandes und der Zooplanktongemeinschaften im Gebiet Elephant Island, South Shetland Islands (BFA)

Im Seegebiet westlich der Antarktischen Halbinsel werden seit mehreren Jahren im internationalen Rahmen regelmäßig Untersuchungen zur Biologie und Variabilität des Krillbestandes durchgeführt. Von besonderem Interesse ist das Gebiet um die Süd Shetland Inseln, da sich hier in den Sommermonaten in einem relativ eng begrenzten Gebiet die kommerzielle Fischerei auf den Krill konzentriert. Da der Krill eine zentrale Rolle im Nahrungsgefüge spielt, tritt hier die Fischerei in direkte Konkurrenz zu den natürlichen Nutzern dieser Ressource, wie Pinguinen, Robben und Walen. Im Rahmen von CCAMLR (Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) beschäftigen sich verschiedene Arbeitsgruppen einerseits mit landgestützten Untersuchungen der Robben- und Pinguinpopulationen, andererseits werden durch Aktivitäten auf See die Krillbestände in ihrer Zusammensetzung und jährlichen Entwicklung untersucht. Die Ergebnisse

beider Programme werden anschließend zusammengeführt und dienen dazu Abhängigkeiten zwischen den Gliedern der Nahrungskette zu quantifizieren, natürliche Fluktuationen der Bestände zu beschreiben und ihre Ursachen zu definieren sowie mögliche Auswirkungen der kommerziellen Fischerei aufzuzeigen, um eventuell notwendige Schutzmaßnahmen treffen zu können.

Der deutsche Beitrag zu diesem sogenannten Ecosystem Monitoring and Management Programm besteht in der Untersuchung der Krillbestände und Zooplanktongemeinschaften in diesem Seegebiet. Während der Polarstern Reise ANT XIV/2 wird das seit Jahren etablierte Stationsnetz mit dem großflächigen RMT Planktonnetz abgearbeitet, das aus maximal 97 Standardstationen besteht. (Abb. 2). Die Fangtiefe erstreckt sich routinemäßig auf die oberen 200 m der Wassersäule, da dieses erfahrungsgemäß der zu erwartenden vertikalen Verbreitung des Krills entspricht.

Die Untersuchungen beinhalten die Analyse der Krill Bestandszusammensetzung, Abschätzung der Häufigkeit und Biomasse, Beurteilung der Reifeentwicklung und der Überlebensrate der nachwachsenden Altersgruppen sowie der Langzeitvergleich der Bestandsentwicklung mit den Daten früherer Jahre. Die Ergebnisse dieser Reise werden bereits im Sommer 1997 in die CCAMLR Arbeitsgruppe einfließen, um neue Managementempfehlungen für die Krillfischerei auszuarbeiten.

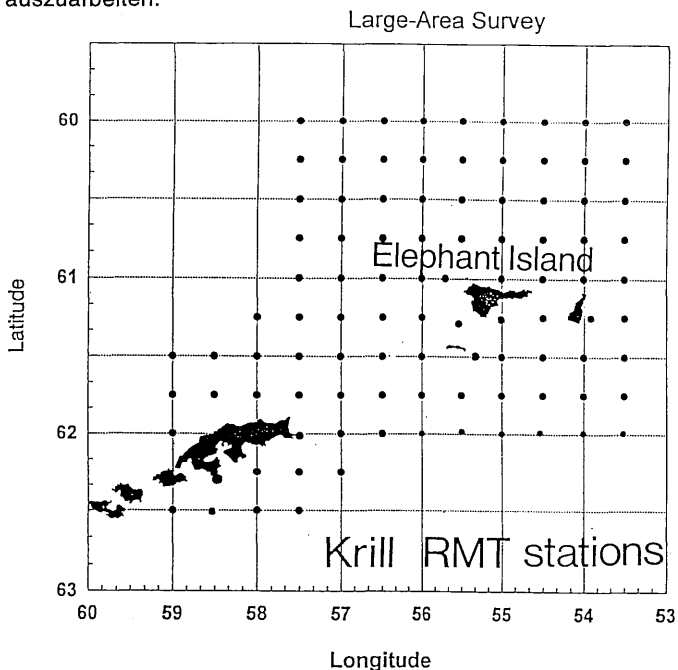


Abb. 2. Stationsprogramm für die Krillfischerei

Zusätzlich zu den Krilluntersuchungen beschäftigen sich weitere Analysen mit der Entwicklung der Salpenbestände, die als Nahrungskonkurrenten des Krills auftreten können. Hierzu werden Studien durchgeführt, die die Abhängigkeit von Salpen Massenentwicklungen zu Klima- und Eisparametern untersuchen. Hierzu sind Zeitreihenanalysen notwendig, die die Abschätzung der Salpen-Biomasse und die Messung ihrer Wachstums- und Vermehrungsrate einschließen.

Schließlich sollen die Planktonproben wie in früheren Jahren bis auf das Artniveau bestimmt werden. Diese Daten liefern Informationen über die Diversität der Gemeinschaften sowie über Veränderungen in ihrer Zusammensetzung und Häufigkeit. Anhand dieser Daten läßt sich die natürliche Variabilität in den Gemeinschaften feststellen. Als Basisdaten können sie weiterhin langfristig dazu herangezogen werden, um den Einfluß von Klimaparametern auf das biologische System zu beurteilen.

2.3 Ökologie der Cephalopoden (IFM, ULPGC, NOAA, UL)

Die wissenschaftlichen Arbeiten an antarktischen Cephalopoden (Tintenfischen) befinden sich noch in einem sehr frühen Stadium, obwohl die ökologische Bedeutung dieser Tiergruppe im marinen Ökosystem der Antarktis eine herausragende Rolle spielt. Erste Untersuchungen des Mageninhalts antarktischer Kalmare haben gezeigt, daß sie sich in erheblichem Maße vom Antarktischen Krill ernähren. Aus Untersuchungen an antarktischen Warmblütern wissen wir, daß Tintenfische die wichtigsten Beutetiere für Albatrosse, einige Pinguine, Weddellrobben und See-Elefanten darstellen. Die bisherigen, nur sehr unzureichenden Studien an antarktischen Tintenfischen erlauben es aber nicht, ihre Bedeutung als Räuber und Beutetiere im Nahrungsnetz des Südpolarmeeres mit seriösen Zahlen zu belegen. Generell sind unsere Kenntnisse zur geographischen Verbreitung, zu den Lebenszyklen der einzelnen Arten und zur allgemeinen Biologie der Tiere noch sehr unvollständig. Ein weiteres Problem liegt in der unklaren Taxonomie der antarktischen Cephalopoden, da nicht genügend Tiere aus dem Südpolarmeer vorliegen.

Während der Forschungsreise wird unsere Arbeitsgruppe alle Cephalopoden aus den Fängen mit den verschiedenen Fischereinetzen sammeln und bearbeiten. Ein Hauptinteressengebiet für unsere Arbeiten liegt an den Abhängen des Kontinentalschelfes vor Elephant Island und nördlich der Antarktischen Halbinsel. Hier vermuten wir das Hauptverbreitungsgebiet der wichtigsten antarktischen Kalmare, nämlich des Eiskalmars *Psychroteuthis glacialis* und des Gallertkalmars *Galiteuthis glacialis* sowie der antarktischen Oktopoden. Die gesammelten Tiere werden für uns die Basis bilden für weitreichende Untersuchungen zur Ökologie antarktischer Cephalopoden.

Zu Beginn werden wir die allgemeinen Verbreitungsmuster der gefangenen Arten dokumentieren. Im Anschluß werden an den Tieren mehrere morphometrische Messungen vorgenommen. Alle Tiere werden möglichst bis zur Art bestimmt, außerdem ihr Geschlecht und Reifegrad. Wenn die detaillierten Messungen abgeschlossen sind, werden ausgewählte Exemplare aller Arten für spätere taxonomische Arbeiten in den Instituten fixiert. Besondere Bedeutung wird der Dokumentation verschiedener Lebensstadien der einzelnen Arten zukommen, da

Cephalopoden während ihrer Ontogenie weitreichende, artcharakteristische morphologische Änderungen durchlaufen. Ein Teil dieser Arbeiten wird mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie später in den Instituten durchgeführt werden. Ein weiterer Schwerpunkt wird in der Analyse der Mageninhalte liegen, um das Beutespektrum der Cephalopoden möglichst genau zu erfassen. Ferner werden wir klassische fischereibiologische Untersuchungen an den Tieren vornehmen wie die Bestimmungen von Reifestadium, Fruchtbarkeit und Alter. Das Reifestadium wird mittels aus der Literatur verfügbarer Reifegradskalen für Cephalopoden bestimmt. Fruchtbarkeitsmessungen werden sich auf Beschreibungen der Gonaden und auf das Zählen und Messen der Oozyten weiblicher Tiere konzentrieren. Statolithen werden aus der Kopfkapsel der Tiere entnommen und fixiert. Das Alter der Tiere wird dann in den Instituten mittels Lesens und Zählens der periodisch auf den Statolithen angelagerten Zuwachsringe bestimmt werden. Diese Untersuchungen werden erstmalig Ergebnisse zur Fruchtbarkeit und zum Alter bzw. Wachstum antarktischer Cephalopoden liefern. Weiterhin beabsichtigen wir, die chitinösen Mandibeln (Schnäbel) von verschiedenen Größengruppen aller gesammelten Arten zu entnehmen und zu konservieren. Damit wollen wir eine Referenzsammlung von antarktischen Tintenfischschnäbeln erstellen, um eine Identifizierung von später aus Prädatoren-Mägen gesammelten Cephalopodenschnäbeln zu ermöglichen.

Zusätzlich zu den Netzfängen möchten wir eine Angelmaschine einsetzen, um Kalmare bei Dunkelheit im Oberflächenwasser nahe des Schiffes zu fangen. Wenn der physiologische Zustand der gefangenen Tiere es zuläßt, wollen wir sie in Aquarien kurzzeitig hälttern, um Fütterungsexperimente durchzuführen.

Die geplanten Untersuchungen werden völlig neue wissenschaftliche Ergebnisse zur Ökologie antarktischer Cephalopoden liefern. Alle gesammelten Daten werden auch als Grundlage für spätere Biomasseabschätzungen und Modellierungen des Nahrungsnetzes im Südpolarmeer dienen.

2.4 Physiologische Anpassungen an kalte Umgebungen bei antarktischen Tieren (AWI)

Die Kolonisierung antarktischer Habitate setzt spezielle physiologische Anpassungen an niedrige Temperaturen voraus. Antarktische Arten müssen physiologische Funktionen auch bei einer Temperatur unterhalb von 0°C aufrechterhalten, die für die meisten marinen Organismen der gemäßigten Breiten lethal ist. Unsere Untersuchungen werden physiologische Anpassungen an Kälte bei Fischen, aktiven Invertebraten (Cephalopoden) und weniger aktiven Invertebraten (Muscheln oder Würmern) vergleichen.

Es wird vermutet, daß polare Arten befähigt sind, den inhibierenden Effekt niedriger Temperaturen auf biochemische Prozesse zu kompensieren und höhere Stoffwechselraten aufrechtzuerhalten, als durch die Extrapolierung der Daten von Arten der gemäßigten Breiten zu erwarten wäre. Allerdings wird dieses Konzept der "metabolic cold adaptation" in der Literatur immer noch sehr kontrovers diskutiert. Wir werden die Stoffwechselraten verschiedener antarktischer Vertebraten und Invertebraten bestimmen und unsere Ergebnisse mit Daten vergleichen, die von vergleichbaren Arten der gemäßigten Breiten erhalten wurden. Dies wird die

mögliche Existenz einer metabolischen Kälteanpassung im historischen Sinn aufklären. Ein gewisser Grad an metabolischer Kälteanpassung wird bei marinen Fischen erwartet, die, im Gegensatz zu marinen Invertebraten, zum umgebenden Meerwasser hypoosmotisch sind. Da die nach innen gerichtete Diffusion von Ionen entlang des osmotischen Gradienten nur geringfügig von der Temperatur beeinflusst wird, werden die energetischen Kosten für die Eliminierung der zusätzlichen Ionen auch bei niedrigen Temperaturen aufrechterhalten. Dies könnte bei polaren Fischen zu einem höheren Grad der metabolischen Kältekompensation als bei Invertebraten führen.

Wenn Ionen-Gradienten bei antarktischen Arten aufrechterhalten werden, erfordern die hohen Diffusionsraten der Ionen entlang ihrer chemischen Gradienten trotz niedriger Temperaturen eine relative Aktivierung der Ionen-Transportmechanismen, da diese durch Kälte sehr stark inhibiert werden. Wir werden untersuchen, ob die Ionen-Gradienten bei antarktischen Fischen und Invertebraten auf dem gleichen Niveau gehalten werden wie bei Arten der gemäßigten Breiten. Wenn dies der Fall ist, erwarten wir bei den polaren Arten eine höhere Aktivität der Ionen-Transporter. Hierfür werden wir die Aktivität und die Temperatursensitivität verschiedener Ionen-Transporter bestimmen (Na^+K^+ -ATPase und verschiedene Transporter, die an der Säure-Base-Regulation beteiligt sind, z. B. Na^+H^+ -Austauscher und $\text{Cl}^-\text{HCO}_3^-$ -Austauscher).

Niedrige Temperaturen könnten zu spezifischen Einstellungen in dem Verhältnis zwischen der Nutzung aerober und anaerober Quellen während einer Aktivitätsphase führen. Während Arten der gemäßigten Breiten ihren erhöhten ATP Verbrauch während erschöpfenden Schwimmens durch anaerobe Energiegewinnung decken, könnten polare Organismen unter diese Bedingungen auf aerobe Energiequellen zurückgreifen. Bei einigen antarktischen Fischen ist die Laktatkonzentration - das wichtigste anaerobe Endprodukt - nach einer erschöpfenden Aktivitätsphase nur leicht erhöht. Der unterschiedliche Anteil aerober und anaerober Prozesse bei aktiven polaren Organismen im Vergleich zu Arten der gemäßigten Breiten könnte die Effekte von Aktivität auf den Säure-Base- und den Energiestatus der Tiere verändern. Wir werden den Anteil der verschiedenen anaeroben Stoffwechselwege bei der Energiebereitstellung während einer Aktivitätsphase bei Fischen und Cephalopoden untersuchen und Veränderungen im Säure-Base-Status und ATP Energiegehalt bestimmen.

Die Anpassung an Temperaturen unterhalb von 0°C geht mit einer verminderten Toleranz gegenüber Temperaturerhöhungen einher. Bei antarktischen Fischen sind obere lethale Temperaturen von etwa 6°C nicht selten. Es ist aber immer noch nicht klar, welche Stoffwechselprozesse durch hohe Temperaturen gestört werden und für eine begrenzte Überlebensfähigkeit verantwortlich sind. Diese Schlüsselprozesse könnten Sauerstoffaufnahme und -transport, die Bereitstellung von Energie oder die Aufrechterhaltung des Ionen- und Säure-Base-Gleichgewichts einschließen. Wir werden untersuchen, welcher dieser Prozesse die größte Temperatursensitivität aufweist und die sublethale Temperaturschwelle bestimmen, oberhalb der eine Störung dieser Prozesse auftritt.

Bei antarktischen Cephalopoden sind einige zusätzliche Aspekte der Kälteanpassung von Interesse: Konstante niedrige Temperaturen könnten die Entwicklung eines durch Ammoniakansammlungen bedingten Auftriebes bei

einigen antarktischen Tintenfischen unterstützt haben, was eigentlich für die Umgebungsbedingungen der Tiefsee typisch ist. Das Ausnutzen dieses energiesparenden Auftriebsmechanismus unter diesen Bedingungen könnte eine Anpassung an einen reduzierten maximalen Energieumsatz oder an die geringere Beuteverfügbarkeit sein. Während der Fahrt werden Cephalopodenarten, hauptsächlich Octopoden und wenn möglich Tintenfische, gesammelt und noch lebende Tiere in Aquarien gehalten (auch, um einige intakte Tiere zum AWI zu transportieren). Die Arten werden bestimmt und in Zusammenarbeit mit U. Piatkowski der ökologische Hintergrund der Arten erarbeitet. In Übereinstimmung mit diesen Informationen werden die physiologischen Fragen formuliert und Experimente entworfen. Für die Bestimmung der kritischen Temperaturen und um die Koordination der Säure-Base-Regulation und des Energiestoffwechsels zu bestimmen, werden von Tieren, die bei verschiedenen Temperaturen inkubiert sind, Gewebeprobe entnommen und der intrazelluläre pH und Metabolitpiegel gemessen. Die Aktivitäten von Schlüsselenzymen des aeroben und anaeroben Energiestoffwechsels werden in verschiedenen Geweben gemessen, wobei die Temperaturabhängigkeit ihrer kinetischen Eigenschaften mit berücksichtigt werden. Da allometrische Beziehungen auch einen Einfluß haben könnten, sollten verschiedene Lebensstadien und Größen verglichen werden.

Bis heute ist nichts über die Rolle bekannt, die Haemocyanin bei der Sauerstoffaufnahme und -transport bei antarktischen Cephalopoden spielt. Deshalb werden von verschiedenen Arten Blutproben entnommen und die Haemocyaninkonzentration, die O₂-Bindungskapazität und die Sauerstoffbindungseigenschaften bestimmt. Die Eigenschaften des Haemocyanins sollen im Zusammenhang mit den Sauerstoffverbrauchsmessungen bei Ruhe, während Aktivität und bei verschiedenen Temperaturen betrachtet werden. Die Messung des Sauerstoffverbrauchs und sowohl der Ammoniak- als auch der Harnstoffausscheidung erlauben eine Berechnung des O:N-Verhältnisses, was Rückschlüsse auf das Substrat zuläßt, das hauptsächlich für die Energieproduktion genutzt wird.

2.5 Isolierung und strukturchemische Analyse von Gefrierschutzproteinen aus antarktischen Fischen (IPÖ)

Bei allen notothenioiden Fischen der Antarktis und gadiformen Fischen der Arktis wird ein Gefrieren durch das "Antifreeze Glykopeptid" (AFGP) verhindert. Diese Gefrierschutzmakromoleküle sind aus Polymeren von H₂N[Ala-Ala(β-galactosyl(1->3)a-NAcetyl galactosamin)Thr]_nAla-Ala-COOH aufgebaut. Vertreter der Liparididae, Zoarcidae, Cottidae und Pleuronectidae synthetisieren nicht-glykosylierte Gefrierschutzsubstanzen, die "Antifreeze Peptide" (AFP). Am Beispiel des antarktischen Silberfisches *Pleuragramma antarcticum* konnte gezeigt werden, daß die Synthese der Gefrierschutzsubstanzen nicht wie bislang angenommen kontinuierlich abläuft, sondern vermutlich über die Wassertemperatur gesteuert wird. Darüber hinaus konnte ein neuartiges Glykopeptid isoliert und charakterisiert werden, das "Pleuragramma-Antifreeze Glykopeptid" (PAGP). Die Konzentrationen von Gefrierschutzsubstanzen sind abhängig von der Wassertemperatur, der Tiefenverbreitung und dem Lebenszyklus der Art, sowie seiner Phylogenese. Der Nachweis von AFGP bei Perciformen der Antarktis und Gadiformen der Arktis und Antarktis veranlaßt zu der Annahme, daß es vor der Trennung der Kontinente ein

"precursor"-Glykopeptid gegeben haben muß, und daß bei einigen Arten der Gefrierschutz als Relikt vergangener Eiszeiten gewertet werden kann. Die weite Verbreitung und große Heterogenität der AFPs hingegen geben Anlaß zu der Annahme, daß die Peptide das Resultat von Stressantworten auf immer wieder auftretende "cold shock" Ereignisse sind.

Die Untersuchungen sollen sich auf die Arten der endemischen antarktischen Unterordnung Notothenioidei konzentrieren, die den effektivsten Gefrierschutz besitzen. Hier spielt *Pleurogramma antarcticum* eine herausragende Rolle. Zusätzlich sollen auch boreale Arten (z.B. *Myoxocephalus scorpius*) vergleichend bearbeitet werden. Für einige der bereits isolierten AFGP aus über 30 Arten sollen Antikörper hergestellt werden. Mit deren Hilfe lassen sich die zugehörigen AFGP-Gene identifizieren und klonieren als Voraussetzung für die weitere Genanalyse und Expressionsexperimente. Vergleichende Sequenzierungen dieser Gene sollen die Fragen zum phylogenetischen Ursprung dieser Arten, insbesondere der Notothenioidei, beantworten. Am Beispiel des pelagischen antarktischen Silberfisches *P. antarcticum* sollen auch populationsgenetische Fragen beantwortet werden. *P. antarcticum* stellt einen Schlüsselorganismus in der antarktischen Nahrungskette dar. Die Art lebt in großen Schwärmen in der Hochantarktis und dem Scotia Bogen. Sie ist als einzige antarktische Art vollpelagisch und weist unter anderem aus diesem Grund biochemische Besonderheiten, wie z. B. ein zusätzliches Gefrierschutzglycoprotein auf.

Messungen zur Gefrierpunktserniedrigung haben gezeigt, daß die Kombination der verschiedenen Gefrierschutzsubstanzen aus *P. antarcticum* auch bei niedrigen Konzentrationen einen effektiven Schutz bieten. Diese Tatsache soll in Experimenten zur Cryopreservierung von tierischen Zellen und Geweben genutzt werden. Bei Versuchen mit Eizellen und Sperma vom Rind an der tierärztlichen Hochschule Hannover und der Universität Gießen, sowie mit Inseln und Hauttransplantaten in einer Kooperation mit Boehringer Mannheim soll die Wirksamkeit des antifreeze-Gemisches in Einfrier- und Auftauversuchen getestet werden.

Wie neuere Untersuchungen andeuten, eröffnen sich mit der Gefrierschutz-Technologie ganz neue Perspektiven für die Zukunft in den Bereichen der Biotechnologie, Aquakultur, Landwirtschaft, Tier- und Humanmedizin oder Nahrungsmittelindustrie. Aufgrund der Tatsache, daß die Gefrierschutzproteine weit verbreitet auch in hohen Konzentrationen nicht toxisch und gut löslich in Puffern zur Vitrifikation sind, sowie keinen signifikanten Einfluß auf die Osmolarität zeigen, sind sie eine äußerst attraktive Substanz für die Cryopreservation von Nahrung, tierischem oder menschlichem Gewebe. Allerdings ist eine effektive und kostengünstige Anwendung nur denkbar, wenn diese Proteine gentechnisch hergestellt werden können. Die Produktion von winterresistenten Pflanzen oder frostresistenten Aquakulturorganismen stellen eine weitere Applikation dar. Die Untersuchungen zum genetischen Ursprung der Gefrierschutzproteine lassen außerdem erwarten, daß Fragen zur Evolution/Phylogenie der Fische, aber auch anderer Organismen neu diskutiert werden können. Nach wie vor ist es strittig wann und wie die Antarktis besiedelt wurde, aus welcher Linie der Perciformes die Notothenioidei stammen, wann sie ihre heutigen Formen entwickelten, und vor allem wann zum ersten Mal Gefrierschutzsubstanzen bzw. deren Vorläufer auftraten.

2.6 Elektronenmikroskopische Untersuchungen an den Eiern antarktischer Fische (IZUD)

Die Identifizierung von Eiern antarktischer Fische, z. B. aus Planktonfängen, ist oft sehr schwierig, da Kriterien wie Durchmesser, Farbe, Vorkommen und Fehlen von Öltröpfchen in vielen Fällen für eine sichere Bestimmung nicht ausreichen. Seit 1988 untersuche ich deshalb die Eier antarktischer Fische mit dem Raster-Elektronenmikroskop. Dabei wurde deutlich, daß die Oberflächenstruktur und die Mikropylenmorphologie der Eier meist sichere Merkmale darstellen, mit denen eine Familien-, Gattungs- oder oft auch Artdiagnose vorgenommen werden kann (Riehl & Kock 1989).

Bisher wurden unbefruchtete Eier aus exakt bestimmten Fischen verwendet, um sichere Daten über die Eimorphologie zu erhalten. An den Eiern von *Trematomus eulepidotus* gelang der Beweis, daß die Oberflächenstruktur und das Porenmuster unbefruchteter und inkubierter Eier vergleichbar sind (Riehl & Ekau 1990). Diese Untersuchungen sollen nun auf andere Arten erweitert werden. Die Ergebnisse sollen dann in einem Katalog zusammengestellt werden, so daß andere Untersucher befruchtete Eier antarktischer Fische aus Planktonproben bestimmen und somit Rückschlüsse auf Laichgebiete ziehen können, was z. B. im Rahmen des Fischereimanagements des Übereinkommens zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis von erheblicher Bedeutung ist.

Ich möchte im Rahmen meines vorgeschlagenen Programms auf ANT XIV/2 vor allem unbefruchtete Eier aus reifen Weibchen entnehmen, um den in Arbeit befindlichen Katalog der Eier antarktischer Fische (in Zusammenarbeit mit K.-H. Kock, BFA f. Fischerei) erweitern zu können. Weiterhin möchte ich Ovarmaterial für besondere histochemische, cytochemische und elektronenmikroskopische Untersuchungen entnehmen, da der genaue Oogenese-Ablauf vieler antarktischer Fischarten bisher noch völlig unbekannt ist.

Literatur

- Riehl, R. & Kock, K.-H. (1989): The surface structure of antarctic fish eggs and its use in identifying fish eggs from the southern ocean. *Polar Biol.* 9, 197-203.
- Riehl, R. & Ekau, W. (1990): Identification of Antarctic fish eggs by surface structures as shown by the eggs of *Trematomus eulepidotus* (Teleostei, Nototheniidae). Validation of the method. *Polar Biol.* 11, 27-31.

2.7 Lebensgeschichte und Wachstum antarktischer Fische (SOES)

siehe englischen Beitrag

2.8 Die Nematodenfauna in Fischen der Antarktischen Halbinsel (IFM, AWI)

Parasiten spielen eine wichtige Rolle im marinen Ökosystem. Befallene Wirtstiere können Gewichtsverluste, Blutbild- und Organveränderungen sowie Stoffwechselstörungen zeigen. Weiterhin können sie mechanisch geschädigt werden und ihre

Geschlechtsreife bleibt aus, ein schwerwiegender Befall kann zum Absterben des befallenen Organismus führen.

Parasitologische Untersuchungen in antarktischen Gewässern beschränken sich bis heute zumeist auf lokale Beobachtungen oder Studien über einzelne Parasitenarten. Noch immer sind bis auf die Acanthocephala und Trematoda die verschiedenen Parasitengruppen nur unzureichend bearbeitet. Obwohl sich Nematoden in den meisten der bisher untersuchten Fischarten nachweisen lassen, ist die eindeutige taxonomische Zuordnung selbst von häufig vorkommenden Arten immer noch unklar. Weiterhin fehlen standardisierte parasitologische Reihenuntersuchungen an Fischarten aus verschiedenen antarktischen Gebieten.

Hauptziel dieser Arbeit ist die Untersuchung von möglichst vielen Fischarten vor der Küste der Antarktischen Halbinsel auf den Befall mit parasitären Nematoden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erfassung der anisakiden Nematodenarten *Contracecum osculatum*, *C. radiatum* und *Pseudoterranova decipiens*, für die Vergleichsdaten aus dem östlichen Teil des Weddellmeeres bereits vorliegen. Desweiteren sollen auch andere Parasitengruppen für die spätere Bestimmung in Kiel gesammelt und frisch fixiert werden. Zusammen mit bereits gesammelten Fischen von der argentinischen Forschungsstation Jubany (Antarktische Halbinsel) und aus dem östlichen Teil des Weddellmeeres bietet sich damit die Möglichkeit, den Nematodenbefall von Fischen der Hochantarktis in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Küstenbeschaffenheiten zu betrachten. Eine weitere Option besteht in dem Vergleich der Parasitierung des Antarktischen Silberfisches *Pleuragramma antarcticum* von der östlichen Küste des Weddellmeeres und von der Antarktischen Halbinsel (Parasiten als "biological tag" für Fischbestände).

Zusammen mit bereits erfolgten Untersuchungen über die Parasitierung von hochantarktischen Fischen und Pinguinen vervollständigt sich somit unsere Kenntnis über die Lebenszyklen von parasitären antarktischen Nematodenarten. Damit lassen sich zukünftig Aussagen über die Nahrungsbeziehungen der befallenen Wirtstiere treffen.

2.9 Systematik und Biogeographie der Cumacea und Amphipoda (Crustacea) (ZIH, MfN)

Mit dem Agassiztrawl werden in 1000-4000 m Benthosproben genommen und schwerpunktmäßig die Cumacea und Amphipoda bearbeitet. Ein Ziel der Untersuchung ist es, zu prüfen, in welche Richtung die Besiedlung der Tiefsee und der antarktischen Schelfgebiete erfolgte. Sind antarktische Flachwasser-Arten aufgrund langfristiger klimatischer Veränderungen des Tertiärs in die Tiefsee gewandert oder sind kälteadaptierte Tiefsee-Arten in die kalten Flachwassergebiete der Antarktis gewandert und haben hier eine Radiation durchgemacht? Für die Frage nach der Besiedlungsgeschichte sind die Cumacea und Amphipoda gut geeignet, da sie aufgrund ihres Brutverhaltens (Brutpflege) keine weite Verdriftung über ihre Larven haben. Durch diese Fortpflanzungsstrategie kann die räumliche und zeitliche Ausbreitung nur über längere Zeiträume erfolgen. Das Material, das gesammelt wird, soll einen Beitrag leisten zur Frage: Wie hoch ist die Anzahl der Endemismen in verschiedenen Tiefseegebieten oder gibt es eine einheitliche Tiefseefauna der Cumacea und Amphipoda, die eine weltweite Verbreitung zeigt?

Im Mittelpunkt der Bearbeitung der Amphipoda steht die Taxonomie und Phylogenie. Auf der Grundlage des gesammelten Materials werden neue Arten beschrieben und viele der etwa 700 schon bekannten Arten detailliert nachbeschrieben. Ein Teil der Amphipoden soll vergleichend morphologisch und anatomisch untersucht werden. Dabei werden speziell die Mundwerkzeuge und die Verdauungstrakte bearbeitet und, gekoppelt mit Magen-Darminhaltsuntersuchungen, die Rolle der Amphipoden im trophischen Gefüge der Antarktis beleuchtet. Neben diesen ökologischen Aspekten bietet die vergleichende Anatomie viele neue Merkmalskomplexe, die die phylogenetischen Zusammenhänge dieser Crustaceengruppe erhellen können.

Das gesammelte Tiermaterial, nicht nur die Cumaceen- und Amphipodenausbeute, soll der Ergänzung der wissenschaftlichen Sammlungen der Zoologischen Museen in Berlin und Hamburg dienen.

2.10 Genetische Isolation benthischer Isopoda (Crustacea) und Speziationsmechanismen im Südlichen Ozean (UB)

Die Biodiversität der rezenten antarktischen Benthosfauna ist das Resultat einer langen isolierten Evolution in einer relativ konstanten polaren Umwelt. Das Resultat dieser Radiation ist nicht nur eine hohe Artenzahl, sondern wahrscheinlich auch eine hohe Diversität auf Populationsebene. Vorangegangene taxonomische und biogeographische Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe haben gezeigt, daß in einigen benthischen Isopodenarten lokal begrenzte Morphotypen auftreten, die zum Teil erheblich zwischen verschiedenen Fundorten variieren.

Es ist geplant, die intraspezifische genetische Variabilität einiger Isopodenarten zu untersuchen. Hierfür sollen nur wenig separierte Populationen (um Elephant Island) weiter entfernten (entlang der South Shetland Inseln und beiderseits von Meeresgräben) einander gegenübergestellt werden. Die Resultate werden mit den bereits bekannten morphologischen Polymorphismen verglichen und die Effektivität möglicher Ausbreitungsbarrieren vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Mobilität verschiedener Crustaceenarten diskutiert. Für diesen intraspezifischen Aspekt werden hauptsächlich DNA-Sequenzen aus den rDNA- und mtDNA-Genen verwendet.

Ein zweiter Aspekt betrifft die Rekonstruktion der Stammesgeschichte innerhalb monophyletischer Gruppen von Isopodenarten und Bestimmung genetischer Distanzen. Die DNA-basierten Stammbäume können mit den Resultaten bisheriger, morphologisch orientierter Arbeiten verglichen werden und so einen Teil der Entwicklungsgeschichte der antarktischen Fauna aufklären helfen.

Für beide Ansätze wird auch Material zum Vergleich herangezogen, das in der Saison 95/96 während ANT XIII/3 im östlichen Weddellmeer gesammelt wurde. Isopoden werden aus den Fängen mit Agassiz -Trawl bzw. Grundschleppnetz gesammelt. Es ist entscheidend, Tiermaterial von topologisch separierten Populationen zu bekommen.

2.11 Lipiduntersuchungen an Copepoden (AWI)

Lipide haben für Organismen der Polargebiete eine besondere Bedeutung. Die Fluidität der Biomembranen muß z. B. in der Kälte durch einen erhöhten Anteil an hochungesättigten Fettsäuren aufrechterhalten werden. Eine weitere wichtige Voraussetzung für das Überleben in den Polargebieten ist die Möglichkeit der Energiespeicherung in Form von Lipidreserven mit langkettigen, d.h. energiereichen Fettsäuren. Die Fettsäuren in den Lipiden der Copepoden haben drei mögliche Quellen: zum einen können sie durch die Nahrung aufgenommen und unverändert in die jeweiligen Lipidklassen eingebaut werden, oder die aufgenommenen Fettsäuren werden vom Tier modifiziert, und die dritte Möglichkeit besteht in der *de novo* Biosynthese.

Ziel der geplanten Untersuchungen ist die Aufklärung der Zusammensetzung in den unterschiedlichen Arten und die der Herkunft der verschiedenen Fettsäuren. Eine Möglichkeit bietet sich über die sogenannten Marker-Fettsäuren, die z.B. typisch für bestimmte Phytoplanktonarten sind und eine weitere über das $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Verhältnis der Fettsäuren. Bei enzymatischen Prozessen tritt eine Kohlenstofffraktionierung ein, anhand deren erstmalig versucht werden soll, die Quellen der Fettsäuren in den verschiedenen Lipidklassen zu ermitteln. Weiterhin werden Fütterungsversuche mit ^{13}C -markiertem Phytoplankton durchgeführt, um die Biosynthese und den Einbau von Fettsäuren aus der Nahrung untersuchen zu können.

Die Copepoden werden mit dem Bongonetz, je nach Art mit unterschiedlicher Maschenweite, gefangen. Der Fang wird sofort nach Art, Stadium und Geschlecht sortiert und entweder für die Fütterungsversuche mit ^{13}C markierten Algen gehalten oder sofort in Dichlormethan/Methanol überführt und bis zur GC/MS-Analyse in Bremerhaven bei -30°C gelagert.

2.12 Abundanz, Verbreitung und Verhalten von Cetaceen im Bereich der Südshetland-Inseln unter Berücksichtigung abiotischer und ökologischer Faktoren (ZIH)

Seitdem das Südpolarmeer 1994 von der IWC (Internationale Walfangkommission) zum Walschutzgebiet erklärt wurde, sind die Forschungen verstärkt worden mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes Bild der Cetaceenbestände dieser Region zu erhalten. Die antarktischen Gewässer stellen, insbesondere durch ihren Reichtum an Krill, die Hauptnahrungsgründe der großen Zahn- und Bartenwale dar.

Über das von der Fahrt ANT XIV/2 abgedeckte Gebiet liegen bisher nur wenige Informationen in bezug auf Wale vor, und auch von den Walsurveys der IWC wurde dieses Gebiet noch nie erfaßt. Daher sollen während der Fahrt systematische Walbeobachtungen durchgeführt werden, die Aussagen über Artenspektrum, Abundanz und Verhalten sowie etwaige Interaktionen zwischen Walen und anderen marinen Säugern bzw. Seevögeln ermöglichen. Ergänzend soll eine fotografische Dokumentation erfolgen. Außerdem wird die Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen angestrebt, um evtl. bestehende ökologische Zusammenhänge zu erkennen. So soll z.B. parallel zum Krillsurvey der BFA ein modifizierter Line-transect survey durchgeführt werden.

Die auf der Fahrt gesammelten Daten sollen unter Berücksichtigung aller verfügbaren ökologischen und abiotischen Faktoren ausgewertet werden. Ferner soll ein Vergleich mit den Daten der in den letzten Jahren durchgeführten Walsurveys der AMLR (Antarctic Marine Living Resources) erfolgen.

2.13 Akustische Waluntersuchungen (HWU)

Während der Reise werden eine Anzahl von Hydrophonen eingesetzt, um Wallaute zu registrieren. Die Hydrophone sind in einem stromlinienförmigen, mit Öl gefülltem, Rohr montiert, das an einem 40 m langen Kabel achteraus gezogen wird. Ein computergesteuertes Aufnahmesystem macht alle paar Minuten eine Registrierung. Die Aufnahmen decken den höheren Frequenzumfang über 200 Hz und auch höhere Frequenzen, die mit Halbtempo abgespielt werden, für die Analyse ab. Niedriger als 200 Hz ist das Geräusch vom Schiff zu stark, um brauchbare Aufnahmen zu machen. Zusätzlich wird ein automatischer Klappendetektor für höhere Frequenzen ununterbrochen eingesetzt. Eine der Hauptspezies, die wir zu hören erwarten, sind Pottwale (*Physeter macrocephalus*), und wir hoffen, daß wir ausreichende Daten bekommen werden, um die Kaskelotendichte dieser Region abschätzen zu können. Pottwale machen regelmäßige Klappenlaute. Man bestimmt die Richtung dieser Laute, in dem man den Zeitunterschied zwischen dem ankommenden Signal an jedem Element mißt. Eine weitere besonders interessante Spezies ist der *Hyperoodon planifrons*, von dem Laute um 30 kHz festgestellt wurden. Es ist eine enge Zusammenarbeit mit der Gruppe der Walbeobachterinnen geplant, um die Ergebnisse der Beobachtungen mit denen der akustischen Untersuchungen vergleichen zu können.

2.14 Einfluß von UV-B Strahlung auf das antarktische Phytoplankton (AWI)

Eine Abnahme des atmosphärischen Ozons erhöht den Anteil der UV-B Strahlung, der in die euphotische Zone des Südozeans eindringt. Bisherige Untersuchungen zur Abschätzung der Effekte dieser UV-B Erhöhung auf die Primärproduktionsraten im Südozean waren bisher nur mittels *in situ* Inkubationen möglich, deren Bedingungen schwierig zu kontrollieren waren. Auf dieser Fahrt wird daher ein speziell entwickelter on-deck Inkubator verwendet, der es ermöglicht, natürliche Strahlungsspektren mit unterschiedlichem UV-B Anteil zu simulieren. Die Empfindlichkeit des Phytoplankton auf die UV-B Strahlung, die Zeitskalen der beobachtbaren Effekte und der Erholung (recovery) nach UV-B Schädigungen werden hierbei durch die Photosyntheserate beeinflusst, welche durch die Energie des sichtbaren Lichts angetrieben wird. Obwohl Diatomeen (Kieselalgen) die erfolgreichste Phytoplanktongruppe im Südozean repräsentieren, ist wenig über ihre biophysikalischen und physiologischen Eigenschaften bekannt. Das Ziel dieser Studie sind die Untersuchungen der Empfindlichkeit und der Photoakklimation des antarktischen Phytoplanktons, welches an die dort herrschenden Bedingungen, den unterschiedlichen UV-B Flüssen, angepaßt ist. Zusätzlich wird das Zusammenspiel der hierarchischen Kaskade der photosynthetischen Prozesse und der strukturellen Merkmale von Diatomeen, relativ zur physikalischen Struktur des Südozeans, untersucht. Diese Ergebnisse

sollen genutzt werden, um Schwerpunkte für zukünftige Laborarbeiten festlegen zu können.

Während der Fahrt werden Tiefenprofile der spektralen Lichtverteilung im ultravioletten und sichtbaren Bereich aufgenommen. Proben aus diskreten Tiefen der euphotischen Zone werden filtriert und eingefroren zur späteren Analyse von C, H, O, P und N, Kohlenhydrat-, Protein- und Lipidgehalt, *in vivo* Absorption und Pigmenten. Photosynthese-Licht-Kurven des Phytoplankton werden direkt nach der Probenahme im *on-deck* Inkubator unter zwei verschiedenen UV-B Flüssen aufgenommen.

Kleine Menge der Proben werden dunkeladaptiert und anschließend einer aktiven Fluoreszenzmessung unterzogen. Diese Messung beinhaltet die Bestimmungen von Induktionkurven mit und ohne Blocker der Elektronentransportketten, der Reoxidationkinetiken der primären Elektronenakzeptoren, Analyse der Abhängigkeit des operationellen quantum yields relativ zur kontinuierlichen Einstrahlung und der Analyse der Charakteristiken der Antennenkomplexe.

3 Physikalische Untersuchungen

3.1 LIDAR-Messungen optischer Parameter in der Ozean-Deckschicht, Hydrographie (UOL, AWI)

Als Gemeinschaftsprojekt der Uni Oldenburg und des Alfred-Wegener-Instituts wurde ein hydrographisches LIDAR-System (Light Detection and Ranging System) zur profilierenden Messung optischer Eigenschaften des Meerwassers entwickelt. Auf dem Fahrtabschnitt ANT XIV/2 soll das Gerät abschließend erprobt werden und dabei während der Fahrt des Schiffes kontinuierlich Daten über Vertikalprofile von Teilchenrückstreuung, Gelbstoffkonzentration und Strahlattenuation in der oberen Wassersäule bis etwa 50 m liefern.

Das LIDAR ist im Kielbereich des FS "Polarstern" über einem Fenster installiert. Der Laserstrahl eines gepulsten Nd:YAG-Lasers mit drei verschiedenen Wellenlängen im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich wird durch das Fenster senkrecht nach unten in die Wassersäule gesendet. Fluoreszenzlicht von im Wasser enthaltenen Substanzen und zurückgestreutes Licht wird mit einem Teleskop empfangen, im Detektorsystem spektral zerlegt und mit einer Zeitauflösung von 1 ns registriert. Über die Wellenlänge der zurückkommenden Strahlung können das elastisch an Teilchen gestreute Licht, die Ramanstreuung des Wassers und die Fluoreszenz verschiedener organischer Substanzen unterschieden werden. Aus der Laufzeit des Lichtes ergibt sich die Tiefe, in der die Wechselwirkung stattgefunden hat, so daß Vertikalprofile von Konzentrationen abgeleitet werden können. Die Eindringtiefe des Meßverfahrens hängt dabei stark von der Attenuation in der Wassersäule ab und beträgt im klaren Ozean etwa 50 m.

Mit dem LIDAR können damit vom fahrenden Schiff laufend Vertikalprofile von Attenuation, Mie-Rückstreuung (Teilchen) und Konzentration fluoreszierender Stoffe (DOM, Gelbstoff, fluoreszierende Substanzen in Algen) mit einer Tiefenauflösung von 0,2 m in der oberen Deckschicht bestimmt werden. Gerade im

Bereich geschichteter Wasserkörper liefern nichtprofilierende Sensoren, die fest im Hydrographischen Schacht für Dauermessungen installiert sind, schwer zu interpretierende Daten, da sowohl Vertikal- als auch Horizontalgradienten in den Meßwert eingehen. Mit dem LIDAR können diese Effekte getrennt und damit Vermischungsprozesse und Schichtungen hochaufgelöst untersucht werden.

Parallel zu den Messungen mit dem Lidar soll COMED (Continuous Measurement Device) der Meeresphysik/AWI im hydrographischen Schacht betrieben werden und kontinuierlich Oberflächendaten für Temperatur, Salzgehalt, Gelbstoff- und Chlorophyllfluoreszenz liefern. Zur Verifikation der LIDAR-Daten sollen auf mehreren Stationen Wasserproben für die Analyse im Laborfluorometer genommen und Vertikalprofile mit in-situ Sonden (CTD, Gelbstoff- und Chlorophyllfluoreszenz) gemessen werden.

3.2 Fernerkundung (MGO)

siehe englischen Beitrag

ANT XIV/1 Beteiligte Institute/Participating Institutions

Adresse/Address Teilnehmerzahl/Participants

Bundesrepublik Deutschland / Germany

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Postfach 12 01 61 27515 Bremerhaven	6
	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Telegraphenberg A43 14473 Potsdam	4
BUGH	Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal Fachbereich 9: Analytische Chemie Gaußstraße 20 42119 Wuppertal	1
DWD	Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Postfach 30 11 90 20304 Hamburg	3
FU	Freie Universität Berlin Institut für Experimentalphysik Arnimallee 14 14195 Berlin	3
GKSS	GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH Institut für Physik und Chemische Analytik Max-Planck-Straße 21502 Geesthacht	3
UEJFG	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit Mainzer Strasse 80 65187 Wiesbaden	1
IfMK	Universität Kiel Institut für Meereskunde Düsternbrooker Weg 20 24105 Kiel	1

IFU	Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung Kreuzeckbahnstrasse 19 82467 Garmisch-Partenkirchen	1
ISAS	Institut für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie Laboratorium für spektroskopische Methoden der Umweltanalytik (LSMU) Rudower Chaussee 5 12489 Berlin	
KFA	Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre/Atmosphärische Chemie Forschungszentrum KFA Jülich ICG 3 52425 Jülich	9
UB	Universität Bremen Institut für Umweltphysik Postfach 330440 28359 Bremen	2
UM	Universität Mainz Institut für Anorganische und Analytische Chemie Becherweg 24 55039 Mainz	1
UU	Universität Ulm Abteilung Analytische Chemie und Umweltchemie Albert-Einstein-Allee 11 89081 Ulm	3
ZUF	Johann Wolfgang Goethe Universität Zentrum für Umweltforschung Georg-Voigt-Straße 14 60325 Frankfurt/M	2

Frankreich / France

CFR-CNRS	CNRS Avenue de la Terrasse 91198 Gif-sur-Yvette	2
----------	---	---

Griechenland / Greece

UC

University of Crete
Leoforos Knossou
P.O. Box 1470
71409 Heraklion

2

Fahrtteilnehmer/Participants

ANT XIV/1

Belviso, Dr.,Sauveur	CFR-CNRS
Beyerle, Dr., Georg	AWI
Bisling, Dr., Peter	GKSS
Bister, Arne	KFA
Boddenberg, Axel	BUGH & AWI
Brauers, Dr., Theo	KFA
Buchholz, Thomas	DWD
Burkert, Jörn	UB
Dörrler, Steffen	UU
Dorn, Dr., Peter	KFA
Fischer, Ralf	UU
Fischer, Stephan	FU
Frey, Steffen	FU
Gautrois, Michael	KFA
Glauer, Jürgen	GKSS
Gogou, Alexandra	UC
Graeser, Jürgen	AWI
Großklaus, Martin	IfMK
Hausmann, Dr., Martin	KFA
Hofzumahaus, Dr., Andreas	KFA
Holland, Dr., Frank	KFA
Kastler, Jürgen	UU
Kaufeld, Dr., Lothar	DWD
Köhler, Herbert	DWD
Köhler, Sundolf	GKSS
Krischke, Udo	ZUF
Leibrock, Dr., Edeltraud	IFU
Mihalopoulos, Prof. Dr., Nikolaos	UC
Notholt, Dr., Justus	AWI
Rairoux, Dr., Patrick	AWI
Schäfer, Dr., Heinz-Jürgen	AWI
Schedlbauer, Oliver	UM
Schrems, Prof. Dr., Otto (chief scientist)	AWI
Schütt, Hauke	AWI
Sciare, J.	CFR-CNRS
Sedlacek, Michael	KFA
Staubes, Dr., Regina	ZUF
Stöbener, Dirk	UB
Tüg, Dr., Helmut	AWI
Unverricht, Sieglinde	AWI
Weber, Markus	KFA
Weller, Dr., Rolf	AWI
Wöste, Prof. Dr., Ludger	FU
Zimmermann, Renate	UEJFG & AWI

Schiffsbesatzung/Ship's Crew

ANT XIV/1

Kapitän	Keil, Jürgen
1. Offiz.	Rodewald, Martin
Ltd. Ingenieur	Schulz, Volker
Naut. Offiz.	Schwarze, Stefan
Naut. Offiz.	Block, Michael
Arzt	Thoenies, Rainer
Funkoffiz.	Hecht, Andreas
2.Ing.	Delff, Wolfgang
2.Ing.	Folta, Henryk
2.Ing.	Simon, Wolfgang
Elektroniker	Piskorzynski, Andreas
Elektroniker	Fröb, Martin
Elektroniker	Pabst, Helmar
Elektroniker	Dimmler, Werner
Elektriker	Holtz, Hartmut
Bootsmann	Loidl, Reiner
Zimmermann	Neisner, Winfried
Matrose	Moser, Siegfried
Matrose	Hartwig, Andreas
Matrose	Bäcker, Andreas
Matrose	Bohne, Jens
Matrose	Hagemann, Manfred
Matrose	Schmidt, Uwe
Lagerhalter	Renner, Norbert
Maschinenwart	Arias Iglesias Enr.
Maschinenwart	Giermann, Frank
Maschinenwart	Fritz, Günter
Maschinenwart	Krösche, Eckard
Maschinenwart	Dinse, Horst
Koch	Silinski, Frank
Kochsmaat	Tupy, Mario
Kochsmaat	Hünecke, Heino
1. Stewardess	Dinse, Petra
Stewardess/Krankenschw.	Lehmbecker, Claudia
Stewardess	Klemet, Regine
Stewardess	Schmidt, Maria
Stewardess	Silinski, Carmen
2.Steward	Huang, Wu Mei
2.Steward	Wu, Chi Lung
Wäscher	Yu, Kwok Yuen

ANT XIV/2 Beteiligte Institutionen / Participating InstitutionsAdresse/Address Teilnehmerzahl/ParticipantsKanada / Canada

MGO Microwave Group-Ottawa River, Inc. 1
3954 Armitage Ave, RR#1
Dunrobin, Ontario, K0A 1T0

Bundesrepublik Deutschland / Germany

AWI Alfred-Wegener-Institut für 13
Polar- und Meeresforschung
Columbusstraße
D-27515 Bremerhaven

BFA Bundesforschungsanstalt 3
Fischerei Hamburg
Palmaille 9
22767 Hamburg

DWD Seewetteramt Hamburg 2
Deutscher Wetterdienst
Bernhard-Nocht-Str. 76
D-20359 Hamburg

FSU Institut für Ökologie 1
Friedrich-Schiller-Universität
Neugasse 23
D-07743 Jena

HSW Helicopter Service Wasserthal 3
Kätnerweg 43
D-2000 Hamburg

IFM Institut für Meereskunde 5
an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20
D-24105 Kiel

IPÖ Institut für Polarökologie, 2
Universität Kiel
Wischhofstr. 1-3, Geb. 12
D-34148 Kiel

IZUD Institut für Zoomorphologie 1
Universität Düsseldorf
Universitätsstr. 1
D-40225 Düsseldorf

MfN	Museum für Naturkunde Humboldt Universität Berlin Invalidenstr. 43 D-10115 Berlin	1
UB	Universität Bielefeld Fak. Biologie, Abt. Morphologie u. Syst. der Tiere Morgenbreede 45 D-33615 Bielefeld	1
UOL	Universität Oldenburg FB 8 Physik D-26111 Oldenburg	4
ZIH	Zoologisches Institut und Museum Universität Hamburg Martin-Luther-King Platz 3 D-20146 Hamburg	4

Spanien/Spain

ULPGC	Departamento de Biología Universidad de Las Palmas de Gran Canaria Tafira baja, C. P. 35017 Las Palmas de Gran Canaria Canary Islands	1
-------	---	---

Südafrika / South Africa

SAM	Dr. P. Alexander Hulley Dept. of Marine Biology South African Museum P.O.Box 61 Cape Town 8000	1
-----	--	---

Großbritannien / United Kingdom

HWU	Institute of Offshore Engineering Heriot-Watt University	1
UL	University of Liverpool Port Erin Marine Laboratory Port Erin Isle of Man, IM9 6JA	1

Vereinigte Staaten / USA

NOAA	NMFS Systematics Laboratory National Museum of Natural History Washington, D.C. 20560	1
------	--	---

SOES School of Ocean and Earth Science
1000 Ūōie Road # 632
Honolulu, HI 96822

1

ANT XIV/2 Fahrtteilnehmer / Participants

* von Jubany nach Punta Arenas

Name	Institute
Albers, Carola	AWI
Allcock, Louise	UL
Böhm, Joachim	HSW
Brauner	DWD
Coleman, Oliver	MFN
Dijkman, Nicole	AWI
Ellwers, Kerstin	UOL*
Frank, Guido	AWI
Garrity, Caren	MGO
Hardewig , Iris	AWI
Harms, Horst	UOL
Held, Christoph	UB
Hernandez-Gracia, Vicente	ULPGC
Hevia Werkmeister, Martin	IFM
Hinrichs, Lars	AWI
Hirse, Timo	AWI
Hulley, P. Alexander	SAM
Jährig, Hans-Peter	AWI
Kattner, Gerhard (Fahrtleiter)	AWI
Klein, Boris	AWI
Kock, Karl-Hermann	BFA
Lahrman, I Uwe	HSW
Leaper, Russell	HWU
Mayer, Michaela	IPÖ*
Mizdalski, Elke	AWI
Ohm, Klaus	AWI
Pankow, Heike	ZIH
Petzel, Wiebke	BFA
Piatkowski, Uwe	IFM
Pollmeyer, Gabriele	ZIH
Prochnow, Gabriele	ZIH
Quillfeld, Petra	FSU*
Riehl, Rüdiger	IZUD
Röttgers , Rüdiger	AWI
Scheidat, Meike	IFM
Siegel, Volker	BFA
Sonnabend, Hartmut	DWD
Steimer , Silke	IFM
Stolze, Markus	UOL
Tesch, Claudia	AWI
Vecchione, Mike	NOAA
Walter, Thorsten	IFM
Willkomm, Rainer	UOL
Wöhrmann, Andreas	IPÖ
Wurche, Bettina	ZIH
Zepick, Burkard	HSW
N.N.	SOES

Schiffsbesatzung / Ship's crew

ANT XIV/2

Master	Pahl, Uwe
Ch. Mate	Keil, Jürgen
Naut. Offc.	Block, Michael
Naut. Offc.	Grundmann, Uwe
Naut. Offc.	NN,
Doctor	Thoenies, Rainer
Ch. Eng.	Schulz, Volker
Eng.	Delff, Wolfgang
Eng.	Folta, Henryk
Eng.	Simon, Wolfgang
Electronician	Piskorzynski, Andreas
Electronician	Fröb, Martin
Electronician	Dimmler, Werner
Electronician	Pabst, Helmar
Electronician	Lembke, Udo
Electrician	Holtz, Hartmut
Boatswain	Loidl ,Reiner
Carpenter	Neisner, Winfried
Decks Crew	Moser, Siegfried
Decks Crew	Hartwig, Andreas
Decks Crew	Bäcker, Andreas
Decks Crew	Bohne, Jens
Decks Crew	Hagemann, Manfred
Decks Crew	Schmidt, Uwe
Decks Crew	Winkler, Michael
Decks Crew	Bindernagel, Knuth
Store Keeper	Renner, Norbert,
Motorman	Arias Iglesias, Enrice
Motorman	Giermann, Frank
Motorman	Fritz, Günter
Motorman	Krösche, Eckard
Motorman	Dinse, Horst
Cook	Silinski, Frank
Cook Mate	Tupy, Mario
Cook Mate	Hünecke, Heino
Stewardess	Dinse, Petra,
Stewardess/KS	Lehmbecker, Claudia
Stewardess	Klemet, Regine
Stewardess	Schmidt, Maria
Stewardess	Silinski, Carmen
Steward	Huang, Wu Mei
Steward	Wu, Chi Lung
Laundry	Yu, Kwok Yuen

Cruise Bremerhaven - Punta Quilla (ANT XIV/1)

NARE Campaign

1. Summary

The first leg of the 14th Antarctic cruise of RV "Polarstern" will comprise an extensive air chemistry measuring campaign. RV "Polarstern" will leave Bremerhaven on October 5th, 1996 and will at first take a course towards Iceland. From the Arctic Circle the ship will sail south along the 30th degree of longitude and arrive at its destination in Punta Quilla (Argentina) on November 10th.

In this cruise exclusively scientists will participate who are involved in air chemistry programmes and who will provide contributions to the North Atlantic Regional Experiment (NARE). The participants of the three research centers AWI, KFA and GKSS cooperate during this expedition within the framework of the HGF coordinated programme on "Chemistry and transport of atmospheric trace compounds in the atmosphere". In particular contributions to the sub-programme "Ozone formation in the planetary boundary layer" will be delivered. Complementary investigations will be performed by the other participating research institutes.

The North Atlantic is rimmed by continental industrial regions, which are major sources of compounds that influence the concentrations of tropospheric ozone, as well as hydroxyl radicals, and thus the oxidizing efficiency of the atmosphere. In the marine atmosphere, these compounds are being processed chemically and, together with the resulting products, deposited on the ocean surface by wet and dry deposition. These processes have not yet been studied in any large-scale experiments.

The oceans are important sources for DMS, olefinic hydrocarbons, and halogenated organics of biological origin. These trace gases influence the acid-base characteristics of marine aerosols and precipitation in the ocean regions and may play a role in atmospheric oxidant formation. Emissions of DMS and their conversion to sulphate aerosol probably control the formation of cloud condensation nuclei in much of the marine environment and thereby may affect climate by altering the microphysical and radiative properties and especially the albedo of clouds.

Objectives of the NARE campaign are experiments which can provide information for a better understanding of the transport, transformation and deposition of continental emissions, especially hydrocarbons, CO, NO_x, SO₂, and resulting reaction products, such as O₃, H₂O₂, RO₂NO₂, HNO₃, etc. and sulphate aerosol in the marine troposphere. The main goals of the Polarstern cruise ANT XIV/1 are:

- characterization and estimation of the oxidation potential of the atmosphere over the Atlantic

- better understanding of the transport and chemical transformation in the plume of the North American continent
- assessment of the import of trace gases mentioned above into Europe
- estimation of the large-scale distribution of DMS and SO₂ over the Atlantic as well as quantitative determination of the natural part of the DMS exhalation .

The investigations of the research groups participating in the cruise ANT XIV/1 will provide an important contribution to the international NARE activity in the IGAC-focus "Natural variability and anthropogenic perturbations of the marine atmosphere".

2. Research Programme (ANT XIV/1)

2.1. Atmospheric trace gases and aerosols in the marine troposphere

2.1.1 Meridional distribution of O₃, H₂O₂, HCHO, NO, and NO₂ (AWI)

The intended research activities will continue earlier investigations performed by us on the Polarstern expeditions ANT X/1, ANT X/8, ANT XI/5, and ARK X/1. The crucial point of the extended actual programme is to map the stratospheric (see 2.2.4) and tropospheric ozone along the cruise track from Bremerhaven via Iceland to Punta Quilla (Argentina) by daily ozone soundings.

Furthermore we will continuously measure the meridional concentration profiles of reactive trace gases like nitrogen oxides (NO/NO₂, method: chemiluminescence), hydrogen peroxide (H₂O₂, method: fluorimetric after Lazrus), and formaldehyde (HCHO, method: fluorimetric after Hantzsch) about 20 m above sea level along the whole transect route. The concentrations and distributions of these trace gases, which are key components in characterizing the oxidation potential of the atmosphere are of great interest for atmospheric model systems.

The aim of our investigations, which are part of the HGF-project "Chemistry and transport of trace gases in the atmosphere" and the North Atlantic Regional Experiment (NARE-project) is to provide input- or comparative data for atmospheric model systems. Sophisticated model calculations, supported by field data should help to quantify the influences of the various processes determining the global ozone distribution pattern and the impact of human activities on it. Especially this expedition should help to give particulars on the influence of anthropogenic emissions transported from North America as background pollution of the European continent.

2.1.2 LIDAR measurements of tropospheric Ozone and Aerosols over the North- and South Atlantic (FU, AWI)

The first theme will be dedicated to tropospheric aerosols where the vertical distribution of their optical extinction will be monitored by means of a LIDAR system in the visible and UV wavelengths range and this during the whole cruise. These measurements will be an interesting database for long range transport studies between the European and North-American continents and also between Africa and South-America. With this database radiative forcing induced by aerosols will also be investigated over large areas. Moreover comparison of the aerosols loading between the two hemispheres will be investigated.

The second topic of our measurements will be dedicated to the atmospheric ozone content of the troposphere. Using the DIAL LIDAR (Differential absorption lidar) technique the vertical distribution of ozone will be monitored. This second database will allow us to study the PBL ozone loading and the exchange between the different atmospheric layers, i.e. PBL-free troposphere, troposphere-stratosphere. Particular attention will be paid in the tropics to the study of exchange processes at the tropopause by using ozone as tracer.

2.1.3 Marine Atmosphere Oxidation Capacity Experiment "Marathon"(KFA, UC, CFR-CNRS)

One of the most important issues in global tropospheric chemistry is the quantification of the oxidation capacity (or self-cleansing ability) of the troposphere. The oxidizing power is predominantly determined by the concentration of hydroxyl radicals (OH), because oxidation by OH is the dominant sink for most trace gases in the troposphere. As a consequence of the high reactivity of OH, the photochemical system controlling OH is complex with many intricate feedback loops; its analysis requires rather complicated numerical models. In order to test and 'validate' these models, it is necessary to have reliable and precise measurements of tropospheric OH concentrations along with measurements of those parameters which are known to determine the ambient OH concentration. However, OH measurements have turned out to be extremely difficult because of the very low concentration, which hardly exceeds summertime maxima of $1 \cdot 10^7$ radicals per cm^3 . So far no experimental OH data exist for clean marine background conditions where models predict a considerably different photochemistry because of the much lower trace gas concentrations in remote marine air.

The major goal of the "Marine Atmosphere Oxidation Capacity Experiment" (MARATHON), performed aboard the German research vessel Polarstern, will be to investigate the latitudinal distribution of hydroxyl radical concentrations in the marine boundary layer (MBL) over the Atlantic Ocean and the factors controlling this distribution. From a comparison of measured and model calculated concentrations of key species the performance of models to describe atmospheric photochemistry can be tested.

During the 1988 Polarstern cruise the latitudinal distribution of the primary OH production rate P_{OH} was determined from measurements of the ozone photolysis rate and the ozone and water vapor concentrations. It ranged from about $2 \cdot 10^6$ OH $\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ to $9 \cdot 10^6$ OH $\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$. Under the assumption of NO mixing ratios around

10 ppt, and CO mixing ratios between 40 ppb and 100 ppb (all observed in 1988) peak OH concentrations at noon between $5 \cdot 10^6$ OH cm⁻³ and $15 \cdot 10^6$ OH cm⁻³ were estimated. In more polluted (northern) latitudes, peak OH values comparable to those observed during OH field measurements at clean continental sites are expected, ranging $(1-7) \cdot 10^6$ OH cm⁻³.

This task of MARATHON will be performed by the Institute for Atmospheric Chemistry of Forschungszentrum Jülich (KFA), Germany. The objectives are:

- to measure the concentration of OH radicals and their latitudinal distribution in the marine boundary layer over the Atlantic Ocean using the techniques of long-path laser absorption and laserinduced fluorescence.
- to measure simultaneously to OH baseline data of parameters important in controlling the local OH concentration. These include O₃, H₂O, photolysis rates of O₃ and NO₂, CN and meteorological parameters. (Other research groups participating in this ship campaign, but not belonging to MARATHON, will contribute with the measurements of NO, NO₂, CO, CH₄, NMHC, H₂O₂, HCHO, and CH₃CHO.)

The second topic of MARATHON, the investigation of the OH radical induced oxidation of dimethyl sulfide, is treated by coworkers from the University of Crete (UC), Greece. Dimethyl sulfide (DMS) is the dominant sulfur gas in surface marine waters, and therefore in the marine atmosphere, where it is readily oxidized by OH radicals forming methanesulphonic acid (MSA) and SO₂. SO₂ can undergo further gas phase oxidation by OH or liquid phase oxidation by H₂O₂ to form H₂SO₄. MSA undergoes gas-to-particle conversion to form submicrometer aerosol particles or is absorbed into cloud water where it becomes rapidly oxidized to non-sea-salt sulfate (nss-SO₄).

Submicrometer sulfate aerosol particles affect the Earth's radiation budget, thus a detailed understanding of the processes controlling the relative concentrations of MSA and nss-SO₄ is important in understanding the influence of the marine sulfur cycle on global climate.

The objectives are:

- Determination of the oceanic source strength of dimethyl sulfide and investigation of the atmospheric DMS lifetime as a function of the measured OH concentration.
- Assessment of the formation of SO₂, MSA, and nss-SO₄ from the oxidation of DMS by OH and investigation of their contribution to the formation of aerosols in the MBL.
- Characterization of size and chemical composition of aerosols.
- Investigation of the relative importance of factors, like temperature and NO_x mixing ratio, in controlling the DMS oxidation pathways and the resulting product distribution in the troposphere.

2.1.4 Vertical ozone concentration profiles in the lower troposphere over the Atlantic Ocean (GKSS)

Data on the vertical distribution of tropospheric ozone are an important prerequisite for the understanding of photochemical production and atmospheric behavior of photooxidants. Up to now, most of the data and results have been obtained over land. Oceanic measurements of vertical ozone concentration profiles yield new information on these processes. The surface destruction of ozone over the ocean is expected to be smaller than over land because of the different chemical composition of the continental and marine atmosphere. Long-range transport of the continental plume from North America over the Atlantic Ocean may affect the background concentration on the European continent.

New insight into these problems is expected by use of the Differential Absorption Lidar (DIAL) technique. GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, which is a member of the Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF), will operate a DIAL on board of the research vessel Polarstern within the framework of the "North Atlantic Regional Experiment" (NARE) and of the subproject "Ozone Formation in the Planetary Boundary Layer", which is part of the HGF research cooperation. The lidar system called ARGOS (Advanced Remote Gaseous Oxides Sensor) measures vertical profiles of the ozone concentration in a height range between 100 m and more than 2000 m. Height resolution varies between 50 m and 150 m, and time resolution is in the order of 10 minutes. Additional information on the structure of the marine troposphere is given by profiles of the atmospheric extinction coefficient, which may be derived from the lidar backscatter signals with even longer range and higher time and height resolution than the ozone profiles.

2.1.5 Peroxy radical measurements in the maritime boundary layer (UB)

The peroxy radicals (RO_2 z.B. HO_2 , CH_3O_2 , CH_3COO_2 u.s.w.) play an important role in the boundary layer chemistry of ozone. Dependent on the amount of NO the peroxy radicals take part in a chain production or removal of ozone. Peroxyradicals with their self reaction produce semi-stable water soluble peroxides (H_2O_2 , CH_3O_2H , etc.), which are active oxidants in cloud and rain water.

The main atmospheric source of RO_2 radicals is the OH initiated oxidation of organic hydrocarbons. The OH and RO_2 chemistry of the troposphere are coupled together via this and other atmospheric reaction cycles. Although RO_2 radicals play a critical role in determining the chemical behaviour of the troposphere, due to their high reactivity, their stationary state concentrations are predicted to be small, 10^7 to 10^9 molecule cm^{-3} (0.4 to 40 pptv). Measurements of RO_x ($SRO+RO_2$) will be made by a detector based on the chemical amplification technique. A previous version of this detector was successfully deployed aboard Polarstern during ANT X/1 in 1991.

The principle scientific objective of such measurements is to establish the levels of RO_2 present in remote maritime regions of the atmosphere. In addition a comparison of the results of the Polarstern cruise ANT X/1 (1991) will be made. In order to test our knowledge of the remote maritime boundary layer chemistry these

measurements will subsequently be compared with the amounts predicted by models of the troposphere.

2.1.6 Determination of hydrogen peroxide and organic hydroperoxides (BUGH, AWI)

Hydroperoxides can occur as intermediates in the atmospheric degradation of biogenic and anthropogenic trace chemicals. Among the main sources of hydrogen peroxide and alkyl hydroperoxides are the reactions of hydroperoxy and alkyl peroxy radicals. 1-Hydroxyalkyl hydroperoxides are known products of the reaction of unsaturated hydrocarbons with ozone.

During the Polarstern cruise ANT XIV/1 air will be discontinuously cryosampled at -78 °C and examined for such hydroperoxides. The separation of the hydroperoxides will be carried out by means of high-performance-liquid-chromatography (HPLC) on cooled reversed-phase columns. Since the compounds of interest have very low UV absorption and do not fluoresce, detectable products must be generated from the hydroperoxides by various post-column reactions. The reagents to be used are p-hydroxyphenyl acetic acid / horseradish peroxidase (fluorescence), luminol (chemiluminescence) and ironII / N,N-dimethyl-1,4-phenylene di-amine (a new UV-VIS method).

Discontinuous cryosampling is appropriate for determining the average concentration of individual hydroperoxides during the sampling period (ca. 30 min). The results will complement the data from a continuous method in which hydrogen peroxide and the sum of the organic hydroperoxides will be determined.

2.1.7 Investigation of the S(IV)-S(VI) redox-system in the marine atmosphere (ZUF)

The emission of reduced sulfur gases from seawater represents the most important natural source of atmospheric sulfur. These sulfur gases - predominantly in form of dimethyl sulfide (DMS) - are produced in surface waters due to microbiological and bacterial processes. Due to wind induced gas exchange between sea water and the atmosphere the gases reach the marine boundary layer. In the atmosphere DMS is oxidized mainly by hydroxyl radicals.

Two different reaction channels are possible for the DMS oxidation:

1. Formation of gaseous sulfur dioxide (SO₂) and subsequently excess sulfate particles. Excess sulfate represents the part of aerosol bound sulfate which is not produced by sea salt. SO₂ can be oxidized to sulfate on two main reaction paths: the homogeneous gas phase reaction with OH radicals to form sulfate particles with a diameter of 0.1 - 1 µm and the heterogeneous reaction of dissolved SO₂ with ozone in sea salt aerosols > 1 µm which leads to a higher excess sulfate content.

2. Oxidation to methane sulfonate aerosols (MSA).

A consequence of the described particle formation for the marine atmosphere is besides the enhanced acidity the influence on cloud formation and radiative processes.

For a better understanding of the different oxidation paths, we plan measurements of atmospheric SO₂, sulfate and methane sulfonate concentrations. With the simultaneous determination of OH radicals and O₃ concentrations (KFA) and DMS concentrations (UC) it is possible to examine all important compounds which are involved in the DMS and SO₂ oxidation mechanism, respectively.

During the cruise atmospheric SO₂ will be enriched on impregnated filters in 1-hour intervals. The sampling time will be 40 - 50 minutes. The analysis is based on a chemiluminescence reaction of the sampling solution. The oxidation products sulfate and methane sulfonate in the aerosols will also be enriched on filters in intervals of 6 - 12 hours; the analysis will be carried out by ion chromatography after the cruise in the laboratory in Frankfurt. To gain better information about the reaction mechanisms the particles will be enriched size fractionated on the filters by pre impactors (cut off < 1 mm).

2.1.8 Sampling of lower troposphere and surface water of the North- and South Atlantic for volatile and semivolatile organohalogenes and alkyl nitrates (UU)

Our work performed on the cruise ANT XIV/1 of the FS "Polarstern" is part of a general program of global environmental chemistry including atmospheric chemistry. It involves the characterization of levels and pattern of various classes of anthropogenic and natural compounds in the atmosphere and hydrosphere. The transport of such compounds in the global mass flow of the atmosphere and in the oceanic system is taken into account as are general sources and sinks. Special attention is given to the air-sea exchanges of organics.

Besides tracing the volatile (tetrachloroethene, hexachloroethane, hexachlorobutadiene) and semivolatile (hexachlorobenzene, polychlorinated biphenyls) organohalogenes we will focus on short chain (C1 - C5) and long chain (C6 - C17) alkyl nitrates as products of the atmospheric chemistry of alkanes, alkenes and aldehydes. The long chain alkyl nitrates have been recently discovered and characterized as atmospheric trace constituents by us. Our more recent work is focussed on the polar alkyl nitrates and the alkyl dinitrates.

The North-South profile of the volatile organohalogenes will be fitted into a recently developed three box model of the global atmosphere. We hope to come to further generalizations of this model which is essentially based on atmospheric measurements in both hemispheres. It can be used among others to calculate the mass input or the global KOH constants of organic compounds, respectively. High volume sampling in air and surface water is performed with a newly developed graphit covered silica gel (ANGISORB).

2.1.9 Biogenic production of neutral and ionic methyl heavy metal species in polar waters (UM)

Up to now, in the environment only determinations of the total concentration of heavy metals were carried out, whereas only little is known about the speciation of these heavy metals. Different species of heavy metals have different properties, especially regarding to the geochemical transport, the toxicity or the bioavailability. It is therefore necessary to identify and to determine heavy metal species to get more exact and more detailed information, for example, about the geochemical cycle and the global sources and sinks. In this connection biomethylation is an important biogeochemical process.

The determination and specification of neutral and ionic methylated heavy metal compounds, biogenically produced, is planned for this cruise. Because of their chemical stability the corresponding compounds of mercury, lead, cadmium and thallium are in consideration. High enrichment factors, especially for cadmium and lead in Antarctic snow samples signify an emission of volatile organic heavy metal compounds from the sea. The element mercury which can be found in sea water in different species is thereby of high interest. Only little is known about the emission of these species, their distribution and chemical properties in the atmosphere. A north-south profile of the different methylated heavy metal compounds should be recorded to determine the contribution of these compounds to the global biogeochemical cycle of heavy metals.

A correlation to the biogenic activity and to other chemical compounds such as DMS and ozone will be investigated. In samples of the Atlantic Ocean methylated compounds of mercury, lead and cadmium have already been detected. The portion of such compounds can reach up to 50% of the total metal concentration in the ocean. The evidence of a possible biomethylation of thallium could be shown in laboratory experiments, but the corresponding compound could not be detected in the environment, up to now.

The determination of mercury species will be carried out by CVAFS (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry). With the help of DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltametry) lead and cadmium species will be examined. Both methods will be applied on board of RV "Polarstern". The evidence of corresponding thallium species will be checked with IDMS (Isotope Dilution Mass Spectrometry) in the home laboratory.

2.1.10 North-south-distribution of trace gases over the Atlantic Ocean: Hg, H₂O₂ and HCHO (IFU)

a) Trend of Global Atmospheric Concentration of Mercury

Atmospheric mercury over the Atlantic Ocean was measured aboard different research vessels (in 1977 and 1978 on "Walter Herwig", in 1979 and 1980 on "Meteor", in 1990 and 1994 on "Polarstern"). The measurements were made with gold- and silver-coated quartz-wool collectors. The collected mercury was determined using an atomic absorption or fluorimetric spectrometer. The average concentrations over the North and South Atlantic Ocean during the last cruise were

1.79 ± 0.41 and 1.18 ± 0.17 ng Hg m⁻³, respectively. Parallel measurements of low CO concentration implied that mostly background levels were sampled. A statistical evaluation of the mean values of all cruises indicates an increasing trend in both hemispheres (at 95% significance level), with $1.46 \pm 0.17\%$ /yr in the Northern and $1.17 \pm 0.16\%$ /yr in the Southern hemisphere between 1977 and 1990.

Measurements at Wank summit above Garmisch-Partenkirchen and over the Atlantic Ocean in 1994 indicate that the Hg concentration decreased globally by about 22% during the 1990 - 1994 period, probably due to reduced economic activity in the countries of the former Eastern Block. The objective of this investigation is thus to repeat the mercury measurements with the same technique along the same itinerary at nearly the same season to

(i) find out how representative are the Wank measurements for the northern hemisphere and

(ii) establish the trend for the southern hemisphere.

b) Measurement of Hydrogen Peroxide and Formaldehyde over the Atlantic Ocean
The importance of hydrogen peroxide, H₂O₂, in atmospheric chemistry arises from its oxidizing potential in the liquid phase and from its involvement in gas- and liquid-phase radical chemistry. Depending on the NO₂ concentration in the air, hydrogen peroxide represents the major removal pathway of HOx radicals. The hydroperoxide content in the air is dependent on the parameters controlling the HO₂ occurrence, such as O₃, H₂O, CO, HCHO, NOx, and solar radiation. Only few measurements of hydrogen peroxide over the Atlantic Ocean are published; measurements aboard RV "Polarstern" were made in 1990 and 1994. For these measurements, the enzymatic technique of Lazrus et al. was used. In 1994, the technique was modified for a better defined collection of organic peroxides. The measurements showed a dependence on latitude with generally higher mixing ratios around the equator (up to 2 ppbv) and decreasing mixing ratios poleward (down to 0.1 ppbv). Additionally, the fluorescence instrument for H₂O₂ allows an estimation of the concentrations of organic peroxides, ROOH, using catalase for destroying of H₂O₂. The sum of organic peroxides ranged between 0.1 and 1 ppbv.

Formaldehyde (HCHO), is another important photoactive trace component of the atmosphere. Photolysis of formaldehyde and other carbonyls leads to a net production of HOx radicals. In the clean atmosphere the major natural sources of HCHO are hydrocarbons which react with OH radicals and ozone to form HCHO and other aldehydes. In the sunlit atmosphere the HCHO concentration is predominantly controlled by CH₄ concentration (HCHO is a major intermediate of CH₄ oxidation), by light intensity and the HOx radical concentration. Measurements in clean air will provide important insight into the removal processes of light hydrocarbons as well as information about the general chemical reactivity of the atmosphere.

Model calculations which consider the photochemical oxidation of methane as the only source of HCHO predict mixing ratios ranging between 0.1 and 0.3 ppbv. On the other hand, it is suggested that another 0.3 ppbv HCHO may be produced by photooxidations of nonmethane hydrocarbons. Only a few measurements of the formaldehyde concentrations in the remote marine troposphere have been made,

but different background levels were reported. Also a weak diurnal HCHO variation is expected. The aim of the planned measurements is the determination of the background concentration and the diurnal variation of HCHO. Formaldehyde will be used as an indicator for other organic compounds. In 1994, HCHO was measured with an enzyme fluorimetric technique with a detection limit of 120 - 150 pptv. Mixing ratios between 1.5 and 3 ppbv in the coastal areas and around 0.5 ppbv in the clean marine air were observed. Continuous measurements of HCHO will be done by an enhanced fluorimetric Hantzsch technique with a detection limit of about 50 pptv.

For the interpretation of the measurements, meteorological parameters are needed (air and water temperature, air pressure, relative humidity, wind direction and speed), recorded by the integrated data system of the "Polarstern" using standard meteorological instrumentation. The above mentioned measurements will give an important contribution for the assessment of the oxidizing potential of the atmosphere.

2.1.11 Investigations of biogenic hydrocarbons in the marine troposphere (ISAS, AWI)

Hydrocarbon emissions from plants provide a considerable contribution of the total carbon emissions into the atmosphere. Biogenic non-methane hydrocarbons play an important role in the regional formation of photooxidants. Plants are emitting large quantities in the form of isoprene (C₅-hydrocarbon), monoterpene C₁₀ or sesquiterpene (C₁₅). Because of these remarkable quantities and the reactivity of the unsaturated hydrocarbons these substances can influence the ozone formation and a number of other chemical processes in the troposphere. There are hints that the oxidation products of biogenic hydrocarbons provide a significant contribution to the particulate phase in the atmosphere.

In order to be able to evaluate the importance of biogenic hydrocarbon emissions for atmospheric processes one needs reliable data about the distribution of these substances in the atmosphere. It is assumed that biogenic hydrocarbons act as condensation nuclei or that they are bonded to existing particles.

The samples for the determination of biogenic hydrocarbons are collected during this cruise in adsorption tubes and analysed by GC/MS and GC/Cryocondensation-FT-IR spectroscopy after thermodesorption. The samples which will be primarily taken in regions with possible influences by rain forests will provide information whether this method is suitable for analysis of biogenic hydrocarbons in marine environments.

2.2. Investigations in the tropo- and stratosphere

2.2.1 FTIR spectroscopic measurement of tropospheric and stratospheric trace gases (AWI)

The FTIR spectroscopy has developed to an important tool for the measurement of atmospheric trace gases. With the sun or the moon as light source up to 30 different trace gases can be detected in absorption in the tropo- and stratosphere. This includes trace gases, which are important for an understanding of the ozone chemistry (e.g. HCl, ClONO₂, HNO₃, some CFCs) and compounds, which are important for a general understanding of the atmospheric chemistry and physics and the greenhouse effect (e.g. HF, CO, C₂H₆, C₂H₂, CH₄, N₂O). Contrary to in-situ measurements the solar and lunar absorption measurements yield the concentrations in the whole atmospheric column. For a few trace gases the pressure dependence of the line shapes allow to retrieve the vertical concentration profiles.

Several trace gases are produced by photochemical reactions or pass the troposphere to the stratosphere at low latitudes. Subsequently they are transported to the poles. For a understanding of the polar atmospheric chemistry it is thus necessary to know the concentrations of the trace gases at their sources and their latitudinal concentration dependence.

Up to now the latitudinal dependence of atmospheric trace gases is studied by satellites and occasionally by aircrafts. However, satellites and planes allow to study the trace gases only above ca. 10 km in the stratosphere. Only very few data exist for the latitudinal dependence of the trace gases in the free troposphere.

The aim of this project is to study the latitudinal dependence of several trace gases by means of a high-resolution FTIR-spectrometer. The spectrometer is installed inside a laboratory container. A solartracker is mounted on the top of the container, feeding the light beam into the spectrometer. Measurements can be performed during cloudless conditions with the sun or moon as light source. The analysis of the spectra to evaluate the trace gas concentrations will be performed subsequently at the home institute.

2.2.2 Aerosol-Raman-Lidar measurements of the aerosol loading in the upper troposphere and in the stratosphere (AWI)

Aerosols in the troposphere as well as in the stratosphere play a major role in the radiation budget and in heterogeneous chemical reactions, which are important for ozone depletion processes. For a detailed analysis of the influence of aerosols in these processes, measurements of altitude distribution and information on aerosol properties are needed. With an appropriate Lidar instrument height-resolved measurements can be performed providing information on amount and characteristics of the aerosols.

Stratospheric aerosols consist mainly of H₂SO₄ droplets and silica dust of volcanic origin. Water ice and NAT crystals are found in the polar stratosphere during the

polar night. Water droplets and ice are the main components of tropospheric aerosols. Apart from that dust and droplets of variable origin can be found.

The new two-wavelength Rayleigh-Raman-lidar of AWI will be used for aerosol measurements during this campaign. This system has the capability for the performance of depolarization measurements. Transmitter wavelengths are 355 nm and 532 nm (Nd:YAG Laser). Received wavelengths are a) 355 nm and 532 nm; b) 387 nm and 607 nm (Raman scattering by N₂) und 408 nm (Raman scattering by H₂O) . The Lidar system is mounted in a 20 ft container and has been developed in a cooperative project by AWI, GKSS and OHB-System.

The Lidar measurements will provide backscatter ratios as well as aerosol backscatter-, extinction- and depolarization coefficients. With additional assumptions aerosol mass and surface densities can be derived. Information about the phase of the aerosols can be obtained by depolarisation measurements.

Objectives of these Lidar measurements are (a) observation of stratospheric aerosols in the northern and southern hemisphere, (b) observation of cirrus clouds near the tropopause and (c) technical testing of the new instrument e.g. measurements of H₂O mixing ratios. After five years without major volcanic eruptions (Mt. Pinatubo eruption, June 1991) the stratosphere has nearly the background aerosol content again. Cirrus clouds are of particular interest in the tropics because of their possible role in the transport of water from the troposphere to the stratosphere.

2.2.3 Meridional distribution of atmospheric aerosols (AWI)

For the estimation of the global aerosol distributions there are still measurements missing of the undisturbed marine aerosols. By means of such measurements it will be possible to improve the present knowledge about the latitudinal distribution of aerosols over the Atlantic Ocean.

The measurements of the optical thickness which will be performed with a sun photometer during the transect ANT XIV/1 will complement satellite measurements and will allow the separation of tropospheric and stratospheric aerosol distributions. The data obtained from ground-based measurements as well as the aerosol measurements within the framework of the ADEOS satellite project make the estimation of the tropospheric aerosol concentration over the Atlantic possible. By means of an LAS-X aerosol spectrometer, which will be operated also during this cruise, the size distribution of the aerosols can be determined.

2.2.4 Vertical distribution of ozone over the Atlantic (AWI)

The vertical distribution of ozone will be recorded along the whole cruise track from Bremerhaven via Iceland to Punta Quilla by means of ozone soundings. Ozone is the prominent photooxidant in the troposphere and thus a key molecule relating to the oxidation potential of the atmosphere. Therefore, the knowledge of distributions and mixing ratios are of prime importance for atmospheric model systems. In order

1.79 ± 0.41 and 1.18 ± 0.17 ng Hg m⁻³, respectively. Parallel measurements of low CO concentration implied that mostly background levels were sampled. A statistical evaluation of the mean values of all cruises indicates an increasing trend in both hemispheres (at 95% significance level), with $1.46 \pm 0.17\%$ /yr in the Northern and $1.17 \pm 0.16\%$ /yr in the Southern hemisphere between 1977 and 1990.

Measurements at Wank summit above Garmisch-Partenkirchen and over the Atlantic Ocean in 1994 indicate that the Hg concentration decreased globally by about 22% during the 1990 - 1994 period, probably due to reduced economic activity in the countries of the former Eastern Block. The objective of this investigation is thus to repeat the mercury measurements with the same technique along the same itinerary at nearly the same season to

(i) find out how representative are the Wank measurements for the northern hemisphere and

(ii) establish the trend for the southern hemisphere.

b) Measurement of Hydrogen Peroxide and Formaldehyde over the Atlantic Ocean
The importance of hydrogen peroxide, H₂O₂, in atmospheric chemistry arises from its oxidizing potential in the liquid phase and from its involvement in gas- and liquid-phase radical chemistry. Depending on the NO₂ concentration in the air, hydrogen peroxide represents the major removal pathway of HOx radicals. The hydroperoxide content in the air is dependent on the parameters controlling the HO₂ occurrence, such as O₃, H₂O, CO, HCHO, NO_x, and solar radiation. Only few measurements of hydrogen peroxide over the Atlantic Ocean are published; measurements aboard RV "Polarstern" were made in 1990 and 1994. For these measurements, the enzymatic technique of Lazrus et al. was used. In 1994, the technique was modified for a better defined collection of organic peroxides. The measurements showed a dependence on latitude with generally higher mixing ratios around the equator (up to 2 ppbv) and decreasing mixing ratios poleward (down to 0.1 ppbv). Additionally, the fluorescence instrument for H₂O₂ allows an estimation of the concentrations of organic peroxides, ROOH, using catalase for destroying of H₂O₂. The sum of organic peroxides ranged between 0.1 and 1 ppbv.

Formaldehyde (HCHO), is another important photoactive trace component of the atmosphere. Photolysis of formaldehyde and other carbonyls leads to a net production of HOx radicals. In the clean atmosphere the major natural sources of HCHO are hydrocarbons which react with OH radicals and ozone to form HCHO and other aldehydes. In the sunlit atmosphere the HCHO concentration is predominantly controlled by CH₄ concentration (HCHO is a major intermediate of CH₄ oxidation), by light intensity and the HOx radical concentration. Measurements in clean air will provide important insight into the removal processes of light hydrocarbons as well as information about the general chemical reactivity of the atmosphere.

Model calculations which consider the photochemical oxidation of methane as the only source of HCHO predict mixing ratios ranging between 0.1 and 0.3 ppbv. On the other hand, it is suggested that another 0.3 ppbv HCHO may be produced by photooxidations of nonmethane hydrocarbons. Only a few measurements of the formaldehyde concentrations in the remote marine troposphere have been made,

but different background levels were reported. Also a weak diurnal HCHO variation is expected. The aim of the planned measurements is the determination of the background concentration and the diurnal variation of HCHO. Formaldehyde will be used as an indicator for other organic compounds. In 1994, HCHO was measured with an enzyme fluorimetric technique with a detection limit of 120 - 150 pptv. Mixing ratios between 1.5 and 3 ppbv in the coastal areas and around 0.5 ppbv in the clean marine air were observed. Continuous measurements of HCHO will be done by an enhanced fluorimetric Hantzsch technique with a detection limit of about 50 pptv.

For the interpretation of the measurements, meteorological parameters are needed (air and water temperature, air pressure, relative humidity, wind direction and speed), recorded by the integrated data system of the "Polarstern" using standard meteorological instrumentation. The above mentioned measurements will give an important contribution for the assessment of the oxidizing potential of the atmosphere.

2.1.11 Investigations of biogenic hydrocarbons in the marine troposphere (ISAS, AWI)

Hydrocarbon emissions from plants provide a considerable contribution of the total carbon emissions into the atmosphere. Biogenic non-methane hydrocarbons play an important role in the regional formation of photooxidants. Plants are emitting large quantities in the form of isoprene (C₅-hydrocarbon), monoterpene C₁₀ or sesquiterpene (C₁₅). Because of these remarkable quantities and the reactivity of the unsaturated hydrocarbons these substances can influence the ozone formation and a number of other chemical processes in the troposphere. There are hints that the oxidation products of biogenic hydrocarbons provide a significant contribution to the particulate phase in the atmosphere.

In order to be able to evaluate the importance of biogenic hydrocarbon emissions for atmospheric processes one needs reliable data about the distribution of these substances in the atmosphere. It is assumed that biogenic hydrocarbons act as condensation nuclei or that they are bonded to existing particles.

The samples for the determination of biogenic hydrocarbons are collected during this cruise in adsorption tubes and analysed by GC/MS and GC/Cryocondensation-FT-IR spectroscopy after thermodesorption. The samples which will be primarily taken in regions with possible influences by rain forests will provide information whether this method is suitable for analysis of biogenic hydrocarbons in marine environments.

2.2. Investigations in the tropo- and stratosphere

2.2.1 FTIR spectroscopic measurement of tropospheric and stratospheric trace gases (AWI)

The FTIR spectroscopy has developed to an important tool for the measurement of atmospheric trace gases. With the sun or the moon as light source up to 30 different trace gases can be detected in absorption in the tropo- and stratosphere. This includes trace gases, which are important for an understanding of the ozone chemistry (e.g. HCl, ClONO₂, HNO₃, some CFCs) and compounds, which are important for a general understanding of the atmospheric chemistry and physics and the greenhouse effect (e.g. HF, CO, C₂H₆, C₂H₂, CH₄, N₂O). Contrary to in-situ measurements the solar and lunar absorption measurements yield the concentrations in the whole atmospheric column. For a few trace gases the pressure dependence of the line shapes allow to retrieve the vertical concentration profiles.

Several trace gases are produced by photochemical reactions or pass the troposphere to the stratosphere at low latitudes. Subsequently they are transported to the poles. For a understanding of the polar atmospheric chemistry it is thus necessary to know the concentrations of the trace gases at their sources and their latitudinal concentration dependence.

Up to now the latitudinal dependence of atmospheric trace gases is studied by satellites and occasionally by aircrafts. However, satellites and planes allow to study the trace gases only above ca. 10 km in the stratosphere. Only very few data exist for the latitudinal dependence of the trace gases in the free troposphere.

The aim of this project is to study the latitudinal dependence of several trace gases by means of a high-resolution FTIR-spectrometer. The spectrometer is installed inside a laboratory container. A solartracker is mounted on the top of the container, feeding the light beam into the spectrometer. Measurements can be performed during cloudless conditions with the sun or moon as light source. The analysis of the spectra to evaluate the trace gas concentrations will be performed subsequently at the home institute.

2.2.2 Aerosol-Raman-Lidar measurements of the aerosol loading in the upper troposphere and in the stratosphere (AWI)

Aerosols in the troposphere as well as in the stratosphere play a major role in the radiation budget and in heterogeneous chemical reactions, which are important for ozone depletion processes. For a detailed analysis of the influence of aerosols in these processes, measurements of altitude distribution and information on aerosol properties are needed. With an appropriate Lidar instrument height-resolved measurements can be performed providing information on amount and characteristics of the aerosols.

Stratospheric aerosols consist mainly of H₂SO₄ droplets and silica dust of volcanic origin. Water ice and NAT crystals are found in the polar stratosphere during the

polar night. Water droplets and ice are the main components of tropospheric aerosols. Apart from that dust and droplets of variable origin can be found.

The new two-wavelength Rayleigh-Raman-lidar of AWI will be used for aerosol measurements during this campaign. This system has the capability for the performance of depolarization measurements. Transmitter wavelengths are 355 nm and 532 nm (Nd:YAG Laser). Received wavelengths are a) 355 nm and 532 nm; b) 387 nm and 607 nm (Raman scattering by N₂) und 408 nm (Raman scattering by H₂O) . The Lidar system is mounted in a 20 ft container and has been developed in a cooperative project by AWI, GKSS and OHB-System.

The Lidar measurements will provide backscatter ratios as well as aerosol backscatter-, extinction- and depolarization coefficients. With additional assumptions aerosol mass and surface densities can be derived. Information about the phase of the aerosols can be obtained by depolarisation measurements.

Objectives of these Lidar measurements are (a) observation of stratospheric aerosols in the northern and southern hemisphere, (b) observation of cirrus clouds near the tropopause and (c) technical testing of the new instrument e.g. measurements of H₂O mixing ratios. After five years without major volcanic eruptions (Mt. Pinatubo eruption, June 1991) the stratosphere has nearly the background aerosol content again. Cirrus clouds are of particular interest in the tropics because of their possible role in the transport of water from the troposphere to the stratosphere.

2.2.3 Meridional distribution of atmospheric aerosols (AWI)

For the estimation of the global aerosol distributions there are still measurements missing of the undisturbed marine aerosols. By means of such measurements it will be possible to improve the present knowledge about the latitudinal distribution of aerosols over the Atlantic Ocean.

The measurements of the optical thickness which will be performed with a sun photometer during the transect ANT XIV/1 will complement satellite measurements and will allow the separation of tropospheric and stratospheric aerosol distributions. The data obtained from ground-based measurements as well as the aerosol measurements within the framework of the ADEOS satellite project make the estimation of the tropospheric aerosol concentration over the Atlantic possible. By means of an LAS-X aerosol spectrometer, which will be operated also during this cruise, the size distribution of the aerosols can be determined.

2.2.4 Vertical distribution of ozone over the Atlantic (AWI)

The vertical distribution of ozone will be recorded along the whole cruise track from Bremerhaven via Iceland to Punta Quilla by means of ozone soundings. Ozone is the prominent photooxidant in the troposphere and thus a key molecule relating to the oxidation potential of the atmosphere. Therefore, the knowledge of distributions and mixing ratios are of prime importance for atmospheric model systems. In order

to simulate the possible impact of anthropogenic emissions on tropospheric chemistry it is decisive to measure the distribution of ozone on a global scale.

The ozone soundings will also provide information about the stratospheric ozone profiles up to 35 km altitude. The successful ozone soundings performed during the Polarstern cruises ANT X/8, ANT XI/1 and ANT XI/5 should be verified and possible differences should be examined with respect to the different seasons in which the measurements have been performed. The vertical ozone profiles will be measured with balloon-born electrochemical ozone sondes.

2.3 Meteorology / Radiation measurements

2.3.1 Measurements of the solar UV-B irradiance (AWI)

In addition to the measurements of the stratospheric ozone and other trace gases we intent to measure a profile of the solar UV-irradiance in the wavelength range 290 to 330 nm during the whole cruise. The instrument allows the simultaneous determination of the desired spectral range with a resolution of 1.3 nm and a frequency of one measurement per second as well as a selectable averaging. Three types of values can be derived from these measurements: (a) The actual spectral irradiance, (b) irradiance time integrals and (c) ozone values from the irradiance ratio at different wavelengths which will be correlated to the absolute ozone measurements on board.

2.3.2 Precipitation measurements (IfMK)

Measurements of precipitation at sea are important for the determination of the driving of the thermohaline circulation and for climate research. Until now there was a lack of ground measurements of precipitation at sea which are required for the verification of model output and satellite algorithms. As a part of WOCE a mechanical ship rain gauge had been developed that enables measurements of precipitation from voluntarily observing ships and thus calibration of satellite data and numerical forecast products. Knowing precipitation over the oceans means knowing an essential component of the driving of the thermohaline circulation, which is an important subject of WOCE as a part of the World Climate Research Programme (WCRP).

In order to determine global precipitation the international introduction of ship rain gauges is required. This can only be initialized by the World Meteorological Organization (WMO) after the ship rain gauge has proved to be qualified for long term operation on moving ships and after the general validity of its calibration could be shown. This has already been proved for the mid latitudes using several years of simultaneous measurements with a special optical disdrometer that had been developed at our institute. The validity of the calibration under tropical conditions has to be investigated next.

For this purpose rainfall measurements on bord RV Polarstern started at the ANT XIII cruise and will be extended to the current ANT XIV cruise.

The instruments listed below will be installed on RV Polarstern:

- An optical disdrometer that measures the dropsize distribution of rainfall. These data are used to classify precipitation events and to calculate the rain rates as well as the liquid water contents.
- A ship rain gauge after Prof. Hasse also giving rain rates. In contrast to the ship rain gauge which already belongs to the ship our instrument is supplemented with a heating of the collectors.
- An anemometer.

These measurements of precipitation quantity can be taken as completion to investigations concerning chemical ingredients of precipitation in order to determine wet deposition of atmospheric aerosol.

2.3.3 Meteorological service (DWD)

The meteorologists on board will advise the master of the ship and the chief scientist concerning the weather conditions to be expected on a short- to medium-term time scale. Furthermore, meteorological service will be offered for the air chemistry programmes. Backward trajectories on the basis of the global model of the DWD will be provided. The routine meteorological measurements will be performed as usual.

2.4 Marine chemistry

2.4.1 Adenosine triphosphate in micro- and zooplankton (AWI)

As a central compound of energy metabolism all living cells contain adenosine triphosphate (ATP). Since ATP-levels in a number of organisms are well established, determinations of ATP offer the possibility to measure biomass. After the extraction of ATP from corresponding samples, measurements are performed by using the luciferine-luciferase system. Additionally a survey on the distribution of ATP in zooplankton organisms will be completed.

Research Program

Leg Punta Quilla - Punta Arenas (ANT-XIV/2)

1 General overview

The second cruise leg of "Polarstern" will start in Punta Quilla (Argentina) on November 12th, 1996. The major research is focused on the region around the Antarctic peninsula (Fig. 1). Around Elephant and King George Island, intensive investigations will be conducted on fish and krill biology under the umbrella of the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR). In addition to the studies of the biology and variability of fish and krill stocks, special topics will be investigated. The physiological adaptation of Antarctic animals to the cold environment as well as the isolation and characterisation of antifreeze proteins in fish is an important contribution to the research program. Samples of fish eggs will be taken for electron microscopical investigations, and the distribution and abundance of parasites in fishes will be recorded. Also main emphasis will be put on the ecology and life strategies of cephalopods. The biological research will be completed by ecological and taxonomic studies on Cumacea, Amphipoda and Isopoda. Biochemical investigations on the lipid biosynthesis and accumulation of the dominant copepod species will be performed. The abundance and distribution of whales will be monitored by observations and by acoustic methods using an array of hydrophones. The investigation on the influence of UV-B radiation on phytoplankton and primary production is another main topic. The programs of the physical oceanography include the hydrography of this region and the use of a new developed LIDAR system to measure dissolved organic material, gelbstoff and fluorescent pigments in algae in the upper layer of the water column.

At the end of the cruise "Polarstern" will sail to the "Jubany" base to pick up persons and to load equipment. Then the British base "Rothera" will be visited and supplied with fuel. The leg will end on January 1st, 1997 in Punta Arenas.

2 Research programs

2.1 Investigations on the composition of the demersal fish fauna around Elephant Island (BFA, SAM)

The Lesser Antarctic and the High-Antarctic demersal fish fauna overlap in the region of Elephant Island. About 50 species have been observed with Lesser Antarctic species predominating both in terms of species and biomass. The most abundant species in the region are mackerel icefish (*Champsocephalus gunnari*), marbled notothenia (*Notothenia rossii*), green notothenia (*Gobionotothen gibberifrons*) and Scotia Sea icefish (*Chaenocephalus aceratus*). All species were harvested regularly at the end of the 1970's/beginning of the 1980's and irregularly in the years thereafter. Investigations of the Federal Research Centre for Fisheries in Hamburg in the 1980's showed that stocks of mackerel icefish and marbled notothenia were heavily depleted by then. The last survey was conducted in 1987. Fishing has been prohibited by the Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources at the end of the 1980's.

The main objective of the survey will be to investigate how species have developed since 1987 and if and to what extent fish stocks have recovered since fishing was prohibited in the area. Based on a stratified random survey design, 40 hauls (30 minutes each) will be carried out down to 500 m depth by means of a commercially sized bottom trawl. In addition to the catch composition, length, age, and maturity composition of the abundant species will be studied. Stomach content analysis of mackerel icefish, marbled notothenia and green notothenia will augment information on the diet of these species collected in the 1970's and 1980's and will serve as comparative information for similar studies conducted around South Georgia. These investigations are a contribution of Germany to the 'Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources' (CCAMLR).

2.2 Variability of krill and zooplankton populations in the Elephant Island region, South Shetland Islands (BFA)

Since several years regular research activities have been carried out on the biology and variability of krill stocks west of the Antarctic Peninsula. These international activities take place under the umbrella of CCAMLR (Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources). The study area around the South Shetland Islands is of special interest, because during summer the commercial krill fishery is predominantly concentrated in this relatively small scale region. Krill plays a central role in the Antarctic food web, even for land based predators. The krill fishery competes directly with the natural predators like penguins, seals and whales for this resource. The working groups of CCAMLR consider both: penguin and seal colonies are studied by land based programs, while the composition and annual fluctuations within the krill stocks in the vicinity of these colonies are investigated by shipboard analyses. The results of these programs are combined and serve to describe dependencies among members of the food chain and quantify the food requirements of higher trophic levels. Principal causes have to be defined for the fluctuations, to distinguish between natural and man-induced effects before deciding on possibly necessary management regulations for the commercial krill fishery.

The German contribution to this so-called Ecosystem Monitoring and Management Program covers the investigations on krill stocks and zooplankton communities in the Elephant Island area. During 'Polarstern' cruise ANT XIV/2 we will work on the established station grid, which consists of 97 standard stations (Fig. 2). The standard gear will be the RMT 1+8. Fishing depth will be 0 to 200 m depth, since this covers the expected vertical distribution range of krill.

The studies will include the analysis of the krill stock composition, the estimation of stock abundance and biomass, the maturity stage development during the spawning season, the recruitment rate of the juvenile age group, and the comparison with the long term data set of the stock development. The results will support the CCAMLR working group which will already meet during summer 1997 to enable the working group to formulate updated recommendations for the management of the krill fishery.

Additional research will be carried out on the development of salp concentrations, which may occur in large quantities from year to year and can act as strong

competitors to krill for food resources. In year of mass salp occurrence, this species can negatively affect the seasonal development of the krill stock in the area. Measurements will include biomass estimations, growth rates and reproduction rates. Time series analyses will offer a possibility to correlate salp data with climatic and sea ice parameters to come to an understanding of the strong interannual variability in the development of this species.

Finally, the zooplankton samples will be sorted and determined to the species level. These data support information on the diversity of the observed communities as well as changes in the composition and abundance of species. This will allow the description of the natural variability within the communities. Again these data serve as a baseline for future studies, which will investigate the potential effects of climatic changes on the biological system in Antarctic waters.

2.3 Cephalopod ecology (IFM, ULPGC, NOAA, UL)

Research on Antarctic cephalopods is still in a very early stage, although the ecological importance of this faunal group within the Antarctic marine ecosystem is widely acknowledged. Gut content analyses have recently shown that Antarctic squid are very efficient in preying upon krill. In reverse, they are key prey organisms for top predators such as albatrosses, penguins, Weddell seals and elephant seals. However, sufficient data to quantitatively elaborate their role as prey and predator within the Antarctic marine food chain are still lacking. Even knowledge on geographical distribution, species life cycles and general biology of the most abundant species are still fragmentary. Another problem is that taxonomy of Antarctic cephalopods is not clear due to the lack of sufficient samples.

During the cruise our research team will sample all cephalopods from the catches taken with the various sampling gears. The major area for our studies will be the continental slope region off Elephant Island and the northern Antarctic Peninsula. The main species will be the glacier squid, *Psychroteuthis glacialis*, the gelatinous squid *Galiteuthis glacialis* and a number of octopus species. The collected specimens will form the basis for a variety of investigations on key questions of Antarctic cephalopod ecology.

First, we will study the general distribution patterns of the species sampled. A variety of morphometric measurements will be taken, and all animals will be identified to the lowest possible taxon, sexed and staged. After all these data have been recorded, selected animals will be fixed for long term preservation to allow later investigations like classical taxonomy studies. Special attention will be paid to document the various life stages of the most abundant species as cephalopods change their morphological characters markedly during their life cycle. These investigations will be done later in the home laboratory using light microscopy and SEM techniques. Further, we will examine the gut contents to describe the prey spectrum of the various species. We will also investigate maturity, fecundity and age of collected specimens. Maturity will be measured according to maturity scales available from the literature. Fecundity will be estimated by describing gonad structure and oocyte size and number of female squid. Statoliths will be extracted from the head and preserved. Age will then be determined by reading statolith rings later in the home laboratory. These investigations will provide first results on

Antarctic squid fecundity and age. Further, it is intended to collect and preserve the chitinous mandibles (beaks) from all cephalopod species collected and from different size classes. The collection will be kept as a reference collection of Antarctic cephalopod beaks to allow future identification of beaks sampled from predator stomachs.

Additionally to the trawl catches we will use a jigging machine for sampling squid at night in the surface water near the ship. If specimens of selected taxa are still in good conditions, they will be kept in aquaria to conduct feeding experiments.

The planned investigations will provide new scientific results on the key questions of Southern Ocean cephalopod ecology. All data from the field samples will be collected for further calculations of cephalopod biomass and food web modelling of the Southern Ocean.

2.4 Physiological adaptations to cold environment in Antarctic animals (AWI)

The colonisation of the Antarctic habitat requires special physiological adaptations to low temperatures. Antarctic species must be able to maintain physiological functions despite subzero temperatures, which are lethal for most temperate marine organisms. Our investigations will compare physiological adaptations to cold in fish, active invertebrates (cephalopods) and more inactive invertebrate species (bivalves or worms).

It has been proposed that polar species are able to compensate for the inhibiting effect of low temperatures on biochemical processes and maintain metabolic rates higher than expected from the extrapolation of data from temperate zone species. However, this concept of metabolic cold adaptation is still controversially discussed in the literature. We will determine metabolic rates of different Antarctic vertebrates and invertebrates and compare our results to data obtained from comparable species from temperate zones. This will elucidate the possible existence of metabolic cold adaptation in the historical sense. Some degree of metabolic cold adaptation may be expected in marine fish, which, in contrast to marine invertebrates, are hypoosmotic to the ambient water. Since the inward diffusion of ions along the osmotic gradient is only slightly altered by temperature, the metabolic costs for the elimination of surplus ions are maintained at low temperatures. This may lead to a higher degree of cold compensation in polar fish than in invertebrates.

If ion gradients are maintained in Antarctic species, high diffusion rates of ions along their chemical gradients despite low temperatures require an upregulation of ion transport mechanisms which are strongly inhibited in the cold. We will investigate whether ion gradients in Antarctic fish and invertebrates are maintained at the same level as in temperate species. If so, we expect that ion transporters show elevated activities in polar species. Therefore, we will determine the activities and the temperature sensitivities of different ion transporters (Na^+K^+ -ATPase and several transporters that are involved in acid-base homeostasis, e.g. Na^+H^+ -exchanger and $\text{Cl}^-\text{HCO}_3^-$ -exchanger).

Low temperatures may lead to specific adjustments in the relationship between the use of aerobic and anaerobic resources during activity. While temperate species cover the enhanced ATP demand during exhaustive swimming by anaerobic energy provision, polar organisms may rely largely on aerobic energy sources under these conditions. In some Antarctic fish, the concentration of lactate - the most important anaerobic end product - is only slightly increased after exhaustive activity. Different partitioning of aerobic and anaerobic processes in active polar organisms as compared to temperate species may result in altered effects of exercise on the acid-base and energy status of the animal. We will investigate the contribution of different anaerobic pathways to energy provision during exercise in fish and cephalopods and determine changes in the acid-base status and the ATP energy content.

The adaptation to subzero temperatures goes along with a reduced tolerance to temperature increases. In Antarctic fish upper lethal temperatures of about 6°C are common. It is not clear, however, which metabolic processes are disturbed by high temperatures and are responsible for limiting survival. Those key processes may comprise oxygen uptake and transportation, energy provision or maintenance of ionic and acid-base balance. We will investigate which of these processes are most sensitive to temperature and determine the sublethal temperature threshold above which disturbances of these processes occur.

In Antarctic cephalopods some additional aspects of cold adaptation are of interest: constantly low temperatures may have supported the development of ammoniacal buoyancy in some Antarctic squids which is, otherwise, typical for deep sea environments. The use of an energy-saving buoyancy mechanism in this environment may be an adjustment to reduced maximum energy turnover at low temperatures and/or reduced availability of prey. During the cruise, available cephalopod species, mainly octopods and if possible squid, will be collected and life specimens will be maintained in aquaria (also for the purpose to transport of some of the intact animals to the AWI). Species will be identified and the ecological background will be elaborated in cooperation with U. Piatkowski. In accordance with this information the physiological questions will be formulated and experiments will be designed. For an evaluation of critical temperatures and in order to evaluate the co-ordination of acid-base regulation and energy metabolism at low temperature tissue samples will be taken from animals incubated at different temperatures and will be analysed for intracellular pH and metabolite levels. Activities of key enzymes of aerobic and anaerobic energy metabolism will be measured in various tissues including the temperature dependence of their kinetic properties. Since allometric relationships may interfere, different life stages and sizes should be compared.

Up to now nothing is known about the role of the haemocyanin in oxygen uptake and transport to tissues in Antarctic cephalopods. Therefore, blood of different species will be sampled and the haemocyanin concentration, the O₂-binding capacity as well as the oxygen binding properties will be determined. Haemocyanin properties will be seen in the context of measurements of oxygen consumption rates at rest, during activity and at different temperatures. Measurements of oxygen consumption as well as ammonia and urea excretion rates permit a calculation of the O:N ratio which is indicative of which substrate is predominantly used for energy production.

2.5 Isolation and structural characterisation of antifreeze proteins of Antarctic fish (IPÖ)

In the blood of Antarctic notothenioid and Arctic gadiform fishes, freezing is inhibited by antifreeze glycopeptide macromolecules (AFGP). These antifreeze molecules are built up of repeating tripeptide units (Ala-Ala-Thr)_n, to which the disaccharide β-D-galactosyl-(1→3)α-D-N-acetyl-D-galactosamine is linked through the hydroxyl oxygen of the threonyl residue. Species of Liparididae, Zoarcidae, Cottidae and Pleuronectidae synthesise only unglycosylated antifreeze peptides (AFP). It could be demonstrated for the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* that the synthesis of AFGP is not constitutive but rather regulated by the water temperature. Moreover, a novel glycopeptid was isolated and characterised from *P. antarcticum*, the 'Pleuragramma-antifreeze glycopeptid' (PAGP). The level of antifreeze concentration was dependent on the ambient water temperature, the depth of distribution, the life cycle and the evolution of the species. Surprisingly, detectable AFGPs in perciform fish of the Antarctic and gadiform fish of the Arctic and Antarctic could illustrate, that a precursor glycopeptid existed before the continental drift occurred, and that the existence of freezing resistance in some species reflects the past glaciation. The wide distribution and high heterogeneity of AFPs point to the assumption that these peptides are results of cold shock stress responses.

The investigations will focus on those species of the endemic Antarctic suborder of Notothenioidei offering the most effective antifreeze. In addition, boreal species (e.g. *Myoxocephalus scorpius*) will also be dealt with in comparison. For some of the already isolated AFGP from more than 30 species antibodies will be produced. They will help to identify and clone the relevant AFGP genes as a prerequisite for further genetic analyses and expression experiments. Comparative sequencing of these genes will answer questions on the phylogenetic origin of these species, in particular of the Notothenioidei. The pelagic Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum*, is used as an example to answer population-genetic questions. *P. antarcticum* represents a key organism in the Antarctic food chain. This species lives in large groups in the high Antarctic and the Scotia arc. It is the only Antarctic species that is fully pelagic. This is one of the reasons why it shows special biochemical features, as for example, an additional antifreeze glycoprotein.

Measurements for freezing point depression have shown that the combination of different antifreeze substances in *Pleuragramma antarcticum* offer effective protection even in low concentrations. This fact should be used in experiments for the cryopreservation of animal cells and tissues. In experiments with bovine oocytes and sperms at the Veterinary University of Hannover and the University of Gießen as well as with islets in a cooperation with Boehringer Mannheim, the efficacy of the antifreeze mixture will be tested in freezing and thawing experiments. As indicated by more recent studies, antifreeze technology opens up entirely new perspectives for the future in the areas of biotechnology, aquaculture, agriculture, veterinary and human medicine, and food industry. It offers a wide range of possible applications: due to the fact that antifreeze proteins are very common, non-toxic even in higher concentrations, freely soluble in buffer or solutions for vitrification, and do not show a significant change in osmolarity, they are considered as an extremely attractive substance even for the cryopreservation of food, or animal and human tissues. However, an effective and cost-advantageous application requires the production of AFGP/AFP by genetic engineering. The production of winter-resistant plants or frost-

resistant aquacultural organisms are another area of application. From investigations regarding the genetic origin of antifreeze proteins it is to be expected that questions on evolution/phylogenesis of fish and also of other organisms will be discussed anew. Particularly the question of the colonisation of the Antarctic Ocean may be answered by these studies.

2.6 Fine structural studies of fish eggs from Antarctic waters (IZUD)

Eggs from fishes in Antarctic waters, which are usually present in plankton samples, cannot be identified easily. Diameter, colour, occurrence and absence or presence of oil droplets are features which do not permit an unequivocal identification. From 1988 onwards my scanning electron microscopical investigations with fish eggs from Antarctic species have established that features on the surface and the morphology of the micropyle provide the differences necessary for the safe assignment to families, genera and even species (Riehl & Kock 1989).

Normally unfertilised eggs from carefully assigned fish species are used for the safe identification of their morphological characteristics. Investigations of *Trematomus eulepidotus* eggs have shown that their surface pattern and the arrangement of the pores are comparable in fertilised and unfertilised eggs (Riehl & Ekau 1990). These examinations should be extended to other species. The results should be assembled into a catalogue that will enable other investigators to assign fertilised eggs from planktonic samples of the Antarctic region. These may be used for the identification of spawning regions and provide urgently needed information for the management of these important fishing grounds. This catalogue would be very helpful also for the implementation of the agreement about the protection of the living treasures in the Antarctic sea.

In the proposed program ANT XIV/2, I would like to use additional unfertilised eggs from fertile females to continue the work on the catalogue of fish eggs in Antarctic waters (in cooperation with K. H. Kock, BFA for Fisheries). In addition, I would like to take samples of other ovarian tissues for specialised histochemical, cytochemical and electron microscopical investigations. These should help to elucidate the hitherto unknown facts about oogenesis in fish species from the Antarctic regions.

Literature

- Riehl, R. & Kock, K.-H. (1989): The surface structure of Antarctic fish eggs and its use in identifying fish eggs from the southern ocean. *Polar Biol.* 9, 197-203.
- Riehl, R. & Ekau, W. (1990): Identification of Antarctic fish eggs by surface structures as shown by the eggs of *Trematomus eulepidotus* (Teleostei, Nototheniidae). Validation of the method. *Polar Biol.* 11, 27-31.

2.7 Life history and growth of Antarctic fishes (SOES)

Life history strategies and ecological dynamics are unknown for many Antarctic fishes (North 1991, Eastman 1993). A central theme in ecology is understanding early developmental events and relative growth of the species of concern.

Accordingly, we propose a research plan which is aimed at understanding life history and ecological dynamics of Antarctic fishes by extracting a record of the past life history of an individual fish from otolith carbonate. Specifically, we plan to take full advantage of advances in analyses and interpretation of fish otoliths as chronological storage sites of growth and ecological information.

Investigations of the life-history and growth of Antarctic fishes would benefit from tracing growth patterns of individuals. The calcified tissues of fishes, such as otoliths, have incorporated within their structure a large amount of life-history information. This information is revealed by appropriate methodology. The Antarctic environment is characterised by wide seasonal fluctuations in the light cycle, pack-ice cover and plankton productivity. Results from net tows have indicated that the earliest stages of larval fishes are present in the plankton year-round. It is necessary to determine the time scale of major events in ontogeny and the growth rates of individual fish in order to understand the relationships between early life-history processes and the biotic and physical environment. Such information can be obtained from the otoliths of larval Antarctic fishes. Crucial events in the early life history, including larval hatching, first feeding or intrinsic metabolic events may be recorded in otolith microstructure by distinct checks, providing information on the relative time scales of larval ontogeny. Microincrements will yield data on age and growth rates of larvae.

Antarctic fish life history ontogeny can be divided into three major developmental strategies: Type I, species that produce a large number of small larvae that remain in the water column only during the summer season and settle to the bottom before winter; Type II, species that produce many small larvae that hatch in the spring and summer and remain in the water column over the winter season; and Type III, species that produce a small number of large offspring that are endowed with a large yolk supply. Species will be selected from three developmental strategies (I, II, or III), based on abundance during field seasons, to compare ecological dynamics among different life history strategies. We will use the characteristics of hatch date variability, ageing, and growth of the early life stages to provide clues to the adaptive significance of major developmental strategies. To describe growth, we will apply otolith microstructure techniques. We will also use hydrographic data to describe the physical environment in which each species lives.

In addition, we intend to establish retrospective and predictive relationships between the structure of otoliths and ecological factors; to understand interactions among ecological factors that affect otolith structure; and to combine the estimation of ecological information encoded in otoliths with field observations to evaluate the importance of several life history parameters on the success of Antarctic larval fishes. These techniques will yield a wealth of data from each sample thus ultimately reducing our own impact on the populations.

Specifically, we will:

- 1) define the chronological characteristics of life history strategies for Antarctic fishes
- 2) determine hatch dates, age and size at important ecological transitions, and growth dynamics for each life history strategy
- 3) examine how environmental conditions may affect the range of expression of ecological parameters for each life history strategy

4) advance the application of otolith methodologies in Antarctic fishes

Proposed field studies: fieldwork is proposed to collect Antarctic fishes representative of different developmental strategies in order to test the proposed life history and ecological dynamic predictions. The principle objectives of the field program are: 1) to collect larvae and juveniles for otolith analysis, 2) to collect physical and biological oceanographic information to supplement ecological models, and 3) to advance the predictability and use of otolith increment deposition.

Hydrographic data and larval and juvenile fishes will be collected during cruises. Specific sites can be negotiated on an opportunistic and cooperative bases, as sampling can be done in conjunction with other proposed studies.

Fishes will be collected with a mid-water trawl and bongo nets. Water column samples will be procured from each collection station using STD. Each station will be sampled at a variety of depths dependent upon bottom topography. Ultimate sample locations will be subject to constraints on time and safety.

2.8 The nematode fauna in fish off the Antarctic Peninsula (IFM, AWI)

Parasites have an important impact on marine ecosystems. The infested host species may suffer by weight loss as well as abnormality of blood, organs and metabolic processes. In addition, parasites can produce mechanical damage and prevent sexual maturity. Heavy infestation can cause substantial losses in host populations.

Nowadays, parasite investigations in high Antarctic waters are restricted to a limited number of studies, mainly on single parasite species. General studies exist only on trematodes and acanthocephalans. Within the nematodes, a frequent parasite group in Antarctic organisms, even basic taxonomical questions are not yet solved. Comparative investigations on the Antarctic parasite fauna from different localities are still lacking.

The main topic of this study is to investigate different fish species from around the Antarctic Peninsula for the occurrence of parasitic nematodes, especially the anisakid species *Contraecaecum osculatum*, *C. radiatum* and *Pseudoterranova decipiens*. A similar investigation has been carried out along the eastern Weddell Sea coast. Other parasite groups will be collected and fixed for subsequent investigation in Kiel. Together with data from the eastern Weddell Sea coast and from the argentine research station Jubany (Antarctic Peninsula), the infestation rates in relation to different high Antarctic coastal zones can be compared. A second approach is to use the parasite fauna of the Antarctic herring *Pleuogramma antarcticum* as biological tag for stock separation.

Together with earlier investigations on the parasite fauna of high Antarctic fishes and penguins, the study will reveal more detailed information on the life cycles of such nematodes. This will help to interpret the interactions of the different fish species within the high Antarctic food web.

2.9 Systematic and biogeography of Cumacea and Amphipoda (Crustacea) (ZIH, MfN)

Cumaceans and amphipods shall be studied from deep sea dredge samples. One of the aims of the project is to test in which direction the colonisation of the Antarctic shelf occurred. There are two hypothesis. Antarctic shallow water species may have invaded the deep sea during the tertiary climatic changes, or cold adapted deep sea species could have colonised the cold shallow water of the continental shelf of the Antarctic followed by a adaptive radiation. The distribution patterns of amphipods and cumaceans can be used to test these hypothesis. The consequence of the slow mode of dispersal, which probably is related to parental care, is that biogeographic patterns of cumacean and amphipod species only change slowly. We are interested in the degree of endemism of amphipods and cumaceans in the Antarctic deep sea and the question if there is a homogenous species composition in comparison with other deep sea regions of the world. Another objective of the project is the taxonomy and phylogeny of amphipods. New species shall be described and many existing descriptions of more than 700 species are to be revised. Part of the material shall be used for comparative morphological and anatomical studies. The mouthpart morphology, the anatomy of alimentary canals and the gut contents, shall be examined and may shed some light on the role of amphipods in the Antarctic food web. Besides these ecological aspects some anatomical structures are complex characters that can be used for phylogenetic reconstructions. The collected material, not only the cumaceans and amphipods, shall enlarge the systematic collections of the Natural History Museums in Berlin and Hamburg.

2.10 Genetic isolation of benthic Isopoda (Crustacea) and speciation mechanisms in the Southern Ocean (UB)

The biodiversity of extant Antarctic benthos is the product of a long history of isolated evolution in a relatively constant polar environment. Not only large numbers of species but probably also diversity at the population level are the result of this evolutionary radiation. Our previous taxonomic and biogeographic studies have shown that several benthic isopod species have local phenotypes that differ considerably between localities.

It is intended to study the genetic polymorphism within species, comparing local populations of isopods on a small scale (around Elephant Island) and over larger distances (along South Shetland Islands and on both sides of marine trenches). The results will be compared with already known morphological polymorphism, and be correlated with the different mobility of species and the resulting effectiveness of potential dispersal barriers. For the intraspecific genetic studies rDNA- and mtDNA-sequences are used.

A second aspect is the reconstruction of phylogeny within monophyletic groups of isopod species and evaluation of genetic distances. Phylogeny inferred from DNA-sequences can be compared with results from classical morphological studies and contribute to our knowledge of the evolutionary history of the Antarctic fauna.

For both intra- and interspecific investigations also material will be used, that was sampled in the season 95/96 during ANT XIII/3 in the Eastern Weddell Sea. Isopods will be taken from bottom trawl and/or Agassiz' trawl. It is essential to get material from topologically separated populations.

2.11 Lipids in Antarctic copepods (AWI)

Lipids in polar organisms have an important significance, since they maintain e.g. fluidity of biomembranes at low temperatures by high portions of polyunsaturated fatty acids. A further important requirement for survival in polar regions is the possibility of energy storage in form of lipid reserves. There are three possible sources of fatty acids: first there is a direct uptake from the diet, second the copepods modify fatty acids taken from the diet and the third possibility is the *de novo* biosynthesis.

The lipid and fatty acid/alcohol composition of different species will be investigated as well as the origin of the fatty acids. On the basis of marker fatty acids, which are typical for certain phytoplankton groups, the source of fatty acids can be determined. Another possibility is the use of the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio of the fatty acids. In enzymatic processes in the copepods there is a fractionation of carbon which can perhaps be used to conclude on the source of fatty acids.

Copepods will be collected by a bongo net with various mesh sizes depending on the size of the copepods. Specimens will be sorted immediately on board into different stages and sexes and used for feeding experiments with ^{13}C labeled phytoplankton or subsequently stored in dichloromethane/methanol at -30°C until GC/MS analysis in Bremerhaven.

2.12 Abundance, distribution and behaviour of cetaceans in the region of the South Shetland Islands with regards to abiotic and ecological factors (ZIH)

Since the south polar oceans have been declared to be a whale sanctuary by the IWC (International Whaling Commission) in 1994, research efforts increased in order to obtain a more extensive picture of cetacean stocks in this region. Antarctic waters represent - especially because of their high abundance of krill - one of the main feeding grounds for the great whales. So far, only little is known about cetaceans in the area that will be covered by the research cruise ANT XIV/2. Furthermore, the area has never been included in IWC surveys.

During the cruise we will conduct systematic whale observations to identify species and record abundance and behaviour of animals sighted. Possible interactions and relationships to other marine mammals and/or birds will also be noted. As far as possible, photographic documentation will be made. In co-operation with other working groups we will try to find out possible ecological correlations. E.g. parallel to the BFA krill survey we will conduct a modified line transect survey for whales. The data collected will be analysed with respect to all available ecological and abiotic factors and will also be compared with data collected during AMLR (Antarctic Marine Living Resources) cruises during the last few years.

2.13 Cetacean acoustic survey (HWU)

Whenever possible during the voyage, we will deploy an array of hydrophones to listen for cetacean vocalisations. The hydrophones are mounted in a streamlined oil-filled tube towed on 400m of cable astern of the ship. A computer controlled recording system takes recordings every few minutes. These recordings cover the range of audible frequencies above 200Hz and also higher frequencies which will be analysed by playing back at half speed. Below 200Hz the noise of the ship is too great to make useful recordings.

In addition, an automatic high frequency click detector will be running continuously. One of the main species we expect to hear are sperm whales and it is hoped to get sufficient data to be able to estimate sperm whale densities in the area. Sperm whales make regular click type vocalisations. The hydrophone array with two elements allows bearings to vocalising sperm whales to be calculated by measuring time difference between the arrival of the signal at each element. Another species of particular interest is the southern bottlenose whale which is known to make vocalisations around 30kHz. We hope to work closely with the team of visual observers to compare the results of visual and acoustic monitoring.

2.14 Effects of UV-B radiation on Antarctic phytoplankton (AWI)

Depletion of atmospheric ozone increases the flux of UV-B radiation that penetrates into the euphotic water masses of the Southern Ocean. Research to estimate the effect and the mechanism(s) causing the effect of this UV-B enhancement on primary production rates in the Southern Ocean have been, so far, only possible by using uncontrollable in situ incubations. Now we will employ a specially designed incubator that generates accurate simulations of natural irradiance spectra with different UV-B fluxes. The sensitivity of phytoplankton for UV-radiation, time scales of observable effects and rates of recovery from UV-B radiation are strongly influenced by photosynthetic rates that are driven by the energy of visible light. While diatoms represent the most successful phytoplankton group in the Southern Ocean, relatively little is known about their biophysical and physiological characteristics. The main topic of this study is to investigate the sensitivity and acclimation rates of Antarctic phytoplankton, that are acclimated to the prevailing environmental conditions in the Southern Ocean, to different UV-B fluxes. As an important aside, we will study the interplay between the hierarchical cascade of photosynthetic processes and structural features of diatoms relative to the physical structure of the Southern Ocean. The outcome of the research will be used to set priorities for future laboratory studies.

Depth profiles will be made to document the underwater spectral light regime covering the ultraviolet and visible region. Samples from different depths from the euphotic zone will be filtered and stored for later analyses of C, H, O, P and N, carbohydrate, protein, dry weight, lipid content, in vivo absorption characteristics and HPLC analysis of pigmentation. Photosynthesis versus irradiance curves will be made immediately after sampling in the incubator using two different fluxes of UVB relative to visible light. Depending on the actual stratospheric ozone concentration during the cruise, incubations will be performed aimed at elucidating the induction, or restoration, of UVB driven effects. Small volumes of samples will be

dark adapted and subsequently subjected to active fluorescence measurements. The fluorescence measurements include induction curves with and without addition of a blocker of electron transport, reoxidation kinetics of the primary electron acceptor, analysis of the dependence of operational quantum yields relative to continuous incident irradiance, and analysis of antennae characteristics using microsecond light-flashes.

3 Physical Oceanography

3.1 LIDAR-measurements of optical parameters of seawater and hydrography (UOL, AWI)

A hydrographic lidar has been developed jointly by the University of Oldenburg and the Alfred Wegener Institute, Bremerhaven. Goal of this development is to make available a method which allows to derive depth profiles of hydrographic parameters in the upper water layers in a remotely sensed way. During the cruise ANT XIV12 vertical profiles of backscattering, yellow substance concentration and beam attenuation will be measured continuously.

The LIDAR-System is installed above a window near to the keel of RV Polarstern. The beam of a pulsed Nd:YAG laser with three different wave lengths in the ultraviolet and visible part of the spectrum is send downward into the water column through the window. Returning signals are collected by a telescope and registered with a time resolution of one nanosecond at several wavelength. Elasticity scattered light due to particles, Raman scattering from the water column and fluorescence from different organic substances can be separated. From these data, the beam attenuation coefficient, the backscattering coefficient and the concentration of fluorescent organic compounds (DOM, gelbstoff, fluorescent pigments in algae) are derived as depth profiles with a vertical resolution of about 0,2 cm. Penetration depth into the water column is approx. 50 m in clear oceanic waters, depending on the attenuation.

In stratified waters it is possible to distinguish horizontal from vertical structures with a high spatial resolution. This is in contrast to data from sensors at a fixed depth in the hydrographic hatch, from which these two effects can not be separated.

In parallel to the lidar, the COMED (Continuous Measurement Device) from the marine physics group of the AWI will be operated in the hydrographic hatch to provide data for temperature, salinity, fluorescence of yellow substance and chlorophyll from a fixed depth. To verify the remotely sensed depth profiles from the lidar, measurements with CTD and optical in situ sensors will be performed on stations. Seawater samples will be analysed by use of a laboratory fluorometer.

3.2 Remote sensing (MGO)

A new satellite receiver and processing system for the Special Sensor Microwave Imager (SSM/I) has been installed onboard the RV "Polarstern". The SSM/I is also carried onboard the US Defense Meteorologists Satellite Program (F-series), providing passive microwave signatures over the area of interest several times a

day. The SSM/I data is compatible with the NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) images for mapping the sea ice conditions near our area of interest. Since the SSM/I is an all weather, day and night sensor, sea ice information can be obtained for each overpass of the satellite, whereas the AVHRR visible and infra-red images require nearly cloud free windows in order to distinguish between sea ice, water and clouds.

The receiver and processing package for SSM/I and AVHRR data is a development by SeaSpace Corporation, San Diego, California. The new windows package, TeraVision, runs on a Sun Sparc station and is capable of providing satellite data products in "real time". My main task is to train the Captain, navigation officers and meteorologists on the potential of satellite information for mapping sea ice conditions (e.g. ice edge, ice concentration) and windspeed over the open ocean. The sea ice products will be derived from the SSM/I NASA Team and the new 85 Ghz sea ice algorithms. The advantage in using the 85 Ghz algorithm is resolution. The conventional NASA Team sea ice products has a 25x25 km grid spacing compared to a 12.5x12.5 km grid spacing produced using the 85 Ghz channel data. The reception of AVHRR images in real time will be an asset to the meteorologists and scientists. Weather systems and sea surface temperatures (1.1 km grid spacing) can be monitored.

The Antarctic is unique, to date, because the SSM/I data is de-coded, which is not the case in the Arctic. Countries other than the US will need a decoder for the SSM/I data for areas other than the Antarctic. Thus, the Antarctic was the natural choice to work with the SSM/I data on a non-US ship.

This expedition provides an excellent opportunity to write a users manual based on the RV "Polarstern" Antarctic experience in using satellite data in real time. The reception of satellite data in real time is for now and the future, reducing communication costs to a minimum and providing operational sea ice, oceanographic and weather information. A Mini-Environmental Service at sea is foreseeable in the early 2000's.

