



Expeditionsprogramm Nr. 51

FS „POLARSTERN“

ANTARKTIS XVI / 3 und 4
1999

Z 432

51
1999

10. März 1999



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
Bremerhaven, Februar 1999

X 1894

Expeditionsprogramm Nr. 51

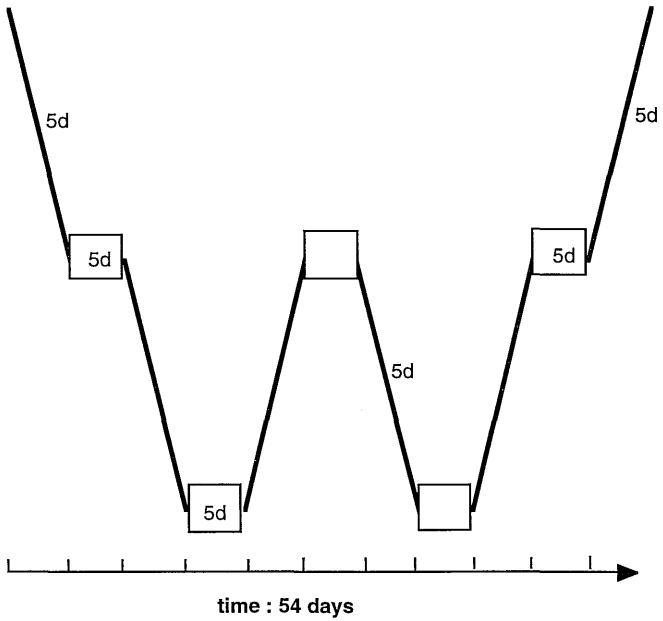
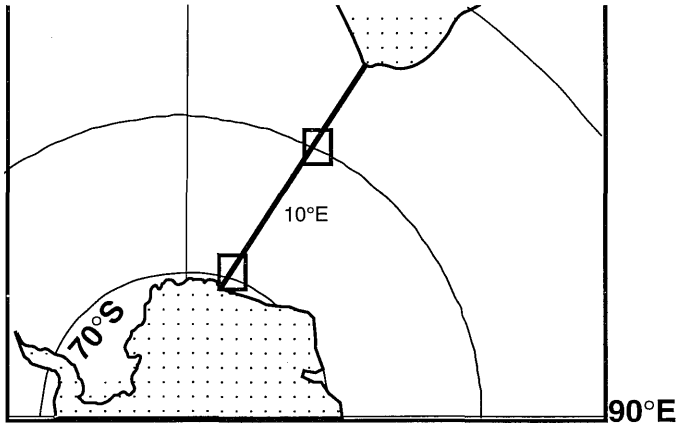
FS „POLARSTERN“
ANTARKTIS XVI/3 und 4
1999

Koordinator: Prof. H. Miller

Fahrtleiter:
ANT XVI/3: Prof. V. Smetacek

ALFRED WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN

Februar 1999



Schematische Darstellung des geplanten Fahrtverlaufes von ANT XVI/3 (Smetacek, Bathmann)

FAHRTABSCHNITT ANT XVI/3 KAPSTADT – KAPSTADT (18.3.99 – 10.5.99)

1. EINLEITUNG = FAHRTLEITER V. Smetacek (AWI)

Zusammenfassung

An ozeanischen Fronten ablaufende physikalische, chemische und biologische Prozesse beeinflussen die angrenzenden Ozeanbereiche weiträumig und nachhaltig, obwohl diese Prozesse selbst nur in geringen räumlichen Ausdehnungen ablaufen. Vorbedingung zum Verständnis dieser Prozesse und den ihnen zugrunde liegenden Kausalzusammenhänge ist eine Datendichte, die sehr viel kleinräumiger ist im Vergleich zu der, die während normaler Expeditionen gewonnen wird. Das Schleppsystem ScanFish ermöglicht durch sein schnelles Durchstreifen des Wasserkörpers bis zu einer Tiefe von 300 m eine detaillierte Aufnahme physikalischer, chemischer und biologischer Daten und wird daher während ANT XVI/3 in einem Hochproduktionsgebiet an der Polarfront (ca. 50°S) zur kleinräumigen Erfassung der entsprechenden Strukturen im Wasser eingesetzt. An kontinuierlich genommenen Proben des Oberflächenwassers (8 m Tiefe) werden weitere wichtige biologische und chemische Parameter bestimmt. Zwei kleinräumige dreidimensionale Untersuchungen (10 km Transektabstand) werden in Gebieten mit 100 km Kantenlänge am Anfang und am Ende der Fahrt durchgeführt. Dazwischen wird auf meridionalen Transekten eine Reihe Stationen durchgeführt, an denen Wasserproben mittels Schöpfnern aus diskreten Tiefen bis zum Meeresboden genommen werden. Die eingesetzten wissenschaftliche Geräte umfassen neben der CTD, das Multi- und Bongonetz, das Rectangular Midwater Trawl (RMT) und in situ Pumpen. Ein großräumige Aufnahme der Hydrographie gegen die Hauptstromrichtung soll Informationen über die Vorgeschichte der gemessenen Größen der Untersuchungsgebiete an der Front liefern. Zu Beginn und am Ende der Fahrt werden Verankerungen mit Sinkstofffallen und verschiedenen Sonden abgebracht bzw. wieder geborgen. Auf dem Weg ins Untersuchungsgebiet sollen Verankerungen anderer Arbeitsgruppen versorgt werden.

Hintergrund

Die Expedition ANT XVI/3 ist Teil der internationalen Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS), die den Kohlenstoffkreislauf erfassen will mit dem Schwergewicht auf der Erfassung von Prozessen, die bei der CO₂ Aufnahme im Ozean aus der Atmosphäre, dessen Einbau in organisches Material und dem anschließenden Transport in große Ozeantiefen maßgeblich beteiligt sind. Für diese Untersuchungen im Rahmen von JGOFS wurden international eine Reihe Basisparameter identifiziert, um alle relevanten Prozesse quantitativ erfassen zu können. Während ANT XVI/3 werden wir nicht alle dieser Parameter messen, da wir uns auf mesoskalige Prozesse an Ozeanfronten und deren Mechanismen konzentrieren werden.

Die ersten beiden JGOFS Expedition mit RV Polarstern (ANT X/6 und ANT XIII/2) in die Antarktis wurden im Süd-Sommer durchgeführt und brachten kontroverse Ergebnisse. Im Oktober/November 1992 wurde der Aufbau einer fast monospezifischen Diatomeenblüte beobachtet, der zur starken Untersättigung des Oberflächenwassers mit CO₂ führte. Da im selben Gebiet die anfänglich sehr hohen Konzentrationen gelösten Eisens im Verlauf der Blütenentwicklung abnahm, nahmen wir an, daß das Phytoplanktonwachstum in diesem Bereich des Südpolarmeeres eisenlimitiert war. Zusätzlich waren die geringen Durchmischungstiefen der Ozeanoberflächenschicht förderlich für das Phytoplanktonwachstum. Zusätzlich wurde die Verteilung

der Phytoplanktonarten durch die Dynamik in der Frontenzone bestimmt, die zu Überlagerungen von Wasserkörpern führte. Nur so ist zu verstehen, daß bis in über 100 m Wassertiefe hohe Phytoplanktonkonzentrationen auftraten, deren Heranwachsen nur oberflächennah erfolgt sein konnte. Während ANT XIII/2 hingegen war die natürliche Konzentration gelösten Eisens sehr gering. Das Wachstum der Diatomeen verlief sehr langsam; auch wurden stark verkieselte, stachelige Algenarten begünstigt. In Gegensatz zur früheren Fahrt war die Konzentration (Biomasse) kleiner (cyclopoider) Copepoden um mehrere Größenordnung höher. Diese autotrophe und heterotrophe Biomasse blieb über mehrere Wochen in der Deckschicht des Ozeans erhalten; es kam kaum zur CO₂ Abreicherung im Oberflächenwasser. Dennoch sank über die gesamte Wachstumsperiode gemessen, ähnlich viel organisches Material in größere Meerestiefen, wengleich sehr langsam und mit einem hohen Silikatanteil und geringen organischem Kohlen- und Stickstoffkonzentrationen. Da beide Fahrten vor Ende der Wachstumsperiode beendet waren, blieb unklar, wie die weitere Entwicklung im Plankton nach dem eigentlichen Blütenaufbau verläuft. Dies ist ein Forschungsgegenstand von ANT XVI/3.

Ein weiteres Fahrtziel widmet sich dem antarktischen Zooplankton besonders dem Krill. Diese Untersuchungen werden in dem Bereich des Weddellmeeres an der sich ausbreitenden Meereiskante bei ca. 70°S durchgeführt. Die Ernährung- und Lebenssituation des antarktischen Krill beim Übergang zum Winter sollen erfaßt werden. Folgende Überwinterungsstrategien des Krill sind bekannt: karnivore Ernährung, Fraß von Eisalgen, Reduktion der Körpergröße oder der Respiration, Nutzung von Lipidreserven, wobei jedoch immer nur von einem, bzw. wenigen Mechanismen gleichzeitig berichtet wurde. Was die Art der spezifischen Überwinterungsmechanismen bestimmt, ist unbekannt. Studien, die alle Aspekte gleichzeitig berücksichtigen, fehlen bisher.

Probennahme und Experimente sollen während der Expedition im Rahmen des IGBP Kern-Projektes "Southern Ocean Global Ocean Dynamics" (SO-GLOBEC) durchgeführt werden. Dabei sollen zum ersten Mal für den Südozean bei Krilluntersuchungen verschiedenste *in situ* und Labortechniken kombiniert eingesetzt werden. Neben den konventionellen Netzfängen ist der Einsatz von schiffsgebundenen und verankerten Acoustic-Current-Doppler-Profilern (ADCP), eines Optical Plankton Counters (OPC) geplant. Neben traditioneller Mikroskopie werden mit Hilfe analytischer Methoden folgende Parameter bestimmt: C/N-Gehalt, Trockengewicht, Respiration, Exkretion $\delta^{15}\text{N}$ und $\delta^{13}\text{C}$ Isotope, Gesamtlipide, Lipidklassen und Fettsäurezusammensetzung, freie Aminosäuren, Karotinoide und Chlorophylle (HPLC) sowie die Darmfluoreszenz, und in Kooperation mit Prof. F. Buchholz (BAH Helgoland), die Krill-Verdauungsenzyme, die Chitinasen sowie Proteine. Dieser methodische Ansatz wurde unter Mitwirkung von Vertretern des CCAMLR bereits vom internationalen Southern Ocean GLOBEC aufgenommen und soll später auch in anderen internationalen Experimenten in der Antarktis verfolgt werden. Die gewonnenen Daten sollen in die SO-GLOBEC Datenbank einfließen und somit zur Abschätzung bzw. Modellierung der Krillbestände beitragen. Zur Entwicklung von Strategien für die nachhaltige Bewirtschaftung des Krills ist dies von essentieller Bedeutung.

1. **INTRODUCTION = CHIEF SCIENTIST**
 V. Smetacek (AWI)

Summary of cruise ANT XVI/3
Scientific Background, Objectives and Itinerary

The cruise ANT XVI/3 is part of the international Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) dedicated to measurement of the carbon cycle with particular focus on processes leading to CO₂ drawdown from the atmosphere and transfer of biogenic matter via vertical flux to the ocean interior. This cruise is also part of the international Global Ocean Ecosystems Dynamics (GLOBEC) study whose Southern Ocean component is dedicated to elucidating the life history characteristics of the Antarctic krill (*Euphausia superba*).

The JGOFS studies will assess the situation in the Antarctic Circumpolar Current (ACC) during austral autumn and most measurements will be carried out in the region of the Polar Front at approx. 50°S. The larger phytoplankton (diatoms) will receive special attention as they are responsible for the bulk biogeochemical fluxes in the world ocean. Processes occurring along frontal zones, although restricted in their spatial extent, have a major impact on the physics, chemistry and biology of the Southern Ocean. A prerequisite to understanding these processes and the various causative mechanisms is data collection at scales commensurate with the complex dynamics of frontal systems.

The towed, undulating instrument ScanFish enables rapid, detailed mapping of the surface ocean down to about 200 m depth and the main aim of ANT XVI/3 is to measure physical, chemical and biological parameters using this instrument along a productive frontal zone. A suite of additional properties will be assessed simultaneously in water samples taken from the sea surface. These include: the CO₂ system, macronutrients, dissolved iron, discrete chlorophyll measurements and species composition of plankton. Two small-scale (10km grid spacing) three-dimensional surveys (ca. 100 x 100 km) will be conducted in the beginning and end of the cruise. Between these surveys, a meridional transect comprising a number of water column stations will be carried out through the survey area. Gear deployed at these stations will include a CTD rosette, multinet, Bongonet, Rectangular Midwater trawl and in situ pumps. At the start and end of the cruise, moorings with sediment traps and ADCP will be deployed and retrieved respectively. In addition long-term moorings in the area will be serviced.

The SO-GLOBEC studies will be carried out in the region of the advancing ice edge in the Weddell Sea at approx. 70°S. The nutritional status and life cycle stages of krill in the transition period to winter will be recorded. Krill are reported to feed on a diverse array of organisms ranging from copepods and phytoplankton to ice algae; some studies indicate that they starve through the winter or depend on lipid reserves. Krill distribution in relation to the sea ice will be studied with ADCP profilers and nets. Live krill will be studied under experimental conditions and a range of chemical measurements will be employed to assess nutritional status. The results will be incorporated in the GLOBEC data base.

FS "Polarstern" will leave Cape Town on 18th March 1999 and proceed to the site of previous measurements in the Polar Front (ca. 50° S; 12°E). Well after leaving South African waters, ScanFish will be deployed and towed continuously at about 8 - 10 kn till the study site is reached. Surface recordings of various parameters including the CO₂ system, macronutrients, dissolved iron, discrete chlorophyll measurements and species composition of plank-

ton will be carried out. The first test station employing the CTD rosette and various nets will be conducted and the mooring deployed prior to carrying out the first ScanFish survey which will take about 5 days of continuous towing. After completion of the meridional transect, Polarstern will steam South to the Weddell Sea ice edge and conduct krill surveys in the vicinity of the ice for about 5 days. Thereafter the ship will return to the Polar Front and repeat the ScanFish survey in order to assess the change in water mass position and phytoplankton biomass distribution. The remainder of the cruise will be dedicated to krill studies in the Weddell Sea. This is a tentative programme subject to change due to weather conditions prevailing at the respective study sites. The ship returns to Cape Town on 10th May 1999.

2. **WETTER** Flechsenshar (DWD)

In der Bordwetterwarte arbeiten ein Meteorologe und ein Wetterfunktechniker des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit folgenden Aufgaben:

- Routinemäßige meteorologisch-ozeanographische Beratungen der Schiffsführung und wissenschaftlichen Fahrtleitung. Flugwetterberatungen. Herausgabe meteorologischer Warnungen. Weiterführende Beratungen einzelner Fahrtteilnehmer auf Anfrage. Die Bordwetterwarte trägt zur Erhöhung der Effektivität durch entsprechende Beeinflussung der Ablaufplanung für die Forschungsarbeiten bei.
- Täglich 6 Wetterbeobachtungen sowie bis 2 Radiosondenaufstiege zur Erfassung der vertikalen Struktur der Atmosphäre. Datentransfer via Satellit und DWD in das Telekommunikationsnetz (GTS) der World Meteorological Organization (WMO).
- Registrierung meteorologischer Messungen an Bord (z. B. Strahlung: Global- und UV) und Aufbereitung der Daten. Abgabe bestimmter meteorologischer Daten an Expeditionsteilnehmer.
- Aufnahme, Auswertung und Archivierung meteorologischer Satellitenbilder geostationärer und polarumlaufender Satelliten.
- Erstellung von Reisewetterberichten für den Fahrtleiter.
- Gutachten bei Schadensfällen durch meteorologische und ozeanographische Einflüsse.
- Beratung anderer Schiffe im Fahrtgebiet (z. B. Forschungsschiffe oder Schiffe mit Routenberatung des DWD) auf Anforderung. Zuständig für die Einrichtung und Logistik: AWI; für personelle Besetzung und meteorologische/ozeanographische Beratung:
- Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Seeschifffahrt, Hamburg.

2. **WEATHER** Flechsenshar (DWD)

The staff of the meteorological office comprises a meteorologist and a meteorological radio operator from the German Weather Service (DWD). Their duties are as follows:

- In minimum twice daily forecasts for the scientific and nautical management.
- Flight weather for the helicopters.
- Issuing meteorological warnings. Special advice also available on request. The meteorological office increases effectivity of planning of scientific programmes by meteorological recommendations.

- 6 observations per day and 1 to 2 radio soundings giving information on the vertical structure of the atmosphere. All data are fed into the Global Telecommunication System (GTS) of the WMO via satellite.
- Continuous on-board registration of the meteorological measurements, e.g. radiation (global and UV), and the processing of these data.
- Distribution of meteorological data to scientists on request.
- Recording, processing and storing of images from meteorological satellites (quasi stationary or orbital satellites)
- Publishing of weather developments during a leg for Chief Scientist.
- Expert opinions in case of damages by meteorological or oceanographic influences.
- Forecasts on request for ships in the area, e.g other research vessels or merchant ships under the supervision of the Routeing Unit, DWD Hamburg.

All logistics of met. office are done by AWI;
 all questions of personnel and recommendations are done by:
 Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Seeschifffahrt, Hamburg.

3. SEA ICE CONDITIONS

J.A. v. Franeker (IBN)

Sea-ice records are of major importance not only to the top predator studies but to any of the interlinked physical, chemical or biological studies on board Polarstern in this GLOBEC cruise. Ice conditions will be recorded by the top predator group in two types of data systems, differing in scale:

1. At each oceanographical station, or other regular distance, ice conditions will be recorded following recent international standards as determined by the ASPECT group. These standards closely follow the system used in the SO-JGOFS protocol for ice observations as used on earlier cruises. Records according to this system have a relatively low spatial resolution (approximately each 30 minutes of latitude), but contain much detail on ice characteristics such as thickness, snow coverage, ridging, algal discoloration, iceberg abundance in size categories etc.
2. Separate from these observations, general ice conditions (coverage, development, floe size etc) are recorded within the transect band in association with each 10 minute observation of top predators. Although lower in detail on ice characteristics, these observations have a fine spatial resolution (about every 1 to 2 miles of sailing) that have proven of great use in fine scale analyses and modelling. Data collection includes a relative index of iceberg abundance.

4. EINFLUSS PHYSIKALISCHER PROZESSE AUF PRIMÄRPRODUKTION UND BIOGEOCHEMISCHE FLÜSSE AN DER ANTARKTISCHEN POLARFRONT

V. Strass (AWI)

Der Antarktische Wasserring fällt durch den paradoxen Sachverhalt auf, daß nur geringe Primärproduktionsraten und Phytoplanktonkonzentrationen beobachtet werden, obwohl aufgrund hoher Nährsalzkonzentrationen die Voraussetzungen für starke Primärproduktion und damit für zusätzliche CO₂-Fixierung gegeben sind. Mögliche Erklärungen für die vergleichsweise geringen Produktionsraten sind Lichtlimitierung bei großen Deckschichttiefen aufgrund von Winddurchmischung und Konvektion, Mangel an Spurennährsalzen wie gelöstem Eisen, und Wegfraß durch Zooplankton. Im Gegensatz zu den allgemein geringen Produktionsraten

werden hohe Biomasse-Konzentrationen allerdings an den Fronten im Zirkumpolarstrom beobachtet. Gibt es eine physikalische Erklärung für die Erhöhung der Primärproduktion an Fronten?

Primärproduktion kann durch Advektion entlang der Front beeinflusst werden, oder durch die frontenspezifische mesoskalige Dynamik, welche Vertikalbewegungen induziert und damit die Schichtungsstabilität modifiziert. In mesoskaligen Auftriebszellen können limitierende Nährsalze in die euphotische Zone eingebracht werden, während gleichzeitig an anderer Stelle durch mesoskalige Abwärtsbewegungen Phytoplanktonzellen in Dunkelheit verfrachtet werden und dort erhöhte Mortalität mit erhöhten Sedimentationsraten einhergehen kann. Durch Einfluß auf die Schichtungsstabilität variiert die Tiefe der Deckschicht und damit das Lichtangebot für das Phytoplankton, welches in der turbulenten Deckschicht in Schwebe gehalten wird. Die für mesoskalige Dynamik relevanten Horizontalskalen sind mit wenigen zehn Kilometern jedoch relativ klein, und die Skalen zeitlicher Variabilität mit einigen Tagen relativ kurz. Aufgrund der Kleinräumigkeit der Horizontalverteilung bei gleichzeitig schnellen zeitlichen Veränderungen ergeben sich besondere Anforderungen an ein Meßsystem, mit dem mesoskalige Verteilungsmuster synoptisch aufgezeichnet werden sollen.

Auf einer vorangegangenen Forschungsreise an die Antarktische Polarfront (APF) im Australisommer 1995/1996 (ANT-XIII/2) wurde eine starke räumliche Übereinstimmung der mesoskaligen Verteilungsmuster biologischer Variablen wie Primärproduktion, Chlorophyllkonzentration, Zooplanktonvorkommen und dem Auftreten von Seevögeln mit einem in den physikalischen Variablen wie Temperatur, Salzgehalt, Dichte und den Strömungen abgebildeten Mäandern der Front festgestellt. Eine detaillierte Analyse des dreidimensionalen Geschwindigkeitsfeldes lieferte eine ansatzweise Bestätigung der Hypothese, daß die erhöhte Primärproduktion an der APF aus einer mit barokliner Instabilität der Front einhergehenden Zirkulation quer zur Front resultierte, welche die Schichtungsstabilität unterstützt. Ein direkter Einfluß auf die Deckschichttiefe konnte aber nicht nachgewiesen werden, da die saisonale Schichtung aufgrund der hohen sommerlichen solaren Einstrahlung den erwarteten Stabilisierungseffekt durch die mesoskalige Dynamik weitgehend maskierte. Für den Nachweis des dynamischen Stabilisierungseffekts ist ein Datensatz aus der herblichen Abkühlungsphase ideal. Außerdem soll damit überprüft werden, ob sich im Bereich der Front durch dynamische Effekte erhöhte Phytoplanktonbiomassen über die einstrahlungsarme und damit wachstumsschwache Jahreszeit halten können, die dann das Auftreten von Blüten im nächsten Frühjahr begünstigen.

Die Meßstrategie ist, auf zwei langen Scanfish+ADCP Schnitten zwischen subtropischen Wassermassen vor Südafrika und der Meereskante vor der Antarktis die großräumige Meridionalverteilung physikalischer und biologischer Variable zu erfassen. Ein langer Schnitt soll zu Beginn und der andere ortsgleich zum Ende der Reise aufgezeichnet werden, um die saisonale zeitliche Veränderung auf großen Skalen zu dokumentieren. Der erste lange Schnitt dient außerdem dazu, die Lage der Polarfront zu identifizieren und, in Verbindung mit Satellitenmessungen der Oberflächen-Temperatur und Farbe, das Meßgebiet für eine detaillierte mesoskalige Vermessung festzulegen. Für eine synoptische Vermessung der mesoskaligen Strukturen ist es unerlässlich, die Vermessung so schnell wie möglich, d.h. ohne Unterbrechung durch andere Arbeiten durchzuführen. Zeitliche Veränderungen der Mäandern- und Wirbelstrukturen sollen durch insgesamt drei, im gleichen Gebiet mit etwa zweiwöchigem Zeitversatz wiederholte

mesoskalige Kartierungen dokumentiert werden. Es wird vorgeschlagen, die mesoskaligen Kartierungen an der Polarfront im Wechsel mit Untersuchungen an der Eiskante durchzuführen.

4. PHYSICAL CONTROL OF PRIMARY PRODUCTION AND OF BIOGEOCHEMICAL FLUXES AT THE ANTARCTIC POLAR FRONT
V. Strass (AWI)

The Antarctic Circumpolar Ocean attracts attention because of the paradoxical situation that, whereas the potential of primary production and hence of additional carbon fixation is high due to the abundance of major plant nutrients, the observed levels of primary production and phytoplankton biomass are rather low. Possible reasons of the limitation of primary production include insufficient availability of light for the phytoplankton growing in the mixed layer when the mixing is deep due to wind stirring and convection, lack of trace nutrients such as iron, and zooplankton grazing. In contrast to the overall low productivity, however, increased concentration of biomass is frequently reported from the circumpolar fronts. Which physical processes control primary production in the Southern Ocean and make the fronts distinct from the surrounding waters?

The physics of fronts can influence the primary production by horizontal advection, or by the mesoscale dynamics which forces vertical motion and the associated variation of stratification during frontogenesis and frontolysis. The variation of stratification influences the depth of the mixed layer within which the densest blooms favourably occur. The vertical motion can resupply the photic zone with nutrients (macro and trace nutrients) in the one place and carry phytoplankton down into the dark and force sedimentation in the other place. Likewise, the subducted watermasses carry with them the modifications in biogeochemical constituents attained during previous interaction with the atmosphere. The relevant horizontal scales of the mesoscale dynamics, however, may be quite small (few tens of kilometres) and the time scales quite short (some days), posing considerable demands on the measuring system being used.

A previous survey at the Antarctic Polar Front (APF) in austral summer 1995/1996 (ANT-XIII/2) revealed a close correlation of mesoscale distribution patterns of the biological variables such as primary production, chlorophyll concentration, zooplankton abundance and occurrence of sea birds with a front meander and eddy as revealed by the physical variables such as temperature, salinity, density and currents. A detailed diagnosis of the three-dimensional velocity field provided initial support for the hypothesis that the enhancement of primary production at the APF results from cross-front circulation related to baroclinic instability which tends to stabilise the upper water column. A direct influence on the mixed layer depth itself, however, could not be observed because the seasonal stratification due to solar heating masked to a great extent the stabilising effect implied by the mesoscale dynamics. A data set from the cooling season is ideal to reveal the mesoscale dynamics' stabilising effect, and is favourable for testing the refined hypothesis that the mesoscale cross-front circulation is able to maintain elevated phytoplankton biomass levels through the low-light period and hence for structuring the initial conditions at the onset of the growing season next spring.

The fundamental physical measurements during cruise ANT-XVI/3 are planned to be made by use of an instrument package (towed undulator+ADCP)

similar to that which proved its abilities before during the summer cruise ANT-XIII/2. A 'Scanfish' will be used as towed undulator. The Scanfish+ADCP package allows the density and velocity structures of a front being measured simultaneously with other physical and biological variables down to 200-300 m depth at high horizontal resolution in quasi-synoptic manner. The Scanfish undulates vertically through the water column while being towed behind the ship moving at almost cruising speed; it will carry sensors for the measurement of temperature, conductivity, and pressure (salinity and density as derived variables), and for core biological variables such as the chlorophyll concentration. The vessel mounted ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) of Polarstern enables the measurement of the horizontal current profile in the depth range of the top few hundred meters. In addition to its main purpose, the ADCP can be used as an detector for zooplankton abundance by evaluating the echo amplitude. In order to measure the hydrographic conditions in the deeper layers, a CTD (Conductivity Temperature Depth) sonde has to be lowered down to the seafloor at a few stations; the attached rosette sampler allows also the collection of water samples from depth. Continues time series of the velocity field at the front shall be recorded with moored current meters deployed at five positions for the duration of the cruise. The moorings will be available for including further instruments such as sediment traps.

The measurement strategy is to perform two long transects, extending from subtropical waters off South Africa to the ice edge off Antarctica, to reveal the meridional distribution of physical and biological variables on the large scale. One transect is to be conducted at the begin of the cruise, and the second repeated along the same line at the end, to document the seasonal changes which occur on the large meridional scale. The mesoscale details of a meander structure shall be mapped by synoptic surveys in vicinity of the Polar Front as identified from the first long transect, and where increased chlorophyll concentrations are likewise revealed by satellite remote sensing. To achieve synoptic mapping of the frontal structures it is essential that these surveys are conducted as fast as possible, i.e. without being interrupted by other work. The temporal development of the mesoscale front and eddy structure is planned to be studied from repeating twice the frontal mapping in exactly the same region with a delay of approximately two weeks. It is suggested that the mesoscale surveys of the APF alternate with studies at the ice edge further south.

5. **VERTEILUNG DER NÄHRISALZE UND BESTIMMUNG DER STABILEN C UND N ISOTOPE IM PARTIKULÄREN ORGANISCHEN MATERIAL (AWI)**
C. Hartmann, G. Kattner, K.-U. Richter (AWI)

Die Verteilung und Dynamik der Nährsalze im Bereich der antarktischen Polarfront und der Meereisgrenze werden untersucht. Aufbauend auf den Ergebnissen der vorangegangenen JGOFS Expedition ANT XIII/2 (1995/96) soll gezielt die zeitliche Änderung der Nährsalzverteilung im Untersuchungsgebiet verfolgt sowie saisonale Effekte im Vergleich zur Sommersituation (ANTXIII/2) untersucht werden. Hierbei steht wiederum die Wechselwirkung der einzelnen Nährsalzkomponenten mit der Phytoplanktonpopulation im Vordergrund. Dazu ist eine kleinskalige Beprobung in den Oberflächenschichten gemeinsam mit einer detaillierten hydrographischen Vermessung vorgesehen. Zur Charakterisierung der Nährsalzverteilung im Umgebungsgebiet soll auf den Fahrten zu den Meßboxen, sowie auf der An- und Abreise eine quasi kontinuierliche Beprobung des Oberflächenwassers durchgeführt werden.

Die Verteilung der stabilen C und N Isotope im partikulären Material soll im Bereich der Polarfrontzone und des Eisrandgebietes bestimmt werden. Diese Untersuchungen der ausgedehnten räumlichen Verteilungen der stabilen C und N Isotope ergänzen die Ergebnisse, die während der Expedition ANT XIII/2 erzielt wurden. Desweiteren wird ein Vergleich des Isotopensignals im partikulären organischen Material zwischen den beiden Untersuchungsgebieten, Polarfrontzone und Eisrandgebiet, angestrebt. Durch die geplante mehrfache Beprobung in beiden Meßgebieten sind so Aussagen über die zeitliche Entwicklung des Isotopen-Signals möglich. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von ANT XIII/2 soll ebenfalls die saisonale Änderung bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen aufzeigen. Eine Auftrennung des POM Pools in die isotopisch signifikant unterschiedlichen Größenfraktionen ist vorgesehen.

5. DISTRIBUTION OF NUTRIENTS AND DETERMINATION OF THE STABLE C AND N ISOTOPES IN THE PARTICULATE ORGANIC MATTER (AWI)

C. Hartmann, G. Kattner, K.-U. Richter (AWI)

The investigation of the distribution and dynamics of the major nutrients in the Polar Frontal Zone and the marginal ice zone is planned. The results will be compared with former "Polarstern" expeditions, especially with ANT XIII/2 to get information about seasonal changes of nutrient concentrations in comparison with the summer situation in 1995/96. The interactions between phytoplankton and nutrients during the development of phytoplankton blooms are again the major topic. Therefore sampling will be conducted in high spatial resolution in connection with a detailed hydrography.

The distribution of the stable C and N isotopes of the particulate material in the Polar Front Zone and the marginal ice zone will be determined. The results will be compared with the data from the summer expedition 1995/96 (ANT XIII/2) where only the Polar Front Zone has been investigated. The temporal development of the isotopic signature of the particulate matter will be studied by repetitions of sampling in the same areas. The particulate organic matter will be separated in isotopically significantly different size fractions using a special filtration system.

The sampling program includes underway sampling by means of the membrane pump installed on board "Polarstern" as well as bottle samples from CTD-casts. During the CTD-transects the nutrients (nitrate, nitrite, ammonium, silicate and phosphate) will be measured in the samples from the rosette bottle system.

6. CO₂ MEASUREMENTS

E. de Jong (NIOZ)

During the cruise several long transects between Polar Front and the MIZ are ideal for obtaining a time series. The evolution of the carbonate system on these transects can be followed in time with on-line measurements of pCO₂ and TCO₂ on-line, and TCO₂ measurements on discrete samples from the CTD rosette.

For modelling purposes it will also be necessary to determine the wind mixed layer (WML) depth. All these data can be combined in a budget model together with additional data such as nutrients, Chl a distribution and primary production.

Trace metal distribution.

The vertical and horizontal distributions, as well as the chemical forms (particulate, dissolved, organically-bound) of trace metals are relevant for understanding their regulation of planktonic growth. Reversely the cycling of planktonic material determines the fate of the metals, also with regards to their removal from the water column with settling biogenic particles.

During ANT XVI/3 we envision a sampling and analysis program for trace metals based primarily on seawater to be collected with a batfish towed at 3 m depth adjacent to the ships hull. The water will be pumped continuously into the clean air laboratory container for filtration as to determine the reactive particulate metal fraction and the refractory metal fraction largely of terrigenous origin as also assessed from the Al contents. The filtered seawater will be analyzed on shipboard for its concentration of total dissolved Fe (by chemoluminescence), as well as the organic speciation and possibly the redox state (II versus III) of Fe in solution, both by electrochemistry. The findings will be compared with underway observations by colleagues of Chl a, nutrients, CO₂ system and hydrography (S, T) where significant co-variance is expected.

Next to the underway sampling programme, at stations a string of six 10 L volume Go Flo samplers will be lowered to 4000m depth with a Kevlar hydrowire. Upon recovery the seawater will be filtered and analyzed as above.

7. PHYTOPLANKTON UND PRIMÄRPRODUKTION

7.1. Phytoplankton

U. Freier, P. Assmy, V. Smetacek (AWI)

Frühere Studien zeigten, daß dickwandige Diatomeen einen bedeutenden Anteil an der Biomasse des Phytoplankton entlang der Polarfront darstellen. Diese Diatomeen sind von großer Bedeutung für den globalen Silikatkreislauf, da ihr Si:N-Verhältnis ungefähr 3:1 beträgt, was wesentlich über dem anderer Diatomeen liegt. Dieses Verhältnis kann dafür verantwortlich sein, daß diese Arten akkumulieren, im Gegensatz zu Phytoplankton mit dünneren Schalen. Gegenwärtig ist noch nicht bekannt, welche Faktoren ihr Sinkverhalten bestimmt. Wir hoffen, dieses am Ende der Wachstumsperiode zu beweisen. Was immer auch die Gründe sein mögen, diese Diatomeen entziehen der Oberfläche des Ozeans Silikat und tragen dadurch entscheidend zur Akkumulation von Opal in den Sedimenten bei. Die Sedimentation von Kohlenstoff, Stickstoff und Silikat ist das Hauptziel dieser Studie. Desweiteren soll die Verteilung der dominanten Arten, im Besonderen der dickwandigen Diatomeen *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa* und

Thalassiothrix spp., in Relation zur Hydrographie und zu den Nährsalzverhältnissen untersucht werden. Die Proben hierfür werden aus der CTD-Rosette entnommen. Anhand von Oberflächenproben, die mit Hilfe eines Eimers entnommen werden, wird die Verteilung der entsprechenden Diatomeen untersucht.

Bis heute haben wir keine Information über den Grad der genetischen Diversität, die in den dominanten Diatomeen vorherrscht. Möglicherweise ist der Genpool solcher eher weitverbreiteten Arten diverser als bei Arten die weniger weitverbreitet sind. Als Test für diese Hypothese werden Proben unterschiedlicher geographischer Regionen gewonnen um individuelle Unterschiede mit Hilfe der RAPD-Technik an Isolaten herauszufinden. Die Diatomeen für die Isolierung und Kultivierung in den Kühlcontainern werden mit feinmaschigen Netzen von Hand gefangen.

7.1. **Phytoplankton** U. Freier, P. Assmy, V. Smetacek (AWI)

Earlier studies have demonstrated that thick-shelled diatoms can dominate biomass of phytoplankton along the Polar Front. These diatoms are of great significance in the global silica cycle as their Si:N ratio is about 3:1 and hence much higher than other diatoms. These species seem to accumulate because other, weaker phytoplankter are eaten more readily by zooplankton. It is not known at present which factors determine their sinking behaviour. We hope to ascertain this at the end of the growth season. Whatever the causes, these diatoms remove silica from the surface layer and contribute substantially to the diatom ooze accumulating in the underlying sediments. Assessing the sinking flux of carbon, nitrogen and silica is a major goal of this study. Further, the distribution patterns of the dominant species, in particular the thick-walled diatoms such as *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa* and *Thalassiothrix* spp. will be studied in relation to the hydrography and nutrient fields. Samples will be taken from the CTD-rosette. Bucket samples will also be taken when the ship is underway to assess distribution patterns.

At present we have no information on the degree of genetic diversity present in dominant diatom species. Possibly, such wide-spread, persistent species are more diverse in their genetic make-up than species with restricted occurrence. To test this hypothesis, samples will be taken from a broad geographical region and individual differences using RAPD techniques assessed on isolates. Fine-meshed nets taken by hand will be used to collect diatoms for isolation and culturing in the cold container.

7.2. **Bio-Optik und Biochemie von Eisalgen und Phytoplankton** B. Kroon, Thomas Mock(AWI)

Während des dritten Fahrtabschnittes der Expedition ANT XVI werden wir versuchen, das Phytoplankton und die Eisalgen der Antarktis biophysikalisch und biochemisch zu charakterisieren. Die planktonischen Algen sind meistens kontinuierlichen Änderungen in der Lichtintensität ausgesetzt. Diese Änderungen werden durch die Position der Sonne bestimmt, durch die Wetterverhältnisse und durch die Hydodynamik. Die Eisalgen leben im Gegensatz zu den planktonischen Algen in einem stabilerem Habitat, in dem vertikale Durchmischung so gut wie niemals stattfindet. Zudem ist der Lebensraum Meereis im Vergleich zum offenen Wasser durch einen wesentlich geringeren Strahlungseintrag gekennzeichnet. Die Gründe

hierfür liegen in der starken Reflektion des Lichtes an der Eisoberseite, die meistens von Schnee bedeckt ist. Um unter diesen Lichtbedingungen im Eis wachsen zu können, müssen die Algen an die geringen Lichtintensitäten gut angepaßt sein. Dieser photophysiological Zustand beeinflusst entscheidend die Biochemie der Eisalgen.

Die biochemische Zusammensetzung von Mikroalgen wird generell durch die Interaktion zwischen einem physiologischen Prozeß und einem physiologischen Zustand bestimmt. Zum einen ist es die Generierung von Energie durch die Photosynthese und zum anderen die synthetische Kapazität der Zelle. Ein balanciertes Wachstum kann nur dann entstehen, wenn der Input an Energie gleich der synthetischen Kapazität der Zelle ist und diese kann bei verschiedenen Arten sehr unterschiedlich sein. Ist Energie im Übermaß vorhanden, oder die synthetische Kapazität nur ungenügend ausgebildet, findet eine reversible Speicherung von reduzierten Kohlenstoff statt. Die photosynthetische Verteilung potentieller Speicherprodukte wie Kohlenhydrate oder Lipide, variiert direkt mit der Verfügbarkeit von Lichtenergie und essentiellen Nährstoffen. Die schattenadaptierten Eisalgen sind für ihren geringen Proteingehalt, aber hohen Lipidgehalt bekannt. Diese biochemische Besonderheit reflektiert die Faktoren, die für die Produktivität und somit das Wachstum der Algen verantwortlich sind.

Die Bestimmung von artspezifischen Unterschieden zwischen Eisalgen und planktonischen Algen, in Bezug auf ihre biooptischen und biochemischen Eigenschaften ist das hauptsächliche Ziel dieser Expedition. Hierfür werden Fluoreszenzmessungen mit einem puls-amplituden-modulierten Fluorometer (PAM Fluorometer; Heinz Walz, Effeltrich) durchgeführt. Aus den Fluoreszenz-Induktionskurven kann in Abwesenheit von DCMU (3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea) die Quantenausbeute der Ladungsverteilung am PS II und die Anzahl der inaktiven PS II - Zentren bestimmt werden. P (photosynthesis) / I (irradiance) - Kurven werden mit Hilfe der Elektronentransportrate nach je 2 Minuten Bestrahlung für 12 Lichtintensitäten in einer Küvette des Fluorometers bestimmt. Durch Laborexperimente an silikatlimitierten natürlichen Kulturen soll der Effekt unterschiedlicher Lichtintensitäten auf die Photosynthese und die biochemische Zusammensetzung untersucht werden. Fluoreszenzmessungen und biochemische Messungen sollen ebenfalls an Feldproben durchgeführt werden. Hierfür werden Wasserproben aus der Ozeanoberfläche mit einem Eimer oder Handnetz entnommen und Eiskerne gebohrt. Einige Messungen werden dann an Bord des Schiffes durchgeführt, zum Teil aber auch unter *in situ* Bedingungen. Die biochemische Zusammensetzung der Algen, die Pigmentanalysen und die Aktivitätsmessungen kohlenstofffixierender Enzyme werden allerdings erst zuhause im Institut durchgeführt.

**7.2. Photoadaptive strategies of Antartic phytoplankton
Bio-optics and biochemistry of ice algae and
phytoplankton**
B. Kroon, Thomas Mock(AWI)

During the third leg of the ANT XVI cruise, we will determine biophysical and biochemical characteristics of phytoplankton and ice algae. Planktonic algae almost continuously experience changes in light intensity, caused by the position of the sun, weather condition and mixing of the water column. Ice algae live in a more stable environment since there is no mixing in the water column. However the reflection and absorption of light by sea ice and snow lead to low light conditions within the sea ice habitat. Consequently the algae living in sea ice cover have to be shade adapted in able to grow under

these low light conditions. This photophysiological condition influences the biochemical composition of the algae.

The biochemical composition of microalgae in general is a product of the interplay between the supply of energy from photosynthesis and the synthetic capacity of the cell. Balanced growth only occurs, if the energy input is equivalent to the synthetic capacity of the cell. When energy is in surplus or the synthetic capacity is deficient, a reversible storage of reduced carbon will occur. Photosynthate allocation into potential storage products such as lipids and carbohydrates in phytoplankton as well as in ice algae, varies directly with the availability of light energy and nutrient concentrations. The shade adapted ice algae are known to have low protein and high lipid content. This biochemical peculiarity reflects the factors controlling algal productivity.

The assessment of species specific differences between algae in sea ice and seawater regarding their biochemical composition and biooptical response is the main goal of the expedition. Fluorescence will be measured with a pulse amplitude modulated fluorometer (PAM fluorometer; Heinz Walz, Effeltrich). From fluorescence induction curves in the absence of DCMU (3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea) the quantum yield of charge separation at PSII and the fraction of inactive PSII centre can be determined. Photosynthesis versus light intensity (P/I) curves will be made by determining the rate of electron transport after 2 minutes illumination in the cuvet of the fluorometer at 12 light intensities. We will carry out laboratory experiments with ice algae and phytoplankton in lab containers in order to investigate the effects of different light intensities under silicate limited growth on biochemical composition and photosynthesis. At the open-water stations, fluorescence and biochemical measurements will be performed on water samples from the surface taken with a bucket or hand-net. For the measurements on ice algae, ice cores will be taken and analysed onboard the ship as well as under in situ conditions. Chemical analyses of the biochemical composition and pigments as well as the activity of the carboxylation enzymes will be conducted in the home laboratory.

**7.3. Contribution to the study of the mechanisms
controlling phytoplankton growth in late summer in
the Southern Ocean with special attention to iron and
silicate physiology**
V.Schoemann (ULB)

Recent literature reveals the complex interplay of silicate and iron limitation in regulating diatom blooms and related biogeochemical cycles in the Southern Ocean (de Baar et al. 1998, Takeda, 1998, Hutchins and Bruland 1998). In particular, it has been shown that iron limitation sustains highly silicified diatoms characterized by a higher sinking rate compared to diatoms growing under replete Fe (Takeda, 1998, Hutchins and Bruland 1998). The synergetic effect of iron and silicate limitation and its incidence on the diatom silification level and its related sinking rate will be addressed by running shipboard experiments under different iron concentrations. The iron and silicate phytoplankton stoichiometry will be determined during the exponential growth phase and their sinking rate will be determined using Setcol methodology. Iron and silicate physiology will be investigated by using radiotracer techniques. The effect of iron limitation on silicon and carbon metabolism will be investigated by determining the maximum specific growth rate and maximum Si assimilation as well as the half-saturation constant of silicon uptake under replete and deplete iron

conditions. Furthermore the AWI ANT XVI/3 cruise of RV Polarstern taking place at the time of ice formation gives the opportunity of investigating overwintering phytoplankton mechanisms and their associated biochemistry. At different time, during the cruise, natural assemblages will be sampled and their C metabolism (photosynthesis, growth, respiration) will be measured using ¹⁴C radiotracer methodology as described in Mathot et al. (1992). All the results gained on phytoplankton physiology will be synthesized for their incorporation in the SWAMCO model of Lancelot et al. (1997) further developed for its application at the scale of the Southern Ocean and over seasonal cycles in the scope of the Belgium BELCANTO and the EC CARUSO projects.

References

- Baar, de, H.J.W., de Jong, J.T.M., Nolting, R.F., van Leeuwe, M.A., Timmermans, K.R., Bathmann, U., Rutgers van der Loeff, M. & J Sildam 1998: Low dissolved Fe and the absence of diatom blooms in remote Pacific waters of the Southern Ocean. *Mar. Chem.* Submitted.
- Hutchins, D.A., & K.W. Bruland 1998: Iron-limited diatom growth and Si:N uptake ratios in a coastal upwelling regime. *Nature*, 393, 561-564.
- Lancelot, C., Becquevort, S., Menon, P. & J.-M. Dandois 1997: Ecological modelling of the planktonic microbial food-web. In : Belgian Scientific Research Programme on the Antarctic. Scientific results of Phase III (1992-1996), S. Caschetto, ed., Federal office for scientific, technical and cultural affairs, Brussels. 1-78.
- Mathot, S., Lancelot, C. & J.-M. Dandois 1992: Gross and net primary production in the Scotia Weddel sector of the Southern Ocean during spring 1988. *Polar Biol.*, 12, 321-332.
- Takeda, S. 1998: Influence of iron availability on nutrient consumption ratio of diatoms in oceanic waters. *Nature*, 393, 774-777.

7.4. Fluorescence of Marine Phytoplankton M. Davey (PML)

Contribution of the Marine Biological Association of the United Kingdom. The fast repetition rate fluorometer, (FRRF) is to be used to measure variable fluorescence of marine phytoplankton in order to estimate primary productivity and examine the physiological status of phytoplankton in situ. The FRRF has two similar chambers, one measuring the fluorescence response of algae under ambient irradiance. The second chamber, which is shielded from light, allows the measurement of fluorescence immediately after the transfer of algal cells into darkness. The instrument delivers a rapid series of high frequency flashes, (200 kHz) and measures the subsequent transient fluorescence emissions from this sequence in each chamber. The flashes gradually saturate the photosystem of the algal cells in the waterbody. The fluorescence measurements from the two chambers can be used individually or in combination to provide biophysical values derived from the train of saturation. Using mechanistic models of photosynthesis, these parameters may be used to derive rates of photosynthetic production.

We aim to use the fast repetition rate fluorometer, (FRRF), to evaluate the horizontal and vertical distributions of phytoplankton abundance and photosynthetic performance.

The fluorometer can be used in a number of modes:

1. On tow at fixed depth (~5m) continual acquisition to assess photosynthesis in situ with approximately 1 minute (in time) resolution.

2. Use with clean surface seawater supply to assess physiological status of phytoplankton again with 1 minute (time) resolution.

3. On the CTD to assess fluorescence and biophysical parameters throughout the water column.

There are a couple of limitations to the use of the instrument when towing. There is little to be gained from towing the instruments if depth cycling is to be between 250-300m when the euphotic zone is <50m. In addition, the finite memory of the instrument would necessitate periodic downloading and battery re-charging involving retrieving the FRRF and downloading files on board the boat.

7.5. Photoacclimation controlled by iron limitation M.A. van Leeuwe, T. van Oyen (RUG)

Phytoplankton growth in the Southern Ocean is under control of a variable light climate and low iron concentrations. Photoacclimation to the ambient light climate requires flexibility of the photosystems, and involves changes in cell metabolism. Both photosynthesis and cell metabolism require iron. Effects of iron limitation on the cell's capacity to acclimate to variable light conditions will be studied. Surface seawater samples (on line) and samples taken at a depth of approx. 40-60 m will be incubated with and without iron addition. Under incubation, the plankton will be exposed to variable light conditions. At the start and end of incubation several photosynthetic parameters will be measured (e.g., fluorescence parameters) besides sampling for structural cell components (e.g., proteins, polysaccharides).

7.6 Iron de Baar (NIOZ)

Trace metal - phytoplankton interactions.

Transition metals are essential trace elements for phytoplankton as they are involved in many biochemical processes controlling cell growth. Trace metals have catalytic functions in many enzymatic processes and uptake systems. In the Southern Ocean, extremely low trace metal concentration have been reported. In different, but strongly linked, subthemes, the focus during the ANT XVI/3 expedition will be on the role of low iron concentrations and light on phytoplankton physiology.

Subtheme 1. Photoacclimation controlled by iron limitation.

Phytoplankton growth in the Southern Ocean is under control of a variable light climate and low iron concentrations. Photoacclimation to the ambient light climate requires flexibility of the photosystems, and involves changes in cell metabolism. Both photosynthesis and cell metabolism require iron. Effects of iron limitation on the cell's capacity to acclimate to variable light conditions will be studied. Surface seawater samples (on line), and samples taken at a depth of ca. 40-60m, will be incubated, with and without iron addition. Under incubation, the plankton will be exposed to variable light conditions. At the start and end of incubation several photosynthetic parameters will be measured (e.g. fluorescence parameters), besides sampling for structural cell components (e.g. proteins, polysaccharides).

Sub-theme 2 : Co-limitation of phytoplankton growth by light and iron.

Iron enrichment bioassays are planned with natural phytoplankton assemblages and diatom cultures (Chaetoceros brevis and C. dictyota)

brought from the laboratory to Polarstern, in order to investigate effects of iron and light on diatom growth .

Responses to be studied in iron-depleted and iron-repleted cultures are growth rate , chl a, fluorescence, nutrient consumption, chemical speciation measurements of iron. Furthermore, molecular (DNA) and physiological (enzyme activity) responses will be studied, with a focus on the effects of iron on productivity and vitality in marine phytoplankton.

In addition to the bioassays, we will look for the large diatoms (also in cooperation with Bernd Kroon (AWI)). The traditional idea is that large diatoms are present in the Southern Ocean, but normally under low densities. Only under special conditions, stratification, enough iron and light, they will form bloom. We shall try to collect the larger diatoms by net-catches and, if possible combine this with incubations/ physiological measurements.

Subtheme 3: Mechanisms controlling phytoplankton growth in late summer in the Southern Ocean with special attention to iron and silicate physiology.

Recent literature reveals the complex interplay of silicate and iron limitation in regulating diatom blooms and related biogeochemical cycles in the Southern Ocean (de Baar et al. 1998, Takeda, 1998, Hutchins and Bruland 1998). In particular, it has been shown that iron limitation sustains highly silicified diatoms characterized by a higher sinking rate compared to diatoms growing under replete Fe (Takeda, 1998, Hutchins and Bruland 1998). The synergetic effect of iron and silicate limitation and its effect on the diatom silification level and its related sinking rate will be addressed by running shipboard experiments under different iron concentrations. The iron and silicate phytoplankton stoichiometry will be determined during the exponential growth phase and their sinking rate will be determined using Setcol methodology. Iron and silicate physiology will be investigated by using radiotracer techniques. The effect of iron limitation on silicon and carbon metabolism will be investigated by determining the maximum specific growth rate and maximum Si assimilation as well as the half-saturation constant of silicon uptake under replete and deplete iron conditions.

Furthermore the ANT XVI/3 cruise taking place at the time of ice formation gives the opportunity of investigating overwintering phytoplankton mechanisms and their associated biochemistry. At different time, during the cruise, natural assemblages will be sampled and their C metabolism (photosynthesis, growth, respiration) will be measured using ¹⁴C radiotracer methodology as described in Mathot et al. (1992). All the results gained on phytoplankton physiology will be synthesized for their incorporation in the SWAMCO model of Lancelot et al. (1997) further developed for its application at the scale of the Southern Ocean and over seasonal cycles in the scope of the Belgium BELCANTO and the EC CARUSO projects.

References

- Baar, de, H.J.W., de Jong, J.T.M., Nolting, R.F., van Leeuwe, M.A., Timmermans, K.R., Bathmann, U., Rutgers van der Loeff, M. & J Sildam. 1998. Low dissolved Fe and the absence of diatom blooms in remote Pacific waters of the Southern Ocean. *Mar. Chem.* Submitted.
- Hutchins, D.A., & K.W. Bruland. 1998. Iron-limited diatom growth and Si:N uptake ratios in a coastal upwelling regime. *Nature*, 393, 561-564.
- Lancelot, C., Becquevort, S., Menon, P. & J.-M. Dandois. 1997. Ecological modelling of the planktonic microbial food-web. In : Belgian Scientific Research Programme on the Antarctic. Scientific results of Phase III (1992-1996), S. Caschetto, ed., Federal office for scientific, technical and cultural affairs, Brussels. 1-78.

- Mathot, S., Lancelot, C. & J.-M. Dandois. 1992. Gross and net primary production in the Scotia Weddel sector of the Southern Ocean during spring 1988. *Polar Biol.*, 12, 321-332.
- Takeda, S. 1998. Influence of iron availability on nutrient consumption ratio of diatoms in oceanic waters. *Nature*, 393, 774-777.

8. KRILLBIOLOGIE, KRILLPHYSIOLOGIE

A. Atkinson (BAS), U. Bathmann (AWI), B. Klein (AWI), B. Meyer-Harms (AWI), D. Stübing (Uni. B), K. Schmidt (IOW)

Die Ernährungs- und Lebenssituation des antarktischen Krill beim Übergang zum Winter soll erfasst werden. Folgende Überwinterungsstrategien des Krill sind bekannt: karnivore Ernährung, Fraß von Eisalgen, Reduktion der Körpergröße oder der Respiration, Nutzung von Lipidreserven, wobei jedoch immer nur von einem, bzw. wenigen Mechanismen gleichzeitig berichtet wurde. Was die Art der spezifischen Überwinterungsmechanismen bestimmt, ist unbekannt. Studien, die alle Aspekte gleichzeitig berücksichtigten, fehlen bisher.

Probennahme und Experimente sollen auf zwei Forschungsfahrten mit FS POLARSTERN im Rahmen des IGBP Kern-Projektes "Southern Ocean Global Ocean Dynamics" (SO-GLOBEC) durchgeführt werden. Dabei sollen zum ersten Mal für den Südozean bei Krilluntersuchungen verschiedenste *in situ* und Labortechniken kombiniert eingesetzt werden. Neben den konventionellen Netzfängen ist der Einsatz von schiffsgebundenen und verankerten Acoustic-Current-Doppler-Profilern (ADCP), eines Optical Plankton Counters (OPC) geplant. Neben traditioneller Mikroskopie werden mit Hilfe analytischer Methoden folgende Parameter bestimmt: C/N-Gehalt, Trockengewicht, Respiration, Exkretion, $\delta^{15}\text{N}$ und $\delta^{13}\text{C}$ Isotope, Gesamtlipide, Lipidklassen und Fettsäurezusammensetzung, freie Aminosäuren, Karotinoide und Chlorophylle (HPLC) sowie die Darmfluoreszenz, und in Kooperation mit Prof. F. Buchholz (BAH Helgoland), die Krill-Verdauungsenzyme, die Chitinasen sowie Proteine. Dieser methodische Ansatz wurde unter Mitwirkung von Vertretern des CCAMLR bereits vom internationalen Southern Ocean GLOBEC aufgenommen und soll später auch in anderen internationalen Experimenten in der Antarktis verfolgt werden. Die gewonnenen Daten sollen in die SO-GLOBEC Datenbank einfließen und somit zur Abschätzung bzw. Modellierung der Krillbestände beitragen. Zur Entwicklung von Strategien für die nachhaltige Bewirtschaftung des Krills ist dies von essentieller Bedeutung.

Projektziel

Das Ziel ist ein Energiebudget für alle im Untersuchungsgebiet in ausreichenden Mengen vorhandenen ontogenetischen Stadien von *E. superba* innerhalb verschiedener Jahreszeiten zu erstellen und zu vergleichen. Die Untersuchungen werden zum einen in Monaten mit geringer Phytoplanktonbiomasse (Herbst/Winter: April) und zum anderen in Zeiten hoher Phytoplanktonbiomasse (Frühjahr/Sommer: Februar) durchgeführt. Durch die Verwendung gleicher methodischer Ansätze ist ein direkter Vergleich der Bioenergetik der vorhandenen Stadien des Krills innerhalb der verschiedenen Jahreszeiten gewährleistet.

Arbeitsprogramm und Zusammenarbeit

Das gesteckte Ziel, die Erstellung eines Energiebudget verschiedener ontogenetischer Stadien des Krills, wird durch eine enge Zusammenarbeit und durch die Kombination von Methoden erreicht (Abb.). Mit der Anwendung unabhängiger Methoden kann dem Problem der jeder einzelnen Methode anhaftenden Einschränkungen entgegengewirkt werden. Gleichzeitig be-

steht die Möglichkeit der Verifizierung der einzelnen Datensätze. Die in Bezug auf die Fragestellungen durchzuführenden Untersuchungen und anzuwendenden Methoden sind im Detail in den einzelnen Teilprojekten aufgeführt.

A) Was und wieviel ist an potentieller Nahrung vorhanden (z.B. Phytoplankton, Proto- und Mesozooplankton)?

- Pigmentmessungen mittels HPLC zur Erfassung des autotrophen Materials
- Mikroskopische Analysen zur Erfassung des heterotrophen Materials
- Erfassung der Nahrungsquellen (Eisalgen, POM in der Wassersäule, Zooplankton) mittels Lipid- und Isotopsignaturen

B) Welchen Nährwert hat die potentielle Nahrung?

- Analyse von autotrophen Abbauprodukten mittels HPLC
- Analyse des POM und Zooplanktons mittels:
 - C/N-Messungen und Verbrennungskolorimetrie
 - Lipidgehalt (Gesamtlipid, Lipidklassen, Fettsäurezusammensetzung;)
 - Proteingehalt (labil, refraktär, außerhalb des Verbundes durch Prof. F. Buchholz
BAH Helgoland)

C) Was und wieviel wird an Nahrung aufgenommen?

- Darmfluoreszenzmessungen
- Inkubationsexperimente (Auswertung mittels HPLC - und mikroskopischer Analysen,
- Mageninhaltsuntersuchungen und Analyse von Kotballen mittels REM
- Messung der Lipid- und Isotopsignaturen von Krillorganismen

D) Inwieweit wird die aufgenommene Nahrung verwertet?

- Respirations- und Exkretionsmessungen
- kalorimetrische Messung der in den Fütterungsexperimenten produzierten und quantitativ erfaßten Kotballen

E) Welche energetische Grundausstattung besitzen die jeweiligen Entwicklungsstadien von *E. superba*?

- Messung
 - der Trockengenmasse
 - der C/N-Zusammensetzung
 - Lipidgehalt (Gesamtlipid, Lipidklassen, Fettsäurezusammensetzung,
 - Proteingehalt (labil, refraktär)

Krill scheint einen Lebenszyklus zu besitzen, der ihn veranlasst, im Winter Ruhephasen unter dem Eis und im Sommer Aktivitätsphasen im Pelagial zu durchleben. Ziel ist, den Übergang vom Aktivitäts- zum Ruhezustand

physiologisch zu charakterisieren und beteiligte Mechanismen zu identifizieren.

An der Eisbildungszone sind besondere Ionenkonzentrationen zu erwarten, und deren Auswirkungen sind ebenfalls untersuchenswert. Eine praktikable, "seefeste" Methode ist die Bestimmung der Mg-Konzentration in der Hämolymphe mittels Photometer. Es wäre zu untersuchen, inwieweit sich die Mg-Konzentration in der Eisbildungsschicht ändert und ob das Auswirkungen auf den Krill haben kann. Außerdem ist grundsätzlich zu ermitteln, ob sich die Mg-Konzentrationen in der Haemolymphe bei aktivem und passivem Krill unterscheiden. Gegebenenfalls wäre bei Überwinterndem Krill eine Zunahme der Mg-Konzentration und dadurch eine Drosselung des Energiestoffwechsels zu erwarten. Hierfür können Versuchsansätze bei verschiedenen Seewasser-Temperaturen (-2°C (mit und ohne Eisbildung), -1, 0, +1, +2°C) durchgeführt werden. Die Schwanzmuskeln werden für weitere Untersuchungen (am AWI, z.B. intrazellulärer pH) in flüssigem Stickstoff schockgefroren. Sauerstoffverbrauchsmessungen stellten sich bislang an Bord als schwieriges Unterfangen dar. Es würde sich hier die Gelegenheit bieten, die Mikro-Optoden-Technik auf Polarstern auf ihre "Seefestigkeit" hin zu überprüfen. Das entsprechende Gerät stünde zur Verfügung (von Markus). In einem noch herzustellenden Respirometer (4-Kanal, mit variabler Strömungsgeschwindigkeit) wäre bei oben genannten Temperaturen der Sauerstoffverbrauch von Krill zu untersuchen. Vorversuche sind bis Januar an Crangon crangon durchzuführen. Die Geräte sind mit Luftfracht nachzusenden. Sollte die Optoden-Technik zuverlässig arbeiten (womit zu rechnen ist) wäre dies eine Methode, grundsätzlich lange Schiffszeiten sinnvoll zu überbrücken. Zusätzlich wäre die Bestimmung von Laktat am Photometer sinnvoll, um zu untersuchen, ob Laktatbildung bei hohen Schwimgeschwindigkeiten eine Rolle spielt. Zahl der benötigten lebenden Tiere: an Bord: 180; für den Versand/Transport an Bord: 1-300

8. KRILLBIOLOGY, KRILLPHYSIOLOGY

A. Atkinson (BAS), U. Bathmann (AWI), B. Klein (AWI), B. Meyer-Harms (AWI), D. Stübing (Uni. B), K. Schmidt (IOW)

Reasoning

The Antarctic krill (*E. superba*), is a species with increasing commercial interest. It is a key individual in the Antarctic ecosystem, being a major food item for a large number of top predators such as whales, mammals and sea birds. Even their faecal pellets are incorporated in the food web through ingestion by copepods. *E. superba* is very successful in the extreme environment of the Southern Ocean because it is capable of exploiting a food supply that is both patchy and seasonal. However, despite several decades of intensive research the understanding of its life strategy is incomplete. Up to now, most of the information available is based on investigation during the Antarctic summer on adult *E. superba*, and only little is known about its larval ecology. The winter distribution and behaviour of the stocks of Antarctic krill developed during summer months are still unresolved. There is a comparative lack of data on the winter energy budget, particularly for krill larvae. These data are essential, for developing a model for population dynamics and for a better estimation of krill production. Therefore the question of increasing interest is how do krill survive during winter, when most of the Southern Ocean is covered by ice and primary production is low? This is reflected by the key topics within the Southern Ocean GLOBEC (GLOBEC Report No 7A).

Project goals

The main objectives of this research project are to establish: 1) if when and what do larvae and adult krill feed on during late autumn and winter 2) to determine available food sources and to quantify specific ingestion and assimilation rates for single developmental stages of *E. superba* present during the time of investigation. These objectives are essential for a better understanding of the reproduction success and therefore for stock assessment. To achieve the research objectives for larval and adult krill the project contains the following working steps: 1) determination of quantity and quality of food sources present 2) determination of biomass, elemental and biochemical composition of larvae and adult krill 3) determination of feeding rates on the phytoplankton stock in general and on different autotrophic groups and heterotrophic micro- and mesozooplankton in particular. 4) determination of assimilation efficiency of ingested food

Area of investigation

The study will be carried out during expeditions on the research vessel "Polarstern" to 70°S from March to May 1999 and in May 2001 in the area 10°E to 75°E, respectively.

9. STRUCTURAL AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS OF THE BACTERIOPLANKTON IN THE SOUTHERN OCEAN IN FALL

M. Simon, B. Rosenstock, W. Zwisler (LIUK)

It is hypothesized that DOM accumulates during the growing season in the Southern Ocean and is decomposed to a certain extent in fall when rates of primary production are low. This phenomenon should show up in an enhanced ratio of bacterial production over primary production in fall as compared to earlier periods in the season, and in an accumulation of more refractory DOM compounds in fall. Until today, very little is known about the composition of the bacterioplankton community in the ocean and in particular in the Southern Ocean. Therefore, we want to study the community structure of the heterotrophic bacterioplankton together with its growth dynamics and controlling factors at the Polar Front and in the eastern Wedell Sea in close collaboration with other plankton parameters. Measurements will include determinations of the bacterial abundance, biomass, and production and the turnover of dissolved free amino acids and monosaccharides in space and time. In addition, the growth-limiting nutrients such as C, N, and P, will be examined by using bioassays. We also want to measure the bacterial decomposition of refractory organic compounds and specifically look for the different rates of decomposition of the macromolecular fractions <3 KDa, 3-30 KDa, and >30 KDa and whether amino acids and carbohydrates in these macromolecular or humic fractions are preferentially decomposed. The community structure will be examined by using 16S rRNA-targeted fluorescently labelled oligonucleotides of various specificity and by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) of PCR-amplified rDNA fragments of ca. 550 base pairs.

10. TOP PREDATORS

v. Franeker

The anticipated work on top predators closely follows that of earlier studies by the same research group during EPOS leg 2 (1988/89; ANT VII/3) and Polarstern's SO-JGOFS studies in 1992 (ANT X/6) and 1995/96 (ANT XIII/2). During these earlier projects strong spatial and seasonal patterns were recorded in distributions and numbers of Southern Ocean seabirds and marine mammals. Results of the top predator studies are being used to

analyse the pelagic ecology of individual species as well as the role of the pelagic top predator community as a whole within the ecosystem (in terms of food and carbon fluxes). The distributional patterns were most strongly present in the seasonal ice zone and in the Antarctic Polar Front area and specific attention has been paid to both these environments. Our former studies now combine to a seasonal coverage from late september to late January. The ANT XVI/3 cruise offers the opportunity to extend our data to the early winter period (March-May) over the whole range of Southern Ocean environments. An important question to look at is whether top predator concentrations (and those of their prey such as zooplankton and fish) as seen in the highly productive areas during summer, persist in a similar pattern over winter. Top predator censuses will be conducted from outdoor observation posts installed on top of the bridge of Polarstern. For bird censuses we will use band-transect methods according to international standards (snapshot method). For mammal censuses both band- and line transect methodologies will be used. Seal observations are coordinated with, and will be incorporated in the international APIS program (Antarctic Pack Ice Seals). Transect data are collected in time-units of 10 minutes, as are records of a variety of environmental parameters (weather, sea-state, ice-conditions etc). The width of the band transect is usually 300 m but may be varied according to conditions. As during earlier work, our type of quantitative data collection will allow detailed spatial analyses of various underway measurements in combination with those for food requirements or carbon consumption by top predators (whether individual species or the community as a whole).

11. TRACERS FOR THE SOURCES OF FE IN THE ANTARCTIC CIRCUMPOLAR CURRENT

C. Hanfland, M. Rutgers van der Loeff, H.-J. Walter, U. Westernstroer (AWI)

Scientific objectives:

Whereas the distribution and growth controlling effects of iron will be studied in parallel programs, this project aims at identifying the sources of iron to this part of the Southern Ocean. It is important to know which source is the major transport route, as this determines how primary production and CO₂ drawdown in the productive frontal regions of the ACC will react on changes in climate, like the changes in dust transport linked to glacial-interglacial transitions. This study is part of the EU-project CARUSO, and of a parallel DFG project.

One of the potential iron sources, release from continental shelf sediments, can be traced by ²⁸⁸Ra. ²⁸⁸Ra in surface ocean waters is derived from sedimentary fluxes generated by the decay of ²³⁴Th which is ubiquitous in sediments. In estuaries, salt marshes, and on the continental shelf above fine-grained sediments, high flux rates and low water depths allow ²⁸⁸Ra to accumulate to high activities. If the enhanced Fe concentrations observed in surface waters near the Polar Front are due to shelf inputs, it is to be expected that these waters carry a ²⁸⁸Ra signal as well. The half-life of ²⁸⁸Ra (5.8 years) is long enough to allow this signal to be advected in the Polar Front region from the south American continental shelf to the SE Atlantic before it disappears by radioactive decay. Enhanced activities of ²⁸⁸Ra (the daughter of ²⁸⁸Ra) observed at 53°S in surface waters during a transect Cape Town-Neu-mayer (Geibert and Walter, ANT XV/2) are a first indication for the importance of this pathway.

In order to investigate the significance of the atmospheric supply route(s) of iron into the ACC we use Al and Nd as tracers. Dust inputs into the surface ocean and the subsequent partial dissolution cause an increase in total (largely dissolved) Al concentrations. The $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratio (expressed as ϵ_{Nd}) of suspended material can help to constrain the modern source region(s) of the dust. Juvenile terrigenous material derived from the subduction related magmatism of South America and the Antarctic peninsula carries a more radiogenic Nd-isotope signature than material from old crustal sources like East Antarctica or Africa. First isotope results of a sediment core from the SW-Atlantic (53°S) have revealed an increasing influence of a juvenile component (high ϵ_{Nd}) during glacial periods compared to interglacials. The input of this component, at least in part, may be attributed to a higher input of dust particles from Patagonian sources, which points to the importance of this pathway during cold climate stages.

In addition to these studies meant to trace the sources of iron, we wish to contribute to the study to what extent the inputs of iron influence export production. To that purpose, the natural radionuclide ^{234}Th will be used as tracer.

Sampling strategy:

Surface waters will be sampled and analysed for Al in conjunction with sampling for Fe to ensure that they are from the same water mass. The distribution of ^{288}Ra in surface waters will be determined by continuous underway sampling on MnO_2 -coated cartridges. The lengthy analysis that will follow at AWI will ultimately yield the $^{288}\text{Ra}/^{286}\text{Ra}$ ratio. ^{286}Ra will be determined separately, in part by on-board scintillation counting. Besides, a continuous centrifuge will be deployed to collect suspended material from surface water. This material will be analysed for Al, for the isotopic composition of Nd, and for ^{231}Pa and ^{230}Th isotopes in a project on the scavenging of these radionuclides in relation to plankton productivity and export production.

In order to obtain a 2-dimensional distribution of Radium and Fe, in-situ pumps will be deployed on various stations on a N-S section through the Antarctic Circumpolar Current, in parallel to sampling for iron in separate casts by the iron team.

The export production will be quantified at selected stations by the measurement of the depletion of ^{234}Th relative to its parent ^{238}U . The conversion of the export rate of ^{234}Th into the export of organic carbon and opal requires data on the composition of settling particles. To this purpose several short-term sediment traps will be deployed. The ^{234}Th activity of the trapped material will be measured immediately after recovery for the rapidly decaying ^{234}Th (24 days half-life) by on-board gamma spectroscopy.

12. IDENTIFIZIERUNG VON EISENQUELLEN IM ANTARKTISCHEN ZIRKUMPOLARSTROM MIT HILFE VON TRACERN
v. d. Loeff (AWI)

Wissenschaftliche Ziele:

Während die Verteilung und die wachstumsbestimmenden Faktoren von Eisen in parallel laufenden Programmen (Arbeitsgruppe NIOZ) untersucht werden, sollen in unserem Projekt die möglichen Liefergebiete von Eisen in diesem Teil des Südlichen Ozeans identifiziert werden. Sind die Quelle(n) bzw. Haupttransportroute(n) für Eisen bekannt, so lassen sich daraus Rückschlüsse ziehen, welchen Einfluß klimatische Änderungen im Wechsel glazial/interglazial auf die Primärproduktion und den CO₂-Export in den produktiven Gebieten der Polarfrontregion haben. Diese Studie ist Teil des EU-Projekts CARUSO sowie eines ergänzenden DFG-Projekts.

Kontinentale Schelfsedimente stellen eine der möglichen Eisenquellen dar und können mit ²⁸⁶Ra nachgewiesen werden. ²⁸⁶Ra wird in ozeanischen Sedimenten kontinuierlich durch den Zerfall seines Mutternuklides ²³²Th gebildet und ins Bodenwasser freigesetzt. In Ästuarien, Salzwiesen und kontinentalen Schelfgebieten mit feinkörnigem Sediment kann sich ²⁸⁶Ra zu hohen Aktivitäten im Wasser aufbauen. Sollten die erhöhten Eisenkonzentrationen, die im Oberflächenwasser nahe der Polarfrontzone nachgewiesen wurden, auf Einträge vom kontinentalen Schelf zurückzuführen sein, so sollten diese Wassermassen auch ein entsprechendes ²⁸⁶Ra -Signal tragen. Die Halbwertszeit von ²⁸⁶Ra (5,8 Jahre) ist ausreichend lang, damit ein solches Signal vom südamerikanischen Schelf durch Advektion in den SE-Atlantik transportiert werden kann. Ein erster Hinweis auf die Bedeutung dieses Transportweges könnte sich aus den erhöhten Aktivitäten von ²²⁸Th (Tochternuklid von ²⁸⁶Ra) ableiten, welche bei 53°S im Oberflächenwasser auf dem Schnitt Kapstadt - Neumayer gefunden wurden (Geibert & Walter, ANT XV/2).

Als Tracer für die Untersuchungen der atmosphärischen Eintragsrouten von Eisen verwenden wir Aluminium (Al) und Neodym (Nd). Staubeinträge und deren teilweise Lösung führen zu einem Anstieg der Aluminiumgesamtkonzentrationen im Oberflächenwasser. Die rezenten Liefergebiete für Staub können mit Hilfe des ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd-Verhältnisses (ausgedrückt als ϵ_{Nd}) von Schwebstoffen eingegrenzt werden. So trägt das juvenile terrigene Material des subduktionsgebundenen Magmatismus von Südamerika und der Antarktischen Halbinsel einen höheren ϵ_{Nd} -Wert als die der alten kontinentalen Kruste aus der Ost-Antarktis oder von Südafrika. Erste isotopische Untersuchungen an einem Sedimentkern aus dem SW-Atlantik weisen auf einen zunehmenden Einfluß einer juvenilen Komponente (hohes ϵ_{Nd}) während der Glaziale hin. Der Eintrag dieser Komponente könnte zumindest teilweise auf einen erhöhten Eintrag von Staubpartikeln aus patagonischen Liefergebieten zurückgeführt werden, was die Bedeutung dieses Transportweges während kalter Klimastadien hervorheben würde.

Weiterhin wird untersucht, inwieweit der Eiseneintrag die Exportproduktion beeinflusst. Für diese Fragestellung wird ²³⁴Th als Tracer benutzt werden.

Probenahmetechnik:

Die Al-Beprobung des Oberflächenwassers findet in Verbindung mit der Fe-Analyse statt um sicherzustellen, daß die Proben aus demselben Wasserkörper stammen. Die Verteilung von ²⁸⁸Ra im Oberflächenwasser wird mittels einer kontinuierlichen Probenahme mit MnO₂-beschichteten Filterkerzen

untersucht werden. Nach der Aufbereitung der Filterkerzen am AWI kann daran schließlich das $^{228}\text{Ra} / ^{226}\text{Ra}$ -Verhältnis bestimmt werden. Die ^{226}Ra -Konzentration, wird zum Teil bereits an Bord unabhängig vom $^{228}\text{Ra} / ^{226}\text{Ra}$ -Verhältnis durch das Szintillationsverfahren an separat genommenen Unterproben bestimmt. Mit einer Durchlaufzentrifuge werden Schwebstoffe aus dem Oberflächenwasser gesammelt. An diesem Material soll die Al-Konzentration, die isotopische Zusammensetzung von Nd sowie die Aktivitäten der beiden natürlichen Radionuklide ^{231}Pa und ^{230}Th analysiert werden. Die Aktivitätsverteilung von ^{231}Pa und ^{230}Th im Oberflächenwasser soll Auskunft über die Entfernungsrates der beiden Radionuklide in Abhängigkeit von Planktonproduktivität und Exportproduktion geben.

Für ein zweidimensionales Verteilungsmuster von Ra werden in-situ-Pumpen auf verschiedenen Stationen entlang eines N-S-Schnittes durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom eingesetzt. Parallel dazu wird die Arbeitsgruppe NIOZ mit separaten Geräten Fe-Beprobungen durchführen.

Die Exportproduktion wird an ausgewählten Stationen über die Bestimmung der Abreicherung von ^{234}Th im Vergleich zu seinem Mutternuklid ^{238}U ermittelt. Für die Übertragung der Exportrate von ^{234}Th auf den Export von organischem Kohlenstoff und Opal sind Informationen über die Zusammensetzung der sedimentierenden Partikel notwendig. Deshalb soll Sinkstoff-fallenmaterial aus verschiedenen Kurzzeitverankerungen gewonnen werden. Das Fallenmaterial muß bereits an Bord auf ^{234}Th mittels gamma-Spektrometrie gemessen werden, da dieses Isotop mit einer sehr kurzen Halbwertszeit (24 Tage) zerfällt.

References

- Basile, I., F. E. Grousset, M. Revel, J. R. Petit, P. E. Biscaye, and N. I. Barkov (1997) Patagonian origin of glacial dust deposited in East Antarctica (Vostok and Dome C) during glacial stages 2,4 and 6. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 146, 573-589.
- Coale, K. H., and K. W. Bruland (1985) $^{234}\text{Th} : ^{238}\text{U}$ disequilibria within the California current. *Limnol. Oceanogr.*, 30, 22- 33.
- De Baar, H. J. W., J. T. M. De Jong, D. C. E. Bakker, B. M. Löscher, C. Veth, U. Bathmann, and V. Smetacek (1995) Importance of iron for plankton blooms and carbon dioxide drawdown in the Southern Ocean. *Nature*, 373, 412-415.
- Grousset, F. E., P. E. Biscaye, M. Revel, J. -R Petit, K. Pye, S. Joussaume, and J. Jouzel (1992) Antarctic (DomeC) ice-core dust at 18 k.y. B.P.: Isotopic constraints on origins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 111, 175-182.
- Key, R. M., R. F. Stallard, W. S. Moore, and J. L. Sarmiento (1985) Distribution and flux of ^{226}Ra and ^{228}Ra in the Amazon River Estuary. *J. Geophys. Res.*, 90, 6995-7004.
- Kumar, N., R. F. Anderson, R. A. Mortlock, P. N. Froelich, P. Kubik, B. Dittrich-Hannen, and M. Suter (1995) Increased biological productivity and export production in the glacial Southern Ocean. *Nature*, 378, 675-680.
- Li, Y. -H, H. W. Feely, and J. R. Toggweiler (1980) ^{228}Ra and ^{228}Th concentrations in GEOSECS Atlantic surface waters. *Deep-Sea Res.*, 27A, 545-555.
- Moore, W. S., J. L. Sarmiento, and R. M. Key (1986) Tracing the Amazon component of surface Atlantic water using ^{228}Ra , salinity and silica. *J. Geophys. Res.*, 91, 2574-2580.
- Rutgers van der Loeff, M. M., J. Friedrich, and U. V. Bathmann (1997) Carbon export during the spring bloom at the southern Polar Front, determined with the natural tracer ^{234}Th . *Deep-Sea Res. II*, 44, 457-478.

Smetacek, V., H. J. W. De Baar, U. V. Bathmann, K. Lochte , and M. M. Rutgers van der Loeff (1997) Ecology and biogeochemistry of the Antarctic Circumpolar Current during austral spring: a summary of Southern Ocean JGOFS cruise ANT X/6 of R.V. Polarstern. *Deep-Sea Res.*II, 44, 1-21.

13. PARTICIPANTS / FAHRTTEILNEHMER ANT XVI/3

1. Alheit, Ruth	(AWI)
2. Assmy, Philip	(AWI)
3. Atkinson, Angus	(BAS)
4. Bathmann, Ulrich	(AWI)
5. Bellerby, Richard	(PML)
6. Boye, Marie	(LIVERPOOL)
7. Brink, Nico van den	(IBN)
8. Brocken, Fenneke	(RUG)
9. Croot, Peter	(NIOZ)
10. Dauelsberg, Anke	(AWI)
11. Davey, Margaret	(MBA)
12. Dieterich, Christian	(AWI)
13. Flechsenhar, Kurt	(DWD)
14. Franeker, Jan Andries van	(IBN)
15. Freier, Ulrich	(AWI)
16. Garitty, Caren	(AWI)
17. Gonzalez, Santiago	(NIOZ)
18. Hanfland, Claudia	(AWI)
19. Hartmann, Carmen	(AWI)
20. Jong, Jeroen de	(NIOZ)
21. Kattner, Gerhard	(AWI)
22. Klein, Boris	(AWI)
23. Kroon, Bernd	(AWI)
24. Langreder, Jens	(IUPT)
25. Leach, Harry	(AWI)
26. Leeuwe, Maria van	(RUG)
27. Macrander, Andreas	(IFM Kiel)
28. Meyer-Harms, Bettina	(AWI)
29. Mock, Thomas	(AWI)
30. Monsees, Mathias	(AWI)
31. Oijen, Tim van	(RUG)
32. Ratje, Andreas	(AWI)
33. Richter, Klaus-Uwe	(AWI)
34. Rosenstock, Bernd	(ICBM)
35. Roth, Peter	(AWI)
36. Ruttgers v. d. Loeff, Michiel	(AWI)
37. Schmidt, Katrin	(IOW)
38. Schoemann, Veronique	(ULB)
39. Simon, Meinhard	(Oldbg)
40. Smetacek, Victor	(AWI)
41. Sonnabend, Hartmut	(DWD)
42. Strass, Volker	(AWI)
43. Stübing, Dorothea	(Univ. HB)
44. Timmermans, Klaas	(NIOZ)
45. van der Wagt, Bas	(LIVERPOOL)
46. Veldhuis, Marcel	(NIOZ)
47. Visser, Ronald	(NIOZ)
48. Walter, Hans Jürgen	(AWI)
49. Westernstroeer, Ulrike	(AWI)
50. Zwisler, Walter	(ICBM)

14. PARTICIPATING INSTITUTES / BETEILIGTE INSTITUTE

Belgium

ULB Groupe de Microbiologie des
Milieux Aquatiques
Université Libre de Bruxelles ULB
Campus de la Plaine, CP 221
B-1050 Brussels

England

BAS British Antarctic Survey (BAS)
High Cross, Madingley Road
Cambridge CB3 0ET, UK

DOUL Dept. of Oceanogr.
The University
Liverpool, L69 3BX

PML Plymouth Marine Laboratory
Citadel Hill
Plymouth PL1 2PB

Germany

AWI Alfred-Wegener-Institut für
Polar- und Meeresforschung
Columbusstrasse
27515 Bremerhaven

DWD Deutscher Wetterdienst
Geschäftsfeld Seeschifffahrt
Bernhard-Nocht-Str. 76
20359 Hamburg

ICBM Inst. f. Chemie und Biol. des Meeres
Universität Oldenburg
Carl-v.-Ossietzky-Str. 9-11
Postfach 2503
26111 Oldenburg

IFM Kiel Institut für Meereskunde
Düsternborrker Weg 20
23414 Kiel

IOW Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
Postfach 30 11 61,
18112 Rostock

Netherlands

IBN-DLO Institute for Forestry &
 Nature Research
 Postbox 167
 NL-1790 AD Den Burg (Texel)

NIOZ Nederlands Instituut voor
 Onderzoek der Zee
 Postbox 59
 NL-1790 AB Den Burg/Texel

RuG University of Groningen
 Department of Marine Biology
 P.O. Box 14
 Kerklaan 30
 9750 AA Haren (Gn)

15. SHIP'S CREW / SCHIFFSBESATZUNG ANT XVI/3

Dienstgrad	Name
Kapitän.....	Pahl, Uwe
1. Naut. Offizier.....	Schwarze, Stefan
1. Naut. Offizier.....	Rodewald, Martin
2. Naut. Offizier.....	Fallei, Holger
2. Naut. Offizier.....	Spielke, Steffen
Arzt.....	NN
Ltd. Ingenieur.....	Behnes, Stefan
2. Ingenieur.....	Erreth, Mon. Gyula
2. Ingenieur.....	Ziemann, Olaf
2. Ingenieur.....	Fleischer, Martin
Elektriker.....	Muhle, Heiko
Elektroniker.....	Dimmler, Werner
Elektroniker.....	Muhle, Helmut
Elektroniker.....	Greitemann-Hackl, A.
Elektroniker.....	Roschinsky, Jörg
Funkoffizier.....	Koch, Georg
Maschinenwart.....	Ipsen, Michael
Maschinenwart.....	Voy, Bernd
Maschinenwart.....	Grafe, Jens
Maschinenwart.....	Hartmann, Ernst-Uwe
Maschinenwart.....	Preußner, Jörg
Zimmermann.....	Reise, Lutz
Lagerhalter.....	Müller, Klaus
Bootsmann.....	Clasen, Burkhard
Matrose.....	Gil Iglesias, Luis
Matrose.....	Pousada Martinez, S.
Matrose.....	Kreis, Reinhard
Matrose.....	Winkler, Michael
Matrose.....	Schulz, Ottomar
Matrose.....	Burzan, G.-Ekkehard
Matrose.....	Bäcker, Andreas
Matrose.....	Pulss, Horst
Koch.....	Haubold, Wolfgang
Kochsmaat.....	Völske, Thomas
Kochsmaat.....	Martens, Michael
1. Steward/ess.....	Jürgens, Monika
Stewardess/Krankenschwester	NN
2. Steward/ess.....	Czyborra, Bärbel
2. Steward/ess.....	Deuß, Stefanie
2. Steward/ess.....	Neves, Alexandre
2. Steward.....	Tu, Jian Min
2. Steward.....	Mui, Kee Fung
Wäscher.....	Yu, Chung Leung

**FAHRTABSCHNITT ANT XVI/4 KAPSTADT - BREMERHAVEN
(11.5.99 - 8.6.99)**

**1. ERSTELLUNG DER SPEZIFIKATION FÜR PODEV-
NACHFOLGESYSTEM, VORLAUF FÜR IM RAHMEN DES 3.
TEILS DER MODERNISIERUNG FS-POLARSTERN (HERBST
2000) GEPLANTE ERNEUERUNG DES PODEV-SYSTEMS**
P. Gerchow, J. Hofmann, M. Reinke (AWI)

Die automatische Datenerfassung erfolgt im Observatoriumsbetrieb auf Polarstern und den Polarstationen im allgemeinen über Sensoren, die über Analog-Digital-Wandler (Datalogger) an Rechner (PC, Mac, Sun) angeschlossen sind. Die Informationen werden dabei in sequentiellen Dateien auf lokalen Platten abgelegt. Während im Datenerfassungsbereich durch den Einsatz von kommerziell verfügbaren, hoch integrierten Datenloggern eine hoher Leistungsfähigkeit erreicht wird, ist ein Großteil der Datenverwaltungssoftware von Wissenschaftlern - oft auf zeitlich befristeten Verträgen - oder externen Anbietern speziell für diese Einsätze programmiert worden. Daraus resultiert ein hoher personeller und finanzieller Betreuungsaufwand im langfristigen Einsatz, da die Software sich den wandelnden Anforderungen von Seiten der Nutzer und den Neuentwicklungen im informationstechnischen Bereich anpassen muß.

Eine weitergehende Automatisierung der Observatorien verbunden mit einem verringerten Betreuungsaufwand kann durch den Einsatz kommerzieller, konfigurierbarer Datenverwaltungssoftware für die Meßdatenerfassung (Realtime- oder Echtzeit-Datenbankmanagementsysteme) erreicht werden.

Vorteile diese Einsatzes sind:

- * der erheblich verringerte Programmieraufwand, da die Software in weiten Bereich nicht mehr erstellt sondern nur noch konfiguriert werden muß,
- * die größere Sicherheit, da bei einer Störung alle Daten bis zum letzten vollständig übermittelten Meßwert konsistent erhalten bleiben,
- * die bessere Verfügbarkeit, da Daten, die in eine Echtzeitdatenbank geschrieben werden, sofort nach dem Eintrag sichtbar sind,
- * die bessere Qualitätskontrolle der Experimente, da die Datenbankserver (Client/Server Mode) über die Kommunikation auf Netzwerken mit beschränkter Bandbreite, wie etwa der Standleitungsverbindung zur Neumayer Station oder der Modemverbing zur Polarstern, gesteuert und konfiguriert werden können und
- * die bessere Weiterbearbeitung im AWI, da die Meßdaten bereits im Datenbankformat vorliegen, und eine Konvertierung in das hauseigene Datenbank Format (SYBASE) schnell und einfach möglich ist.

Die Sicherheit bei der Datenerfassung, die Qualität der aufgezeichneten Daten und die spätere Verfügbarkeit wird also durch den Einsatz solcher Systeme erheblich verbessert.

Aufbauend auf den während ANT XV/1 erzielten Ergebnissen, soll das damals testweise erarbeitete Datenerfassungssystem (basierend auf DAVIS/BAPAS der Fa. Erum) im Dauerbetrieb erprobt werden. Als Eingangsdaten sollen Daten des meteorologischen Datenerfassungssystems der Polarstern in verschiedener zeitlicher Auflösung dienen.

Im Ergebnis der Langzeiterprobung sollen während des Fahrtabschnitts folgende Ziele erreicht werden:

- * Erarbeitung einer Spezifikation für das PODEV-Nachfolgesystem.
- * Tests zur Datenübernahme aus dem preferierten Echtzeitdatenbanksystem ins hauseigene Datenbanksystem (SYBASE).
- * Tests zur Datenarchivierung und institutsweiten Datenbereitstellung von PODEV-Daten.
- * Weiterführung des Testsystems zur Produktionsreife, um ab Sommer 1999/2000 im luftchemischen Observatorium der Neumayer Station eingesetzt zu werden.

1. CREATION OF THE SPECIFICATION FOR THE FOLLOW UP SYSTEM OF PODEV

P. Gerchow, J. Hofmann, M. Reinke (AWI)

Automatic data acquisition on the research vessel Polarstern and polar stations Neumayer and Koldewey is carried out on sensors connected to data loggers which are driven by PCs or workstations. Actual data is mostly saved in sequential files on hard disks. Control information is often distributed in real time mode on local networks. While data acquisition hardware and data loggers are highly integrated tools, the archiving software is mostly written by scientists in C or FORTRAN with changing formats and little documentation. The long-term maintenance of these programs and data is expensive due to changing requirements of scientific users and the rapid development in information technology.

Real-time data management systems (RTDBMS) are 'commercial systems of the shelf (COTS)' fulfilling most of the requirements of complex data acquisition. Advantages of the operation of RTDBMS are

- * less programming efforts, because the software has only to be configured for specific problems;
- * more security due to transaction processing;
- * better quality control through on-line viewing capabilities;
- * easier processing in the laboratories due to comfortable data conversion into a relational database management system.

On ANT XVI/4 we continue to check whether the DAVIS system could be a follow up system of PODEV ('Polarstern Datenerfassung und Verteilungssystem (PODEV)'). In the result of testing the following targets are to be achieved

- * the specification of the follow up system of PODEV;
- * more experiences in data transferring from real-time to relational database systems (SYBASE);
- * some experiences in data archiving and institute-wide distributing of PODEV data;

2. PARTICIPANTS / FAHRTTEILNEHMER ANT XVI/4

Buldt, Klaus	(DWD)
Gerchow, Peter	(AWI)
Hofmann, Jörg	(AWI)
Köhler, Herbert	(DWD)
Lanning, Giesela	(AWI)
Reich, Michael	(IFM) Kiel
Reinke, Manfred	(AWI)

3. PARTICIPATING INSTITUTES / BETEILIGTE INSTITUTE

Germany

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstrasse 27515 Bremerhaven
DWD	Deutscher Wetterdienst Geschäftsfeld Seeschifffahrt Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg
IFM Kiel	Institut für Meereskunde Düsternborrker Weg 20 23414 Kiel

4. SHIP'S CREW / SCHIFFSBESATZUNG ANT XVI/4

Dienstgrad	Name
Kapitän.....	Pahl, Uwe
1. Naut. Offizier.....	Schwarze, Stefan
2. Naut. Offizier.....	Peine, Lutz
2. Naut. Offizier.....	Spielke, Steffen
Arzt.....	Schulz, Rüdiger
Ltd. Ingenieur.....	Behnes, Stefan
2. Ingenieur.....	Erreth, Mon. Gyula
2. Ingenieur.....	Ziemann, Olaf
2. Ingenieur.....	Fleischer, Martin
Elektriker.....	Muhle, Heiko
Elektroniker.....	Bretfeld, Holger
Elektroniker.....	Muhle, Helmut
Elektroniker.....	Greitemann-Hackl, A.
Elektroniker.....	Roschinsky, Jörg
Funkoffizier.....	Koch, Georg
Maschinenwart.....	Ipsen, Michael
Maschinenwart.....	Voy, Bernd
Maschinenwart.....	Grafe, Jens
Maschinenwart.....	Hartmann, Ernst-Uwe
Maschinenwart.....	Elsner, Klaus
Zimmermann.....	Reise, Lutz
Lagerhalter.....	Preußner, Jörg
Bootsmann.....	Clasen, Burkhard
Matrosé.....	Gil Iglesias, Luis
Matrose.....	Pousada Martinez, S.
Matrose.....	Kreis, Reinhard
Matrose.....	Schulz, Ottomar
Matrose.....	Burzan, G.-Ekkehard
Matrose.....	Bastigkeit, Kai
Koch.....	Haubold, Wolfgang
Kochsmaat.....	Völske, Thomas
Kochsmaat.....	Martens, Michael
1. Steward/ess.....	Jürgens, Monika
Stewardess/Krankenschwester	Wöckener, Martina
2. Steward/ess.....	Czyborra, Bärbel
2. Steward/ess.....	Deuß, Stefanie
2. Steward/ess.....	Neves, Alexandre
2. Steward.....	Tu, Jian Min
2. Steward.....	Mui, Kee Fung
Wäscher.....	Yu, Chung Leung

