



**FS „POLARSTERN“**

Expeditionsprogramm Nr. 37

---



31. Jan. 1995

**ANTARKTIS XII/4**

**1995**

**Z 432**

**37  
1995**

Expeditionsprogramm Nr. 37

FS "Polarstern"

ANTARKTIS XII/4

1995

Koordinator: H. Miller

Fahrtleiter: R. Gersonde

Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven

Januar 1995

Deutscher Text  
Seite 1 bis 18

English Text  
Page 22 to 38

## 1. Zusammenfassung

Während des Fahrtabschnittes ANT-XII/4, der am 21.3.95 in Punta Arenas beginnen und dort am 14. Mai 1995 enden soll, sind schwerpunktmäßig marin-geologische Untersuchungen im Bellingshausenmeer, einem bislang wenig bekannten Gebiet des Weltozeans, geplant (Abb. 1). Mikropaläontologische, sedimentologische, isotopengeologische und geochemische Untersuchungsprogramme sollen in Kombination mit sedimentechographischen (PARASOUND), reflexionsseismischen, gravimetrischen und bathymetrischen (HYDROSWEEP) Meßprogrammen dazu beitragen,

- a) das oberpliozäne Eltanin-Meteoriten Einschlagereignis im Bereich der San Martin-Tiefseekuppe und
- b) die quartäre und pliozäne (ca. letzte 3 Mio. J.) paläozeanographische und -klimatische Entwicklung in der antarktischen Kaltwasserzone und dem angrenzenden subantarktischen/subtropischen Warmwassergebiet

zu rekonstruieren. Die letztgenannte Thematik steht in besonderem Zusammenhang mit den geowissenschaftlichen Untersuchungen, die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 261 ("Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen") im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres durchgeführt werden. Dazu sind umfangreiche Sedimentkernentnahmen mit dem Schwere- und Kolbenlot geplant. Ein weiteres Ziel der Auswertungen ist die Verbesserung von zeitlich hochauflösenden Sedimentdatierungsmethoden für das Quartär und Neogen südlicher hoher Breiten. Daneben stehen Programme, die sich mit dem biogeochemischen Stoffkreislauf von Barium und dem Fluß von natürlichen Radionukleiden ( $^{231}\text{Pa}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ) und deren Eintrag in das Sediment beschäftigen. Im Rahmen von aktupaläontologischen Untersuchungen sollen Verbreitungsmuster planktischer und benthischer Mikroorganismen, deren kalkige oder kieselige Hartteile als Umweltsignale im Sediment überliefert werden, mit den gewonnenen hydrographischen Daten (Nährstoffangebot, Wassertemperatur, Salzgehalt) in Verbindung gesetzt werden. Dazu werden neben Plankton- und Vertikalnetzen auch Bodengreifer zum Einsatz kommen. Umfangreiche reflexions- und refraktionsseismische Messungen, bei denen neben einem 2400 m-Streamer auch Ozeanboden-Hydrophone eingesetzt werden sollen, sind in einem plattentektonischen Kollisionsgebiet im Bereich der Peter I Insel und den De Gerlache Seamounts geplant (Abb. 1).

Die marin-geologischen Programme werden von Untersuchungen an der Grenzschicht Atmosphäre/Ozean und in der Wassersäule begleitet. Im Rahmen eines hydrographischen Programmes sollen CTD- und XBT-Profile über die Strombänder des Antarktischen Zirkumpolarstromes (ACC) hinweg durchgeführt werden. Ein Schwerpunkt des hydrographischen Arbeitsprogrammes sind Untersuchungen zum Bildungsbereich des Antarctic Intermediate Water. Daneben werden auch Wasserproben zur Untersuchung von stabilen Isotopen, natürlichen Radionukleiden, Nährstoffgehalten sowie verschiedener andere Stoffe (u. a. Barium) mit Hilfe von Niskin- und Gerad-Wasserschöpfern sowie *in-situ* Pumpen entnommen. Untersuchungen zum  $\text{CO}_2$ -System sollen Aufschluß zum Austausch dieses wichtigen Treibhausgases zwischen Südpolarmeer und Amosphäre geben. In engem Zusammenhang dazu steht die Quantifizierungen der Nährstoffverteilung in der Wassersäule und der Primärproduktion. In diesem Zusammenhang sollen auch umfangreiche Untersuchungen zur Verteilung von Spurenmetallen (u. a. Eisen,

Zink) in der oberen Wassersäule und deren Einfluß auf das Phytoplanktonwachstum durchgeführt werden. Dabei sind Schlauchbooteinsätze zur Entnahme von unkontaminierten Wasserproben geplant. Wasserproben werden auch auf ihren Gehalt an neutralen und ionischen Methylschwermetallverbindungen hin untersucht. Zusätzliche Netzfänge sollen einen Beitrag zur zoogeographischen Verbreitung von Copepoden und zur Erfassung ihres physiologischen Zustandes und Lebenszyklus sowie ihrer Freßgewohnheiten geben.

Das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm soll durch einen Abstecher zur britischen Überwinterungsstation Rothera auf Adelaide Island (Abb. 1) unterbrochen werden, um die Station mit Treibstoff zu versorgen.

## 2. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme (ANT-XII/4 "Bellingshausenmeer")

### 2.1 Marine Geologie

Die marin-geologische Probennahme soll auf Schnitten über die Frontensysteme des Antarktischen Zirkumpolarstroms (ACC) hinweg und im Einschlagsgebiet des Eltanin-Meteoriten im Bereich der San Martin-Tiefseekuppe durchgeführt werden (Abb. 1). Dabei sollen je nach Sedimenttyp mit dem Schwerelot (SL) oder Kolbenlot (KOL) Sedimentkerne gewonnen werden. Zur Entnahme von ungestörten Oberflächensedimentproben werden wahlweise Großkastengreifer (GKG) oder Multicorer (MUC) eingesetzt. Zusätzlich sollen mit einem Minicorer (MIC), der unterhalb der CTD installiert wird, auch an hydrographischen Stationen Oberflächensedimente gewonnen werden. Damit kann das umfangreiche Probenmaterial, das während der Expeditionen ANT-VIII/3, ANT-IV/4, ANT-X/2, ANT-XI/2 und ANT-XI/4 im atlantischen und indischen Sektor des Südpolarmeeres gewonnen worden ist, ergänzt werden.

Die Auswahl der Probennahmestationen wird sich einerseits auf sedimentechographische (PARASOUND, s. 2.1.3) und reflexionsseismische Profilmessungen (s. 2.2) sowie bathymetrische Kartierungen mit HYDROSWEEP (s. 2.1.4), andererseits auf Informationen, die bereits in den sechziger Jahren während geowissenschaftlicher Expeditionen mit USNS "Eltanin" gewonnen worden sind, stützen.

Die sediment-physikalischen Eigenschaften (magnetische Volumenssuszeptibilität, p-Wellengeschwindigkeit, Feuchtraumdichte) der Sedimentkerne werden durch kontinuierliche Messungen mit einer Multi-Sensor-Meßbank bestimmt und liefern damit Informationen über die Sedimentzusammensetzung. Es ist geplant, möglichst viele der gewonnenen Sedimentkerne während der Expedition zu öffnen, sie standardmäßig zu dokumentieren und erste Probensätze für stratigraphische, mikropaläontologische und geochemische Untersuchungen zu sammeln.

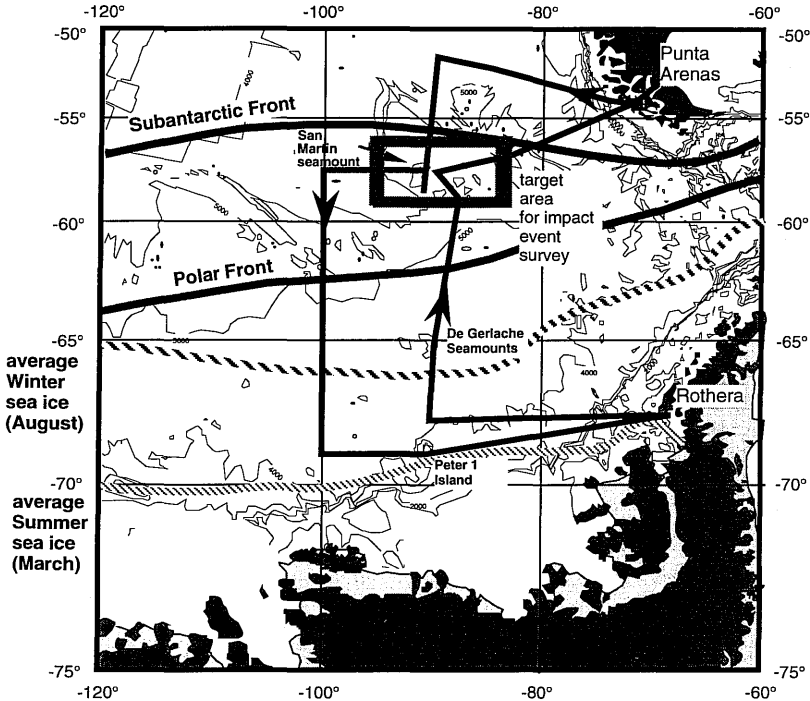


Abb. 1: Geplante Fahrtroute während ANT-XII/4 und Zielgebiet für die Untersuchung des Eltanin-Meteoriteneinschlagereignisses.

### 2.1.1 Untersuchungen zum oberpliozänen Einschlagereignisses des Eltanin-Meteoriten (AWI, UCLA)

Der oberpliozäne Meteoriteneinschlag in der Nähe der San Martin-Tiefseeekuppe im Bellingshausenmeer stellt bislang den weltweit einzig bekannten Einschlag in ein Tiefseebecken dar. Das Einschlagereignis wird durch Funde von Mikrotekiten und ungeschmolzenen meteoritischen Gesteinsfragmenten mit hohen Anteilen siderophiler Edelmetalle, wie z. B. Iridium, in einer Reihe von Sedimentkernen, die bereits während der sechziger Jahren im Zuge von marin-geologischen Expeditionen mit USNS "Eltanin" im Bellingshausenmeer gewonnen worden sind, dokumentiert (Abb. 2). Biostratigraphische und paläomagnetische Datierungen der Iridium-reichen Lage in diesen Kernen ergeben ein oberpliozänes Alter bei ca. 2.4 Mio. J. für das sogenannte Eltanin-Einschlagereignis. Die meteoritischen Fragmente sind überwiegend grobkörnig (bis zu 0,5 cm) und bestehen aus einer blasigen Impakt-Schmelze mit geringen Anteilen von Meerwassersalzen. Untergeordnet ist auch primäres Material des Asteroiden enthalten, dessen

basaltige Fragmente Ähnlichkeiten mit Howardit oder Mesosiderit aufweisen. Bislang bestehen aus geochemischen Befunden keine Hinweise, daß das eingeschlagene Projektil bis in den Bereich der ozeanischen Kruste eingedrungen ist. Der bislang bekannte Streufächer des Eltanin-Einschlages hat eine Länge von über 600 km (Abb. 2). Gestützt auf konservative Berechnungen wurde daraus ein Durchmesser des Projektils von mindestens ca. 500 m berechnet. Allerdings kann ein Durchmesser von bis zu 2 km nicht ausgeschlossen werden. Bislang geht man davon aus, daß das Einschlagzentrum in der Nähe der Position des in unmittelbarer Nähe der San Martin-Kuppe gewonnen Eltanin-Kerns E13-4 gelegen hat. In diesem Kern wurden die bisher höchsten Iridium-Konzentrationen gemessen. Auffällig ist in diesem Kern auch eine eozäne/oberpliozäne Schichtlücke unmittelbar unterhalb der Lage mit meteoritischen Gesteinsfragmenten. Eine Zerstörung oder Erosion von kanozoischen Sedimenten kann auch auf Grund des Vorkommens von umgelagerten Mikrofossilien oligozänen-pliozänen Alters in und über der Lage mit meteoritischen Partikeln vermutet werden.

Der Meteoriten-Einschlag war ein außergewöhnlich hochenergetisches Ereignis. Ausgehend von einem Durchmesser von mindestens 500 m kann eine freiwerdende kinetische Energie von  $5 \times 10^{19}$  J, das entspricht der Explosionskraft von ca. 12 Gigatonnen TNT, berechnet werden. Der bei dem Einschlagereignis vorübergehend entstehende Verdrängungstrichter im Ozean sollte mehrere Kilometer tief und wahrscheinlich um einiges breiter gewesen sein. Es ist davon auszugehen, daß bei der Explosion des Projektils beim Aufschlag große Mengen Wasser und Wasserdampf (mindestens die zehnfache Menge der Masse des Projektils) und darüber hinaus auch ein bedeutender Teil des in Fragmente zerplatzten Meteoriten bis in die Stratosphäre geschleudert worden sind. Das Eltanin-Einschlagereignis ist auch deshalb von großem Interesse, weil sein Alter in einen Zeitraum fällt, der durch drastische globale Klimaveränderungen, und zwar dem Beginn der Vereisung der Nordhemisphäre, geprägt ist. Veränderungen in der ozeanischen Zirkulation werden auch durch einschneidende Faziesveränderungen in marinen antarktischen Sedimentabfolgen angezeigt.

Die während ANT-XII/4 geplanten Untersuchungen im Einschlaggebiet des Eltanin-Meteoriten kombinieren seismische (PARASOUND, Reflexionsseismik) und bathymetrische (HYDROSWEEP) Profilaufnahmen mit gezielter Entnahme von Sedimentkernen. Sie sollen insbesondere genauere Informationen zu folgenden Punkten geben:

- Position des Einschlagortes,
- Durchmesser des Projektils und die Auswirkungen des Einschlages auf die Umwelt,
- Art und Zusammensetzung des Asteroiden.

Diese Untersuchungen sollen weitere und präzisere Informationen zu dem Eltanin-Einschlagereignis liefern. Gestützt auf diese Daten, die auch in numerischen Modellen gerechnet werden sollen, die einerseits Asteroideneinschläge und ihre Auswirkungen und andererseits das globale Klima simulieren, soll dazu beigetragen werden, die Auswirkungen des Eltanin-Meteoriten auf das globale Klima vor 2.4 Mio. Jahren genauer zu erfassen. Damit soll die Frage beantwortet werden, ob das Eltanin-Einschlagereignis in ursächlichem Zusammenhang mit der oberpliozänen Abkühlung des globalen Klimas steht, die zu signifikanten Vereisungen auf der Nordhemisphäre geführt hat.

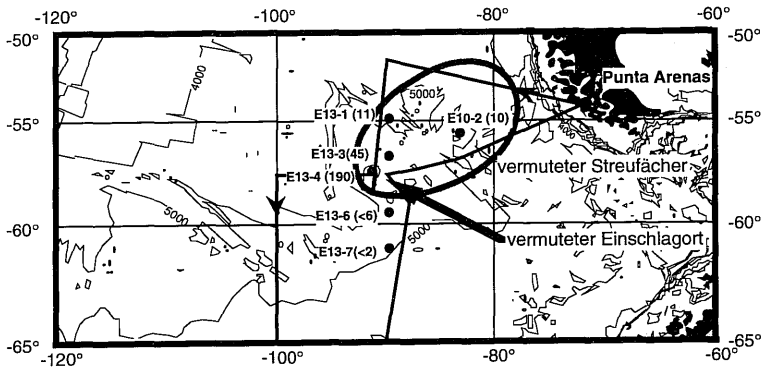


Abb. 2: Lokationen der USNS "Eltanin" Kolbenlote und darin gemessene Iridium-Konzentrationen (netto Ir-Fluß in  $\text{ng m}^{-2}$ ) und Modell für einen bei dem Meteoriteneinschlag entstandenen Streufächer (nach Kyte et al. 1988, Science 241:63-65)

### 2.1.2 Paläozeanographische Untersuchungen zur Geschichte des Südpolarmeeres (AWI, FGB, GEOMAR)

Im Zentrum der paläozeanographischen Untersuchungen, die sich auf den Zeitraum der quartären Warm- und Kaltzeiten und des oberen Pliozäns konzentrieren, stehen folgende Fragestellungen:

- Paläotemperatur und Lageveränderungen des Antarktischen Zirkumpolarstromes (ACC),
- Verbreitung der nördlichen Meereisgrenze,
- Veränderung der Paläoproduktivitätsraten und der Zone mit hoher Paläoproduktivität,
- Veränderung der Paläotemperatur und Zirkulation von Boden- und Tiefenwasser, Bildungszeiträume und Mächtigkeit von Antarktischem Bodenwasser.

Die dabei gewonnenen paläozeanographischen Daten sollen mit denen aus dem atlantischen Sektor des Südpolarmeeres verglichen werden. Das besondere Interesse an diesem Vergleich liegt darin, daß der östliche pazifische Sektor des Südpolarmeeres (Bellingshausenmeer) im Gegensatz zu dem atlantischen Sektor ein Tiefseebecken mit nur wenig Bodentopographie darstellt. Damit wird hier im Gegensatz zum atlantischen Sektor die Ozeanographie (u. a. Lagestabilität von Frontensystemen und Strombändern des ACC's) nicht oder nur sehr untergeordnet durch die Bodentopographie beeinflusst. Dies kann insbesondere im Wechsel von Warm- und Kaltzeiten zu einem deutlich anderen Verhalten der Fronten und Strombänder des ACC's als im atlantischen Sektor geführt haben. Mit Hilfe des



Vergleiches der Bedingungen im atlantischen und östlichen pazifischen Sektor könnte damit der Einfluß der Bodentopographie auf ozeanische Zirkulationssysteme und ihre Veränderungen besser verstanden werden. Ein weiterer deutlicher Unterschied zwischen atlantischem Sektor und dem Bellingshausenmeer ist das Fehlen eines Großwirbels (Weddellwirbel) und einer Kaltwasserquelle, die im atlantischen Sektor die ozeanographischen Bedingungen und die Meereisverbreitung stark beeinflussen.

Ein generelles Ziel der paläozeanographischen Untersuchungen des Südpolarmeeres ist es, Erkenntnisse zur Entwicklung ozeanographischer Parameter zu gewinnen, die großräumig ozeanische Zirkulation und Wärmetransport, den CO<sub>2</sub>-Haushalt sowie die atmosphärische Zirkulation beeinflussen und somit in enger Wechselwirkung mit klimatischen Veränderungen stehen. Damit soll zum Verständnis der paläozeanographischen Ereignisse beigetragen werden, die durch Rückkopplungsvorgänge die zum Teil rasch ablaufenden klimatischen Wechsel zwischen jungpleistozänen Warm- und Kaltzeiten steuern. Ein weiteres Ziel ist die Rekonstruktion des Klimageschehens auf der Südhalbkugel während des Vereisungsbeginns auf der Nordhalbkugel im Laufe des oberen Pliozäns.

Oberflächenwassertemperaturen und Meereisverbreitung sollen mit Hilfe von im Sediment überlieferten Vergesellschaftungen kalkiger (Foraminiferen) und kieseliger (Diatomeen, Radiolarien) planktischer Mikrofossilien abgeschätzt werden. Außerdem werden die Verhältnisse der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope in den Gehäusen benthischer und planktischer Foraminiferen zur Rekonstruktion von Boden-, Tiefen- und Oberflächenwasser herangezogen. Die Rekonstruktion der Paläoproduktivität kann anhand der Verhältnisse stabiler Kohlenstoffisotope in planktischen und benthischen Foraminiferen durchgeführt werden. Weitere Methoden zur Abschätzung der Paläoproduktivität sind Bestimmung der Akkumulationsraten biogenen Opals, des organischen Kohlenstoffs, des Bariums sowie die Bestimmung der isotopischen Zusammensetzung von Kohlenstoff und Stickstoff aus organischem Material. Darüber hinaus soll die Zusammensetzung von Fossilvergesellschaftungen herangezogen werden. Strömungsereignisse des Bodenwassers sowie Meereis- und Eisbergverbreitung sollen auch mit Hilfe sedimentologischer und mineralogischer Methoden (Korngrößenverteilung, Verbreitung von verfrachteten Tonmineralen, Verbreitung und Häufigkeit eistransportierten Materials) untersucht werden.

Neben den paläozeanographischen Untersuchungen sollen auch Beiträge zur Verbesserung der Methoden zur Altersdatierung von Sedimenten aus südlichen hohen Breiten geliefert werden. Dies kann am erfolgreichsten durch eine Kombination von unterschiedlichen paläontologischen, isotopengeologischen und geophysikalischen Datierungsmethoden erreicht werden.

Die mikropaläontologische Auswertung des Oberflächensedimentes konzentriert sich auf die Verteilung von kalkigen (planktische und benthische Foraminiferen) und kieseligen (Diatomeen, Radiolarien, Silikoflagellaten) Mikrofossilien. Die sedimentologischen Auswertungen beschäftigen sich hauptsächlich mit der Verteilung von biogenem Opal, Barium, organischem Kohlenstoff, Karbonat und der Tonmineralzusammensetzung. Damit werden Datensätze erarbeitet, die grundlegende Informationen für Rekonstruktionen der Paläoumwelt mit statistischen Methoden (Referenzdatensätze) darstellen und zum besseren Verständnis der Paläoumweltsignale beitragen, die in Form von

Mikrofossilvergesellschaftungen und den Verhältnissen stabiler Isotope in Sedimenten überliefert sind. In Verbindung damit werden auch die heutigen Produktions- und Sedimentationsbedingungen im Untersuchungsgebiet bearbeitet.

### 2.1.3 Sedimentechographische (PARASOUND) und sedimentphysikalische Untersuchungen (AWI, FGB)

Das fest an Bord von FS POLARSTERN eingebaute Sedimentecholot PARASOUND bietet die Möglichkeit, sedimentechographische Meßprofile entlang der Fahrtroute kontinuierlich und unabhängig von den übrigen Schiffsaktivitäten aufzuzeichnen. Die durch das PARASOUND-System erzeugten und mit dem digitalen Datenaquisitionssystem ParaDigMa aufgezeichneten seismischen Profile ermöglichen die Erfassung und Interpretation von Sedimentstrukturen im Skalenbereich von 10 cm bis in maximale Teufen von 250 m. Die beobachteten Strukturen, Reflexionsmuster und Echotypen geben Hinweise auf die räumliche Verbreitung der Sedimente und zeitliche Veränderungen der dominierenden Ablagerungsprozesse. Die seismischen Daten des PARASOUND-Systems bilden somit eine wichtige Grundlage für die räumliche Erfassung charakteristischer Ablagerungshorizonte und ihre Einbindung in die geologische Entwicklungsgeschichte der letzten Millionen Jahre.

Der Einschlag des Eltanin-Meteoriten im Bellinghausenmeer im Spätpliozän (s. 2.1.1) fällt in den mit dem PARASOUND-Sedimentecholot erfassbaren Zeitraum und repräsentiert vermutlich einen gewaltigen Eingriff in die Sedimentationsprozesse des Arbeitsgebietes. Es kann davon ausgegangen werden, daß bei diesem Ereignis sehr große Mengen von Oberflächensedimenten plötzlich in einer Schlammwolke aufgewirbelt wurden. Die nachfolgende strömungskontrollierte Umverteilung und erneute Ablagerung dieser Sedimente sollte eine charakteristische geologische Schicht erzeugen, die wahrscheinlich regional in den PARASOUND-Daten als seismischer Horizont zu verfolgen ist. Eine Kartierung von Ausdehnung, Tiefenlage und Reflexionscharakteristik des Reflektors, wie sie auch für Aschelagen von Vulkanausbrüchen durchgeführt wird, liefert wertvolle Rückschlüsse auf Verteilungsmechanismen, Bodenwasserströmungsmuster und Variationen der regionalen Sedimentationsraten im Arbeitsgebiet und sollte Hinweise auf die Bedeutung des katastrophalen Ereignisses für die regionale und globale Zirkulation und Klimaentwicklung geben.

Das Bellinghausenmeer ist in bezug auf Bodenwasserströmungen als äußerst aktiv anzusehen und bietet daher die Möglichkeit, strömungskontrollierte Sedimentationsmuster im Detail zu untersuchen. Angestrebtes Ziel von Arbeiten der geophysikalischen Arbeitsgruppe der Universität Bremen ist es, aus den PARASOUND-Daten direkt Aussagen über rezente und vergangene Strömungsprozesse abzuleiten. Dabei sollen Meßprofile über eine Vielzahl strömungskontrollierter Bodenformen und Sedimentstrukturen gesammelt werden. Ziel der Untersuchungen ist es, die physikalischen Randbedingungen der Strukturen und Reflexionsmustern präziser zu erfassen.

Die Fahrtroute erlaubt darüber hinaus den Vergleich mit den Bedingungen die während früherer Expeditionen mit FS "Polarstern" im atlantischen und indischen Sektor der Südpolarmeeres dokumentiert worden sind. Von besonderem Interesse ist die Zonierung der biogenen Sedimentproduktion in der Nähe der großen

Frontensysteme, die sich in der Verteilung der charakteristischen, akustisch transparenten Sedimente des Silikatgürtels niederschlägt. Hier sind wegen des komplexen Aufbaus der Frontensysteme und der meridonalen Einengung Unterschiede zu erwarten.

Nach der Entnahme von Sedimentkernen sollen an Bord die physikalischen Parameter magnetische Volumenssuszeptibilität, Schallwellen-Geschwindigkeit (p-Wellen) und Feuchtraumdichte mit einer Multi-Sensor-Meßbank bestimmt werden. Diese kontinuierlichen Messungen an den Sedimentkernen liefern vorläufige Informationen über die Sedimentzusammensetzung. Reflektionskoeffizienten können aus den Werten der Feuchtraumdichte und der Schallgeschwindigkeit ermittelt, synthetische Seismogramme errechnet und mit den von der PARASOUND-Anlage aufgezeichneten Seismogrammen verglichen werden.

Hohe Werte der magnetischen Suszeptibilität können oft ein Hinweis auf einen stärkeren Eintrag von terrigenem oder vulkanischem Material sein, während niedrigere Werte mit einem erhöhten Anteil biogener Komponenten zusammenhängen. Deshalb kann der Verlauf der Suszeptibilitätskurve durch paläozeanographische und paläoklimatische Veränderungen hervorgerufen worden sein. Diese Veränderungen können als Hilfsmittel für eine erste Altersabschätzung in quartären Sedimentkernen dienen.

#### 2.1.4 Bathymetrische Messungen mit HYDROSWEEP (AWI)

Während des gesamten Fahrtabschnitts sollen mit dem auf FS "Polarstern" installierten Fächersonarsystem HYDROSWEEP kontinuierlich Tiefenmessungen durchgeführt werden. Da in den vorgesehenen Arbeitsgebieten nur sehr wenige bathymetrische Daten vorliegen tragen die während der Expedition gewonnenen Daten zur verbesserten Kenntnis der Bathymetrie dieser Region bei.

Zusätzlich soll mit HYDROSWEEP-Daten die vermutete Einschlagstelle des Eltanin-Meteoriten (s. 2.1.1) flächenhaft vermessen werden, um zur genauen Lokalisierung des Einschlagsgebietes beizutragen. Außerdem liefert diese Kartierung eine Datenbasis zur Überprüfung der neuen Side Looking Sonar- und Backscatter-Optionen des HYDROSWEEP-Systems in Tiefseegebieten.

#### Side Looking Sonar (SLS) und Backscatter Studien

Der Gebrauch von Fächersonarsystemen für bathymetrische Vermessungen findet mittlerweile breite Verwendung. Durch Weiterentwicklung ist es möglich geworden, Fächersonarsysteme auch zur Charakterisierung der Beschaffenheit des Meeresboden heranzuziehen. Multibeam-Systeme empfangen die ausgesandten Schallsignale unter verschiedenen Winkeln. Die Backscatter-Stärke der Signale enthält wichtige Informationen über die Eigenschaften des Meeresbodens. Für die Zuordnung der Meßergebnisse ist es jedoch nötig, "Ground Truth"-Informationen aus Sedimentbeprobungen oder Bodenphotographien heranzuziehen, um aus dem berechneten Rückstreuwerten eine Karte der unterschiedlichen Bodentypen erstellen zu können.

HYDROSWEEP liefert darüberhinaus Side Looking Sonar (SLS) Daten. Diese Daten beinhalten die Amplitudenweite der vom Meeresboden zurückgestreuten

Energie. Die Wellenformen der 59 Beams werden kombiniert und resampled, um 1000 Amplitudenwerte über die gesamte Breite des Fächers zu erhalten. Dargestellt zeigen die Daten ein Bild der relativen Streuungsstärke des Meeresbodens. Durch ihre hohe Auflösung können mit SLS u.a. kleinformatige morphologische Meeresbodenstrukturen erkannt und dargestellt werden, die in bathymetrischen Daten nicht mehr erkennbar sind. Zusätzlich zeigen die SLS-Daten Unterschiede im Oberflächenmaterial und in der Rauigkeit des Meeresbodens, was wiederum Aussagen über Sedimentablagerungen, Bodenströme etc. ermöglicht.

Während ANT-XII/4 werden umfangreiche geologische und geophysikalische Studien im Bellingshausenmeer durchgeführt, u. a. werden Sedimentkerne gesammelt und seismische Profile aufgezeichnet. Die Sedimentkerne werden als "Ground Truth" für die SLS- und Backscatter-Daten von Nutzen sein. Im Gegenzug geben die SLS-Daten Informationen über die laterale Ausdehnung von Sedimentkörpern und helfen Strukturen aus seismischen Profilen zu verfolgen und räumlich einzuordnen.

#### 2.1.5 Geochemie - natürliche Radionuklide (AWI)

Durch radioaktiven Zerfall des im Meerwasser gelösten Urans werden ständig radioaktive Zerfallsprodukte gebildet, u.a. Isotope der partikelreaktiven Elemente Th, Pb, Po und Pa. Ohne den Ablauf einer chemischen Reaktion würden diese Tochternuklide in der gleichen Aktivität wie ihre Mutternuklide (Uran und Radium) vorliegen. Weil sie sich an Partikel adsorbieren, werden sie mit den Sinkstoffen aus der Wassersäule entfernt. Das Ungleichgewicht zwischen den Mutter- und Tochterprodukten ist ein Maß für die Entfernungsrates ("Scavenging") der reaktiven Tochternuklide aus der Wassersäule. Dieser Mechanismus ermöglicht es uns, die Isotope als eine Art natürlichen Tracer zu benutzen und damit Adsorptions- und Partikelflußraten zu verfolgen.

Die langlebigen Isotope  $^{230}\text{Th}$  (75400 Jahre Halbwertszeit) und  $^{231}\text{Pa}$  (34300 Jahre) werden im Sediment gespeichert und können zur Rekonstruktion von Sedimentakkumulationsraten benutzt werden. Dabei wird die unterschiedliche Reaktivität von Th und Pa gegenüber Partikeln ausgenutzt. Da Th innerhalb einiger Jahrzehnte aus der Wassersäule entfernt wird, entspricht der Eintrag von Th ins Sediment im offenen Ozean in etwa der Produktion in der darüberliegenden Wassersäule. Da die Verweilzeit von Pa wesentlich länger ist (ca 150 Jahre), wird Pa über große Entfernungen transportiert, wobei es bevorzugt in Gebieten mit erhöhten Partikelflußraten abgefangen wird. Aus diesem Grund kann der  $^{231}\text{Pa}$  Fluß, bzw. das  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$  Verhältnis, als Maß für die Abschätzung von Paläoproduktivitätsraten genutzt werden.

Bei früheren Expeditionen in den atlantischen Sektor des Südpolarmeeres haben wir festgestellt, daß diese Interpretation im Zirkumpolarstrom in zweierlei Hinsicht problematisch ist. Erstens zeigte sich, daß die Verteilung von  $^{231}\text{Pa}$  und  $^{230}\text{Th}$  in der Wassersäule stark von der Hydrographie beeinflusst wird. Der Austausch mit dem Weddellwirbel verursacht eine starke meridionale Advektion, die das Signal, welches auf "Scavenging" beruht, überprägt. Zweitens ändert sich die Partikelreaktivität mit der geographischen Breite. Südlich des Zirkumpolarstroms ist die Reaktivität gegenüber Pa deutlich erhöht. Weiterhin gilt für den Südatlantik, daß der Zirkumpolarstrom von der ausgeprägten Bodentopographie gesteuert wird.

Untermeerische Berge reichen bis in eine Wassertiefe von weniger als 2500 m. Unterhalb dieser Tiefe wird das "Scavenging" von Resuspension mitbeeinflußt.

Im SE-Pazifik ist die Bodentopographie deutlich weniger ausgeprägt. Im Zusammenhang mit der viel geringeren Bildungsrate von Bodenwasser im SE Pazifik dürfte auch die meridionale Advektion geringer sein als im Südatlantik. Deshalb hoffen wir, daß ein Schnitt von  $^{231}\text{Pa}$  und  $^{230}\text{Th}$  durch den Zirkumpolarstrom, im Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Atlantischen Sektor (ANT-VIII/3), das Verhalten dieser Isotope und deren Nutzen für die Paleozeanographie verdeutlichen wird. Dazu sollen *in-situ* Pumpen eingesetzt werden, die mit Filtern und Absorbern ausgestattet sind und in 2.5 Stunden etwa 1000 Liter filtrieren können. Die partikularen und gelösten Anteile der Isotope werden auf diese Art getrennt gesammelt. In Zusammenarbeit mit der NIOZ-Gruppe (s. 2.3.3) werden außerdem Proben für die Spurenstoffanalyse von Schwebstoffen genommen. Damit soll versucht werden, die Ergebnisse der Partikelflußraten von Radionukliden auf stabile Spurenstoffe zu übertragen.

Das kurzlebige Th Isotop  $^{234}\text{Th}$  (24 Tage Halbwertszeit) ist sehr gut geeignet, um die Adsorption im Bereich von einigen Wochen zu verfolgen. Sowohl die Planktonblüte in der Deckschicht, als auch die Resuspension in der bodennahen Nepheloidschicht, können mit diesem Isotop untersucht werden. Wir planen eine Beprobung des Oberflächenwassers (mit Gerard Schöpfem oder mit der Rosette), um aus der Verteilung der  $^{234}\text{Th}$  Aktivität die Exportproduktion berechnen zu können. Neben  $^{234}\text{Th}$  wird auch das Isotopenpaar  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  gemessen. Das Ungleichgewicht von  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  (Halbwertszeit von  $^{210}\text{Po}$  138 Tage, von  $^{210}\text{Pb}$  22.4 Jahre) tracers die Adsorption an Partikel über längere Zeiträume in der gesamten Wassersäule und stellt also eine Integration über viele Monate dar.

Der Partikeltransport im Bodenwasser, sowie der Sedimentations/Erosions-Austausch zwischen Bodenwasser und Meeresboden lassen sich ebenfalls mit  $^{234}\text{Th}$  untersuchen. Resuspension von Sediment ins Bodenwasser und die Adsorption von  $^{234}\text{Th}$  an diesen Partikeln verursachen eine Entfernung von  $^{234}\text{Th}$  aus dem Bodenwasser. Das Ausmaß des Ungleichgewichts mit dem Mutternuklid  $^{238}\text{U}$  ergibt eine Information über die Verweilzeit von resuspendiertem Material im Bodenwasser. Natürliche Radionuklide mit anderen Halbwertszeiten ( $^{210}\text{Po}$  und  $^{228}\text{Th}$ :  $t_{1/2}$  1.9 Jahr) machen es möglich, diese Prozesse auch auf längeren Zeitskalen zu untersuchen. Das bodennahe Wasser soll mittels Rosette beprobt werden. Th wird an Bord mit  $\text{MnO}_2$  gefällt und im Betazähler analysiert. Mit dieser Methode konnte auf der Expedition ANT-XI/4 gezeigt werden, an welchen Stellen aktive Resuspension stattfindet. Der Einfluß der Resuspension kann nur mit Hilfe eines Modelles erfaßt werden, das die Verteilung der Radionuklide in der Nepheloidschicht und im Oberflächensediment mit einbezieht. In diesem Zusammenhang sollen Sedimentproben mit dem Multicorer genommen werden.

### 2.1.6 Autökologische Mikroplankton-Untersuchungen (AWI)

Mit Hilfe von Netzfängen und Wasserpumpenproben sollen vertikale und horizontale Verteilungsmuster von Diatomeen, Silikoflagellaten, Radiolarien und planktischen Foraminiferen in der Wassersäule auf Schnitten, die von der subantarktischen Zone über die Polarfrontzone hinweg bis in die antarktische Kaltwasserzone reichen, erfaßt werden. Während sich die Probennahme der an die

durchlichtete (euphotische) Zone gebundenen Mikroorganismen wie Diatomeen und Silikoflagellaten auf Planktonnetzfänge und Wasserpumpenproben aus dem Oberflächenwasser konzentriert, werden Radiolarien und Foraminiferen mit Hilfe eines Vertikal-Schließnetzes in verschiedenen Tiefenstufen auch in den oberen 3000 m der Wassersäule gefangen. Parallel gefahrene Temperatur-, Salzgehalts- und Nährstoffprofile (s. 2.3) sollen Zusammenhänge zwischen der Hydrographie, der Nährstoffsituation und den Häufigkeitsverteilungen der Mikroorganismen aufzeigen und damit Hinweise zur Autökologie von Arten geben, deren Hartteile als Umwelt-Indikatoren im Sediment überliefert werden. Die gleichzeitige Beprobung des Wassers für Messungen der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope (s. 2.1.7) wird die Interpretation der Isotopenverhältnisse der Foraminiferenschalen aus den Netzfängen erleichtern. Damit werden Daten erstellt, die für die mikropaläontologische und isotopengeologische Auswertung von Mikrofossilvergesellschaftungen zur paläozeanographischen Rekonstruktion (s. 2.1.2) von entscheidender Bedeutung sind.

#### 2.1.7 Stabile Isotope im Bodenwasser und in der Wassersäule (AWI)

Stabile Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope im Meerwasser liefern Informationen, die der Charakterisierung von Wassermassen dienen. Sie erlauben Rückschlüsse auf die Herkunft und Geschichte einer Wassermasse und spiegeln die Produktivität im Oberflächenwasser wider. Außer einigen wenigen GEOSECS-Stationen liegen eigene Daten über die Isotopenzusammensetzung der Wassersäule im Südatlantik bislang von Stationen vor, die auf einem Schnitt von Kapstadt nach Kap Norvegia, von Kap Norvegia zur Südspitze Südamerikas und im weiteren Umfeld des Südsandwich Inselbogens beprobt wurden (ANT-VIII/2+3, ANT-IX/4, ANT-X/5, ANT-XI/2).

Die für die Expedition ANT-XII/4 geplante Beprobung soll das vorliegende Probennetz auf den Ostpazifik ausdehnen und den Anschluß an die westlichsten Stationen von ANT-X/5 ("Scotia Meer") bilden.

Neben der Beprobung der Wassersäule, die mit einer Rosette bei allen ozeanographischen CTD-Stationen erfolgen soll (s. 2.3.1), liegt ein weiterer Schwerpunkt des geplanten Isotopenprogramms auf der Beprobung des Bodenwassers und der damit koexistierenden Sedimentoberfläche. Durch die Bestimmung der Kohlenstoffisotopenverhältnisse in benthischen Foraminiferen und ihrem Lebensmilieu werden Aussagen über eine mögliche stoffwechselabhängige Isotopenfraktionierung beim Einbau in die Kalkschalen möglich (Vital-Effekt). Die dadurch geschaffenen Basisdaten dienen als Grundlage für die Verwendung der stabilen Kohlenstoffisotope in fossilen benthischen Foraminiferen als Paläowassermassenindikator.

#### 2.1.8 Dokumentation von Spongien und Spongien-Skleren auf Sedimentoberflächen und Sedimenten des Südpolarmeeres (IGPG)

Ziel der Untersuchung ist die Dokumentation von Porifera Skleren in oberflächennahen Sedimenten und Kernen im Vergleich mit dem lebenden Porifera Aufwuchs im Bereich der Tiefsee und des Schelfes (Adelaide Island, San Martin Sea Mount). Eine Analyse von Porifera-Skleren in Sedimenten läßt Aussagen über das Environment bzw. Paläoenvironment zu. Von besonderer

Bedeutung sind dabei autochthone Anhäufungen von Skleren (Spikulite), die auch für die Besiedlung von weiteren Benthonten von erheblicher Bedeutung sind. Die Probennahme erfolgt mit dem Multicorer (MUC) oder Großkastengreifern (GKG), die im Rahmen der paläozeanographischen Programme eingesetzt werden (2.1.3).

## 2.2 Marine Geophysik (AWI)

Das marin-geophysikalische Meßprogramm läßt sich in zwei Abschnitte gliedern.

### Eltanin-Impaktstruktur im Südost-Pazifik

Unter Integration von reflexionsseismischen, Hydrosweep-, Parasound- sowie Sedimentkern-Daten soll die genaue Position des Einschlages des Eltanin-Meteoriten (s. 2.1.1) und die vom Einschlag betroffene Umgebung vermessen werden. Die Lage und die entsprechenden Längen der reflexionsseismischen Profile werden vor Ort aufgrund der Ergebnisse von bathymetrischen Messungen und Analyse von Schwerelotkernen festgelegt. Das Ziel ist eine seismische Überdeckung der Impaktstruktur entlang 4 - 5 sich kreuzender Profile unter Einsatz des 2400 m langen Streamers und des Airgun-Arrays (8 Luftpulser mit je 3 l Volumen) als Quelle. Die Daten werden an Bord nach Profilende sofort bearbeitet und analysiert, um Meßparameter und Lage der folgenden Seismikprofile optimieren zu können.

### Die ozeanische Kruste in der Bellingshausen See

Die von Satelliten-Altimetrie abgeleitete Schwerefelddaten zeigen in der westlichen Bellingshausen See markante nord-süd-streichende Schwereanomalien mit Amplituden von bis zu 100 mgal. Eine Anomalie erstreckt sich zwischen den De Gerlache Seamounts und Peter I Island und markiert eine vermutete 'hot spot'-Spur. Eine weitere, stark negative Schwereanomalie liegt westlich von Peter I Island und war bisher von unbekannter Herkunft. Reflexionsseismische Messungen des Fahrtabschnittes ANT-XI/3 und das Modellieren der an Bord gemessenen Schwerefelddaten deuten auf eine Kollisionsstruktur oder Subduktionsstruktur der ozeanischen Kruste. Eine Datierung der möglichen Kollision zweier Krustensegmente und die Einordnung in eine plattentektonische Rekonstruktion waren bisher nicht möglich, da flächendeckende seismische und magnetische Daten in diesem Seegebiet fehlen.

Mit reflexions- und refraktionsseismischen Messungen sollen auf dem Fahrtabschnitt ANT-XII/4 die Ursachen dieser Schwereanomalien weiter untersucht werden. Wir planen ein ca. 200 km langes Refraktionsprofil unter Einsatz von 5-7 Ozeanboden-Hydrophonen (OBH) und 1-2 Airguns von je 60 l Volumen als seismische Quelle (Abb. 3). Wir erwarten, daß uns diese Daten Aufschluß über das seismische Geschwindigkeitsfeld und den Verlauf der Kruste-Mantel-Grenze (Moho-Diskontinuität) geben werden. Im Vorweg und Anschluß an das Refraktionsprogramm sollen zwischen den De Gerlache Seamounts und Peter I Island reflexionsseismische Profile mit einer Gesamtlänge von ca. 600 km gefahren werden, um die Ausmaße der ozeanischen Kollisionsstruktur zu erfassen und einen möglichen tektonischen Zusammenhang mit den Seamounts und Peter I Island zu untersuchen (Abb. 3). Als Quelle für die Reflexionsdaten dient das Airgun-Array (8 Luftpulser mit je 3 l Volumen). Die Daten werden ebenfalls mit dem 2400-m-Streamer aufgezeichnet.

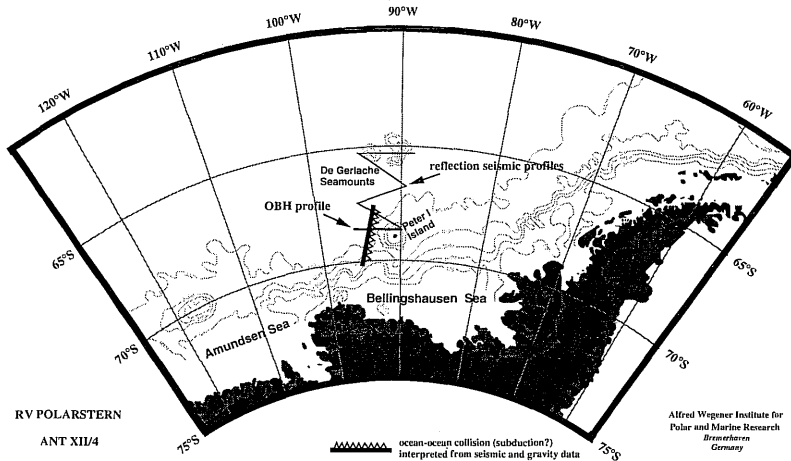


Abb. 3 Übersichtskarte von des Bellingshausen Meeres mit geplanten reflexions- und refraktionsseismischen Profilen im Gebiet der De Gerlache Seamounts und der Peter I Insel.

Alle seismische Daten werden an Bord mit dem Convex-Rechner bearbeitet. Für die Modellierung der Refraktionsdaten stehen Raytracing- und Inversionsprogramme zur Verfügung.

Ergänzend zum seismischen Programm planen wir den Einsatz des Magneto-Gradiometers auf möglichst vielen Transferprofilen, um zu einer vollständigeren Magnetfeldanomalie-Kartierung des Südpazifiks beizutragen. Desweiteren wird auf dem gesamten Fahrtabschnitt das Seegravimeter wichtige Schwerefelddaten aufzeichnen, die die Analyse der seismischen Daten ergänzen sollen.

## 2.3 Chemische und hydrographische Untersuchungen in der Wassersäule

### 2.3.1 Physikalische Ozeanographie (AWI)

Zweck des Vorhabens ist die Erstellung eines großskaligen Datensatzes in polaren Gebieten, der zu klimatologischen Untersuchungen verwendet werden kann und zur Verifizierung von Satelliten-Daten geeignet ist. Als Meßgrößen sollen Temperatur und Salzgehalt an der Meeresoberfläche, bzw. in der Deckschicht, sowie Temperatur, Salzgehalt, der Gehalt an im Wasser gelöstem Sauerstoff und Strömungen als Vertikalprofile erfaßt werden. Dazu müssen die Daten an Bord registriert, aufbereitet und zur wissenschaftlichen Analyse bereitgestellt werden.



Die Messungen in der Deckschicht sollen vom fahrenden Schiff aus mit einem Thermosalinographen erfolgen. Zusätzlich werden XBT-Sonden (Expendable Bathythermograph) zur Messung von Temperaturprofilen und ein ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) zur Messung von Strömungsprofilen vom fahrenden Schiff aus eingesetzt. Auf Stationen wird eine CTD-Sonde (conductivity, temperature, depth) mit Kranzwasserschöpfer zur Temperatur-, Salzgehalts- und Sauerstoffmessung eingesetzt. Damit sollen auch Daten und Wasserproben zur Unterstützung parallel laufender Untersuchungen zur Chemie und Biologie (s. 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.1) bereitgestellt werden.

Ein Schwerpunkt des hydrographischen Arbeitsprogrammes sind Untersuchungen zum Bildungsbereich des Antarctic Intermediate Water (AAIW oder MIW). Diese Wassermasse wird entlang im Bereich der Polarfrontzone gebildet und trägt mit einem erheblichen Volumen zum Central Water bei, welches sich in der gesamten südlichen Hemisphäre findet. McCartney (1977) wies darauf hin, daß im östlichen Südpazifik das Subantarctic Mode Water so kalt ist, daß seine Dichte deutlich über der des Central Waters liegt. Damit sollte dieses Wasser zur Bildung von MIW beitragen. Im Gegensatz zu anderen Modellen unterstützt das Zirkulationsmodell von England (1992) die These McCartneys. Die Modellresultate lassen vermuten, daß der überwiegende Anteil des MIW, welches sich im Pazifik und Atlantik befindet, aus dem östlichen Südpazifik stammt. Eine detaillierte numerische Analyse (England et al., 1993) zeigt, daß die fortschreitende Abkühlung der Fortsetzung des East Australian Current und seine Vermischung mit salzärmerem Wasser eine wichtige Vorbedingung darstellt, die tiefreichende Konvektion westlich von Chile ermöglicht. Wenn die Modellresultate, welche mittlere jährliche Tiefen von über 1000 m für die durchmischte Schicht an der Oberfläche liefern, die Realität korrekt widerspiegeln, ist die Region westlich von Chile eine der Hauptregionen im Weltozean, in denen tiefe Konvektion auftritt.

Da diese Region eine der am wenigsten bekannten des Weltozeans ist, konnten die Modellresultate bisher nicht durch Messungen überprüft werden. Mit dem hydrographischen Programm während ANT-XII/4 soll diese Lücke in den Felddaten geschlossen und zur Analyse der Wassermassenerzeugung im südlichen Pazifik beigetragen werden. Dazu sollen insbesondere zwei enggestaffelte CTD-Schnitte zwischen 55°S, 75°W nach 50°S, 85°W sowie 50°S, 85°W nach 57°S, 90°W und eine ad hoc Studie konvektiver Ereignisse durchgeführt werden. Die Daten sollen in Zusammenarbeit mit dem Flanders Institute for Atmospheric and Marine Sciences in Adelaide (Australien) ausgewertet werden.

### 2.3.2 Austausch von CO<sub>2</sub> zwischen dem Südpolarmeer und der Atmosphäre (AWI/NIOZ)

Etwa 5,2 Gigatonnen Kohlenstoff ( $5,2 \times 10^{15}$  g C) werden jährlich durch das bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe entstehende CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre eingebracht. Ein zusätzlicher Eintrag von ca. 1 GtC erfolgt über die Vernichtung der tropischen Regenwälder. Nur ca. 60% dieser Emissionen tragen direkt zur Erhöhung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration bei. Etwa 40% (ca. 2 - 3 Gt C) werden durch den Weltozean und zu geringen Anteilen durch die terrestrische Vegetation aufgenommen. Trotz dieses relativ hohen Anteils ist nicht genau bekannt, welche Teilbereiche des Meeres für die CO<sub>2</sub>-Aufnahme verantwortlich sind. Einen weiteren Faktor stellen die Austauschprozesse dar, denen das natürlich vorkommende CO<sub>2</sub> unterliegt. Hierbei wird der Fluß aus übersättigten Wassermassen

(Auftriebsgebiete) in die Atmosphäre als gleichwertig dem Fluß aus der Atmosphäre in untersättigte Wassermassen angenommen. Vor allem solche Gebiete, in denen CO<sub>2</sub>-untersättigtes Oberflächenwasser in größere Tiefen absinkt, werden als Senke sowohl für den natürlichen, als auch für den anthropogenen CO<sub>2</sub>-Anteil in Erwägung gezogen.

Ziel des Projektes ist es, zum Verständnis und zur Quantifizierung des CO<sub>2</sub>-Austausches zwischen Ozean und Atmosphäre im Südpolarmeer beizutragen. Bisherige Arbeiten in der Polarfrontzone (PFZ), die während ANT-X/6 (November 1992) und ANT-XI/2 (Dezember 1993 - Januar 1994) im atlantischen Sektor durchgeführt worden sind, zeigen starke zeitliche Schwankungen der p-CO<sub>2</sub> und TCO<sub>2</sub>-Werte an. Dieses Gebiet ist durch das Absinken von polaren Wassermassen, die z.T. nordwärts fließen, geprägt. Der Ausgleich erfolgt über in den Südozean einströmendes Oberflächenwasser, welches durch die generell starke Abkühlung südwärts fließender Wassermassen gegenüber der Atmosphäre an CO<sub>2</sub> untersättigt ist. In Gebieten wie der PFZ wird dieser Effekt noch durch die Photosynthesetätigkeit saisonal auftretender Planktonblüten verstärkt. Diese Arbeiten liefern zusammen mit laufenden Projekten in anderen Ozeangebieten einen wichtigen Beitrag zur Diskussion um Quellen- und Senkengebiete für atmosphärisches CO<sub>2</sub> im Weltozean.

Die Untersuchung des CO<sub>2</sub>-Systems während der Expedition werden mit Coulometern sowie Infrarot- und Alkalinitätsmeßgeräten durchgeführt.

### 2.3.3 Spurenmittelverteilung im Südpolarmeer (NIOZ)

Sowohl die vertikalen und horizontalen Verteilungen, als auch die chemischen Vorkommen (partikulär, gelöst, organisch gebunden) von Spurenmitteln sind wichtig für das Verständnis der Regulierung des Planktonwachstums. Umgekehrt bestimmt der Kreislauf des Planktonmaterials das Schicksal der Metalle, auch im Hinblick auf ihre Entfernung ("scavenging") aus der Wassersäule über absinkende biogene Partikel.

Während ANT-XII/4 soll ein umfangreiches Proben- und Analysenprogramm zur quantitativen und flächenhaften Erfassung der Verteilung von Spurenmitteln durchgeführt werden. Dazu sollen Seewasserproben mit Hilfe eines "batfish"s, welcher am Tage auf 5 - 15 m Tiefe neben dem Schiff geschleppt wird, gesammelt werden. Das Wasser wird kontinuierlich zu einem "Clean Air Container" gepumpt und dort zur Bestimmung des reaktiven partikulären und des refraktären Metallanteils gefiltert, der auch über den Al-Gehalt bestimmt wird. Das filtrierte Seewasser wird an Bord auf seinen Gehalt an Fe (Chemilumineszenz), Co (elektrochemisch), sowie auf den organisch gebundenen Anteil und Redoxzustand (Fe-II und Fe-III) von gelöstem Fe (elektrochemisch) hin untersucht. Proben filtrierte Seewassers sollen später im NIOZ auf Fe, Cd, Cu, Ni, Zn und Co analysiert werden. In Gebieten in denen signifikante Kovarianzen zu erwarten sind, sollen die Ergebnisse mit denen der Chl a - (s. 2.4.1) und Nährstoffanalysen sowie den Messungen des CO<sub>2</sub>-Systems (s. 2.3.2) und der hydrographischen Parameter (s. 2.3.1) verglichen werden.

Soweit Wetter und Seegangsverhältnisse es zulassen, sollen Seewasserproben auch in etwa 500 m Entfernung vom Schiff mit dem Schlauchboot gesammelt

werden, wobei 2 l Go-Flo Schöpfer an Kevlarseil eingesetzt werden sollen. Damit sollen Kontaminationen durch das Schiff vermieden werden. Auch diese Proben werden wie beschrieben filtriert und analysiert.

Auf ausgewählten Stationen sollen Wasserproben mit sechs hintereinander montierten 10 l Go-Flo Schöpfern in Tiefen bis 300 bzw. 1000 m gewonnen werden. Darüber hinaus soll ein Rahmen mit 6 montierten Go-Flo Schöpfern auf 40 m abgesenkt und dort alle Flaschen geschlossen werden. Die Seewasserproben sollen über 14 cm Membranfilter filtriert werden, um ausreichend partikuläres Material für die Analysen von reaktiven sowie refraktären Metallfraktionen zu sammeln.

In Kooperation mit den geochemischen Probennahmen mit *in situ* Pumpen (s. 2.1.5) sollen auch größere Volumina Seewasser in Tiefen von 40 m, 400 m und 1000 m filtriert werden, um die größeren Klassen von partikulärem Material zu sammeln. Auf Grund der höheren Sinkgeschwindigkeiten partikulären Materials wird angenommen, daß dieser Absink-Mechanismus für die Steuerung des Metallhaushaltes im Oberflächenwasser von großer Bedeutung ist. In Kombination mit Analysen der Verteilung von partikulären und gelösten Radionukliden  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$ , welche einen natürlichen Zeitindikator für dieselben Filter liefert, ist es möglich eine Abschätzung der Metallverlustprozesse durchzuführen. Dabei ist das Messen von gelösten Metallen auf den selben Tiefenstufen mit Go-Flo Schöpfern eine Voraussetzung.

#### 2.3.4 Wechselwirkung Spurenmetalle - Phytoplankton (NIOZ)

Die Übergangsmetalle stellen im Stoffkreislauf des Phytoplanktons lebenswichtige Spurenelemente dar. Neben dem direkten Einfluß auf das Zellwachstum werden vielerlei andere biochemische Reaktionen durch die katalytischen Eigenschaften dieser Metalle kontrolliert. Im Südpolarmeer wurden bisher extrem niedrige Konzentrationen dieser Übergangsmetalle gemessen. Während ANT-XII/4 soll insbesondere der Einfluß von niedrigen Eisen- und Zinkkonzentrationen auf die Physiologie des Phytoplanktons untersucht werden.

Eisen ist unentbehrlich für ein normales Funktionieren der Photosynthese, da die Verfügbarkeit von Eisen die Synthese von Chlorophyll und der Elektronentransportkette unmittelbar beeinflusst. Letztere enthält verschiedene Cytochrome und Ferredoxine, in deren Molekülstruktur Eisen eine zentrale Stellung einnimmt. Das Phytoplanktonwachstum unter Eisenlimitierung unterliegt einem direktem Einfluß der Menge und des Spektrums des einfallenden Lichtes. Da Phytoplankton einer intensiven Mischung in der Wassersäule unterliegt, müssen Anpassungsmechanismen vorhanden sein, um auf schnell veränderliche Lichtregime zu reagieren. Die Pigmentzusammensetzung des Phytoplanktons spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da jedes Pigment eine spezifische Absorptionswellenlänge besitzt. Die Anpassungsfähigkeit des Phytoplanktons an unterschiedliche Lichtregime mit oder ohne zusätzliche Eisenzugaben wird ein zentrales Thema darstellen. Dazu werden die Pigmentzusammensetzung und die Funktion der Elektronentransportkette gemessen. Eine zunehmende Effizienz der Lichtabsorption resultiert in höheren Wachstumsraten, die mit einer neuen, auf DNA-Duplizierung beruhenden Methode, gemessen werden sollen.

Da die Funktion der Nitratreduktase (dieses Enzym katalysiert die Reduktion von Nitrat zu Nitrit) ebenfalls von der Verfügbarkeit von Eisen abhängig ist, kann auch der Stickstoffmetabolismus des Phytoplanktons durch die Eisenkonzentration beeinflusst werden. In Inkubationsexperimenten werden daher die Aktivität dieses Enzyms und die tatsächliche Nitrataufnahme in Abhängigkeit von der herrschenden Eisenkonzentration gemessen.

Zink ist ein Co-Faktor im Carbonic-anhydrase Enzym. Dieses Enzym katalysiert die Dehydratation von Bicarbonat, wodurch das entstehende Kohlendioxid durch die Phytoplanktonzelle aufgenommen werden kann. Deshalb soll auch die Aktivität der Carbonic-anhydrase und die Aufnahme von Kohlendioxid in die Zelle in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration untersucht werden.

### 2.3.5 Biogene Produktion neutraler und ionischer Methylschwermetallspecies in polaren Gewässern (ACR)

Während in anthropogen beeinflussten Breiten eine Zuordnung von schwermetallorganischen Verbindungen in der Umwelt zu bestimmten Primärquellen nur schwer möglich ist, besteht im antarktischen Reinraumgebiet grundsätzlich die Chance, die mögliche biogene Produktion solcher Verbindungen nachzuweisen und damit ihren Beitrag im globalen biogeochemischen Stoffkreislauf zu bestimmen.

Die biogene Produktion solcher flüchtiger Methylschwermetallspecies im polaren Meer erscheint durchaus wahrscheinlich, da bereits die biogene Methylierung von Elementen wie Jod, Schwefel und Selen bekannt ist. Hohe Anreicherungsfaktoren, vor allem von Cadmium und Blei in antarktischen Schneeproben, deuten auf die Emission flüchtiger, metallorganischer Verbindungen aus dem polaren Meer hin. Wegen der vermuteten biologischen Genese dieser Verbindungen wird bei den Untersuchungen auch eine Korrelation zu biogener Aktivität angestrebt.

Für die Bestimmung und Spezifikation von neutralen und ionischen Methylschwermetallverbindungen kommen die Elemente Hg, Pb, Cd und Tl in Frage. Quecksilberspecies werden hierbei mit CVAFS (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry) bestimmt. Mit Hilfe der DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry) sollen Blei- und Cadmium-Species untersucht werden. Diese beiden Methoden werden direkt auf FS "Polarstern" angewendet. Der Nachweis entsprechender Thalliumspecies soll mit MS-IVA (massenspektrometrische Isotopenverdünnungsanalyse) im Heimatlabor erfolgen.

## 2.4 Biologische Untersuchungen

### 2.4.1 Phytoplanktologische Arbeiten (AWI)

Die planktologischen Arbeiten während ANT-XII/4 haben zum Ziel, die Verteilung und Änderung der Phytoplanktonbiomasse nördlich, in und südlich der Polarfrontzone im östlichen Teil des südlichen Pazifiks (Bellingshausenmeer) aufzunehmen. Diese Studien sollen im Vergleich zu Untersuchungen in diesem Meeresgebiet im vergangenen Jahr und zu den Fahrten in den atlantischen Sektor des Südpolarmeereres ausgewertet werden, um ein allgemeineres Bild von der

Planktondynamik im Verhältnis zu den Wassermassen in Frontenbereichen zu erhalten. Der gesamte Datensatz dient zur großräumigen Erfassung der Oberflächenchlorophyllverteilung und somit auch als "ground truth" Datensatz für Satellitenbeobachtungen.

Hierfür werden auf den Profilschnitten im Durchfluß die Oberflächenkonzentrationen (8 m Wassertiefe) des Chlorophyll a - dem wichtigsten Algenpigment - kontinuierlich (10 Minuten Mittelwerte) gemessen. An ozeanographischen Stationen werden diese Messungen durch Vertikalprofile bis in mehrere 100 m Wassertiefe ergänzt, die die Chl. a Konzentrationen in diskreten Tiefen ergeben werden. Die Phytoplanktonarten, die für die verschiedenen Planktonsysteme charakteristisch sind, werden im AWI anhand von (Utermöhl-) Proben bestimmt, die aus den gleichen Wassertiefen genommen werden.

#### 2.4.2 Zooplankton (AWI)

In der Bellingshausen See wurden im antarktischen Sommer 1994 Untersuchungen zur horizontalen und vertikalen Verteilung sowie zur Nahrungs- und Reproduktionsbiologie dominanter Copepodenarten durchgeführt. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen deuten auf unterschiedliche Lebensstrategien der verschiedenen Arten hin.

Ein Vergleich der Lebenszyklen antarktischer Copepodenarten in der faunistisch wenig untersuchten Bellingshausen See mit denen im Weddellmeer und an der Antarktischen Halbinsel ist von großem Interesse, da sich die Umweltbedingungen in den Gebieten hinsichtlich der Hydrographie und des Nahrungsangebotes unterscheiden. Die für den Fahrtabschnitt ANT-XII/4 geplanten Untersuchungen im antarktischen Herbst sollen die Ergebnisse der Sommer-Expedition ergänzen und Aussagen über Lebenszyklen der häufigsten Arten in der Bellingshausen See ermöglichen.

Saisonale Aspekte der Zoogeographie von Copepoden in der Bellingshausen See  
Multinetz-Stufenfänge sollen bis 1000 m Tiefe durchgeführt werden. Sie geben Aufschluß über die horizontale und vertikale Verteilung der dominanten Arten und ihrer Entwicklungsstadien. Die Ergebnisse geben zusammen mit den Vertikal- und Horizontal-Verteilungen im Sommer Hinweise auf jahreszeitliche Wanderungen der verschiedenen Arten, sowie ihre Populationsdynamik.

#### Experimente zur Ernährung und Reproduktion dominanter Arten

Lebende Tiere verschiedener Arten sollen aus Bongonetzfängen aussortiert und im kühlbaren Laborcontainer gehältert werden. Zur qualitativen und quantitativen Untersuchung ihrer Ernährung werden in Versuchen verschiedene Nahrungstypen (Phytoplankton aus Kulturen, angereichertes natürliches Plankton, sowie Zooplankter und Detritus) in verschiedenen Konzentrationen angeboten. An Weibchen werden wir den Einfluß der Nahrung auf die Eiproduktion untersuchen. Biomasse-, Kohlenstoff- und Lipid-Analysen, sowie Untersuchungen zu Gonadenreife und Mageninhalt von Weibchen geben Aufschluß über den physiologischen Zustand der Tiere.

Fahrtteilnehmer/Participants

ANT-XII/4

<u>Name</u>	<u>Institut/Institute</u>
Antenbrink, Guido	AWI/IGPG
Bock, Ute	AWI
Bohrmann, Gerhard	Geomar
Bostwick-Hoff, Jennifer	UCLA/IGPP
Didié, Claudia	Geomar
Diekmann, Bernhard	AWI
Fischer, Gerhard	FBG
Fischer, Haika	AWI
Frehers, Sven	AWI
Gersonde, Rainer (Fahrtleiter)	AWI
Gödde, Martin	AWI
Gohl, Karsten	AWI
Haase, Olaf	AWI
Hagen, Rick	AWI
Höltzen, Heike	AWI
Jong, Edwin de	NIOZ
Jong, Jeroen de	NIOZ
Kodagali, Vijaykumar	AWI
Köhler, Herbert	SWA
Koning, Erica	NIOZ
Kopsch, Conrad	AWI
Kruse, Lüder	FGB
Kuhn, Gerhard	AWI
Kyte, Frank	UCLA/IGPP
Leeuwe, Maria A. van	NIOZ
Lensch, Norbert	AWI
Majoer, Bram	NIOZ
Metz, Cornelia	AWI
Nitsche, Frank-Oliver	AWI
Nolting, Rob F.	NIOZ
Ooijen, Jan van	NIOZ
Pongratz, Richard	ACR
Rohr, Harald	AWI
Rutgers v. d. Loeff, Michiel	AWI
Schmidt, Daniela	AWI/AWI Potsdam
Seebeck, Michael	AWI
Sellhorn-Timm, Anke	AWI
Sildam, Jüri	AWI
Swagerman, Martijn	NIOZ
Tiesel, Rainer	SWA
Templin, Michael	AWI
Timmermans, Klaas R.	NIOZ
Ulrich, Markus	AWI
Völker, David	FBG
Wadel, Oliver	AWI
Walter, Hans-Jürgen	AWI
Witte, Harry	NIOZ



Schiffspersonal/Ships Crew

ANT-XII/4

C. Allers	Kapitän
H. Pörtner	1. Naut. Offizier
M. Rodewald	Naut. Offizier
U. Grundmann	Naut. Offizier
Dr. Thoenies	A r z t
D. Knoop	Ltd. Ingenieur
G. Erreth	1. Ingenieur
H. Schneider	2. Ingenieur
O. Ziemann	2. Ingenieur
G. Schuster	Elektriker
U. Lembke	Elektroniker
H. Muhle	Elektroniker
J. Roschinsky	Elektroniker
A. G Greitemann-Hackl	Elektroniker
L. Pietsch	Funkoffizier
A. Hecht	Funkoffizier
E. Arias Iglesias	Maschinenwart
E. U. Hartmann	Maschinenwart
U. Husung	Maschinenwart
E. Heurich	Maschinenwart
G. Dufner	Maschinenwart
A. Brunotte	Zimmermann
K. Müller	Lagerhalter
R. Zulauf	Bootsmann
B. Iglesias Bermudez	Matrose
J. Soage Curra	Matrose
S. Pousada Martinez	Matrose
L. Gil Iglesias	Matrose
K. Bindernagel	Matrose
M. Winkler	Matrose
H. Schuster	Koch
H. Hüneke	Kochsmaat
F. Roggatz	Kochsmaat
H. Vollmeyer	1. Steward
S. Hoffmann	Stewardess/Krankenschwester
B. Hildebrandt	Steward(ess)
E. Golose	Steward(ess)
C.L. Wu	Steward(ess)
Ch. Yu	2. Steward
J. Tu	2. Steward
K. Yu	Wäscher



## 1. Summary

The main goal of expedition ANT-XII/4, which is scheduled to start at Punta Arenas on March 21, 1995 and to end there on May 14, 1995, is a marine geological program in the deep sea of the Bellingshausen Sea (Fig. 1), a poorly explored area of the world ocean. Micropaleontological, sedimentological, isotope, and geochemical investigations of sediment cores, which will be collected with gravity and piston corers, in combination with sediment-echosounding (PARASOUND), reflection seismic and gravimetric surveys and bathymetric mapping (HYDROSWEEP) are planned. These studies will contribute to

- a) the reconstruction of the late Pliocene Eltanin meteorite impact in the vicinity of San Martin seamount, and
- b) the reconstruction of the late Pliocene to Quaternary (ca. 3 Ma) paleoenvironmental evolution in the Antarctic cold water belt and the adjacent Subantarctic/Subtropical warm water zone.

The studies under b) are closely linked with the geoscientific programs of Sonderforschungsbereich 261, entitled "The South Atlantic Ocean during the late Quaternary: Reconstruction of compound budgets and current systems". Another goal of the investigation is the improvement of high resolution dating methods for the Pleistocene and Pliocene of the southern high-latitudes. Additionally, the biogeochemical cycle of barium and the flux of natural radionuclides ( $^{230}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ ) and their incorporation into the sediment will be studied. The distribution pattern of living planktonic and benthic microorganisms with calcareous or siliceous hardparts that are preserved in the sedimentary record and used as indicators of paleoenvironmental conditions, will be related to the hydrographic dataset (nutrients, water temperature and salinity), in order to gather autecological data of these microorganisms. Samples will be taken with multicorer (MUC) or box corer (GKG) in order to gather undisturbed surface sediment. Plankton samples will be collected with a Nansen and/or a vertical net. Reflection and refraction seismic profiling using a 2400-m-streamer and ocean-bottom-hydrophones, are also planned in an area of plate tectonic collision in the vicinity of Peter I Island and the De Gerlache Seamounts.

The marine geological survey will be accompanied by multiple investigations at the atmosphere/ocean boundary and in the water column. Physical oceanographic measurements with CTD and XBT will be carried out on transects across the Antarctic Circumpolar Current (ACC). A specific aim of the hydrographic measurements is the study of Antarctic Intermediate Water formation. In addition, water samples will be collected for investigation of stable isotopes, natural radionuclides, nutrients and other compounds (barium), using Niskin bottles, Gerard bottles and *in-situ* pumps. Investigations of the carbon dioxide system will be conducted to improve our knowledge regarding the impact of exchange processes between the Southern Ocean and the atmosphere on the global carbon dioxide budget. In connection with these investigations the distribution of nutrients in the water column and primary productivity will be quantified. This also includes comprehensive studies on the vertical and horizontal distribution of trace metals (e.g. iron, zinc) in the upper portion of the water column and their impact on phytoplankton productivity. Uncontaminated water samples for trace metal investigations will be gathered using rubber boats. Water samples will also be studied to determine the biogenic production of neutral and ionic methyl heavy metals in the Southern Ocean. Additionally, net hauls are planned for monitoring

the horizontal and vertical distribution of copepods, their physiological conditions, and to study their life cycles and feeding behaviour.

The scientific program will be interrupted for a visit to the British overwintering station Rothera on Adelaide Island (Fig. 1), to supply the station with fuel.

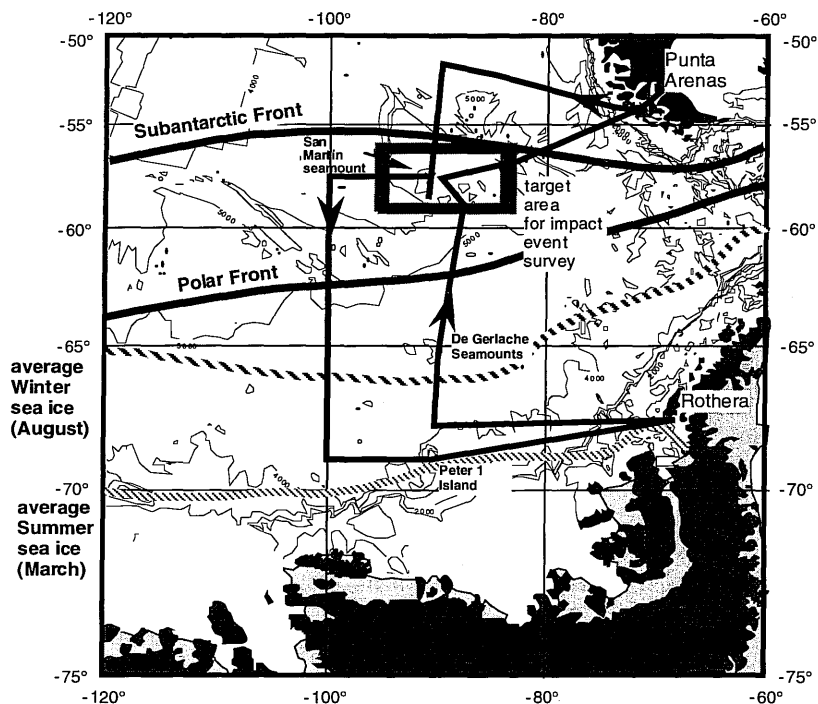


Fig. 1: Planned ship track of ANT-XII/4 in the Bellingshausen Sea. Also indicated is the target area for the Eltanin asteroid event. Bathymetry according to GEBCO.

## 2. Research Programs (ANT-XII/4 "Bellingshausen Sea")

### 2.1 Marine geology

The geological materials for the paleoenvironmental reconstructions will be recovered with gravity corers (SL) or piston corers (KOL) on transects across the frontal systems of the ACC and in the target area for the Eltanin impact event survey near San Martin seamount (Fig. 1). Undisturbed surface sediments will be sampled with a box corer (GKG) or multicorer (MUC) at all geoscience stations. Additionally a minicorer (MIC) will be installed below the CTD to recover surface sediments at

hydrographic stations. This sampling program will add to the collection of core materials made during the previous expeditions ANT-VIII/3, ANT-IV/4, ANT-X/2, ANT-XI/2 and ANT-XI/4 in the Atlantic and Indian sectors of the Southern Ocean.

The selection of coring sites will be based on simultaneous seismic surveys (PARASOUND, see 2.1.3; reflection seismics, see 2.2) and bathymetric mapping with HYDROSWEEP (see 2.1.4), and available information from sediment cores recovered in the mid to late 1960's by the USNS "Eltanin".

The physical property data (magnetic volume susceptibility, p-wave velocity, wet bulk density) of the sediment cores will be measured continuously with a multi-sensor-core-logger and will provide preliminary information on the sediment composition.

### 2.1.1 Investigation of the late Pliocene Eltanin asteroid impact (AWI/UCLA)

The late Pliocene meteorite impact in the vicinity of San Martin seamount in the Bellingshausen Sea represents the only known impact into a deep-ocean basin. This event was proved by the occurrence of microtektites and unmelted meteoritic debris with unusual enrichments of siderophile noble metals (e.g. Iridium) in a number of sediments cores recovered by USNS "Eltanin" in the mid to late 1960's (Fig. 2.1.1). Biostratigraphic and paleomagnetic dating places the so-called Eltanin event into the late Pliocene at about 2.4 Ma. The impact debris is primarily a coarse (up to 0.5 cm), vesicular impact melt with a few percent of sea water salts. Several

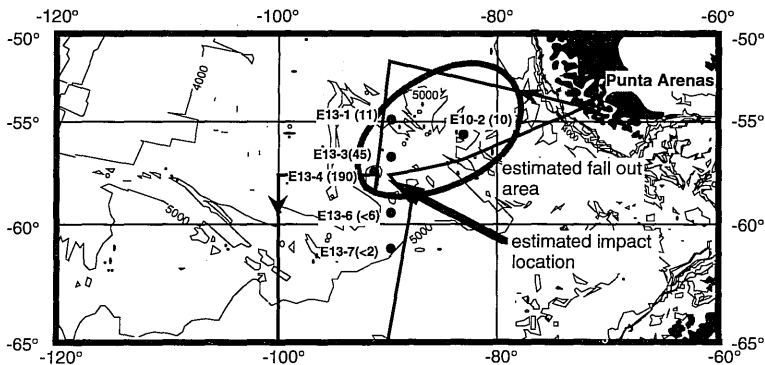


Fig. 2 Location of USNS "Eltanin" piston cores with Iridium concentrations (net Ir fluences in ng per m<sup>2</sup>) in the Bellingshausen Sea and a model of the fallout strewn field (according to Kyte et al. 1988, Science 241:63-65).

percent of the debris consist of unmelted asteroidal fragments, a meteoric basalt similar to howardite or mesosiderite. There is yet no chemical evidence that the projectile mixed with silicates of the oceanic crust. The known strewn field for the Eltanin impact covers over 600 km of the ocean floor (Fig. 2) and based on a conservative model, a minimum asteroid diameter of 0.5 km was estimated. However, a 2 km diameter is entirely possible. It is now estimated that the impact site was close to the position of Eltanin core E13-4, which contains the highest fallout concentrations and which is marked by a Eocene/late Pliocene disconformity immediately below the layer of impact debris. Disturbance and erosion of late Cenozoic sediments is also indicated by reworked Oligocene-Pliocene microfossils above and in the asteroide debris layer.

The impact was an extremely energetic event. In the minimum case of an 0.5 km object a kinetic energy of  $5 \times 10^{19} \text{J}$ , equivalent to the explosive power of 12 gigatons of TNT were calculated. The transient water cavity in the ocean should have been several km deep and probably much wider. The explosion of the impact would have injected water or superheated vapor with at least 10 times the mass of the projectile to at least stratospheric heights and a significant fraction of the projectile should also be distributed. Interestingly, the age of the impact is in close correspondence to global environmental changes, such as the onset of major glaciation in the northern hemisphere and the reorganization of the ocean circulation as indicated by distinct changes in the southern high latitudes sediment facies.

The detailed study of the Eltanin impact area, which will be accomplished by a combination of seismic (PARASOUND, reflection seismic) and bathymetric (HYDROSWEEP) pre-site surveys and sediment coring is designed to gather accurate information on

- the site of the impact,
- the size of the projectile and the paleoenvironmental effects of the impact,
- the nature and composition of the asteroide.

The study will provide further and more detailed data on the Eltanin event, which can be used in models simulating asteroide impacts and global climate and thus will help to understand the effects of the asteroide event on the global climate at ca. 2.4 Ma. These data should tell us, if the Eltanin impact was strong enough to trigger an already impending climate shift.

#### 2.1.2 Studies on the Southern Ocean paleoceanographic history (AWI, FBG, GEOMAR)

The paleoceanographic program is focused on the reconstruction of paleoenvironmental conditions during Quaternary and late Pliocene climatic changes. This includes:

- the paleotemperature and location of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) and its frontal systems,
- the distribution of sea ice,
- the paleoproductivity and location of high productivity belts,
- the paleotemperature and circulation of deep- and bottom-water.

The results obtained will be compared with results from the Atlantic sector of the Southern Ocean. The special interest of such a comparison is that in contrast to the Atlantic sector the eastern part of the Pacific sector (Bellingshausen Sea) is a rather flat deep ocean basin, which is not significantly disturbed by bottom topography. Bottom topography has an influence on the location and strengths of oceanic frontal systems. The lack of bottom topography in the Bellingshausen Sea might thus lead to a different behaviour of the oceanic frontal systems, especially during the change between glacial and interglacial periods, compared with the situation in the Atlantic sector. Therefore the effect of bottom topography on the location of frontal systems can be tested based on paleoceanographic studies. Another important difference between the eastern Pacific sector and the Atlantic sector of the Southern Ocean is the lack of a large-scale gyre system (such as the Weddell Gyre) and source area of cold water, both strongly influencing the oceanographic conditions and the sea ice distribution in the Atlantic sector.

The general aim of the paleoceanographic studies in the Southern Ocean is to decipher the evolution of oceanographic parameters that control large-scale oceanographic circulation and heat transport, the CO<sub>2</sub> budget, and the atmospheric circulation. Such results in combination with the results obtained in the Atlantic sector should contribute to the understanding of paleoceanographic events that trigger the major short-term climatic changes between glacial and interglacial periods, and the mechanisms which control the glacial/interglacial atmospheric CO<sub>2</sub> changes. Other interests are in the reconstruction of the southern hemisphere climate during the major glaciation event that affected the northern hemisphere in the late Pliocene.

Surface water temperature and the location of the sea-ice boundary can be estimated based on the composition of calcareous (foraminifera) and siliceous (diatoms, radiolaria) microfossil assemblages. Furthermore, paleotemperatures of surface and bottom water can be calculated using the ratio of oxygen isotopes in benthic and planktic foraminifera. The reconstruction of paleoproductivity and distribution of water masses can be estimated using the ratio of stable carbon isotopes in benthonic and planktonic foraminifera. The amounts of biogenic opal and barium in bulk sediments, as well as the stable isotope composition of carbon and nitrogen in organic matter will be measured in order to reconstruct their variability in relation to oceanographic frontal systems, paleoproductivity patterns and sea ice distribution. Velocity changes of the bottom water currents and distribution of sea-ice and icebergs will also be studied using sedimentological and mineralogical methods (e. g. XRD radiography, granulometry, terrigenous components, distribution of ice-rafted detritus).

Besides paleoceanographic goals, the investigation of the sediment cores should lead to further improvement of the methods for age determination of sediments in southern high latitudes. This can be best accomplished using a combination of different paleontological, isotopic and geophysical dating methods.

The micropaleontological studies will be focused on the distribution of calcareous (planktic and benthic foraminifera, ostracodes) and siliceous (diatoms, radiolarians, silicoflagellates) microfossils. The sedimentological studies will mainly deal with the distribution of biogenic opal, barium, organic carbon, carbonate, and the composition of clay minerals. The surface sediment data provide important references for paleoenvironmental reconstructions based on statistical methods and aid in the understanding of microfossil and stable isotope signals in the

sediment record. In combination with these studies the recent pattern of productivity and particle sedimentation will be studied.

### 2.1.3 Sediment echo-sounding (PARASOUND) and physical properties measurements (AWI, FGB)

The hull-mounted echosounding system PARASOUND is designed to record continuous high-resolution seismic profiles independently of other scientific ship operations. The data of the PARASOUND sediment echosounder, which are recorded with the digital acquisition system ParaDigMa, image fine-scale sediment structures with a resolution of 10 cm down to a maximum sub-bottom depth of 250 m. The observed structures, reflection patterns and echotypes give valuable insight into the spatial sediment distribution and temporal variation of the dominating sedimentation processes. The PARASOUND System therefore is a basic tool for the identification of characteristic sediment layers and their interpretation in the context of the geologic history of the last million years.

The impact of the Eltanin Meteorite in the Bellingshausen Sea, which is assumed to have occurred in late Pliocene time (see 2.1.1), lies within the range of time which can be covered by PARASOUND data. The event probably has had a tremendous effect upon the sedimentation patterns in the region. It can be assumed that enormous masses of sediment were suddenly mobilized in a cloud of suspended matter. The current-controlled redistribution and resedimentation following the event might very well have produced a characteristic sediment layer, which can perhaps be traced in the PARASOUND data as a seismic horizon similar to volcanic ash layers. The mapping of the extent of this layer, its sub-bottom depth and reflection characteristics would yield information about the dominating processes of sediment distribution and bottom water flow patterns as well as regional variations of sedimentation rates. This will lead to a better understanding of the relevance of this catastrophic event for regional and global marine circulation and climatic changes.

The Bellingshausen sea is an area of very active bottom water flow and is thus ideal for detailed studies of current-controlled sedimentation. One of the objectives of the University of Bremen Geophysical Group is to reconstruct present and past flow processes and patterns directly from digital PARASOUND data. Seismic profiles of a variety of current-controlled sediment structures and small-scale features of the seafloor are being collected in order to learn more about the relationships between physical boundary conditions and the development of distinct reflection patterns.

The location of the target area of the cruise ANT-XII/4 is also interesting for the comparison with data recorded in the polar and subpolar southwest Atlantic and southeast Indian Ocean on previous cruises. The zonation of the biogenuous sedimentation in the Southern Oceans which is related to the frontal zones within the Antarctic Circumpolar Current, is reflected by the spatial distribution of acoustically transparent sediments of the Diatomaceous Ooze Belt in the Atlantic and Indian Ocean. Some recognizable differences are to be expected as the frontal zones are much more complex as well as meridionally compressed in the Bellingshausen Sea.

Physical property data of the sediment cores will be taken after core recovery with a multi-sensor-core-logger. Magnetic volume susceptibility, p-wave velocity, and wet bulk density will be measured continuously and will provide preliminary information on the sediment composition. Reflection coefficients can be calculated from the wet bulk density and p-wave velocity data and the resulting synthetic seismograms can be compared with seismograms collected by the PARASOUND-system.

High values of magnetic susceptibility often indicate higher input of terrestrial and volcanic sediment components, whereas lower values are correlated with more biogenic components. Therefore, the signature of susceptibility curves may be caused by paleoceanographic and paleoclimatic variations. These variations can be used, with certain limitations, as a tool for preliminary age determination in Quaternary sediment cores.

#### 2.1.4 Bathymetric survey with HYDROSWEEP (AWI)

Bathymetric data will be collected continuously during leg ANT-XII/4 with the Hydrosweep multibeam bathymetry system on the Polarstern. The bathymetry of the proposed research area is very poorly known, and the bathymetric data collected during this expedition will add greatly to our knowledge of this area.

In addition, we propose to collect Hydrosweep data in a "box survey" centered on the supposed impact area of the Eltanin Meteorite (see 2.1.1). This survey will be important for locating the proposed impact structure. It will also give us a good dataset with which to evaluate the new sidescan and backscatter capabilities of the Hydrosweep system (discussed below). We propose that this survey be conducted along parallel tracks with a 6 km track spacing. This spacing and orientation of tracks will also be useful for parasound and seismic profiles that can be collected at the same time.

#### Sidescan and Backscatter Studies

The use of multibeam sounding systems for bathymetric mapping is well-established. Recently, the application of multibeam systems for bottom characterization has also become possible. The multibeam system receives sound signals from different directions, and backscattering strength from these signals provides important information on the characteristics of the seafloor. For such studies ground-truth information in the form of cores, dredges or bottom photographs is needed so that the computed angular backscattering strength from different bottom types can be used to map the different seabottom materials.

The Hydrosweep system installed onboard the Polarstern now has the ability to measure and record the backscattering strength from the 59 beams of each ping. These signals are processed for necessary footprint area calculations and roll corrections to compute the bottom backscattering strength. The backscatter information is also slope corrected so that it represents the true backscatter angle.

The Hydrosweep system now also provides sidescan sonar data. These data consist of the amplitude of the backscattered energy for each ping. The waveforms from the 59 beamformers are combined and resampled to yield 1000 amplitude values across the swath. These data can then be plotted in map form to provide a view of relative scattering strength of the seafloor. The sidescan data are capable of revealing many small-scale morphological features of the seafloor that are not

visible in the bathymetric data. In addition, these data also show differences in surface materials and seafloor roughness variations which can provide information about sediment deposition, bottom currents, etc.

During expedition ANT-XII/4, extensive geological and geophysical studies will be carried out in the Bellinghousen Sea. The work will involve the collection of core data and seismic profiles. The sediment cores will be important as ground truth for the sidescan and backscattering studies. In return, the sidescan data will provide information about the lateral extent of surface sediment bodies and will help to map the surface expression of structures imaged by the seismic data.

#### 2.1.5 Geochemistry - natural radionuclides (AWI)

Isotopes of the particle-reactive elements Th, Pb, Po, and Pa are produced in the water column by decay of their relatively soluble U and Ra parents. When particles settle through the water column, they take up these nuclides, thus providing a tool to study adsorption rates and particle flux rates.

The long-lived isotopes  $^{230}\text{Th}$  (75,400 year half-life) and  $^{231}\text{Pa}$  (34,300 year half-life) are stored in the sedimentary record and can be used to reconstruct sediment accumulation rates in the past. Here we make use of the difference of Th and Pa in reactivity towards particles: Th is removed from the water column within a few decades, which implies in the open ocean that the input into the sediment is determined by scavenging from the overlying water column.  $^{231}\text{Pa}$ , however, has a residence time of 150 year in the water column. In this period, water masses are transported over considerable distances, and on its way the dissolved Pa is removed preferentially in areas of enhanced productivity. That is why the  $^{231}\text{Pa}$  flux, or rather the  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$  ratio, is sometimes used as a proxy for (paleo) productivity.

In expeditions to the Atlantic sector of the Southern Ocean we have found that in the Antarctic Circumpolar Current (ACC) this interpretation is complicated by at least two influences. Firstly, it turns out that the distribution of  $^{230}\text{Th}$  and  $^{231}\text{Pa}$  in the water column closely follows the density field, showing that the meridional transport related to exchange with the Weddell Gyre overwhelmed the signal caused by scavenging. Secondly it was found that the difference in particle reactivity between Pa and Th changes with latitude. South of the ACC the preference of particles for Th over Pa gradually disappears. An additional complication is formed by the pronounced bottom topography which controls the flow pattern of the ACC in the South Atlantic. Mid-ocean ridges regularly reach water depths of around 2500 m, and below this depth the scavenging is controlled in part by resuspension.

In the SE Pacific bottom topography is much less pronounced. The far lower rates of bottom water formation suggest that meridional advection is also less important. We therefore expect that a transect across the ACC in the SE Pacific, in comparison with the transect made previously in the Atlantic (ANT VIII/3), will help us to understand the behaviour of these radionuclides and to investigate their adequacy as a proxy in paleoceanography. To this purpose we plan to deploy autonomous pumping units, capable of filtering *in-situ* approx. 1000 l samples in 2.5 hours through a filter and two  $\text{MnO}_2$  adsorbers in order to collect the particulate and



dissolved phases of the radionuclides separately. In cooperation with the NIOZ team we plan to take additional samples of suspended material for trace element analyses. We will attempt to use the results of the radionuclides regarding scavenging and particle flux rates to obtain the fluxes of stable elements.

The short-lived nuclide  $^{234}\text{Th}$  (24 days half-life) is a suitable tracer for adsorption on time scales of several weeks. Both the plankton growth in the surface layer and the resuspension in the bottom nepheloid layer (BNL) can be investigated with this isotope. We plan to sample the surface water with Gerard or Rosette casts in order to derive export production rates from the distribution of  $^{234}\text{Th}$ . We will also measure the isotope pair  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ . The disequilibrium of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  (half-lives 138 days and 22.3 years, respectively) is a tracer which integrates the effects of adsorption over several months.

The particle transport near the sea floor and the sedimentation/erosion exchange between bottom water and sediment can also be investigated with  $^{234}\text{Th}$ : Resuspension of sediment and the subsequent adsorption of  $^{234}\text{Th}$  on these particles removes the isotope from the bottom water. The depletion is a measure of the residence time of particles in suspension. Isotopes with other half-lives ( $^{210}\text{Po}$  and  $^{228}\text{Th}$ :  $t_{1/2}$  1.9 year) can be used to study resuspension on longer time scales. The water column close to the sediment will be sampled with the Rosette sampler. Th will be precipitated on board with  $\text{MnO}_2$  and  $^{234}\text{Th}$  analyzed directly on a beta counter. During ANT-XI/4 this method enabled us to show the intensity of resuspension.

The effects of resuspension can only be understood in a model which includes the distribution of radionuclides in the BNL and in the surface sediment. To this purpose, we will analyse sediment cores to be obtained with the multicorer (1 subcore).

#### 2.1.6 Autecological microplankton studies (AWI)

The vertical and horizontal distribution of diatoms, silicoflagellates, radiolarians and planktic foraminifera will be documented on transects from the Subantarctic zone across the Polar Frontal Zone to the Antarctic Zone and at the edge of winter sea ice using plankton tows and the ship's water pumping system. Samples of diatoms and silicoflagellates that dwell in the euphotic zone will be collected in the surface water layer. Radiolarians will also be sampled at selected depth intervals in the uppermost 3000 m of the water column using vertical plankton tows. Vertical CTD profiles and water samples for analyzing nutrient contents at selected depth levels will shed light on the relationships between hydrography and nutrient availability (see 2.3), and the species distribution and abundance of microorganisms. The isotopic composition of foraminiferal tests collected by tows will be better understood in combination with the measurements of the isotopic composition of the sea water and dissolved  $\text{CO}_2$  (see 2.1.7). The aim of these studies is to gather basic data for the micropaleontological and isotopic studies for the reconstruction of paleoenvironmental conditions (see 2.1.2)

### 2.1.7 Stable Isotopes in bottom water and the water column (AWI)

Water masses in the oceans can be characterized by stable carbon and oxygen isotopes in sea water. These isotopes provide information on the provenance and history of water masses and reflect the biological productivity in surface waters. Apart from a few GEOSECS stations, data sets of the isotopic composition of the water column of the southern Atlantic Ocean have been obtained along several transects, one from Capetown to Cape Norvegia, another from Cape Norvegia to the southern end of South America and a third one from South America to the South Sandwich Island Arc (ANT-VIII/2+3, ANT-IX/4, ANT-X/5, ANT-XI/2).

The sampling program planned for the expedition ANT-XII/4 will extend the existing station net to the East Pacific and connect to the westerly stations of the expedition ANT-X/5 ("Scotia Sea").

Besides the sampling of the water column which will be carried out at the oceanographic stations with the help of a water rosette, a second topic of the isotope program consists of sampling bottom water and the coexisting surface sediment. The carbon isotope composition of benthic foraminifera and their ambient sea water should provide information on the species' specific isotope fractionation effect (vital effect). With the help of these data the reconstruction of the paleowatermass distribution through the analysis of carbon isotopes of fossil benthic foraminifera should be possible.

### 2.1.8 Sponges and their spicule record on sediment surfaces and related sediments (IGPG)

The main purpose of the proposed study is the documentation of sponges and their spicule record on sediment surfaces and within related sediments. Of main interest are deep sea and shelf environments related to seamounts and more or less isolated basement highs (the shelf off Adelaide Island, San Martin Seamount). By analyzing the spicule record it will be possible to reconstruct the environment and/or paleoenvironment of the studied area. Of special importance are spiculites, an autochthonous enrichment of sponge spicules, which control the settlement of various benthic organisms. Sampling will be accomplished with the multicorer (MUC) and box corer (GKG) in the framework of the paleoceanographic sampling programs (se 2.1.3).

## 2.2 Marine geophysics (AWI)

Marine-geophysical surveys will be conducted in two areas of investigation.

### Eltanin Impact Structure

By integrating reflection seismic, hydrosweep, parasound and sediment core data, we intend to locate the impact site and to survey the area affected by deformation and debris fallout. The geometry and position of the seismic profiles will be determined on the basis of bathymetric data and the analysis of piston and gravity cores. The objective is to cover the impact structure with 4 - 5 crossing profiles using the 2400-m-streamer and a 8-airgun array (total of 24 l) as seismic source.

The data will be processed on board immediately after every profile to optimize the parameters and positions of subsequent profiles.

### Oceanic Crust in the Bellingshausen Sea

Satellite altimetry data show prominent north-south striking gravity anomalies of up to 100 mgal in the western Bellingshausen Sea. One anomaly is located between the De Gerlache Seamounts and Peter I Island and may represent a former hot spot trace. A second, strongly negative anomaly with an unknown origin is found west of Peter I Island. Reflection seismic profiling data from cruise ANT-XI/3 and modeling of marine gravity data indicate a collision structure or even subduction of two segments of the oceanic crust. With the few existing geophysical data, an estimation of the timing of this collision and its incorporation into a plate tectonic reconstruction is nearly impossible.

We plan to acquire reflection and refraction seismic data across these prominent gravity anomaly features to better understand their origin. A 200 km long refraction profile will be shot using 5 - 7 ocean-bottom hydrophones (OBH) and 1 - 2 airguns (60 l volume each) as the seismic source (Fig. 3). We expect that the refraction data will reveal the seismic velocity field and the Moho geometry of this suggested collision structure. Before and after the refraction seismic program, we will collect reflection seismic data along profiles between the De Gerlache Seamounts and Peter I Island with a total length of about 600 km (Fig. 3). These data will reveal the extent of the collision structure and any possible tectonic relation to the Seamounts and Peter I Island. An 8-airgun array (24 l total volume) will serve as the seismic source. The data will be acquired with the 2400-m-streamer.

All seismic data will be processed onboard on a Convex computer. Raytracing and inversion software is available to model the refraction seismic data.

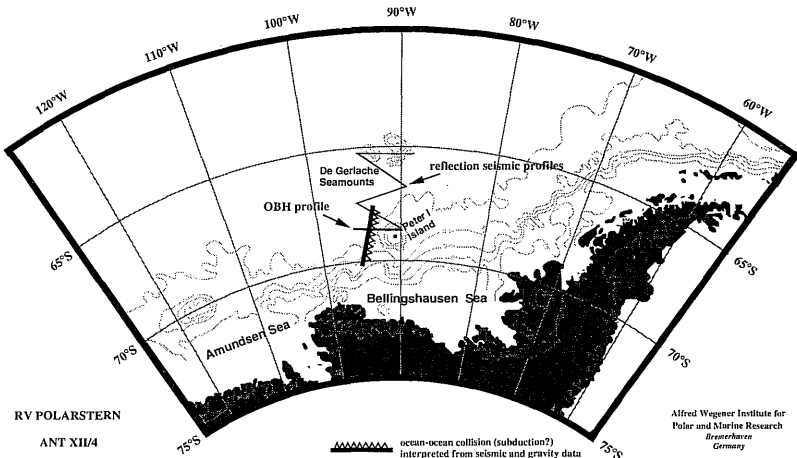


Fig. 3. Overview map of the Bellingshausen Sea including planned seismic reflection and refraction profiles in the area of the De Gerlache Seamounts and Peter I Island.

In addition to the seismic program, we plan to measure the magnetic field on as many profiles as possible using a gradiometer. The data will contribute to compiling a more complete magnetic anomaly map of the Southern Pacific. Furthermore, gravity data will be registered continuously during the entire cruise to supply valuable information for interpreting the seismic data.

## 2.3 Chemical and hydrographic studies in the water column

### 2.3.1 Hydrographic studies (AWI)

The project aims to generate a large-scale long-term data set of the polar oceans, which will be used for investigations of climate variability and as ground truth for remote sensing measurements. The measured quantities include temperature and salinity of the oceanic surface mixed layer and vertical profiles of temperature, salinity, dissolved oxygen and currents. The data will be recorded on board and afterwards be added to the Southern Ocean databank.

The measurements in the oceanic surface mixed layer will be carried quasi-continuously out with a thermosalinograph. Additionally XBT-sondes (Expendable Bathythermograph) will be dropped to measure temperature profiles and an ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) will be used to measure current profiles from the moving ship. At stations, a CTD-sonde (conductivity, temperature, depth) with a rosette water sampler will be used to obtain vertical profiles of temperature, salinity and dissolved oxygen. This data acquisition and sampling also supports other chemical and biological programs in the water column (see 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.1).

A specific aim of the CTD measurements is the study of Antarctic Intermediate Water (AAIW or MIW) formation. This water is formed along the Polar Front and is responsible for a substantial volume of Central Water in the southern hemisphere. McCartney (1977) pointed out that in the eastern South Pacific, Subantarctic Mode Water is so cold that its density is well below the density of Central Water, therefore the water had to contribute to the supply of newly formed MIW. The results of Englands' general ocean circulation model (1992), in contrast to many other ocean circulation models, support McCartney's idea and suggest that most MIW in the Pacific and Atlantic Oceans may originate from the eastern South Pacific. The detailed numerical analysis (England et al., 1993) identifies the progressive cooling and freshening of the East Australian Current outflow as an important conditioning factor allowing very deep convection to occur to the west of Chile. If the model results, which show annual mean mixed layer depths in excess of 1000 m, are a correct representation of the real situation, the region to the west of Chile is one of the major deep convection regions of the world ocean.

Because this region is among the least explored regions of the world ocean, these model results could not be confirmed by measurements up to now. To overcome this serious gap in the field data base, and to contribute to the analysis of water mass formation in the South Pacific Ocean two CTD sections with the co-ordinates 55°S, 75°W - 50°S, 85°W and 50°S, 85°W - 57°S, 90°W, respectively and an adhoc study of active convection are planned. The data will be studied in close cooperation with the Flinders Institute for Atmospheric and Marine Sciences at Adelaide (Australia).

### 2.3.2 Exchange of carbon dioxide between the Southern Ocean and the atmosphere (AWI/NIOZ)

Mankind has brought extra CO<sub>2</sub> into the atmosphere by combustion of fossil fuels, currently at a rate of about  $5.2 \times 10^{15}$  gram C (5.2 Gigaton, Gt C) per year. A smaller but not well known amount (presumably ~1 Gt C) is contributed by the loss of tropical forests biomass. Only 60% of the total fossil fuel emission of CO<sub>2</sub> corresponds to the increase of the atmospheric CO<sub>2</sub> content. The other 40% of the fossil fuel input, as well as the minor forest biomass source, is distributed over the oceans and (less important) terrestrial vegetation. Although 40% of the total annual industrial emission of CO<sub>2</sub> is a considerable amount (about 2 - 3 Gt C per year), it is not clear which parts of the ocean are responsible. This material is also superimposed on the pre-industrial exchange of CO<sub>2</sub> with the atmosphere, where at steady state the flux from oversaturated (e.g. upwelling) waters in certain regions is deemed similar to the influx in undersaturated waters elsewhere. In general those regions, where surface waters are both undersaturated as well as generally sinking to greater depth, are prime candidates as a sink for the background steady state input as well as the additional anthropogenic (above ~ 2 - 3 Gt C?) term. The objective of this project is to understand, as well as quantify, the air/sea CO<sub>2</sub> exchange in crucial regions of the Southern Ocean. Such understanding, in combination with findings of ongoing research by colleagues in other oceanic regions, is essential towards assessing the often assumed anthropogenic sink term of the Southern Ocean.

It is often assumed that the Southern Ocean as a whole acts as a net sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. However, only restricted areas may be sinks, whereas other regions of the Southern Ocean may in fact be mostly sources of CO<sub>2</sub>. The aim of this research is to investigate which chemical, physical and biological factors make certain regions of the Southern Ocean a CO<sub>2</sub> sink or a source. In order to examine these factors RV "Polarstern" will be equipped with coulometers, infrared analyzers and an alkalinity-titrator to be able to fully interpret the CO<sub>2</sub> system of judiciously selected regions of the Southern Ocean. The main regions of interest are the Polar Frontal Zone and the Weddell Sea. During ANT-X/6 (November 1992) and ANT-XI/2 (December 1993-January 1994) high temporal variability of pCO<sub>2</sub> and TCO<sub>2</sub> values was found in the Polar Frontal Zone. Also, in both regions sinking of watermasses is known to take place. The sinking watermasses are partly flowing northward. This flow is compensated by surface waters flowing into the Southern Ocean, where the general cooling of southward flowing waters would cause undersaturation versus the atmosphere. In regions like the Polar Front, photosynthetic removal of CO<sub>2</sub> during seasonal plankton blooms would be another cause for undersaturation. Obviously, the dynamics of the CO<sub>2</sub> system in these two highly variable regions contribute significantly in the global carbon budget.

### 2.3.3 Trace metal distribution in the Southern Ocean (NIOZ)

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-XII/4 we envision a modest sampling and analysis program for trace metals. Seawater to be collected with a batfish towed in the daytime at 5 - 15 m depth adjacent to the ships hull will be pumped continuously into the clean air laboratory container for filtration to determine the reactive particulate metal fraction (by selective leaching) and the refractory metal fraction largely of terrigenous origin as also assessed from the Al contents. The filtered seawater will be analyzed onboard for its concentration of total dissolved Fe (by chemoluminescence) and Co (by electrochemistry), as well as the organic speciation and redox state (II versus III) of Fe in solution, both by electrochemistry. Finally, aliquots of filtered seawater will be stored for analyses of Fe, Cd, Cu, Ni, Zn and Co in the home laboratory. The findings will be compared with underway observations of Chla (see 2.4.1), nutrients, CO<sub>2</sub> system (see 2.3.2) and hydrography (see 2.3.1) where significant co-variance is expected.

Weather permitting, seawater will be collected from the zodiac in 2 l GoFlo samplers at a kevlar hydrowire. This zodiac sampling will take place away from the ships hull to avoid contamination. The samples will be filtered and analyzed as described above for the batfish pump samples.

At selected stations, a string of six 10 l volume GoFlo samplers will be lowered to 300 m or 1000 m depth with a kevlar hydrowire. Upon recovery the seawater will be filtered and analyzed as above. Additionally, a package of six 10 l volume GoFlos mounted on a small frame will be lowered to about 40 m depth and all closed at that depth. Upon recovery, the seawater will be filtered through one 14 cm diameter membrane filter to collect enough particulate matter for analyses of reactive (chemical leaching) and refractory metal fractions in the home laboratory.

In order to sample the larger size classes of suspended particles which due to faster sinking rates are deemed to be dominate the settling removal of metals from the upper ocean, we envision large volume *in situ* filtration in collaboration with the radionuclide program (see 2.1.5). During the latter program it is intended to deploy a string of several pumping units for filtration of about 1000 l seawater each. This allows determination of the particulate and dissolved distributions of radiotracers <sup>234</sup>Th, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po which provide a natural time clock for the rates of processes of removal of trace elements. By combining this with analyses of trace metals in the same filters, one may also assess the removal rate of these metals. This will be done for 3 *in situ* filtration units (40 m, 400 m, 1000 m) of the whole string of pumps. It requires, however, that dissolved metals are also detected. For the 7 stations at which *in situ* pump casts are envisioned, the above sampling at six discrete depths including 40 m, 400 m, 1000 m, as well as the sixpack sampling at ~ 40m depth, are to take place.

#### 2.3.4 Trace metal - phytoplankton interactions (NIOZ)

Transition metals are essential trace elements for phytoplankton because 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 concentrations have been reported.

The focus during the ANT-XII/4 expedition will be on the role of low iron and zinc concentrations on phytoplankton physiology.

Iron is indispensable for proper functioning of the photosynthetic apparatus, as it requires iron for synthesis of chlorophyll and for the electron transport system (ETS). The ETS consists of several iron-containing molecules, such as the cytochromes and ferredoxins. The effect of iron limitation on phytoplankton growth is directly linked to light quantity and quality. Subjected to intense mixing through the water column, algae have to be able to adapt to a frequently changing light regime. The pigment composition of the phytoplankton plays an important role in the adaptation, as each pigment has its own distinct absorption spectrum. The capacity of algae to adapt to different light regimes will be tested on this cruise, growing plankton communities with and without additional iron under different light spectra. Pigment composition and the functioning of the ETS will be determined. The increasing efficiency of light capturing and transfer will result in increased growth rates. These rates will be measured by a newly developed method based on DNA duplication.

Through its effects on nitrate reductase (the enzyme catalysing the reduction of nitrate to nitrite) iron may also affect the nitrogen metabolism in phytoplankton. Both the activity of nitrate reductase and the actual rate of nitrate uptake in relation to availability of iron will be determined in incubation experiments.

Zinc is a cofactor in the enzyme carbonic anhydrase. This enzyme catalyses the dehydration of bicarbonate, thereby making more carbon dioxide available for the phytoplankton cells. The effects of zinc on carbonic anhydrase activity and the actual carbon dioxide uptake in the phytoplankton will be investigated.

### 2.3.5 Biogenic production of neutral and ionic methyl heavy metal species in polar waters (ACR)

Whereas in anthropogenic influenced latitudes a correlation of heavy metal organic compounds in the environment to definite primary sources is difficult to carry out, it is in principle possible to prove the feasible biogenic production of such compounds in the Antarctic "clean room". By this means, it is also possible to determine the contribution of these compounds to the important global biogeochemical cycles of the heavy metals.

The biogenic production of volatile methyl heavy metal species in the polar sea seems quite likely, since the biogenic methylation is already known for the elements Iodine, Sulphur and Selenium. High enrichment factors especially for Cadmium and Lead in Antarctic snow samples, signify an emission of volatile heavy metal organic compounds from the polar sea. A correlation and determination of biogenic activity is needed because of the presumed biological production of these compounds. For the determination and specification of neutral and ionic methylated heavy metal compounds, the elements Mercury, Lead, Cadmium and Thallium are in consideration. Mercury species will be determined by CVAFS (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry). With the help of DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry) Lead and Cadmium species will be examined. Both methods should be applied on board RV "Polarstern". The evidence of corresponding Thallium species will be carried out with IDMS (Isotope Dilution Mass Spectrometry) in the home laboratory.

## 2.4 Biological studies

### 2.4.1 Phytoplankton dynamics (AWI)

Distribution, changes of composition of phytoplankton biomass and species will be investigated during ANT-XII/4 in the Bellingshausen Sea. Special emphasis is given to the area of the Polar Front and in relation to water mass distribution. The aim of the cruise is to derive data for the entire investigation area on surface chlorophyll concentration which will be compared to previous studies in the Atlantic sector of the Southern Ocean. The data will also serve as ground truth information for satellite images.

On transects across the hydrographic front in the Bellingshausen Sea, sea surface (8 m) concentrations of chlorophyll *a* will be registered continuously (10 minute means). At oceanographic fronts, CTD profiles and water samples in discrete water depth to up to 1,000 m will provide information about bio-geographical regimes in the area. Therefore, water samples for phytoplankton species distributions will be collected on a routine basis and examined under the microscope back in the institute.

### 2.4.2 Zooplankton (AWI)

The vertical and horizontal distribution of the different species as well as the feeding strategies of dominant copepods were investigated during the 1994 Antarctic summer in the Bellingshausen Sea (ANT-XI/3). The first results point at differences in the life strategies of the studied species.

A comparison of the life cycles of Antarctic copepod species from the faunistically little investigated Bellingshausen Sea with those from the Weddell Sea and the Antarctic Peninsula is very interesting, because of differences in environmental conditions, such as hydrography and food supply in these areas. The study planned for ANT-XII/4 during the Antarctic autumn will add to the information from the summer expedition and will enable us to draw conclusions about the life cycles of the dominant species of the Bellingshausen Sea.

Seasonal aspects of the zoogeography of the copepods of the Bellingshausen Sea  
Stratified multinet hauls to 1000 m depth will be carried out. They will supply information about the horizontal and vertical distribution of the dominant species and their developmental stages. The results, together with the vertical and horizontal distributions measurements during summer, will give hints about seasonal migrations of different species as well as information about population dynamics.

#### Experiments on feeding and reproduction of dominant species

Live animals will be sorted from Bongonet hauls and reared in a cool container. For qualitative and quantitative investigation of their feeding habits different types of food (phytoplankton from cultures, natural plankton, as well as zooplankton and detritus) of different concentrations will be offered. Experiments with females will show the influence of food on their reproduction.



Analyses of biomass and carbon and lipid content and investigations on gonad maturity and gut content of females will inform us about the physiological condition of the animals.