



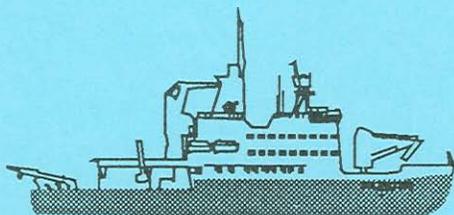
06. Juli 1994



## FS "POLARSTERN"

Expeditionsprogramm Nr. 34

---



## ARKTIS-X 1 und 2 1994

Z 432

34  
1994

Expeditionsprogramm Nr. 34

FS "Polarstern"

ARKTIS-X/1+2

1994

Koordinator: H.-W.Hubberten

Fahrtleiter:

ARK-X/1: E. Fahrbach  
ARK-X/2: H.-W.Hubberten

Alfred-Wegener-Institut  
für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven

Juni 1994

Deutscher Text  
Seite 3 bis 31

English Text  
Page 39 to 67

## Fahrtabschnitt Bremerhaven - Tromsø (ARK X/1)

### **1.1 Zusammenfassung**

Der Fahrtabschnitt ARK X/1 beginnt am 6. Juli 1994 in Bremerhaven, von wo aus auf direktem Weg die Verankerung SFB 1 bei 70° 00' N, 04° 00'E angefahren wird. Auf dem Weg erfolgt bei 65° 00'N die erste Stationsarbeit. Nach dem Abschluß der Arbeiten bei SFB 1 wird die Fahrt zur Verankerung SFB 2 bei 72° 22' N, 07° 36'W fortgesetzt, wobei im Gebiet des Mohnrückens zwei Stationen ausgeführt werden. Im Anschluß wird das Hauptarbeitsgebiet am ostgrönländischen Kontinentalabhang bei 75° N angesteuert (Abb. 1.1).

Das Ziel der multidisziplinären Arbeiten in der Grönlandsee ist das bessere Verständnis der physikalischen, chemischen, biologischen und geologischen Bedingungen und Prozesse. Im Hauptarbeitsgebiet bei 75° N werden diese durch den Eisrand und den Kontinentalabhang bestimmt. Mit den Untersuchungen soll einerseits das gegenwärtige Ökosystem erfaßt und dessen Verständnis vertieft werden, andererseits soll aber auch die Möglichkeit geschaffen werden, aus dem Sediment Informationen über frühere Bedingungen abzuleiten.

Die physikalischen Arbeiten umfassen Untersuchungen in der atmosphärischen Grenzschicht mit der Hubschrauber-Schleppsonde HELIPOD, wobei die technische Erprobung dieses Systems im Vordergrund steht. Im Rahmen der Meereisfernerkundung werden Untersuchungen zur Verbesserung der Interpretation von Satellitendaten ausgeführt und die aktuelle Eissituation für die Planung der weiteren Arbeiten dargestellt. Die ozeanographischen Messungen sollen die Kenntnisse über die Grönlandsee als Bildungsgebiet von Wassermassen vertiefen, die über die regionalen Verhältnisse hinaus für die großräumige Wassermassenverteilung von entscheidender Bedeutung sind. In diesem Zusammenhang spielt der Ostgrönlandstrom eine besondere Rolle, da er die Transporte von Masse, Wärme und Süßwasser aus dem Nordpolarmeer in die Grönlandsee und diejenigen aus der Grönlandsee hinaus nach Süden bestimmt. Zum Verständnis der Süßwasserbilanz dieses Meeresgebietes muß auch der Meereistransport gemessen werden.

In einer Reihe von Programmen werden luft- und meereschemische Aspekte verbunden. So soll die horizontale und vertikale Verteilung von Ozon und mehrerer Photooxidantien entlang der Fahrtroute gemessen werden. Hierbei soll besonders der Einfluß verschmutzter Luftmassen aus dem nordamerikanischen Kontinent erfaßt werden. Die Messung der Konzentration mehrerer Schwermetalle und ihrer organischen Verbindungen wird Aufschluß über den biogeochemischen Kreislauf dieser Stoffe geben, wobei die Transportwege und die biogene Produktion in polaren Meeresgebieten im Vordergrund stehen. Nährstoffe werden zur Unterstützung der biologischen Programme und als Tracer spezieller Wassermassen gemessen.

Die biologischen Programme befassen sich mit dem Meereis, der Wassersäule und dem Meeresboden. Die meereisbiologischen Arbeiten sollen es ermöglichen, den Beitrag der speziellen Meereislebensgemeinschaft zur partikulären Gesamtproduktion abzuschätzen. Die planktologischen Untersuchungen konzentrieren sich auf die zentralen Prozesse, die zur Bildung und Modifikation von

Partikeln in den oberen Wasserschichten des Europäischen Nordmeeres führen, auf den vertikalen Partikelfluß und das Schicksal der Partikel, bevor sie auf dem Tiefseeboden abgelagert werden. Daher sollen pelagische Prozesse und der vertikale Partikelexport in der Eisrandregion untersucht werden. Pelagische und eisassoziierte Produktionsregime, die sich in Bezug auf Menge und Zusammensetzung der Partikelexporte unterscheiden, sollen charakterisiert werden. Die Untersuchungen sollen bestehende Lücken bei der Dokumentation regionaler Quellen für die sedimentierende Substanz im Europäischen Nordmeer schließen. Der vertikale Partikelfluß wird stark von der Produktion und dem Abbau von Kotballen und Aggregaten bestimmt.

Bei der Ablagerung der Partikel muß die Wechselwirkung zwischen der Boddennepheloidschicht (BNL) und der obersten Sedimentschicht berücksichtigt werden. Da physikalische Resuspension von marinen Sedimenten sowie Bioentrainment zu erhöhten Partikelkonzentration im bodennahen Wasserkörper führen kann, ist der laterale advektive Partikelfluß für eine Benthosgemeinschaft unter Umständen wichtiger als die Menge vertikal sedimentierender Partikel. Dadurch sind für die endgültige Ablagerung von Partikeln nicht nur die am Meeresboden eintreffende Partikelmenge, sondern neben groß- und kleinräumiger Topographie besonders die Biodepositionsleistungen der vorherrschenden Benthosgemeinschaften wichtig. Die Biodeposition wird durch die Dichte und Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft sowie der Fähigkeit der Benthosorganismen, vorbeidriftende Partikel aktiv zu fangen, bestimmt.

Mit der Untersuchung des Porenwassers im Sediment sollen Aussagen über den Kreislauf von organischem Kohlenstoff, die Überlieferungsfähigkeit von Klimaindikatoren und ökologische Wechselbeziehungen gemacht werden. Paläoozeanographische und -klimatische Aussagen sollen durch die Messung der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope in der Wassersäule ermöglicht werden. Die Untersuchung der wichtigsten fossil erhaltungsfähigen Planktongruppen im Europäischen Nordmeer soll die palökologischen Kenntnisse vertiefen.

Im Hauptarbeitsgebiet soll ein Schnitt entlang 75° N und ein weiterer entlang des Hanges bearbeitet werden. Nach Abschluß der Untersuchungen im Ostgrönlandstrom wird ein quasisynoptischer hydrographischer Schnitt hochauflösend von 75° 00' N, 15° 00' W nach 75° 00' N, 20° 00' E vermessen. Dabei sollen noch die Verankerungen GSM 04 bei 75° 00' N, 02° 54' W und SFB 3 bei 75° 00' N, 00° 00' aufgenommen, bzw. ausgetauscht werden. Anschliessend werden die Verankerungsarbeiten in der Framstraße, beginnend mit Verankerung 280 bei 79° 02' N, 06° 06' W, durchgeführt. Die Reise wird am 15. August 1994 in Tromsø enden.

Im Rahmen dieses Programms werden Langzeitverankerungen mit Strömungsmessern, Eisecholoten und Sedimentfallen ausgebracht und vorhandene aufgenommen (Tab. 1.1). Zusätzlich wird eine Kurzzeitverankerung ausgelegt, die beim Verlassen des Hauptarbeitsgebiets wieder aufgenommen werden soll. Außerdem soll eine Eisscholle, die im Ostgrönlandstrom driftet, mit Instrumenten bestückt werden. Vom Schiff aus kommen folgende Geräte zum Einsatz:

Mercos-Wasserschöpfer vom Bugausleger  
Multinetz

CTD mit Rosette  
Planktonnetze

Bodenwasserschöpfer  
 Großkastengreifer  
 Agassiztrawl  
 In-situ-Pumpe

Multi-Corer  
 Epibenthoschlitten  
 Großwasserschöpfer  
 Bottom lander

Tab. 1.1: Verankerungen, die während ARK X/1 angelaufen werden

Code	Auslegung	Aufnahme	geogr. Breite	geogr. Länge	Tiefe	Red.	Drdg.	Ter.W.
SFB 313								
SFB 1	1994	1995	70° 00.0'N	04° 00.0'E	3000 m	R		
SFB 2	1992	1994	72° 22.0'N	07° 36.0'W	2626 m		Dr	D
SFB 3	1994	1994	75° 00,0'N	11° 00'W	3000m	Rd	-	D
Meincke, IfM HH								
280(M1-91)	09.06.91	P 1994	79° 01.8'N	06° 06.4'W	532 m	R	Dr	D
M1-93	1993 P	1994	78° 59.7'N	06° 00.8'W	533 m	Rd	-	D
GSM 04	1993 P	1994	74° 59.4N	02° 53.9'W	3690 m	Rd	-	D
Aagaard, APL								
FWA-2'93	1993 P	1994	78° 59.3'N	04° 39.0'W	1519 m	Rd	-	D
FWA-1'93	1993 P	1994	78° 59.9'N	03° 11.5'W	2321 m	Rd	-	N
Vinje, NPI								
NP/93/V1a	21.08.93	L 1994	78° 49.9'N	03° 44.6'W	2109 m	Rd	-	N
NP/93/V1b	21.08.93.	L 1994	78° 48.7'N	03° 45.2'W	2096 m	Rd	-	N
NP/93/V2	20.08.93	L 1994	78° 57.8'N	05° 01.5'W	1261 m	Rd	-	D
NP/93/V3	19.08.93	L 1994	79° 04.5'N	06° 51.6'W	265 m	Rd	-	D
Fahrbach, AWI								
410-2		1994	75° 00.0'N	13° 35.5'W	400 m	Dp	-	D
411-2		1994	75° 00.0'N	12° 39.8'W	1000 m	Dp	-	D
412-3	24.08.93	L 1994	74° 50.6'N	12° 13.9'W	1580 m	Rd	-	D
413-3	25.08.93	L 1994	75° 03.5'N	10° 32.9'W	3075 m	Rd	-	D
414-1	20.08.92	L 1994	75° 00.2'N	07° 59.6'W	3400 m	R	Dr	
414-2	26.08.93	L 1994	74° 52.7'N	07° 37.7'W	3425 m	Rd	-	

R = nur Aufnahme, Rd=Wiederauslegung, D= Nur Auslegung, Dr=Dredgen, D= Dänische Gewässer, I Norwegische Gewässer, L = ausgelegt durch "Lance", P = ausgelegt durch "Polarstern"

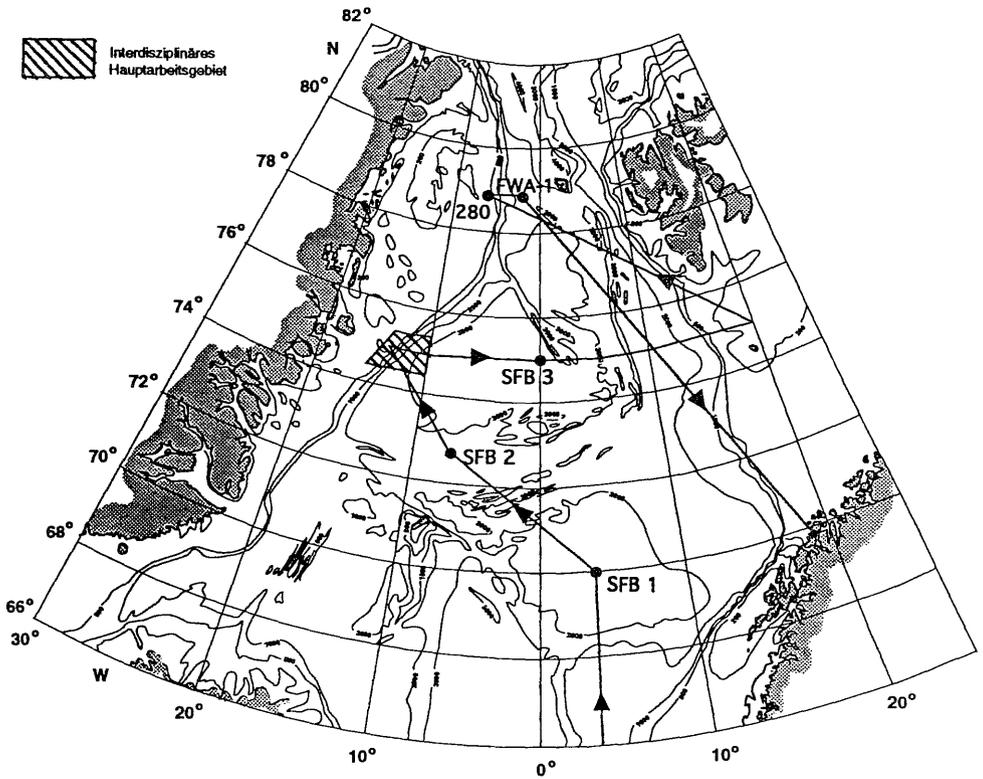


Abb. 1: Fahrtroute während ARK X/1

## **1.2 Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme**

### **1.2.1 Untersuchungen der Atmosphäre**

#### **1.2.1.1 Messung turbulenter Flüsse in der Grenzschicht mit der Hubschrauberschleppsonde HELIPOD (AED, AWI, IMH)**

Klimamodellrechnungen erfordern die Kenntnis der Energieflüsse an der Erdoberfläche, wobei die Meßgenauigkeiten um noch etwa eine Größenordnung verbessert werden müssen. Wegen der Wassermassenbildung in den Polarmeeren kommt der Untersuchung des ozeanisch-atmosphärischen Wärmeaustausches in diesen Gebieten eine besondere Bedeutung zu. Infolge der relativ schwierigen Meßbedingungen sind aber gerade hier die relevanten Kopplungsparameter bislang besonders unzureichend bekannt.

Zur präzisen in-situ-Messung der bodennahen turbulenten Flüsse von Masse, Impuls, sensibler und latenter Wärme sowie Wasserdampf soll deshalb erstmals die Hubschrauber-Schleppsonde HELIPOD eingesetzt werden. HELIPOD ist ein sensorisch, navigatorisch und energetisch autonomer Meßbehälter, der an einem ca. 15 m langen Seil aerodynamisch selbststabilisierend unter einem Hubschrauber geschleppt werden kann.

Die meteorologische Ausstattung des HELIPOD umfaßt eine 5-Loch-Sonde zur Messung des statischen Druckes und des Windvektors, zwei Temperatursensoren mit unterschiedlichem Trägheitsverhalten, einen Feuchtemeßkanal mit Hunicap, Taupunktsspiegel und Lyman-Alpha-Hygrometer und ein Strahlungsthermometer. Das Navigationssystem besteht aus einem barometrischen und einem Radaraltimeter, einer kreiselstabilisierten Trägheitsplattform und zwei GPS-Empfängern zur Positionsbestimmung und drifffreien Stützung des Inertialsystems. Die gemessenen Daten werden in bis zu 160 Kanälen auf magneto-optischen Platten aufgezeichnet mit Speicherkapazitäten von jeweils 300 MByte pro Plattenseite, entsprechend 3 Flugstunden oder ca. 450 km Flugweg. Bei dem derzeitigen ersten Polareinsatz des HELIPOD wird neben der Systemerprobung in den polaren Regionen das folgende wissenschaftliche Programm verfolgt:

- Bestimmung relativ kleinräumiger Flächenmittelwerte (etwa 10 x 10 km<sup>2</sup>) der turbulenten Flüsse bei verschiedenen Schichtungs- und Wetterverhältnissen
- Aufnahme lokaler Vertikalprofile der turbulenten Flüsse
- Flußmessungen entlang oberflächennaher Quer- und Längsschnitte über Bereichen mit unterschiedlichen Eis- und Wasserbedeckungen
- Vermessung organisierter Strukturen konvektiver Bewölkung
- Messungen an abgehobenen Inversionen über Eisgebieten.

Die gemessenen Daten finden bei der Untersuchung der bodennahen atmosphärischen Energiebilanz und der von Transportprozessen Anwendung. Zur Klärung von Unterschieden zwischen den Meßwerten verschiedener herkömmlicher Flugzeug- und Bodenmessungen und von Fragen der atmosphärischen Schichtung können diese Daten ebenfalls herangezogen werden. Die ermittelten turbulenten Flüsse sollen darüberhinaus langfristig als Eingabeparameter für Klimamodelle Verwendung finden.

### **1.2.1.2 Ozonsondierung und Verteilung von $\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{NO}$ , $\text{NO}_3^-$ und $\text{SO}_4^{2-}$ in der marinen arktischen Atmosphäre (AWI)**

Die geplanten luftchemischen Untersuchungen setzen Messungen von früheren Expeditionen fort. Schwerpunkt des aktuellen Programms ist die vertikale und horizontale Verteilung von Ozon ( $\text{O}_3$ ), die entlang der Fahrtroute durch tägliche Ozonsondierung gemessen werden soll. Neben Ozon werden die Konzentrationsprofile der Photooxidantien Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) zusammen mit Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) aus Aerosolen etwa 20 m über dem Meeresspiegel entlang der Fahrtroute gemessen. Die Verteilung und Konzentrationen dieser Verbindungen sind als Eingabedaten für troposphärische Modellsysteme von großem Interesse, da Photooxidantien Schlüsselmoleküle für das Oxidationspotential der Atmosphäre sind. Ein möglichst lückenloses Datenprofil von hohen nördlichen zu hohen südlichen Breiten ist eine Voraussetzung für die Berechnung anthropogener globaler troposphärischer Veränderungen. Auf dieser Fahrt soll speziell der Eintrag verschmutzter Luftmassen aus dem nordamerikanischen Kontinent untersucht werden. Diese Luftmassen werden bis nach Europa transportiert und haben dort einen erheblichen Einfluß.

### **1.2.2 Meereisuntersuchungen**

#### **1.2.2.1 Meereisfernerkundung (AWI)**

Das Arbeitsprogramm ist auf die detaillierte Erfassung des Meereises im Ostgrönlandstrom ausgerichtet. Hierzu gehören neben dem Empfang der Satellitendaten auch Messungen in der näheren Umgebung des Schiffes. Unter der Verwendung von unterschiedlichen Meß- und Auswertetechniken soll das Experiment zum Verständnis der Massenbilanz des Meereises in dieser Region beitragen. In die Ableitung einer Massenbilanz für die Meereisbedeckung gehen die horizontale Ausdehnung, die Konzentration und die Driftgeschwindigkeit sowie die Eisdicke als Faktoren ein.

Die großräumige Eisverteilung ergibt sich aus den Messungen des Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) mit der spektralen Empfindlichkeit im Mikrowellen-Spektralbereich. Das passive Radiometer erfasst die Eisoberfläche mit einer horizontalen Auflösung von 25-40 km weitgehend unbeeinflusst durch atmosphärische Störungen.

Zeitlich hochaufgelöst werden die Daten des Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) der NOAA Wettersatelliten für die sichtbaren und die infraroten Spektralbereiche mit einer horizontalen Auflösung von 1,1 km an Bord des Schiffes empfangen. Zusätzlich zu dem Informationsgewinn während des Experiments läßt sich aus den zeitlichen Veränderungen der Eisbedeckung das großräumige Geschwindigkeitsfeld für wolkenfreie Gebiete ableiten.

Zur Bestimmung der kleinräumigen Eisverteilung und Eisdrift dienen die Daten des Synthetic Aperture Radar (SAR) auf dem European Remote Sensing Satellite (ERS-1), welches unabhängig vom atmosphärischen Zustand die

Radarrückstreucharakteristiken der Oberfläche mit einem Auflösungsvermögen von 20 m wiedergibt.

Mit Hilfe der helikoptergestützten Videokamera und einem Laseraltimeter soll die kleinsträumige Meereisverteilung (horizontale Auflösung im Bereich von wenigen Metern) und deren Rauigkeit gemessen werden. Die Kombination der helikoptergestützten Messungen mit anderen Fernerkundungsmessungen erlaubt die Verifikation und Verbesserung der Auswertetechniken für die einzelnen Sensoren.

#### **1.2.2.2 Meereisdickenmessungen mit Eisecholoten (APL, AWI, NPI)**

Eisdickenmessungen sind heute noch nicht flächendeckend möglich. Eisecholote, sogenannte "Upward-Looking-Sonars" (ULS), die sich auf Verankerungen unter dem Eis bei 75° N und in der Framstraße befinden, liefern jedoch Zeitserien des Tiefganges des Meereises, aus dem die Eisdicke abgeleitet werden kann. Die verankerten Geräte sollen ausgetauscht werden.

#### **1.2.2.3 Meereisbiologische Untersuchungen (IPÖ)**

Das Meereis bedeckt zwischen 7 (Sommer) und 14 (Winter) Millionen km<sup>2</sup> des Arktischen Mittelmeeres. Es besteht zumeist aus mehrjährigen Eisschollen mit Eisdicken von über 2 m. Neben den enormen Auswirkungen auf physikalische Austauschprozesse zwischen Ozean und Atmosphäre beherbergt das Meereis eine spezielle Lebensgemeinschaft, die neueren Abschätzungen zufolge bis zu 35% der partikulären Gesamtprimärproduktion des Arktischen Mittelmeeres beisteuert.

Die Hauptziele unsere Untersuchungen sind:

- eine generelle Charakterisierung der Meereiseigenschaften (Eisbedeckung, Eisdicke, Schneedicke, Temperatur, Salzgehalt, Nährstoffe, Lichtbedingungen)
- Biomasse und Diversität der Meereisbiozönose (Bakterien, Protisten, Metazoen)
- biologische Kopplungsprozesse zwischen Meereis und Pelagial durch Prozesse an der Grenzschicht Eis/Wasser
- Charakterisierung der Schmelztümpelgemeinschaften.

Die Beprobung soll mittels verschiedener Methoden erfolgen:

- 1) Direktes Sammeln von Tümpel- und Schneeproben
- 2) Eiskernbohrungen
- 3) Untereisvideo- und -pumpsysteme
- 4) Lichtmessungen im und unter dem Eis
- 5) Untereis-Sedimentfallen
- 6) Qualitative Probenahme von Eisorganismen für Lebenszyklus-Untersuchungen

Die Verteilung der Eisorganismen wird in hohem Maße von physikalischen Parametern gesteuert. Aus diesem Grund werden von uns sowohl eisphysikalische als auch chemische Parameter erfaßt werden. Eistemperatur, Salzgehalt und Nährstoffkonzentrationen werden an erbohrten Eiskernen bestimmt. Die

Lichtintensitäten im Bohrloch und unter dem Eis werden mittels eines PAR Lichtsensors gemessen.

Die Organismen, die das arktische Meereis besiedeln, umfassen eine weites Größenspektrum (von 0,2  $\mu\text{m}$  bis über 1000  $\mu\text{m}$ ) und unterschiedlichste Häufigkeiten (von unter 1/l bis über  $10^7/\text{ml}$ ). Folglich werden verschiedene Methoden zur Bestimmung der Abundanzen in getauten Eiskernen eingesetzt. Die kleinsten und häufigsten Organismen (Bakterien, Protisten) werden mittels Epifluoreszenzmikroskopie gezählt. Größere Tiere wie Ciliaten und Metazoen werden lebend unter einem Binokular direkt an Bord ausgezählt. Einzelne Organismengruppen wie z.B. Ciliaten werden für weitere taxonomische Studien speziell fixiert. Autökologische Studien an dominanten Eisorganismen werden bereits an Bord von Polarstern begonnen werden und ihre Fortsetzung am Institut für Polarökologie finden. Hier werden insbesondere Lebendbeobachtungen mittels Videotechnik, Verhaltensuntersuchungen, Adaptationen an variierende Temperatur- und Salzgehaltsregime und Reproduktionszyklen im Mittelpunkt stehen. Experimentelle Studien sollen weiterhin Einblicke in die trophischen Beziehungen der Meereisorganismen untereinander und in die Struktur des Nahrungsnetzes liefern.

Die Untersuchungen biologischer Kopplungsprozesse zwischen Meereis und Pelagial beinhalten die Erfassung der Untereisfauna mit unterschiedlichen Techniken sowie Experimente zur Partikelproduktion in dieser Grenzschicht zwischen Eis und Pelagial.

Bis über 40% der Oberfläche von Packerisschollen können während des arktischen Sommers von Schmelztümpeln bedeckt sein. Proben aus den Tümpeln sollen bezüglich ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften mit den bereits bei den Studien der Meereisbiozönose beschriebenen Methoden untersucht werden. Experimentelle Studien sollen Abschätzungen über die Wachstums- und Wegfraßraten von Algen in diesem Habitat liefern.

## **1.2.3 Physikalische Ozeanographie**

### **1.2.3.1 Schichtung und Zirkulation der Grönlandsee (AWI)**

Die Untersuchungen im Rahmen des internationalen Grönland-See-Projekts (GSP) ergaben:

- die Tiefenwasserbildung findet nicht jedes Jahr und mit konstanten Raten statt
- die winterliche Konvektion erreicht jährlich unterschiedliche Tiefen, wobei die Messungen während des GSP auf Tiefen von 2000 m bis wenige 100 m schließen lassen
- die Bodenwassertemperatur und der Salzgehalt nehmen beim Ausbleiben der winterlichen tiefen Konvektion kontinuierlich zu.

Tiefe Konvektionsprozesse konnten bisher nicht direkt beobachtet werden. Deshalb konnten die verschiedenen Modellvorstellungen zur Bodenwasserbildung nicht durch Messungen geprüft werden.

Schiffsgestützte Versuche, tiefe winterliche Konvektion direkt zu beobachten, besitzen eingeschränkte Erfolgsaussichten, da die Konvektionsereignisse kleine räumliche Strukturen aufweisen und nur kurze Zeit dauern. Demgegenüber haben Messungen außerhalb des Winters in aufeinanderfolgenden Jahren das Ziel, die Vorbedingungen und Ergebnisse der Wassermassenmodifikation durch den winterlichen atmosphärischen Antrieb zu untersuchen und Bildungsraten von Tiefen- und Zwischenwasser abzuschätzen sowie die Wärmeinhalts- und Salzgehaltsänderungen dieser Wassermassen zu bestimmen.

Die hydrographischen Verhältnisse in der Grönlandsee weisen sowohl vertikal als auch horizontal beträchtliche Inhomogenitäten auf. Die Größenordnungen der räumlichen Skalen betragen horizontal etwa 20 km, vertikal nach Konvektionsereignissen im Winter um 10 m. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit eines engabständigen Stationsnetzes, das entlang eines zonalen Schnittes durch die zentrale Grönlandsee auf 75°N im Abstand von 10 sm vorgesehen ist. Im Bereich des Ostgrönlandstroms, wo verschiedene Wasserkörper dicht nebeneinander vorkommen, wird die Auflösung noch erhöht. Neben den CTD-Messungen wird ein schiffsgestütztes ADCP eingesetzt, um für Transportabschätzungen die momentanen Strömungsgeschwindigkeiten in den oberen 400 m auf den Stationen zu erfassen.

#### **1.2.3.2 Der Massen-, Wärme- und Süßwassertransport des Ostgrönlandstromes (APL, AWI, NPI)**

Der Ostgrönlandstrom bestimmt den Einstrom polarer Wassermassen aus dem Nordpolarmeer in die Grönlandsee und den Austrom in die Islandsee. Hierbei sind der Massen-, der Wärme- und der Süßwassertransport von Bedeutung. Die Wassermassentransformation in der Grönlandsee hängt von den Eigenschaften des zuströmenden Wassers ab, wobei besonders der Süßwasserzuström durch seinen Einfluß auf die Stabilität der Wassersäule von entscheidender Bedeutung für die vertikale Vermischung ist. Ein erheblicher Teil des Süßwassertransports erfolgt durch den Transport von Meereis.

Zur Erfassung der Struktur dieses Stromes und seiner Transporte werden schon seit mehreren Jahren Messungen mit verankerten Geräten ausgeführt. Langzeitmessungen sind notwendig, um die Variation der Transporte zu erfassen. Hierbei ist in erster Linie die Bestimmung des jahreszeitlichen Ganges beabsichtigt, aber auch Veränderungen von Jahr zu Jahr werden erwartet. In diesem Rahmen sollen die in Tab. 1.1 aufgeführten Verankerungsarbeiten durchgeführt werden.

#### **1.2.4 Meereschemie**

##### **1.2.4.1 Die Nährstoffverteilung in der Grönlandsee (AWI)**

Die meereschemischen Arbeiten stehen in engem Zusammenhang mit den planktologischen und hydrographischen Untersuchungen. Die Entwicklung des Phytoplanktons und die Entstehung von Phytoplanktonblüten ist abhängig von den zur Verfügung stehenden Nährsalzen. Die Veränderungen in den

Nährsalzkonzentrationen sollen während des Grönlandsee-Schnittes und auf dem grönländischen Schelf und am Hang bestimmt werden. Insbesondere Silikat hat sich als besonders guter Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers erwiesen. Um die Struktur und die Nährsalzkonzentrationen dieses Ausstroms bestimmen zu können, ist ein Schnitt mit hoher räumlicher Auflösung über dem Hang vorgesehen.

Von Wasserproben, die aus verschiedenen Tiefen mit dem Rosetten-Schöpfer genommen werden, werden die Nährsalze Nitrat, Nitrit, Phosphat und Silikat mit einem Autoanalyser-System bestimmt. Die Bestimmung erfolgt nach Standardmethoden der Nährsalzanalytik.

#### **1.2.4.2 Schwermetalle im Europäischen Nordmeer (AWI)**

Im Rahmen einer bilanzierenden Untersuchung von Spurenelementen in polaren Ökosystemen sollen die atmosphärischen Einträge, die Verteilung von Schwermetallen in Schnee und Eis sowie im Oberflächenwasser untersucht werden. Luftverunreinigungen spielen für die Belastung quellferner Gebiete eine entscheidende Rolle. Ein wesentlicher Bestandteil der atmosphärischen Verunreinigungen sind Aerosole und die daran gebundenen ökotoxikologisch relevanten Elemente. Die Deposition kann sowohl trocken als auch naß über Auswaschprozesse durch Niederschläge erfolgen. Um den Transport der deponierten Schwermetalle zu bestimmen, soll Meereis beprobt werden. Hier interessieren die im Eis eingeschlossenen, sowie die in Schmelzwassertümpeln und Schmelzwasserabflüssen enthaltenen Schwermetalle. Die Vergleiche der Schwermetallkonzentrationen im Meereis, in Schmelzwasserabflüssen und im Oberflächenwasser sollen zeigen, welche Bedeutung abtauende Eisberge als Punktquelle für den Schwermetalleintrag in das Oberflächenwasser haben. Daneben soll aus Messungen an Depositions- und Aerosolproben der direkte Eintrag ins Meer abgeschätzt werden. Neben der Bestimmung der Gesamtmetallgehalte in den verschiedenen Proben wird ein weiterer Schwerpunkt die Speziation des Elementes Chrom sein, dessen Wirkung auf Organismen von der Oxidationsstufe abhängt.

Unter Verwendung eines an Bord zu installierenden Aerosolsammlers, sollen Aerosolproben für die anschließende Schwermetallanalytik gesammelt werden. Zusätzlich sollen Gesamtdepositionen einzelner Regen/Schneeeereignisse mit einfachen Sammelmethode bestimmt werden. Zusätzlich sollen auf Eisschollen bereits deponiertes Material, Schmelzwassertümpel und an Eisbergen Schmelzwasserabflüsse beprobt werden. Weiterhin sind Probenahmen des Oberflächenwassers vom Bugausleger sowie an ausgewählten Stationen Tiefenprofile bis 200 m Wassertiefe geplant. Ein Teil der Proben wird bereits an Bord im Reinraumcontainer aufgearbeitet. Dies ist besonders wichtig für die Speziationsuntersuchungen des Elementes Chrom.

#### **1.2.4.3 Biogene Produktion neutraler und ionischer Methylschwermetallspecies in polaren Gewässern (IAC)**

Während in anthropogen beeinflussten Gebieten eine Zuordnung von schwermetallorganischen Verbindungen in der Umwelt zu bestimmten Primärquellen nur schwer möglich ist, besteht in polaren Reinraumgebieten

grundsätzlich die Chance, die mögliche biogene Produktion solcher Verbindungen nachzuweisen und damit den Beitrag zum wichtigen globalen biogeochemischen Stoffkreislauf der Schwermetalle zu bestimmen.

Die biogene Produktion solcher flüchtiger Methylschwermetallspecies im polaren Meer erscheint durchaus wahrscheinlich, da bereits die biogene Methylierung von Elementen wie Iod, Schwefel und Selen bekannt ist. Hohe Anreicherungs-faktoren für vor allem 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) detektiert. Mit Hilfe der DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltametry) sollen Blei- und Cadmium-Species untersucht werden. Diese beiden Methoden werden direkt auf der "Polarstern" angewendet. Der Nachweis entsprechender Thalliumspecies soll mit MS-IVA (massenspektrometrische Isotopenverdünnungsanalyse) im Heimatlabor erfolgen. Es sollen Wasser-(Oberflächenwasser und Tiefenprofile) sowie Luftproben genommen und analysiert werden.

## **1.2.5 Meeresbiologische Untersuchungen**

### **1.2.5.1 Planktologische Untersuchungen (IMR, SFB)**

Die planktologischen Untersuchungen konzentrieren sich auf die rezenten Prozesse, die zur Bildung und Modifikation von Partikeln in den oberen Wasserschichten des Europäischen Nordmeeres führen, auf den vertikalen Partikel-fluß und das Schicksal der Partikel, bevor sie auf dem Tiefseeboden abgelagert werden. Daher sollen pelagische Prozesse und der vertikale Partikelexport in der Eisrandregion bei 75°N untersucht werden. Pelagische und eisassoziierte Produktionsregime, die sich in Bezug auf Menge und Zusammensetzung der Partikelexporte unterscheiden, sollen auf Schnitten vom freien Wasser in die eisbedeckte Region charakterisiert werden. Die Untersuchungen sollen bestehende Lücken bei der Dokumentation regionaler Quellen für die sedimentierende Substanz im Europäischen Nordmeer schließen.

Ausgehend von der pelagischen und eisassoziierten Produktion sedimentationsfähiger Partikel sollen Modifikations- und Abbauprozesse im epipelagischen Nahrungsnetz und beim Absinken durch die Wassersäule dargestellt werden. Schwerpunkte werden dabei auf Photopigmente des Phytoplanktons und ihre Derivate als biologische Markerverbindungen gelegt sowie auf morphologisch charakterisierbare Partikelklassen (hartschaliges Plankton, Kotballen). Die Felduntersuchungen werden mit experimentellen Ansätzen kombiniert, in denen einzelne Modifikationsschritte mit natürlichen Planktonproben, Planktonkulturen und Sinkstoffen gesondert identifiziert werden. Ziel der Untersuchungen ist es, zu prüfen, welche pelagischen und eisassoziierten Prozesse sich mit diesem biomarkerorientierten Ansatz bis zum Sediment verfolgen lassen.

Das Arbeitsprogramm in der Region bei 75°N umfaßt folgende, einander ergänzende Schwerpunkte:

### 1. Feldbeprobungen

Auf Schnitten vom freien Wasser in das Eis sind Bestimmungen von Biomasse und Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons, summarischer biochemischer Parameter (C, N, P, Si) und Phytoplanktonpigmenten (HPLC-Analytik) geplant. Zusammen mit hydrographischen und chemischen Variablen dienen sie dazu, die Struktur der jeweilig angetroffenen pelagischen Systeme und die produzierten Partikel zu beschreiben sowie sie in bezug zum aktuellen vertikalen Partikelfluß und dessen regionaler und saisonaler Veränderlichkeit zu setzen. Zur Beprobung werden Wasserschröpfer und verschiedene Planktonnetze verwendet.

Untersuchungen in der Untereisregion in der Arktis und Antarktis zeigen, daß einige pelagische Organismen Eisalgen als Nahrungsquelle nutzen können. Zur Untersuchung von Copepoden und Amphipoden, die an der Unterseite der Eisschollen leben, sollen Proben mit einem Untereis-Pumpensystem entnommen werden. So gewonnene Organismen sollen zur Untersuchung des Darminhaltes und der Magenfluoreszenz sowie des Lipidgehaltes genutzt werden. Vorkommen und Verhalten dieser Organismen in ihrem natürlichen Lebensraum soll mit einem UW-Videosystem untersucht werden.

Weiter soll Material (Phytoplankton, Zooplankton, eisassoziierte Organismen, suspendierte und eisassoziierte Partikel) für Laborexperimente zu Partikelbildung und -modifikation gewonnen werden.

### 2. Messungen des vertikalen Partikelflusses

Zur Messungen des vertikalen Partikelflusses in der westlichen Grönlandsee wurde eine Verankerung mit Sinkstofffallen bei 72°N ausgelegt, die aufgenommen werden soll. Weitere Sinkstofffallen sollen in der saisonal eisbedeckte Region bei 75°N ausgelegt werden. Auf diesen Positionen am Kontinentalhang werden entsprechend der saisonalen Veränderlichkeit der Eisbedeckung im Jahresverlauf verschiedene pelagische und eisgebundene Produktionsregime erwartet, deren Abbilder im Partikelfluß dokumentiert werden sollen.

Zusätzlich ist geplant, eine Verankerung zur Partikelflußmessung mit höherer zeitlicher und vertikaler Auflösung in der Eisrandregion über den Zeitraum der Expedition einzusetzen und eine Sinkstoffalle an einer Eisscholle für etwa 10 Tage treiben zu lassen.

### 3. Experimentelle Studien

Verschiedene Algengruppen aus den unterschiedlichen Produktionsregimen sollen zur Bestimmung ihrer typischen Pigmentmuster isoliert und in Kultur genommen werden. Diese Kulturen sowie natürliche suspendierte und eisassoziierte Partikel und natürliche Sinkstoffe sollen für umfangreiche Experimente zu Partikelproduktion und -modifikation verwendet werden.

Das Schicksal der bei der Eisschmelze freigesetzten Eisalgen soll überwiegend an pennaten Diatomeen bezüglich ihrer Toleranz gegenüber Salzgehaltsänderungen untersucht werden. Ferner soll ihr Vorkommen in Sinkstoffen, in der Wassersäule und im Eis verfolgt werden.

Kotballen verschiedener heterotropher Organismen können die Menge und Zusammensetzung von Sinkstoffen wesentlich beeinflussen. Im Vordergrund geplanter Fütterungsexperimente mit dominanten pelagischen und eisgebundenen Heterotrophen (Copepoden, Amphipoden, Euphausiaceen u.a) steht daher deren Rolle bei der Steuerung des vertikalen Partikelflusses. Die Analyse gesammelter Kotballen in Bezug auf die Modifikation von Photopigmenten und anderer biogener Substanzen liefert wichtige Information für die Interpretation der Sinkstoffe, die aus den verschiedenen Lebensräumen sedimentieren.

### **1.2.5.2 Produktion und Abbau von Kotballen und Aggregaten in der Grönlandsee (AWI)**

Untersuchungen über Material aus Sedimentfallen zeigen, daß der Fluß von partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) mit zunehmender Tiefe stark abnimmt. Als Folge davon erreicht durchschnittlich nur etwa 1% des in der euphotischen Zone gebildeten POC die Tiefe von 1000 m. Mögliche Ursachen und die spezifischen Prozesse sind noch weitgehend ungeklärt. So kann ein Großteil des POC während des Sinkens von freien Bakterien remineralisiert oder durch Zooplankton abgebaut werden.

Unsere Experimente werden sich hauptsächlich mit Abbaumechanismen an Aggregaten und Kotballen beschäftigen, die die obere produktive Zone des Ozeans verlassen haben und für die enge Kopplung zwischen Pelagial und Benthos verantwortlich sind. Zeitliche Veränderungen chemischer Parameter (organischer Kohlenstoff, Stickstoff, pH, O<sub>2</sub>), sowie physikalischer (Sinkraten) und biologischer (Bakterien-, Phytoplankton-, Flagellaten- und Copepodenabundanz; Chlorophyll- und Phäopigmentkonzentrationen; Enzymaktivitäten) werden an Aggregaten und Kotmaterial unter kontrollierten Bedingungen gemessen. Diese zeitlichen Veränderungen werden mit den Eigenschaften natürlicher Partikel aus Sedimentfallen verglichen.

Im Vordergrund steht die Untersuchung biologischer, physikalischer und chemischer Prozesse, die an Bildung und Abbau von Aggregaten und Kotballen beteiligt sind. Dazu werden experimentelle und Feldarbeiten durchgeführt:

#### **1. Laborexperimente**

Der Aggregatabbau wird in Rolltanks durch Beobachtung folgender Parameter abgeschätzt:

- Bakteriendichte, Sekundärproduktion (<sup>3</sup>H-Thymidininkorporation) und Exoenzymaktivitäten
- Chlorophyll- und Phäopigmentkonzentrationen
- Aminosäuren- und Kohlenhydratkonzentrationen in partikulären und gelösten Fraktionen
- Konzentrationen von POC, PON, DOC und DON

- Sauerstoffproduktion und -zehrung
- Quantitative und qualitative (Utermöhl und Rasterelektronenmikroskopie) Analyse der Partikelzusammensetzung in Aggregaten und Kotballen.

Der Effekt von lithogenen Partikeln (aus arktischem "dirty ice") auf Abbau und Umsetzung von Aggregaten durch bakterielle- und Zooplanktonaktivitäten sowie die Kotballenproduktion durch dominante Copepoden unter Verwendung natürlicher (in situ) Phytoplanktongemeinschaften und -konzentrationen soll erfaßt werden. Der Abbau von Copepodenkotballen durch physikalische (passive Diffusion) und biologische (Aktivität von Bakterien und Mesozooplankton) Prozesse soll auf einem Planktonrad ermittelt werden. Dazu wird <sup>14</sup>C-markiertes Phytoplankton den dominanten Copepodenarten angeboten, und die <sup>14</sup>C-markierten Kotballen anschließend in Abbauxperimenten verwendet. Die Sinkraten des Zooplanktonkotes sollen gemessen werden.

## 2. Freilandstudien in der Grönlandsee

Die Bestandsaufnahme der Verteilung und Abundanz von Kotballen in der Wassersäule (obere 1000 m) erfolgt in fünf verschiedenen Schichten unter Verwendung eines Multinetzes mit 60 µm Maschenweite, diejenige von Mikro- und Mesozooplankton in den entsprechenden Schichten mit dem Multinetz und Maschenweiten zwischen 60 und 200 µm. Sedimentationsraten von Kotballen unterschiedlicher Herkunft werden mit Sedimentfallen bestimmt. Die Konzentration und Zusammensetzung von lithogenen Partikeln sollen im Eis und an der Eiskante untersucht werden.

### 1.2.5.3 Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehalt in marinen Mikroalgen (FBB)

Eine Vielzahl von Phytoplanktonarten und Eisalgen akkumulieren niedermolekulare organische Verbindungen als Osmolyte, wie die Aminosäure Prolin oder die Schwefelverbindung Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP). DMSP ist der Vorläufer des Dimethylsulfids (DMS), der bedeutendsten flüchtigen Schwefelverbindung der marinen Atmosphäre. Nach photochemischer Oxidation spielt DMS eine wichtige Rolle bei der Bildung von Wolkenkondensationskernen.

Die regionale und vertikale Verteilung des alkalischen DMSP soll in Relation zu Biomasse und Artenzusammensetzung des Phytoplanktons untersucht werden. Sowohl für die Bestimmung des Chlorophylls *a* als Indikator für Biomasse als auch des DMSP werden die Mikroalgen nach folgenden Größenklassen fraktioniert: > 20, 5-20, 2-5 und 2 µm. Die genannten Parameter sollen ebenfalls in Eiskernen gemessen werden.

Zusätzlich werden Experimente mit natürlichem Phytoplankton sowie Eisalgengesellschaften mittels eines Temperaturgradienten-Inkubators durchgeführt, um den Einfluß der Temperatur auf den zellulären DMSP-Gehalt zu untersuchen.

Diese Daten leisten einen weiteren Beitrag zur besseren Abschätzung der DMSP-Produktion von Mikroalgen in temperierten und polaren Gebieten.

#### 1.2.5.4 Benthologische Untersuchungen (IPÖ, SFB)

Ziel der Arbeiten der Benthosgruppe ist die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen der Bodennepheloidschicht (BNL) und der obersten Sedimentschicht. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß physikalische Resuspension von marinen Sedimenten sowie Bioentrainment zu erhöhten Partikelkonzentration im bodennahen Wasserkörper führen kann. Selbst bei geringen bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten kann der laterale advective Partikelfluß für eine Benthosgemeinschaft wichtiger sein als die Menge vertikal sedimentierender Partikel. Dadurch sind für die endgültige Ablagerung von Partikeln nicht nur die am Meeresboden eintreffende Partikelmenge, sondern neben groß- und kleinräumiger Topographie besonders die Biodepositionsleistungen der vorherrschenden Benthosgemeinschaften wichtig. Die Biodeposition wird durch die Dichte und Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft sowie der Fähigkeit der Benthosorganismen vorbeidriftende Partikel aktiv zu fangen, bestimmt. Damit besteht die zentrale Fragestellung der Benthosarbeitsgruppe in der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen der Menge und der Zusammensetzung des Partikelflusses in der BNL und den Verteilungsmustern und der Aktivität der Benthosgemeinschaften.

Das Arbeitsprogramm umfaßt folgende Untersuchungen:

- der Verteilungsmuster und der Struktur von Makrobenthosgemeinschaften am Meeresboden und in der BNL
- mikro- und mesoskaliger Verteilungsmuster der Benthosgemeinschaft
- der quantitativen und qualitativen Zusammensetzung des Partikelflusses in der BNL
- metabolischer Aktivitäten und Bioturbationsleistung der Gesamtsedimentgemeinschaft anhand der Verteilung verschiedener biochemischer Parameter im Sediment sowie einzelner Makrobenthosorganismen
- der Biodepositions- und Bioentrainmentwirkung auf die Partikelzusammensetzung in der BNL in einem in-situ-Experiment
- der benthopelagischen Kopplung in der Eiskantenregion an der Position der Kurzzeitverankerung.

Diese Ziele sollen auf Schnitten am nordostgrönländischen Kontinentalhang entlang 75° N durch den Einsatz verschiedenster Probennahmegeräte erreicht werden. Ein hangnormaler Schnitt soll Aufschluß über die Veränderung vom Kontinentalfuß bis zum Schelf geben und den Einfluß variabler Produktionsverhältnisse an der Eiskante auf die benthopelagische Kopplung zeigen. Ein hangparalleler Schnitt bietet die Möglichkeit, Wechselwirkungen zwischen der BNL und der Benthosgemeinschaft in einem Tiefenabschnitt mit hohen Abundanzen von makro- und epibenthischen Organismen entlang des vorherrschenden Partikelflusses abzuschätzen.

Die entsprechenden Proben für die Untersuchung der Verteilungsmuster und Zusammensetzung der makro- und epibenthischen Gemeinschaften sollen mit Hilfe eines Fotoschlittens, eines modifizierten Epibenthoschlittens und des traditionellen Agassiztrawls gewonnen werden.

Zusätzliche Proben zur Bestimmung der Epi- und Endofauna werden mit dem Kastengreifer genommen. Der Einsatz des Multi-Corers liefert ungestörte Sedimentkerne für die Erfassung der Tiefenverteilung verschiedener biologischer und biochemischer Parameter im Sediment. Die Charakterisierung der Partikeleigenschaften und mikrobieller Prozesse in der BNL, besonders innerhalb des letzten Meters über dem Sediment, erfolgt anhand von Proben aus dem Bodenwasserschöpfer.

## **1.2.6 Geowissenschaftliche Untersuchungen**

### **1.2.6.1 Geochemische Untersuchungen zum Abbau von organischem Material und PCBs in der Wassersäule und im Sediment (SFB)**

Paläoklimatische Rekonstruktionen basieren auf der Interpretation von primärproduzierten Signalen, wie den im Sediment überlieferten Mengen an organischem Kohlenstoff, Opal oder Baryt. Frühdiagenetische Prozesse, die einen erheblichen Abbau bzw. die Lösung dieser Sedimentkomponenten im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche bewirken, erschweren die Interpretation dieser Indikatoren erheblich. Daher sind frühdiagenetische Untersuchungen, speziell die Analyse von Porenwässern, für paläoklimatische Fragestellungen und geochemische Stoffbilanzen von zentraler Bedeutung.

Schwerpunkte unserer geochemischen Untersuchungen sind die Langzeitverankerung SFB 1 bei 70°00'N, SFB 2 bei 72°22'N und der Bereich des Ostgrönlandschelfs. In diesen Bereichen sollen Wassersäulen-, Sediment- und Porenwasserproben genommen und in Beziehung zu Sinkstoffdaten gesetzt werden. Geochemische Analysen organischer Komponenten (z.B. PCBs), in situ Sauerstoffmessungen im Sediment und die Analyse von Porenwässern auf Si, B, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, Ba, pH und Alkalinität stehen während des Fahrtabschnittes im Vordergrund. Dadurch sollen Aussagen über den Stoffkreislauf von organischem Kohlenstoff, die Überlieferungsfähigkeit von Klimaindikatoren und ökologische Wechselbeziehungen im Bereich des ostgrönländischen Eisrandes gemacht werden.

### **1.2.6.2 Paläoozeanographie (SFB)**

Im Rahmen der paläoozeanographischen und -klimatischen Untersuchungen soll die Erfassung der stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope in der Wassersäule erfolgen. Diese bilden ein dringend benötigtes Gerüst, um Sedimentdaten mit den rezenten chemisch-physikalischen Eigenschaften der Wassersäule zu verknüpfen. Die Ergebnisse dienen der besseren Deutung von Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopenkurven bezüglich der Temperatur, des Salzgehalts und der Zirkulationsmuster des Paläo-Ozeans. Außerdem sollen C-14-Alter der Paläo-Zwischen- und -Tiefenwässer bestimmt werden, um deren Herkunft genauer einzuzugrenzen.

Hierfür werden an 11 Stationen eines ozeanographischen Schnittes, der auf etwa 75°N von Grönland in die Barentssee führt, Wasserproben aus verschiedenen Tiefen genommen.

### 1.2.6.3 Palökologie des Pelagials (SFB)

Die Untersuchungen der lebenden und fossilen Plankton-Gemeinschaften im Europäischen Nordmeer umfassen die wichtigsten fossil erhaltungsfähigen Planktongruppen: Foraminiferen, Coccolithophoriden, Radiolarien, Diatomeen und Dinoflagellaten-Zysten. Deshalb werden sowohl Wassersäulenprofile als auch kurze Sedimentkerne und Sedimentoberflächen gleichzeitig für alle fünf Gruppen beprobt. Der Schwerpunkt liegt auf folgenden Themen:

- Verbreitung und Synökologie skelett- und hüllenbildender Plankton-Gruppen im Pelagial
- Partikeltransport durch die Wassersäule und Veränderungen der planktischen Biozönosen
- Partikelsedimentation und Umstrukturierungen der Thanatozönosen planktischer Mikroorganismen
- Räumlich-zeitliche Verteilung von Taphozönosen im Jungquartär des nördlichen Nordatlantik.

Die Untersuchungen an Probenmaterial aus der Wassersäule haben zum Ziel, die Einflußsphäre der polaren Wassermassen auf Vorkommen und Verbreitung der Planktongruppen in der oberen Wassersäule zu bestimmen. Dabei soll insbesondere für die Foraminiferen und Radiolarien umfangreiches Material gewonnen werden, um die Tiefenhabitats einzelner Arten bzw. Artengruppen besser charakterisieren zu können. Zusätzlich sollen Veränderungen in der Zusammensetzung der Planktongemeinschaften in Wassersäulenprofilen über die Polarfront untersucht werden. Im Bereich der polaren Wassermassen werden zusätzlich Proben aus Schmelzwassertümpeln und Meereis entnommen, um die Artenvergesellschaftungen in diesen Biotopen zu erfassen.

Ferner sollen die Hauptwassermassen des Europäischen Nordmeeres großräumig beprobt werden, um die autökologischen Kenntnisse einzelner Taxa zu verbessern.

Die Sedimentoberflächen sollen engräumig über die Polarfront beprobt werden, um die Grenze der Erhaltungsfähigkeit der kalkigen und kieseligen Mikrofossilien in den Sedimenten detailliert auskartieren zu können. Gleichzeitig soll das bereits vorhandene Probennetz im Bereich der polaren Wassermassen verdichtet werden. Die Probenahme erfolgt insbesondere bei 75°N. Weitere Schwerpunkte bilden die Positionen der Jahresverankerungen im Lofotenbecken (Position NB) und nördlich von Jan Mayen (Position OG). Die Sedimentoberflächen sollen nur unter den Wassersäulenstationen im Arbeitsgebiet auf 75°N beprobt werden.

## 2. Fahrtabschnitt Tromsö - Bremerhaven (ARK-X/2)

### **2.1 Zusammenfassung**

Der zweite Fahrtabschnitt der Aktis-X-Expedition von FS "Polarstern", der am 17. August 1994 in Tromsö beginnt, hat seinen wissenschaftlichen Schwerpunkt in geophysikalisch-geologischen Programmen.

Im ersten Arbeitsgebiet, das bei ca. 75°N zwischen 0° und 15°E liegt, werden marin-geologische und geophysikalische Untersuchungen im Rahmen des SFB 313 der Universität Kiel durchgeführt (Abb. 2).

Danach beginnen die verschiedensten Arbeiten auf dem Ostgrönlandschelf zwischen 75°N und 70°N und den weitreichenden Fjordsystemen des Kaiser Franz Josefs Fjords, des Kong Oskar Fjords und des Scoresby Sunds.

Refraktionsseismische Untersuchungen, die im Gebiet des Scoresby Sunds schon 1988 und 1990 begonnen wurden, sollen Informationen über die Krustenstruktur der grönländischen Kaledoniden liefern.

Die Vereisungsgeschichte Ostgrönlands während der jüngsten glazialen Zyklen, insbesondere die maximale Inlandeisausdehnung ist durch frühere Untersuchungen an Land zum Teil bekannt, jedoch oftmals noch unklar. Mit hochauflösenden reflexionsseismischen Methoden sollen submarine Moränenstrukturen lokalisiert und mit solchen an Land korreliert werden.

Die geplanten marin-geologischen Arbeiten auf dem Schelf und in den Fjorden setzen Untersuchungen fort, die schon bei den FS "Polarstern"-Expeditionen ARK-V/3b und ARK-VII/3b begonnen wurden. Auch diese Untersuchungen haben die Rekonstruktion der Paläoumwelt- bzw. Paläoklimageschichte Ostgrönlands zum Ziel und liefern einen Beitrag zum PONAM-Projekt der European Science Foundation.

Die Beprobung und Untersuchung von terrestrischen Seesedimenten im Gebiet des Kong Oskar/ Kaiser Franz Josefs Fjords rundet die Paläoklimauntersuchungen ab.

Neben diesen Schwerpunktprogrammen werden im Arbeitsgebiet noch biologische Untersuchungen im Meereis durchgeführt und Beobachtungen des Bestandes und des Bewegungsverhaltens von Eisbären und Walrössern vorgenommen.

Nach Beendigung der Forschungsaktivitäten in den Fjorden werden SE' des Scoresby Sunds weitere geologisch-geophysikalische Untersuchungen durchgeführt (Gebiet SFB 2 in Abb. 2).

Nach seismischen Messungen und einer geologischen Beprobung im Gebiet des Aegir Rückens (um 66°N, 4°W) wird der Fahrtabschnitt am 7. Oktober 1994 in Bremerhaven zu Ende gehen.

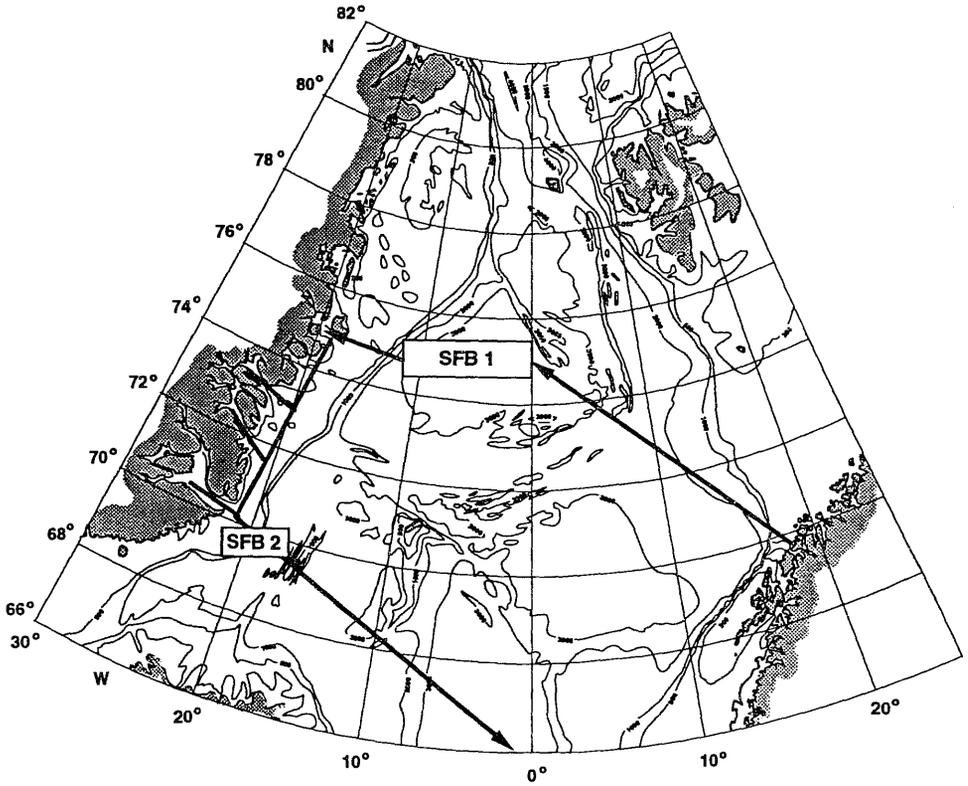


Abb. 2: Fahrtroute während ARK-X/2

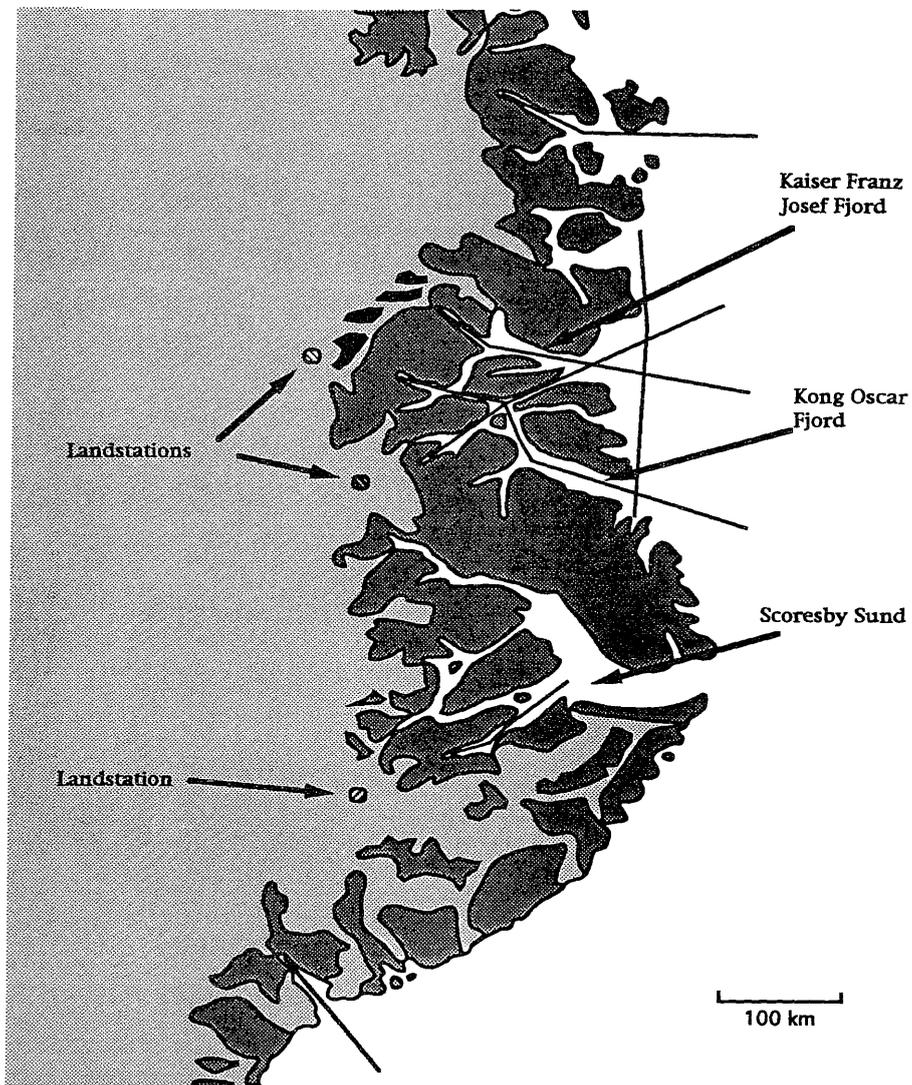
## **2.2 Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme**

### **2.2.1 Marine Geophysik**

#### **2.2.1.1 Refraktionseismik am grönländischen Kontinentalrand (AWI)**

Die Küste Ostgrönlands ist während der Öffnung des Nordatlantiks gebildet worden. Durch diesen Riftvorgang wurde ein altes kaledonisches Orogen (ca. 450 Mio Jahre alt) in einen grönländischen und einen skandinavischen Teil gespalten. Die Theorie der Plattentektonik sagt für einen derartigen Riftvorgang eine symmetrische Entwicklung und Strukturen der konjugierenden Plattenränder voraus. Dies gilt sowohl für sedimentäre als auch für krustale Schichten. Dies ist z.B. durch das Auffinden von heute submarinen vulkanischen Lagen (seaward dipping reflectors) vor Grönland und Norwegen eindrucksvoll bestätigt worden. Zwei geophysikalische Expeditionen in der Scoresby Sund Region sollten ähnliche Symmetrien im Krustenbau auffinden. Das Gegenteil war der Fall. Während die Krustendicke in der konjugierenden Region Norwegens ca. 40 km beträgt, beläuft sie sich in der Scoresby Sund Region auf mindestens 50 km. Auch die Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen sind deutlich unterschiedlich. Das refraktionsseismische Experiment von 1990 lieferte zwar Hinweise für die enorme Krustenmächtigkeit bei 72°N, konnte sie aber durch entsprechende Daten nicht endgültig bestätigen. Nur die Schweredaten entlang der Nord-Süd streichende grönländischen Kaledoniden zeigen Gradienten, die auf Krustenmächtigkeiten bis zu 60 km schließen lassen. Eine derartige, nachgewiesene Gebirgswurzel unter einem alten Gebirge würde ein Novum darstellen. Bisher sind Gebirgswurzeln nur unter jungen Gebirgen gefunden worden. Bei älteren Gebirgen wurden sie nach der herrschenden Theorie durch erosive Vorgänge im oberen Mantel entfernt. Ziel der geplanten geophysikalischen Expedition ist es daher mit Hilfe von refraktionsseismischen Messungen die Krustenmächtigkeit unter dem Westen Ostgrönlands besser zu erfassen. Dafür sollen automatische Registrierstationen ca. 150-200 km westlich der Fjordsysteme ausgesetzt werden, um die seismischen Signale der Luftkanonen aufzuzeichnen (Abb. 3). Zielgebiet ist hier die Kong Oscar/Franz Josef Fjord Region, um evtl. den anomalen Krustenaufbau so weit wie möglich nach Norden nachweisen zu können. Ergänzende Profile sollen noch im Scoresby Sund und Kangerluassaq geschossen werden (Abb. 3). Folgende Geräte sollen während des Experimentes verwendet werden:

- 2 BOLT Luftkanonen mit je 32 ltr. Kammervolumen
- 10 automatische REFTEK Registrierstationen
- 2 bemannte Lennartz Registrierstationen.



⊙ · Desired locations of the westernmost seismic recording stations

— Location of the deep seismic sounding profiles

Abb.3: Lage der tiefenseismischen Profile

### 2.2.1.2 Reflexionsseismische Messungen (AWI, IES)

Die Frage nach dem Ausmaß der vergangenen Eiszeiten ist von besonderem Interesse im Hinblick auf die Beurteilung der Entwicklung des Klimas. Ein Weg, Informationen hierüber zu gewinnen, ist eine hochauflösende reflexionsseismische Untersuchung im Bereich des Kontinentalrandes. Eine solche Untersuchung ist für den ostgrönländischen Kontinentalrand von 72° N bis 75° 30' N während des Polarstern Fahrabschnitts ARK-X/2 geplant. Konkrete Fragestellungen zielen auf die Bestimmung der Lage des letzten, glazialen Maximums, eine Beurteilung des Gletschertypen (schwimmendes oder aufliegendes Eis) und eine Korrelation mit den Beobachtungen an Land.

Untersuchungen im Scoresby Sund, Ost-Grønland haben gezeigt, daß Landuntersuchungen häufig zu punktuell und damit mehrdeutig sind, während eine Kombination mit flächenhafter Information aus Seismik und marin-geologischer Beprobung eine Präzisierung der Interpretation ermöglicht .

In den 70er Jahren ist bereits der Versuch unternommen worden, über eine Kartierung der Quartärsedimente die Glazialgeschichte im Gebiet Ost-Grønlands zwischen 72° N und 75° 30' N zu ermitteln. Daraus ergeben sich Hinweise auf die Maximalausdehnungen des Eises während der verschiedenen Weichsel Vereisungen. In dieser Region sind drei Arbeitsgebiete (Abb. 4) ausgewählt worden:

- A: die Mündung des Kong Oscar Fjords
- B: die Mündung des Kajser Franz Josef Fjords und die Fosters Bugt
- C: die Peters Bugt und die Hochstetter Bugten

Weitere interessante Objekte sind Vega Sund und der Mountnorris Fjord. Diese Gebiete haben allerdings eine geringere Priorität als die Gebiete A bis C (Abb. 4) und können bei Zeitmangel gestrichen werden.

Gebiet A: Das glaziale Maximum um ungefähr 10000 bp lag nach vermutlich ca. 40 km landwärts der Mündung des Kong Oscar Fjords bei Mesters Vig. Eine seismische Untersuchung seewärts dieser Linie soll eventuell vorhandene Moränen aufzeigen, die Mächtigkeit der Sedimentpakete ermitteln und so den Gletschertyp (schwimmend, aufliegend) während der späten Weichsel bestimmen. Die geplanten Profile sind insgesamt 184 km lang.

Gebiet B: Um 10000 bp befand sich das glaziale Maximum in der Fosters Bugt längs einer ungefähren Linie von Kap Mackenzie zur Ostküste Hold with Hopes. Bontekoe Ö lag offensichtlich seewärts der Eisgrenze. Eine seismische Kartierung der Sedimenthorizonte und Moränen soll Aussagen über die Ausdehnung und Fließrichtung des Eises ermöglichen. Auch kann über die Mächtigkeit der Quartärsedimente zwischen Eisschelf und aufliegendem Gletscher in der späten Weichsel unterschieden und so das Ausmaß der letzten Vereisung ermittelt werden. Hier sind Profile mit einer Gesamtlänge von 459 km geplant.

Gebiet C: In diesem Gebiet sind drei Vereisungsstadien der Weichsel recht gut dokumentiert. Während des ältesten Stadiums, des Kap Mackenzie Stadial (> 49000 bp), reichte das Eis bis auf den Kontinentalschelf. Bis zu einer Linie von der westlichen Shannon Ö zum Wollaston Forland stieß das Eis während des Muschelbjerg Stadials (> 45000 bp) vor. Das letzte glaziale Maximum (~ 10000 bp) lag zwischen Hochstetter Forland und Kuhn Ö und von Norden her zwischen Hochstetter Forland und Shannon Ö. Beim Rückzug erfuhr das

Eis einen ausgeprägten Stillstand im Ardencaple Fjord ungefähr 10 km östlich von Kildedalen. Aus diesem Grund konzentriert sich die seismische Untersuchung in Gebiet C auf die Peters Bugt und die Überdeckung der zwei jüngeren Eisausdehnungslinien der Weichsel in der Hochstetter Bugten. Auf diese Weise werden auch in diesem Gebiet Informationen über Sedimentverteilung und Ausdehnung von Moränen und somit über die Eisbedeckung gewonnen. Dieses Gebiet läßt sich weiter in Teilgebiete C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> aufspalten, die das letzte (C<sub>1</sub>) und das vorletzte (C<sub>2</sub>) glaziale Maximum überdecken. Teilgebiet C<sub>1</sub> umfaßt 142 km und Teilgebiet C<sub>2</sub> umfaßt 230 km.

-  Arbeitsgebiet A
-  Arbeitsgebiet B
-  Arbeitsgebiete C
- 

Eisausdehnungslinien  
 a -> 49000 y, b ->  
 45000 y, c - 10000  
 y (Hjort, 1979,  
 1981)

- FB - Fosters Bugt
- HB - Hochstetter Bugten
- HF - Hochstetter Forland
- HwH - Hold with Hope
- KD - Kildedalen
- KFJF- Keiser Franz Josefs  
Fjord
- KM - Kap Mackenzie
- KOF - Kong Oscar Fjord
- SÖ - Shannon Ö
- WF - Wollaston Forland

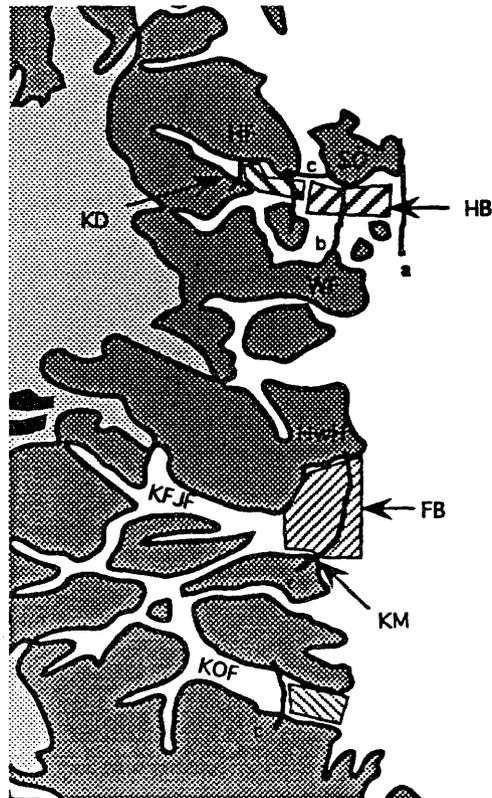


Abb. 4: Lage der reflexionsseismischen Profile

### 2.2.1.3. Marine Geophysik am ostgrönländischen Kontinentalhang (SFB)

Ein Ziel des Teilprojektes B1 des SFB 313 ist es, mit hochauflösenden geophysikalischen Methoden der Beziehung von Sedimentationsprozessen und Gasgehalten der Sedimente nachzugehen. Zu den Untersuchungsmethoden gehören vor allem die großflächigen Vermessungen des Meeresbodens mittels Weitwinkelseitensichtsonargeräten. Im Spätsommer des Jahres 1992 hat das Teilprojekt B1 in Zusammenarbeit mit dem IOS in Wormley den ostgrönländischen Kontinentalhang mit dem Weitwinkelseitensichtsonargerät "GLORIA" vermessen. Neben diesen Untersuchungen der Meeresbodenoberfläche sind die oberen 100 m Sedimente von Interesse. Die oberen 10-15 m Sedimente werden über einen Multisensor-Kern-Logger untersucht. Hierbei werden die gesteinsphysikalischen Parameter Dichte, magnetische Suszeptibilität und Kompressionswellengeschwindigkeit an Sedimentkernen bestimmt. Ein von uns neu entwickeltes Verfahren ist die hochauflösende Bestimmung der Kompressionswellengeschwindigkeit in den oberen 100.200 m der Sedimente mittels des Hoch-Frequenz-Ozean-Boden-Hydrophons (HF-OBH), die Hinweise auf gashaltige Sedimente geben kann. Das Ziel unserer Arbeitsgruppe auf diesem 2. Abschnitt der Polarsternausfahrt ARK-X ist es, an drei bis vier ausgewählten Lokationen Messungen zur Bestimmung des glazialen und interglazialen Meeresbodenaufbaus durchzuführen, um die vorherrschenden Sedimentationsprozesse ableiten zu können. Zu diesen Messungen gehört zum einen die Entnahme von Schwerelotkernen und zum anderen der Einsatz des HF-OBH. Einige Stationen werden aufgrund besonders markanter Strukturen aus den "GLORIA"-Daten ausgewählt und sollen Aufschluß darüber geben, welche sedimentphysikalischen Eigenschaften als Ursache für diese Strukturen in Frage kommen. Hilfreich für die Festlegung der Stationen waren die freundlicherweise vom AWI zur Verfügung gestellten PARASOUND Profile (ARK VII/3).

#### Arbeitsprogramm

Zwei der vier ausgewählten Stationen liegen auf einem Profil entlang des 75. nördlichsten Breitengrades zwischen 4° W und 10° W. Die anderen beiden Stationen befinden sich auf einem anderen Profil bei etwa 68° N 20° W. Die Koordinaten dieser vier vorläufigen Anlaufstationen sind:

I	75°N	5°15'W
II	75°N	7°30'W
III	68°50,1'N	20°49,4'W
IV	68°44,1'N	20°37,2'W

Die vom Teilprojekt geplanten Arbeiten beginnen mit einer kurzen PARASOUND Profilanfahrt. Es folgen die Entnahme eines Schwerelotkernes und die Messungen mit dem HF-OBH an der jeweiligen Station. Da unsere Arbeitsgruppe lediglich aus zwei Personen besteht, sind wir auf die Hilfe des AWI bzgl. der Entnahme der Schwerelotkerne angewiesen und hoffen auf deren freundliche Unterstützung. Die ungeöffneten Kerne sollen nach Beendigung der Fahrt in Kiel mit dem Multisensor-Kern-Logger gemessen werden.

Das HF-OBH ist ein Gerät zur Bestimmung der Kompressionswellengeschwindigkeit in den oberen 100.200 m Sedimenten. Der Meßeinsatz läuft folgendermaßen ab: Unser akustischer Signalgeber (3.5 kHz Transducer) ist an

Das HF-OBH ist ein Gerät zur Bestimmung der Kompressionswellengeschwindigkeit in den oberen 100.200 m Sedimenten. Der Meßeinsatz läuft folgendermaßen ab: Unser akustischer Signalgeber (3.5 kHz Transducer) ist an einem Schleppfisch montiert und wird mit dem Tiefseeinleiterdraht verbunden. Unterhalb des Schleppfisches hängt ein akustischer Auslöser. Über den Auslösehaken ist das HF-OBH zunächst mit dem Schleppsystem verbunden. Alles zusammen wird dann ins Wasser gelassen und bis etwa 200 m über dem Meeresboden abgesenkt. Durch ein akustisches Signal von Bord trennt sich das OBH vom Schleppsystem und sinkt die verbleibenden 20 m zu Boden. Erst jetzt nimmt das Schiff Geschwindigkeit auf und entfernt sich von der Absetzposition, während der Signalgeber im Sekundentakt die akustischen Impulse aussendet. Die bei minimaler Schiffsgeschwindigkeit zu fahrende Strecke beträgt etwa 500 m. Es folgt das Einholen des Schleppfisches. Während dieser Zeit kann bereits das zweite akustische Signal gegeben werden, wonach sich das OBH von seinem Grundgewicht trennt und selbständig zur Meeresoberfläche aufsteigt. Der letzte Vorgang ist das Einholen des aufgetauchten OBH, das mit Positionssender und Lampe ausgestattet ist. Der komplette OBH-Einsatz wird bei der zu erwartenden Wassertiefe von ca. 3300 m etwa 4-5 Stunden dauern.

## **2.2.2     Marine Geologie**

### **2.2.2.1     Sedimentationsprozesse und Faziesverteilung in ostgrönländischen Fjordsystemen (AWI, SPRI)**

Die Untersuchungen von Sedimentproben aus dem Scoresby Sund, die während der FS\*Polarstern\* Expeditionen ARK-V/3b und ARK-VII/3b in den Jahren 1988 und 1990 genommen wurden, lieferten Informationen zur Rekonstruktion der holozänen Sedimentationsgeschichte dieses Fjordsystems. Die dominant aus terrigenem Material zusammengesetzten Sedimente werden durch Gletschereintrag geprägt und spiegeln die ostgrönländische Vereisungsgeschichte wider. Klimabedingte Änderungen der Meereisbedeckung führen zu differenzierbaren Faziestypen.

Während ARK-X/2 sollen die nördlich des Scoresby Sunds gelegenen Fjordsysteme beprobt werden (Abb. 5). Die dort im Hinterland anstehenden Gesteine unterscheiden sich deutlich von denen im Einzugsbereich des Scoresby Sunds und lassen deshalb einen anderen terrigenen Eintrag und damit andere Sedimenttypen erwarten. Mit Hilfe von sedimentologischen, mineralogischen und geochemischen Untersuchungen soll die glaziale Geschichte dieser Fjordsysteme rekonstruiert werden. Ergänzende Informationen liefern mikropaläontologische Studien und Isotopenuntersuchungen.

#### **2.2.2.2     Sedimentationsprozesse am grönländischen Kontinentalhang (AWI)**

Während der FS\*Polarstern\* Expeditionen ARK-V/3b und ARK-VII/3b wurden vier Profile vom Ostgrönlandshelf bis in die Tiefsee beprobt. Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß die Sedimentationsprozesse, der terrigene Sedimenteintrag und die Produktivität in diesem Gebiet vor allem durch Änderungen in der Ausdehnung des grönländischen Eisschildes, die

Meereisbedeckung, die Zahl der treibenden Eisberge, den Schmelzwassereintrag und die ozeanische Zirkulation beeinflusst werden.

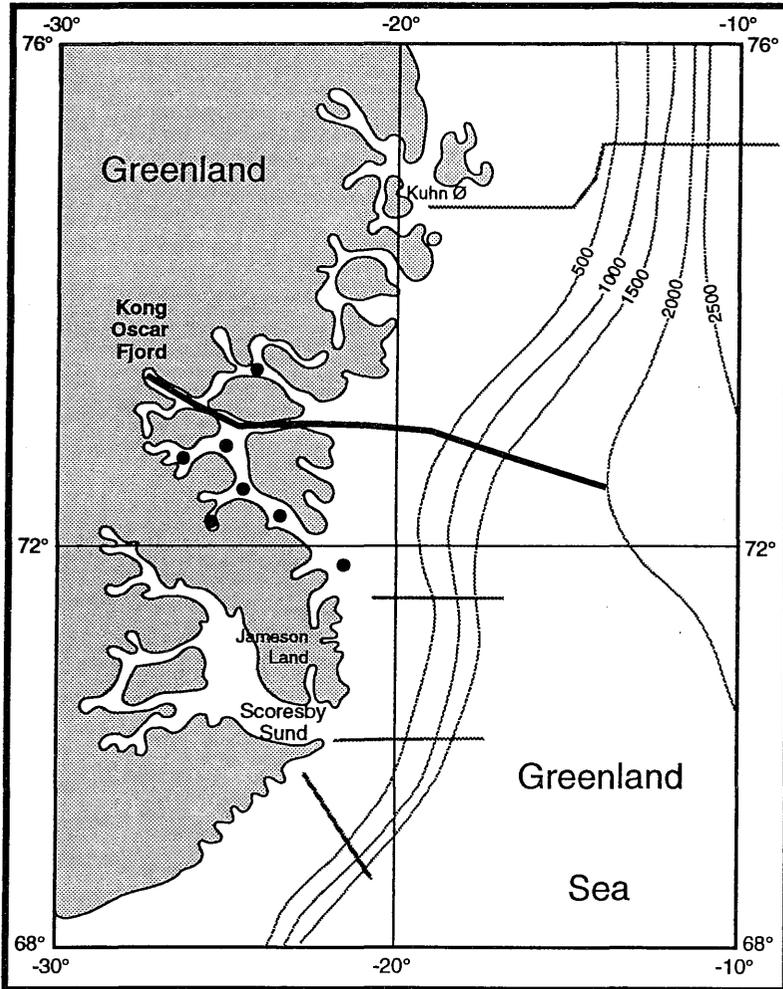


Abb. 5: Geplante marin geologische Stationen

In Ergänzung zu den bislang untersuchten Kernlokalitäten soll während ARK-X/2 ein weiteres Probenprofil genommen werden, das von den hintersten Armen des Kaiser Franz Josefs Fjords, über den Schelf bis in die Tiefsee reicht. Eine spezielle

Fragestellung liegt dabei in der Beeinflussung des Sedimenteintrages und der Sedimentfazies durch Veränderungen in der Gletscherausdehnung während der jüngsten Klimazyklen.

Biostratigraphische und isopenchemische Untersuchungen sollen eine zeitliche Einordnung der Sedimente ermöglichen und Informationen über die Paläoproduktivität im Wechsel Glazial und Interglazial während des Quartärs liefern. Sedimentologische Untersuchungen sollen dabei den räumlichen und zeitlichen Einfluss von terrigenem Material, das aus den Fjorden in die Tiefsee transportiert wird, verständlich machen.

### **2.2.2.3 Organisch-geochemische Untersuchungen (AWI)**

Die Menge, Zusammensetzung und Reife der organischen Substanz in den Sedimenten vom ostgrönländischen Kontinentalrand wird durch sehr unterschiedliche Umweltfaktoren (z.B. Oberflächenwasserproduktivität, ozeanische Strömungen, Meereisbedeckung, Umlagerung und Aufarbeitung von älteren Corgreichen Sedimenten, Zufuhr von terrigener organischer Substanz) gesteuert. Alle diese Prozesse sind klimaabhängig. Detaillierte organisch-geochemische Untersuchungen ergeben so die Möglichkeit, längerfristige und kurzfristige (Glazial-Interglazial-) Änderungen der paläozeanischen Faktoren und die Klimaänderung zu rekonstruieren. Von besonderem Interesse sind u.a. Bestimmungen der Akkumulationsraten mariner und terrigener organischer Substanz und deren Änderung in Raum und Zeit, die Darstellung der Datensätze in Verteilungskarten für verschiedene Zeitintervalle, die Quantifizierung der Oberflächenwasserproduktivität im Wechsel zwischen Glazial und Interglazial und die Korrelation mit anderen Klimaparametern (stabile Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope, Zusammensetzung von Plankton- und Benthosvergesellschaftungen, Eintrag von eistransportiertem Terrigenmaterial, etc.).

Methodische Schwerpunkte liegen auf Elementaranalysen (C-H-N-S), Rock-Eval-Pyrolyse, Mazeralanalysen (Kerogen-/Kohlepetrographie, Vitritreflexion), Kohlenstoffisotope der organischen Substanz und gaschromatographischen Untersuchungen (Biomarker).

### **2.2.2.4 Paläozeanographie der Grönlandsee (SFB)**

Der SFB 313 hat auf seinen zahlreichen Ausfahrten ins Europäische Nordmeer ein dichtes Netz von Sediment- und Wasserproben angelegt. Auf der Expedition ARK-X/2 sollen Lücken im bestehenden Netz in ozeanographischen und paläozeanographischen Schlüsselregionen geschlossen werden. Hierfür werden im nördlichen Grönland-Becken längs eines Profils von 0 - 12° 30' W auf etwa 75°30' N und nördlich der Dänemark-Straße Sediment- und Oberflächenwasserproben genommen. Die aus den Proben gewonnenen Daten sollen einerseits rezenten, andererseits paläozeanographischen und -klimatischen Untersuchungen des letzten Klimazyklus dienen.

#### **1. Untersuchung von Oberflächenwasser und Sedimentoberflächen**

An opalschaligen Diatomeen aus dem Oberflächenwasser (Beprobung evtl. auftretender Planktonblüten) und von Sedimentoberflächen (Großkasten-

greiferproben) sollen stabile Sauerstoff-Isotopenverhältnisse bestimmt und anhand von Sauerstoff-Isotopenwerten und Temperaturen des Oberflächenwassers geeicht werden. Damit würden an Diatomeen gewonnene  $\delta^{18}\text{O}$ -Daten die Möglichkeit eröffnen, auch in karbonatarmen Regionen paläozeanographische Aussagen zu treffen.

## 2. Untersuchungen an Sedimentkernen

Aus Sedimentproben von Großkastengreifern (GKG) werden verschiedene planktische Foraminiferenarten ausgelesen, um aus dem Vergleich ihrer stabilen Isotopensignale ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) zusammen mit ihren Hauptlebens- und Kalzifizierungstiefen den Paläo-Aufbau der ozeanischen Deckschicht (bis 200 m Tiefe) zu rekonstruieren.

Zeitlich hochauflösende  $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven der planktischen Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma sin.* aus Proben von Großkastengreifern und Schwerelot-Kernen sollen zur Klärung der Steuerungsmechanismen der "Dansgaard-Oeschger-Events" beitragen. Diese Ereignisse sind in grönländischen Eiskernen nachgewiesene, massive und zugleich extrem kurzfristige (100 bis 1000 Jahre) Klimaschwankungen im letzten Glazial, die ihren Ursprung wahrscheinlich in Zirkulationsumschwüngen des nördliche Nordatlantiks hatten.

Zusätzlich werden an GKG-Sedimentproben die Populationsdichte und Zusammensetzung rezenter benthischer Foraminiferenfaunen, sowie deren Aufteilung in Infra- und Epifauna untersucht, was Rückschlüsse auf den saisonalen Eintrag von organischem Material erlaubt.

### 2.2.2.5 Palökologie des Pelagials (SFB, GEOMAR)

Auf dem Fahrtabschnitt ARK-X/2 werden die auf ARK-X/1 (siehe 1.2.6.3) begonnenen Arbeiten insbesondere im Bereich der polaren Wassermassen fortgesetzt. Zusätzlich sollen diese Untersuchungen auch an ausgewählten Stationen in den Fjorden Ostgrönlands zwischen  $75^\circ$  und  $70^\circ\text{N}$  fortgeführt werden.

Auf dem ostgrönländischen Kontinentalschelf und -hang wurde bereits auf früheren Polarsternexpeditionen (u.a. ARK-VII/3b) ein umfangreiches Beprobungsprogramm der Sedimentoberflächen und bestimmter Kernstationen unter dem Ostgrönlandstrom für Dinoflagellaten-Zysten durchgeführt. Einige Lücken sollen mit dem neuen Material geschlossen werden, um das Vorkommen und die Verbreitung der einzelnen Arten auf dem ostgrönländischen Schelf zwischen der Framstraße und der Dänemarkstraße beschreiben zu können. Diese Arbeiten bilden die Voraussetzung, um zukünftig Rekonstruktionen wichtiger hydrographischer Parameter (u.a. Temperatur, Salinität) des Ostgrönlandstromes im Spätglazial und im Holozän zu ermöglichen.

### **2.2.3 Landgeologie**

#### **2.2.3.1 Terrestrische Untersuchungen zur spätquartären Umweltgeschichte (AWI, MGU)**

Die Feldarbeiten werden an periglazialen Seen im Umfeld des Scoresby Sundes und des Kong Oscar Fjordes durchgeführt. Sie haben zum Ziel, einen Beitrag zum Verständnis der spätquartären Umweltgeschichte Ostgrönlands zu leisten. Dazu sollen verschiedene natürliche Datenarchive der Paläoumweltbedingungen beprobt und untersucht werden, z.B. lakustrine Sedimente, Boden- und Torfprofile, Wasserkörper und Eismassen.

Der Schwerpunkt der Feldarbeiten wird in der Beprobung von Seesedimenten liegen. Sie stellen vermutlich die besten Archive der postglazialen Umweltgeschichte dar, da Seen als kontinentale Sedimentfallen fungieren und Seesedimente somit eher vollständige Sequenzen bilden als andere terrestrische Ablagerungen. Außerdem sind Seesedimente in hohen Breiten überwiegend laminiert, unbeeinflusst von Umlagerungen durch Bioturbation. Hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff erlauben zudem häufig detaillierte radiometrische Altersbestimmungen. Diese Möglichkeit der Erlangung guter stratigraphischer Informationen, zusammen mit verbreiteten hohen Sedimentationsraten und guter Sedimentüberlieferungen, unterscheidet Seesedimente häufig von marinen Sedimenten des Kontinentalschelfes.

Zur Auflösung der großräumigen Sedimentverteilung im See, und damit zur Bestimmung der vielversprechendsten Probennahmepositionen, wird zumindest in den grösseren Seen ein Sediment-Echograph eingesetzt werden. Die Sedimentprobennahme wird mit zwei Kernentnahmesystemen von einer schwimmenden Arbeitsplattform erfolgen. Die Positionen der geologischen Probenpunkte werden mit Satellitennavigation (GPS, Global Positioning System) eingemessen.

Vergleiche der terrestrischen Ergebnisse mit denen der maringeologischen Arbeiten am Kontinentalrand und der glaziologischen Arbeiten an Bohrungen der Eiskappe versprechen neue Erkenntnisse sowohl zur spätquartären Umweltgeschichte Ostgrönlands, als auch zur Korrelation der Land- und Ozeanabfolgen.

### **2.2.4 Meereisuntersuchungen**

#### **2.2.4.1 Biologie der arktischen Schmelzwassertümpel (IPÖ, MPI)**

Große Teile der arktischen Eisschollen sind während der Sommermonate mit Schmelztümpeln bedeckt. Diese Tümpel stellen ein einmaliges arktisches Habitat dar, denn sie existieren nur über wenige Monate, zeigen starke Schwankungen in ihren physiko-chemischen Eigenschaften und sind sehr hohen Lichtintensitäten (incl. UV Strahlung) ausgesetzt. Biologische Studien über diesen Lebensraum sind sehr rar. Unsere Arbeiten stellen die Fortsetzung der Studien während der

Expeditionen ARK IX und ARK X/1 dar und konzentrieren sich auf die Analyse der Lebensgemeinschaften in den Schmelztümpeln und die Durchführung experimenteller Untersuchungen.

Die Bestimmung der Häufigkeiten und Biomasse von Bakterien und Protisten erfolgt mittels Epifluoreszenzmikroskopie. Vergleichsproben von Land- und Gletschertümpeln auf Grönland sollen die Frage klären helfen, ob die Besiedelung der Schmelztümpel von Land her erfolgt.

Die Experimente sollen Einblick in die Dynamik des Nahrungsnetzes der Meereisorganismen liefern. Zusätzliche Untersuchungen sollen klären, ob die natürliche UV Strahlung die Wachstums- und Wegfraßraten einzelner Schmelztümpelbewohner beeinflusst.

Protistenkulturen sollen zurück an das Institut für Polarökologie transportiert und dort für weitere autökologischen Untersuchungen genutzt werden.

## **2.2.5 Warmblüterbiologie**

### **2.2.5.1 Eisbär- und Walroßstudien (GFRI, NPI)**

Bei den Studien sollen Eisbären und Walroße mit satellitengestützten Sendern versehen werden. Die Untersuchungen sind ein Gemeinschaftsunternehmen von Greenland Fisheries Research Institute (Born, Kopenhagen) und dem Norwegian Polar Research Institute (Wiig, Oslo). Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung der Bestandsidentität dieser Spezies in Ostgrönland. Die satellitengestützten Sender gestatten es, die Bewegung der Tiere über einen Zeitraum von 1 1/2 Jahren zu verfolgen. Dadurch kann ermittelt werden, ob sich Eisbären bzw. Walrösser während des gesamten Jahres in Ostgrönland aufhalten (sie bilden Einzelgruppen) oder ob sie nach Svalbard migrieren und sich dort unter andere Tiere zu mischen (z.B. sind sowohl in Svalbard wie auf Grönland Eisbären und Walroß-Populationen). Die Eisbärstudien stellen eine Fortsetzung der im Mai 1993 in Nordost-Grönland während der POLARSTERN-Expedition ARK-IX/2 begonnenen Untersuchungen.

Die Walroßuntersuchungen sind ein Teil der seit 1989 in Ostgrönland und Svalbard laufenden Forschungen.

#### **Methoden**

Die Eisbären werden entweder vom Hubschrauber oder Schlauchboot aus mit Hilfe von Pfeilen narkotisiert. Während der Ruhigstellung werden den Tieren mit Sendern bestückte Kragen angelegt. Außerdem werden die Bären mit Ohrschildchen versehen. Mehrere Proben (Haar, Pfoten, Blut) sollen für unterschiedliche Forschungszwecke (Schwermetallanalysen, Stabile Isotope, DNA) entnommen werden. Bisher liegen keinerlei Angaben über Dichte der Eisbärenpopulation in Ostgrönland während dieser Jahreszeit vor. Es wird erwartet, daß 20 bis 30 Eisbären während ARK-X/2 markiert werden können. Die Walrösser werden ruhiggestellt, wenn sie an Land bzw. auf Eisschollen gehievt werden. Das verwendete Narkotikum ist schnell wirksam und enthält ein Gegenmittel, so daß die Ruhigstellung binnen kurzer Zeit wieder aufgehoben

werden kann. Die Funksender werden an den Stoßzähnen installiert. Es ist geplant, zwischen 5 und 10 Walrösser zu untersuchen.

## Beteiligte Institutionen/ Participating Institutions

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Fahrabschnitt Leg
<u>Federal Republic of Germany</u>		
AED	Aerodata Flugmeßtechnik Abt. Polarflugzeuge Forststraße 33 38108 Braunschweig	2 1
AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 27568 Bremerhaven	39 1,2
AWI-Potsdam	AWI Forschungsstelle Potsdam Telegrafenberg A43 14473 Potsdam	6 2
DWD	Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Bernhard-Nocht-Str. 76 W-2000 Hamburg 4	5 1,2
FBB	Universität Bremen Fachbereich Botanik FB2 Postfach 33 04 40 28334 Bremen	2 1
GEOMAR	GEOMAR Forschungszentrum für marine Geowissenschaften Universität Kiel Wischhofstr. 1-3 24148 Kiel	1 2
HSW	Helicopter-Service Wasserthal GmbH; Kätnerweg 43 22393 Hamburg	8 1,2
IAC	Institut für Anorganische Chemie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 93040 Regensburg	1 1

IMH	Institut für Meteorologie und Klimatologie Universität Hannover Herrenhäuserstraße 2 30419 Hannover	1	1
MPI	Max-Planck-Institut für Limnologie August-Thienemannstr. 2 24302 Plön	1	2
MWFK	Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur Brandenburg Friedrich-Ebert-Str. 4 14467 Potsdam	1	2
ZDF	ZDF/ P.K.H.-Film Uhrendorf 1 25573 Beidenfleth	3	2
IPÖ	Institut für Polarökologie Universität Kiel Wischofstr. 1-3, Geb. 12 24148 Kiel	5	1,2
SFB	SFB 313 Universität Kiel Ohlshausenstr. 40 24118 Kiel	23	1,2

#### Denmark

GFRI	Greenland Fisheries Research Institute Marine Mammal Section Tagensvej 135 DK-2200 Copenhagen	1	2
------	---	---	---

#### Norway

IMR	Institute for Marine Research P.O. Box 1870, Nordness N-5024 Bergen	1	1
NPI	Norwegian Polar Institute Postboks 5072, Majorstua N-0301 Oslo	2	1,2

## Russia

MGU	Lehrstuhl für Geokryologie Universität Moskau Leninberge R-119899 Moskau	1	2
YIC	Yakut International Center for Development of the Northern Territories R- Yakutsk	1	2

## United Kingdom

IES	Institute of Earth Sciences University of Wales DYFED, SY 23, 3DB GB-Aberystwyth,	1	2
SPRI	Scott Polar Research Institute University of Cambridge GB-Cambridge CB2 1ER	1	2

## USA

APL	Polar Science Center Applied Physics Laboratory University of Washington HN-10 Seattle, WA 98195	1	1
-----	---	---	---

## Fahrtteilnehmer/ Participants

### ARK-X/1

Andrés Hernandez, Maria D.	AWI
Barthel, Dagmar, Dr.	SFB
Bauerfeind, Eduard, Dr.	SFB
Brandt, Angelika, Dr.	SFB
Breitbarth, E.	SFB
Brinkmann, Dirk	HSW
Bröckel, Klaus von, Dr.	SFB
Budeus, Gereon	AWI
Burkhardt, Steffen	AWI
Carstens, Marina	IPÖ
Darnall, Clark	APL
Donner, Gabriele	SFB
Fahrbach, Eberhard, Dr.	AWI
Friedrich, Christine	IPÖ
Giese, Heide	AWI
Göbel, Yasmine	SFB
Gödecke, Lothar	AED
González, Humberto, Dr.	AWI
Gradinger, Rolf, Dr.	IPÖ
Hartmann, Jörg, Dr.	AWI
Haupt, Olaf	SFB
Hillebrandt, Oliver	HSW
Hollmann, Beate	AWI
Kohly, Alexander	SFB
Kriews, Michael, Dr.	AWI
Lahrmann, Uwe	HSW
Li, Aining	AWI
Lofnes, Steffen Peter	SFB
Maaßen, Jörg	SFB
Martin, Thomas	AWI
Mayer, Michaela	SFB
Meyerdierks, Doris	FBB
Michel, Andreas	AWI
Nordlund, Nina	NPI
Plugge, Rainer	AWI
Pongratz, Richard	IAC
Rievesell, Christian	HSW
Ritzrau, Will	SFBf
Röd, Erhard, Dr.	DWD
Ronski, Stephanie	AWI
Sauter, Eberhard	SFB
Scheltz, Annette	SFB
Schlüter, Michael	SFB
Schnack, Klaus,	SFB
Schürmann, Mathias	AED

Sonnabend, Hartmut	DWD
Wächter, Stefan	SFB
Weller, Rolf, Dr.	AWI
Wemer, Iris	IPÖ
Wiedemann, Thomas	SFB
Wieschollek, Ursula	AWI
Wode, Christian	IMH
Woodgate, Rebecca	AWI
Ziebarth, Nadja	FBB
Zwierz, Marek	AWI

**ARK-X/2**

Akimov, Andrey M.	MGU
Alberts, Ernst Patrick	AWI
Anders, Tania-Maria	SFB
Beese, Helmut	SFB
Born, Erik	GFRI
Büchner, Jürgen	HSW
Carstens, Marina	IPÖ
Diepenbroek, Michael	AWI
Efremov, K.F.	YIC
Evans, Jeff	SPRI
Ewald, Horst	HSW
Fechner, Nottger	AWI
Fischbek, Heike	AWI
Gödde, Hildegard	AWI
Goerke, Olav	AWI-Potsdam
Grobe, Hannes	AWI
Härtling, Peter	ZDF
Hubberten, Hans-W.	AWI-Potsdam
Jokat, Wilfried	AWI
Joses, Thorsten	ZDF
Klar, Erwin	MWFK
Kopsch, Conrad	AWI-Potsdam
Kunsch, Brunhilde	AWI
Lensch, Norbert	AWI
Martens, Hartmut	AWI
Matthießen, Jens	GEOMAR
Melles, Martin	AWI-Potsdam
Möller, Hans-Joachim	DWD
Monk, Jürgen	AWI
Moorfeld, Kai	AWI
Müller, Gerald	AWI-Potsdam
Niessen, Frank	AWI
Posewang, Jörg	SFB
Riewesell, Christian	HSW
Scheffler, Arno	ZDF

Sch lindwein, Vera	AWI
Schreiber, Detlev	HSW
Schreyer, Christian	AWI
Seebeck, Michael	AWI
Seipold, Helga	AWI-Potsdam
Seitz, Roland	AWI
Simstich, Johannes	SFB
Sonnabend, Hartmut	DWD
Stein, Ruediger	AWI
Studinger, Michael	AWI
Sylvester, Dirk	AWI
Vogt, Christoph	AWI
Völker, Antje	SFB
Whittington, Robert	IES
Wickham, Stephen	MPI
Wiig, Oystein	NPI
Wolff, Mareile	DWD

## Schiffspersonal/ Ships Crew

### ARK-X/1

Kapitän  
1. Offizier  
Naut. Offizier  
Naut. Offizier  
Naut. Offizier  
Arzt  
Ltd. Ingenieur  
1. Ingenieur  
2. Ingenieur  
2. Ingenieur  
Elektriker  
Elektroniker  
Elektroniker  
Elektroniker  
Elektroniker  
Funkoffizier  
Funkoffizier  
Bootsmann  
Matrose  
Matrose  
Matrose  
Matrose  
Matrose  
Matrose  
Matrose  
Masch-Wart  
Masch-Wart  
Masch-Wart  
Masch-Wart  
Masch-Wart  
Zimmermann  
Lagerhalter  
Koch  
Kochsmaat  
Kochsmaat  
1. Steward/ess  
Stewardess/Krankenschw.  
Stewardess  
Steward  
Steward/ess  
2. Steward  
2. Steward  
Wäscher

C. Allers  
M. Müller  
U. Grundmann  
M. Rodewald  
NN  
Dr. R. Thoenies  
V. Schulz  
G. Erreth  
R. Fengler  
O. Ziemann  
G. Schuster  
U. Lembke  
H. Muhle  
A. Roschinsky  
A. Greitemann-Hackl  
L. Pietsch  
K.-H. Wanger  
R. Zulauf  
B. Iglesias Bermudez  
J. Soage Curra  
M. Winkler  
J. Pousada Martinez  
K. Bindernagel  
Gil Iglesias  
H. Thiele  
H. Tillmann  
E. Arias Iglesias  
S. Reimann  
U. Husung  
E. Heurich  
G. Dufner  
A. Brunotte  
K. Müller  
H. Schäfer  
M. Dutsch  
H. Wübber  
H. Vollmeyer  
S. Hoffmann  
B. Hildebrandt  
B. Amran  
C. Pötschke  
J. M. Tu  
Ch. L. Yu  
Ch. Ch. Chang

### ARK-X/2

E. Greve  
I. Varding  
S. Spielke  
S. Schwarze  
NN  
Dr. Brigitte Schuster  
K. Müller  
W. Delff  
H. Folta  
W. Simon  
R. Erdmann  
K. Hoops  
M. Fröb  
A. Piskorzynski  
H. Pabst  
W. Thonhauser  
J. Butz  
H.D. Junge  
H. Voges  
J. Novo Loveira  
J. Suarez Paisal  
NN  
H. Bloedorn  
S. Moser  
H. Tillmann  
NN  
A. Padur  
G. Fritz  
M. Ipsen  
E. Arias Iglesias  
J. Schade  
P. Kassubeck  
B. Barth  
H. Schuster  
M. Kästner  
H. Hüneke  
A. Hopp  
V. Daute  
A. Sukarnow  
E. Ridwan  
A. Neves  
Kee Fung Mui  
Chung Leung Yu  
Chih Chun Chang

## Leg ARK X/1 Bremerhaven - Tromsø

### 1.1 **Summary**

The leg ARK X/1 starts at 6. Juli 1994 in Bremerhaven, from where "Polarstern" will steam on direct way to mooring SFB 1 at 70° 00' N, 04° 00'E. The first stationwork will occur at 65° 00'N. After having finished the operations at SFB 1 we will proceed to mooring SFB 2 at 72° 22' N, 07° 36'W. In the area of Mohns Ridge two stations will be carried out. Afterwards we will steam towards the main operation area on the continental slope of East Greenland at 75° N (Fig. 1.1).

The aim of the multidisciplinary investigations in the Greenland Sea will be a better understanding of the physical, chemical, biological and geological conditions and processes. In the main operation area at 75° N these conditions are determined to a large extend by the marginal ice zone and the continental slope. With the planned investigations, we intend to improve our knowledge on the present ecosystem and to provide the possibility to derive information about past conditions from the sediment.

The physical investigations include studies of the atmospheric boundary layer by means of the HELIPOD, a new helicopterborne system to measure turbulent fluxes. Presently technical tests will dominate the programme. A remote sensing programme of sea ice will be used to improve the interpretation of satellite data as well as for operational purposes on board. The oceanographic measurements aim to a better understanding of the Greenland Sea as an area of significant intermediate and deep water formation. As the characteristics of the water masses in the Greenland Sea are not only of local importance, but influence significantly the North Atlantic and the Arctic Ocean, a better knowledge of the current system is of great interest. In this context the East Greenland Current plays a special part because it determines to a large extend the transport of volume, heat and freshwater into and out of the Greenland Sea. The freshwater transport occurs to a significant amount by the transport of sea ice.

The chemical programme combines atmospheric and oceanic aspects. The horizontal and vertical distribution of ozon and several photooxidants will be measured along the ship's track. In this respect the polluted air emanating from the northamerican continent is of special interest. Measurements of the concentration of various heavy metals and their organic compounds will elucidate the biogeochemical cycle of those substances where transport paths and biogenic production in polar oceans will be of primary importance. Nutrients will be measured to support the biological projects and to use them as tracers of special water masses.

The biological investigations include studies of sea ice, pelagic and benthic biota. The investigations of the sea ice biota aims to estimate the contribution of this special compartment to the total primary production. Plankton studies concentrate on recent processes which lead to the formation and modification of particles in the upper layers of the water column of the Nordic Seas, the vertical flux of particulate matter and the fate of particles before they are deposited on the sea floor. For that purpose pelagic processes and the vertical export of particles in the marginal ice zone will be studied. Pelagic and ice-associated production regimes, which differ

by the amount and the composition of exported particles will be described. The investigations are aimed to close gaps in our knowledge of regional sources of sedimentary substances in the Nordic Seas. The vertical flux of particles is highly determined by the production and the decomposition of faecal pellets.

To understand the deposition of particles, interactions between the bottom nepheloid layer (BNL) and the upper sediment layer have to be taken into account, because biological and physical resuspension can result in elevated particle concentrations in the BNL. Even at low flow velocities the lateral advective particle flux exceeds the vertical flux arriving at the seafloor. For this reason, the final sedimentation of particles depends not only on the arriving particle flux, but also on bottom topography as well as the density and composition of the benthic community, which actively intercepts particles and incorporates them into the sediment by biodeposition. The studies will focus on the interaction of the amount, the composition and the flux of particles in the BNL and the dispersion patterns and activity of the benthic communities.

The investigations of the pore water constituents in the sediment is aimed to improve the understanding of the cycle of organic carbon and the preservation of proxies and ecological interrelations. Paleocceanographic and -climatic conclusions will be possible by the measurements of the stable isotopes of oxygen and carbon in the water column.

The main operation area will consist of a transect along 75° N and a further one parallel to the slope. After the end of the studies in the East Greenland Current a quasisynoptic hydrographic transect with high resolution will be run from 75° 00' N, 15° 00' W to 75° 00' N, 20° 00' E. During this section the moorings GSM 04 at 75° 00' N, 02° 54' W and SFB 3 at 75° 00' N, 00° 00' will be recovered or exchanged. The last phase of the cruise will consist of mooring work in Fram Strait, beginning with mooring 280 at 79° 02' N, 06° 06' W. The cruise will end at 15. August 1994 in Tromsø.

In the framework of the above programme longterm moorings with current meters, upward looking sonars and sediment traps will be recovered and deployed (Tab. 1.1). Additionally a short term mooring will be deployed in the main operation area which will be recovered before the end of the cruise and an ice floe drifting in the East Greenland Current will be instrumented. From "Polarstern" the following instruments will be used:

Mercos-Water sampler from the bow-boom  
multi-net  
bottom water sampler  
box corer  
Agassiz trawl  
large volume water sampler

CTD with rosette  
plankton net  
multi-corer  
epibenthos sledges  
in-situ pump  
bottom lander

Tab. 1.1: Mooringwork during ARK X/1.

Code	Deployment	Recovery	Latitude	Longitude	Depth	Red.	Drdg.	Ter.W.
SFB 313								
SFB 1	1994	1995	70° 00.0'N	04° 00.0'E	3000 m	R		
SFB 2	1992	1994	72° 22.0'N	07° 36.0'W	2626 m		Dr	D
SFB 3	1994	1994	75° 00,0'N	11° 00'W	3000m	Rd	-	D
Meincke, IfM HH								
280(M1-91)	09.06.91	P 1994	79° 01.8'N	06° 06.4'W	532 m	R	Dr	D
M1-93	1993	P 1994	78° 59.7'N	06° 00.8'W	533 m	Rd	-	D
GSM 04	1993	P 1994	74° 59.4N	02° 53.9'W	3690 m	Rd	-	D
Aagaard, APL								
FWA-2'93	1993	P 1994	78° 59.3'N	04° 39.0'W	1519 m	Rd	-	D
FWA-1'93	1993	P 1994	78° 59.9'N	03° 11.5'W	2321 m	Rd	-	N
Vinje, NPI								
NP/93/V1a	21.08.93	L 1994	78° 49.9'N	03° 44.6'W	2109 m	Rd	-	N
NP/93/V1b	21.08.93.	L 1994	78° 48.7'N	03° 45.2'W	2096 m	Rd	-	N
NP/93/V2	20.08.93	L 1994	78° 57.8'N	05° 01.5'W	1261 m	Rd	-	D
NP/93/V3	19.08.93	L 1994	79° 04.5'N	06° 51.6'W	265 m	Rd	-	D
Fahrbach, AWI								
410-2		1994	75° 00.0'N	13° 35.5'W	400 m	Dp	-	D
411-2		1994	75° 00.0'N	12° 39.8'W	1000 m	Dp	-	D
412-3	24.08.93	L 1994	74° 50.6'N	12° 13.9'W	1580 m	Rd	-	D
413-3	25.08.93	L 1994	75° 03.5'N	10° 32.9'W	3075 m	Rd	-	D
414-1	20.08.92	L 1994	75° 00.2'N	07° 59.6'W	3400 m	R	Dr	
414-2	26.08.93	L 1994	74° 52.7'N	07° 37.7'W	3425 m	Rd	-	

R = only recovery, Rd= redeployment, D= only deployment, Dr=dredging, D= Danish waters, N= Norwegian waters, L = deployed by "Lance", P = deployed by "Polarstern"

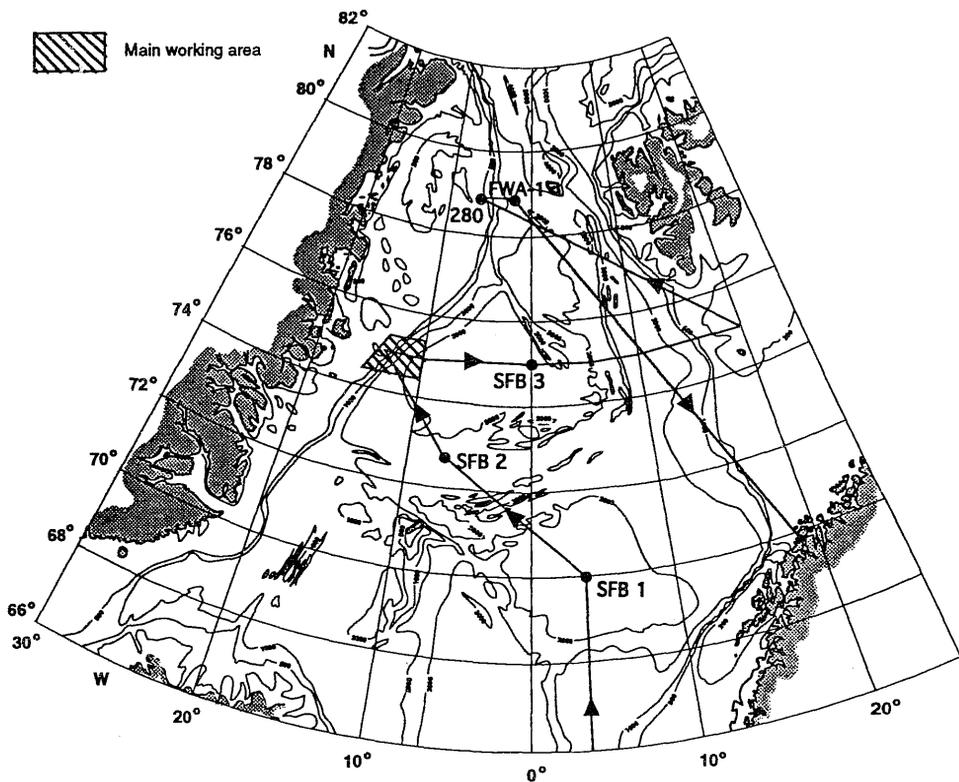


Fig. 1: Planned Route during ARK-X/1

## **1.2      Scientific programmes**

### **1.2.1      Investigations of the atmosphere**

#### **1.2.1.1      Airborne Flux Measurements in the boundary layer with the HELIPOD System (AED, AWI, IMH)**

Numerical climate predictions require the knowledge of global near-surface turbulent energy fluxes to be improved by about one order of magnitude. As the polar regions are of particular importance for the oceanic deep circulation, the atmosphere-ocean heat exchange in those regions is of special interest.

For high-resolution in-situ measurements of near-surface turbulent fluxes of mass, momentum, sensible heat, latent heat, and moisture the sensor package HELIPOD will be operated for the first time. HELIPOD is an autonomous measurement system, about 5 m long and 250 kg in weight, which can be operated on a 15 m rope below the helicopter. Concerning its power supply as well as its navigation system, its sensor equipment, and its active rudder stabilization, the system is constructed to work completely as a stand-alone system.

HELIPOD carries the following meteorological sensors: a 5-hole probe for static pressure and wind measurements, two temperature sensors with different response times, a humicap, a dewpoint mirror, and a Lyman-alpha sensor for humidity estimations, and a radiation thermometer for surface temperature measurements. The navigation system comprises also different sensors with different response times: a static and a radar altimeter, an inertial navigation system, and two GPS antennas for determination of both position and attitude. The GPS output acts also as a low frequency support of the drifting inertial platform. The measured technical, meteorological, and navigational data are recorded in up to 160 channels on magneto-optical discs which have a recording capacity of about 300 MBytes each flight, corresponding to about 3 hours or 450 km flight path length.

One of the goals of the first HELIPOD operation in arctic regions is the test of the system at polar conditions. On this occasion, the following scientific program is pursued:

- estimation of small scale area averages of turbulent fluxes (about 10 x 10 km<sup>2</sup>) at different stratification and weather conditions
- measurements of local vertical profiles of turbulent fluxes
- measurements of fluxes along selected near surface transects above areas with varying ice cover
- measurements at organized structures of convective clouds
- measurements at inversion zones above ice-covered areas.

From the recorded data detailed informations on the near surface energy transport will be obtained. Discrepancies between conventional airborne and ground-based flux measurements could be explained.

### **1.2.1.2 Ozone Soundings and the distribution of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NO, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in the marine arctic atmosphere (AWI)**

The intended research activities will continue our previous investigations performed on earlier Polarstern expeditions. The actual program aims to map the stratospheric and tropospheric ozone along the ship's track by daily ozone soundings. The concentration of the photooxidants nitrogen oxide (NO) and hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) will be measured in vertical profiles together with nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) and sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) in aerosols 20 m above sea level. The concentrations and distributions of these compounds, which characterize the oxidation potential of the atmosphere, are of great interest for atmospheric model systems. The aim of our work, which is part of the AGF-project "Chemie und Transport von Spurengasen in der Atmosphäre" and the "NARE-project" is to provide input or validation data for atmospheric models. Sophisticated model calculations supported by field data should help to quantify the influences of the various processes determining the global ozone distribution pattern and the impact of human activities on it. Of particular interest is the influence of anthropogenic emissions transported from North America as background pollution to the European continent.

### **1.2.2 Sea Ice Investigations**

#### **1.2.2.1 Sea Ice Remote Sensing (AWI)**

The aim of the program is the observation and registration of the ice conditions in the East Greenland Current. It is planned to utilize different satellite data and different techniques to improve the understanding of the mass balance of sea ice in this area. Therefore the horizontal extent, concentration, motion and thickness of the sea ice will be investigated.

The sea ice distribution of a large area will be obtained from the analysis of the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) data. This passive radiometer records the sea ice with a horizontal resolution of about 25 to 40 km. The data from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) of the NOAA weather satellites with a higher resolution of 1.1 km will be received on board "Polarstern". The sea ice motion and concentration for cloud free areas can be deduced from these data. Furthermore the synthetic aperture radar (SAR) of the European Remote Sensing Satellite (ERS-1) will be used. The SAR measures the backscatter cross section of the sea ice surface which allows us to estimate sea ice characteristics as sea ice type and sea ice concentration. Because of the very high resolution of about 20 m the SAR data can be used to determine the ice distribution and ice motion on a small scale.

The sea ice distribution and roughness with even higher horizontal resolution of below one meter can be obtained by video camera and laser altimeter measurements from an helicopter. The combination of these measurements and the remote sensing data allows to analyse and validate the data of the different sensors.

### **1.2.2.2 Measurements of ice draft with upward looking sonars (APL, AWI, NPI)**

Ice thickness measurement of a large area are not yet possible, but Upward-Looking-Sonars (ULS) provide time series of the ice draft which allow to derive ice thickness at a given location for a long period of time. ULSs which are moored over the continental slope along 75° N will be exchanged.

### **1.2.2.3 Biological sea ice studies (IPÖ)**

Sea ice covers 7 (summer) to 14 (winter) Mio km<sup>2</sup> of the Arctic Ocean. It consists mainly of multi-year ice floes with more than 2 m thickness. Besides its enormous effects on physical processes, sea ice itself is a unique habitat for Arctic organisms. Recent estimates have demonstrated that the ice algae may contribute up to 35% to the total Arctic Ocean primary production.

The main objectives of our the sea ice biota studies are:

- general characterization of sea ice properties (ice coverage; ice thickness; snow cover; temperature; salinity; nutrients; light conditions)
- biomass and diversity of the sea ice community including bacteria, algae, protozoa and metazoa
- cryopelagic coupling between the sea ice and the pelagial
- characterization of melt pond communities.

Sampling will be carried out following various sampling strategies:

- 1) direct sampling of melt water ponds and snow
- 2) ice coring with 4" CRRELL type ice augers
- 3) under ice sampling through the cored ice holes by a pump system
- 4) light measurements in and under the ice
- 5) optical investigations using under water video system
- 6) deployment of under-ice sediment traps
- 7) qualitative sampling of ice organisms for life cycle studies

The distribution and development of sea ice organisms within the ice floes is strongly affected by physical and chemical properties of the ice. For that purpose we will measure ice and snow thickness which affect the light conditions and hence the algal growth. Ice temperature will be measured in ice samples directly after coring. For the determination of ice salinity and nutrient concentrations, samples will be melted and subsequently measured. Light conditions will be investigated in and under the ice floes using a PAR light sensor.

Organisms found inside the Arctic sea ice cover a wide range of sizes (from 0.2 µm up to more than 1000 µm) and abundances (from concentrations < 1/l up to concentrations of 10<sup>7</sup>/ml). Thus different techniques have to be used to obtain biomass estimates. The smallest and most abundant organisms (bacteria, auto- and heterotrophic flagellates) will be counted using the epifluorescence microscopy technique directly on board. Larger organisms like ciliates and metazoans (mainly nematodes, turbellarians, copepods) will be counted alive under a dissecting microscope on board. Special fixation techniques like e.g. Bouin fixation will be used to obtain samples for subsequent taxonomical studies. Autecological investigations will start on board of RV "Polarstern" during the cruise

and will be continued in the cold laboratory of the Institute for Polar Ecology Kiel. They will consist of live observations and video recording of the metazoans, studies of their behaviour, their adaptation to changing temperature and salinity regimes and their reproduction cycle. Experimental investigations using the serial dilution technique will give insights into the dynamics of the sea ice food web structure.

Investigations of the processes at the interface between sea ice and the underlying water will include the determination of species abundances using different techniques as well as experimental studies.

During summer more than 40% of the sea ice surface may be covered with melt ponds of different salinities. Samples will be taken from melt ponds for the analysis of physical, chemical and biological parameters to get insights into the dynamics of biological changes in this habitat. For these purposes the same methods will be used as already described for the sea ice investigations. Experimental studies will be conducted for estimations of growth and grazing rates of algae in this unique environment.

### **1.2.3 Physical Oceanography**

#### **1.2.3.1 Stratification and circulation in the Greenland Sea (AWI)**

During the international Greenland-Sea-Project (GSP) it could be shown:

- that bottom water formation does not occur each winter and consequently not in constant annual rates
- convection in winter reaches from year to year to varying depths from a few hundred to 2000 m
- temperature and salinity of bottom waters rise continuously in the absence of deep convection.

Direct observations of deep convection have not been possible and thus the different models for bottom water formation could not be confirmed by field measurements.

Shipbound efforts to observe directly deep convection are difficult as convection events occur in small spatial and short time scales. Observations in successive years help to investigate the preconditioning to and the results of water mass modification. Such investigations lead to estimates of formation rates for deep and intermediate waters and the associated changes of heat and salt content. They allow to determine the necessary conditions for convection and the role of sea ice formation. Furthermore transport estimates for the current systems of the Greenland Sea can be improved.

Previous investigations revealed that hydrographic conditions in the Greenland Sea show considerable horizontal and vertical variations. Their space scales after convection events are about 20 km horizontally and about 10 m vertically. For this reason CTD-stations on a fine station grid with a distance of 10 nm are planned on a zonal transect across the central Greenland Sea at 75°N. In the East Greenland Current the space resolution will be enhanced to resolve the different water bodies of small spatial extent in that region. In addition to CTD-measurements a vessel mounted ADCP will be operated.

### **1.2.3.2 Transport of mass, heat and freshwater in the East Greenland Current (APL, AWI, NPI)**

The East Greenland Current determines the transports of mass, heat and freshwater from the Arctic Ocean into the Greenland Sea and the ones from the Greenland Sea to the south. Consequently it represents an important process to determine the conditions for water mass modification in the Greenland Sea and for the export of the newly formed water masses to the adjacent parts of the North Atlantic.

To determine the transports of mass, heat and freshwater, current meter moorings were maintained in Fram Strait and along a transect across the East Greenland Current at 75° N for several years (Tab. 1). It is planned to recover and redeploy these moorings.

### **1.2.4 Marine Chemistry**

#### **1.2.4.1 Distribution of nutrients in the Greenland Sea (AWI)**

Nutrients will be measured to support the planktological investigations as the development of phytoplankton blooms depends critically on the available nutrients. Additionally nutrients can be used as tracers of particular water masses. Especially silicate is a good tracer for the outflow from the Arctic Ocean of upper halocline Arctic surface water along the Greenland Slope. Therefore a transect with a high spatial resolution of hydrographic and chemical stations is planned across the Greenland Sea along 75° N from the East Greenland shelf to the Barents sea to determine the structure of this outflow and the Greenland Sea gyre as well as its nutrient concentrations and distributions.

From water samples taken with the rosette water sampler at different depths, the nutrients - nitrate, nitrite, phosphate and silicate - are determined routinely with an autoanalyser-system according to standard methods.

#### **1.2.4.2 Heavy metals in the Nordic Seas (AWI)**

The purpose of this investigation is to quantify the heavy metal flux in polar ecosystems by measurements of heavy metal concentrations in aerosol and total deposition samples. Furthermore, samples of snow, ice and surface water of the open ocean will be investigated.

The atmosphere is a major pathway for heavy metal transport. Heavy metals are bound to aerosol particles, which are deposited via dry and wet deposition processes on snow, ice and at the water surface. For the determination of heavy metal transport and the importance of melting icebergs as point sources for heavy metal input into the polar ocean, we will compare heavy metal concentrations in sea ice, melt water from glaciers as well as in melt ponds. Additionally, heavy metal analysis will be carried out in aerosol samples and in total deposition samples to estimate the atmospheric input. Furthermore we will perform some speciation measurements with the element chromium in snow samples as well as

in sea water. The importance for toxicologic effects in biological systems depends on its oxidation state (Cr III, Cr IV).

On board we will install an aerosol sampler as well as three total deposition samplers. Additionally snow samples, ice samples and melt water samples will be collected. Surface water samples from the end of the ship's bow boom and some samples from selected depths will be taken. During the cruise we will prepare some of the samples in the clean room container. The chemical analysis of the obtained samples will be mainly accomplished in the home laboratory. Heavy metal analysis will be carried out by atomic spectrometric methods.

#### **1.2.4.3 Biogenic production of neutral and ionic methyl heavy metal species in polar waters (IAC)**

While in latitudes with significant anthropogenic influence sources of heavy metal organic compounds are difficult to identify, it is most likely possible to show the biogenic production of such compounds in the clean room compartment of the polar oceans and to determine the contribution of these compounds to the global biogeochemical cycles of heavy metals.

The biogenic production of volatile methyl heavy metal species in polar oceans seems likely, since biogenic methylation is already known for the elements iodine, sulphur and selenium. High enrichment of cadmium and lead in antarctic snow samples indicates an emission of volatile heavy metal organic compounds from the polar ocean. The correlation between biogenic activity and these compounds will be investigated.

For the determination and specification of neutral and ionic methylated heavy metal compounds of the elements mercury, lead, cadmium and thallium water (surface water and depth profiles) and air samples will be taken. On "Polarstern" mercury species will be determined by CVAFS (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry) and lead as well as cadmium by DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry). The determination of thallium species will be carried out with IDMS (Isotope Dilution Mass Spectrometry) in the home laboratory.

#### **1.2.5 Marine Biology**

##### **1.2.5.1 Plankton investigations (IMR, SFB)**

Planktological research focuses on processes that control the formation and modification of particles in the upper layers of the Northern North Atlantic, their settling through the water column and their fate before they finally reach the deep-sea floor. The planned investigations relate pelagic processes with vertical particle fluxes in the marginal ice zone at 75°N in the western Greenland Sea. Attention is focused on pelagic and ice-associated production regimes which are expected to differ with respect to quantity and composition of matter exported from the euphotic zone. Investigations will be carried out on transects from the permanently ice-covered zone on the East Greenland shelf across the marginal ice zone to the ice-free Greenland Sea.

Modification and degradation of primary produced pelagic and ice-associated particles will be followed with emphasis on algal pigments and their derivatives and on morphologically distinct types of particles (fecal pellets, calcareous and siliceous organisms). Field work is combined with ship-board laboratory experiments to identify single modification processes using mixed natural plankton assemblages, cultivated organisms and sediment trap samples. The overall aim is to find out which pelagic and ice-associated processes provide signals via sedimentation that can be traced from the euphotic zone to the deep-sea floor.

### 1. Field sampling

On transects from the open water to the permanently ice-covered region determinations of phyto- and zooplankton biomass and species composition, suspended particulate elements (C, N, P, Si) and algal pigments (HPLC analysis) will be conducted. Together with hydrographical and nutrient analyses these measurements will elucidate differences in the developmental stages and export potentials of the pelagic systems expected along the transects. Further, they serve to characterize suspended matter in relation to exported particles collected by sediment traps during the cruise. Water and zooplankton samples are taken with water bottles and different types of plankton nets.

Investigations in the Arctic and Antarctic demonstrated that certain pelagic organisms are able to use the ice algal biomass as temporary food source. Our interest here focuses on copepods and amphipods living directly at the under-side of the ice floes. Samples will be taken by an under-ice pumping system. Specimens of the obtained material are used for gut content and gut fluorescence analyses as well as for lipid measurements. Video systems will be used to study the distribution and the behaviour of these organisms in their natural habitat.

### 2. Vertical particle fluxes

Particle flux measurements are conducted by moored sediment traps. One mooring in waters off eastern Greenland at 72°N is planned to recover. A set of traps will be deployed in the seasonally ice-covered region further north at 75°N in two annual moorings located at the East Greenland continental slope. They are expected to collect particles exported by different pelagic production regimes in relation to the seasonal retreat of the ice at these positions. Further, a short-term mooring will be laid out to measure vertical fluxes with a higher temporal and vertical resolution in the marginal ice zone during the cruise and another sediment trap will be deployed simultaneously under an ice floe to investigate particle exports from the ice-water interface.

### 3. Experimental studies

Algal groups from the different production regimes will be isolated and cultivated to determine typical pigment signatures. These cultures as well as natural suspended and ice-associated particles and sediment trap collections will be used for extensive laboratory-based experiments.

Further it is intended to elucidate the fate (sedimentation or growth in the water column) of ice-algae which are introduced into the pelagial in the course of sea-ice melting. These organisms (mainly pennate diatoms) will be investigated with respect to their tolerance of changes in salinity, and their abundance in trap samples, in the water column and in ice-cores will be inspected.

Emphasis is laid on feeding experiments with pelagic and ice-associated heterotrophs (copepods, amphipods, euphasiids and others) to investigate their role in modifying these food particles by grazing. Produced fecal pellets will be collected to analyse changes in pigment signature and composition of other biogenic compounds for comparison with sediment trap samples from different pelagic regimes. Fecal matter can contribute significantly to vertical fluxes and it is essential to understand the role which different heterotrophs play in this respect.

### **1.2.5.2 Aggregate and faecal pellet production and decomposition in the Greenland Sea (AWI)**

Sediment trap studies showed that the particulate organic carbon (POC) flux decreases rapidly with depth. Thus, only approximately 1% of the original carbon produced in the productive layer is, on average, reaching 1000 m depth. Possible causes for this decrease in carbon with depth are that an important part of POC sinking through the water column is remineralized by free-living bacteria, but other reports suggest to put more attention mesozooplankton activities in studies of POC decomposition.

Our studies focus on mechanisms of decomposition of aggregates and faeces leaving the upper productive zone of the ocean, operating in a tightly coupled pelagic-benthic environment. Under controlled laboratory conditions we will follow temporal changes of chemical (carbon, nitrogen, pH, O<sub>2</sub>), physical (sinking rate) and biological (abundance of bacteria, phytoplankton, flagellates and copepods; concentrations of chlorophyll and phaeopigments; enzymatic reactions) characteristics of aggregates and faeces. These temporal changes will be related to in-situ sedimentation patterns of particles, observed in sediment traps.

The main objective of our work is to study biological, physical and chemical processes mediating formation and decomposition of particles. We will employ both experimental and field-based approaches as summarized below.

#### **1. Laboratory studies**

The Aggregate decomposition in rolling-tanks will be assessed by monitoring:

- Bacterial abundance, secondary production (<sup>3</sup>H-Thymidine incorporation) and extracellular enzymatic activities
- Chlorophyll and phaeopigment concentrations
- Amino acids and carbohydrate concentrations in the particulate and dissolved pool
- Concentrations of POC, PON, DOC and DON
- Oxygen production and consumption
- Quantitative and qualitative (Utermöhl and scanning electron microscopy) analysis of particle composition in aggregates and faecal pellets.

The effect of lithogenic material (sediment in Arctic "dirty ice") on aggregate decomposition and transformation due to activities of bacteria and mesozooplankton as well as the faecal pellet production by the dominant copepod species using in-situ phytoplankton assemblages and concentrations will be investigated. Copepod faecal pellet decomposition due to physical (passive diffusion) and biological (bacterial and mesozooplankton activity) processes will be studied by using a plankton wheel. A  $^{14}\text{C}$ -labelled phytoplankton culture will be offered to the dominant copepod species and the produced  $^{14}\text{C}$ -labelled faeces will be used in the experiment. Sinking rate will be measured of naturally-produced zooplankton faeces.

#### 1. Field studies in the Greenland Sea

Faecal pellet distribution and abundance in the water column (upper 1000 m) will be monitored in five layers using a Multinet of 60  $\mu\text{m}$  mesh-size together with micro- and mesozooplankton distribution and abundance using Multinets of 60 and 200  $\mu\text{m}$  mesh-sizes. Sedimentation rates of faecal pellets of different origin will be determined from sediment trap material. Concentration and composition of lithogenic particles will be studied in the ice and at the ice edge.

##### 1.2.5.3 Dimethylsulfoniumpropionate (DMSP) content in marine microalgae (FBB)

Numerous phytoplankton and ice algae accumulate low molecular weight organic compounds as osmolytes, such as the amino acid proline or the sulfonium compound dimethylsulfoniumpropionate (DMSP). DMSP is the precursor of the volatile dimethylsulfide (DMS) which accounts for a large portion of the atmospheric sulfur content. DMS plays an important role in the cloud condensation nuclei formation (CCN) after oxidation by photochemical reactions within the atmosphere.

The spatial and vertical distribution of algal DMSP will be determined in relation to phytoplankton biomass (chlorophyll *a*) of  $>20$ , 5-20, 2-5 and  $<2$   $\mu\text{m}$ , respectively. These parameters will be measured in ice cores as well. In addition, experiments using temperature gradient incubations with natural phytoplankton and ice algal assemblages will be carried out to examine the influence of temperature upon cellular DMSP accumulation.

These data will contribute to further assessment of the DMSP production of microalgae from temperate and polar regions.

##### 1.2.5.4 Benthological investigations (IPÖ, SFB)

The benthos work will focus on interactions between the bottom nepheloid layer (BNL) and the upper sediment layer. Recent investigations indicate that biological and physical resuspension results in elevated particle concentrations in the BNL. Even at low flow velocities the lateral advective particle flux exceeds the vertical flux arriving at the seafloor. For this reason, the final sedimentation of particles depends not only on the arriving particle flux, but also on bottom topography as well as the density and composition of the benthic community, which actively

intercepts particles and incorporates them into the sediment by biodeposition. Focus of our work will be on the interaction of the amount, the composition and the flux particles in the BNL and the dispersion patterns and activity of the benthic communities.

Our programme includes:

- investigations on the distribution and structure of macrobenthic communities, related to the seafloor proper and the BNL
- the assesment of micro- and mesoscale dispersion patterns of benthic populations
- the analyses of BNL characteristics in terms of the amount and composition of particles and the near bed current velocities and directions
- measurement of the metabolic performance of the sediment community as well as of individual macrobenthos organisms
- evaluation of biodeposition and bioentrainment rates of benthic communities in an in-situ experiment
- evaluation of the degree of benthic-pelagic coupling in ice edge areas

These goals are planned to be accomplished by completing transects on the East Greenland continental slope at about 75° N. One transect perpendicular to the slope is planned to cover the depth range from the deep sea to the shelf break and the different conditions of particle supply due to varying surface production depending on the ice conditions. Biodeposition and bioentrainment rates will be assessed in a slope parallel transect along the main current direction in a depth range of high densities of benthic and epibenthic communities.

To achieve given goals we will deploy following equipment:

For the inventory of mega epibenthos a photosledge, the traditional Agassiz trawl and a remodelled epibenthic sledge will be employed. In addition the macrobenthic epi- and infauna will be collected using a box corer. The vertical distribution of chemical and biochemical parameters will be assessed by deploying a multiple corer. For the characterization of the BNL a newly designed bottom water sampler will retrieve water samples and will give information on current velocity and direction within the last meter of the BNL, i.e. just above the sediment water interface.

## **1.2.6 Geosciences**

### **1.2.6.1 Geochemical investigations of the degradation of organic carbon and PCB's in the water column and the sediment (SFB )**

The reconstruction of paleoclimate is based on the interpretation of primary produced signals like the sedimentary amount of organic carbon, biogenic opal or baryt. Diagenetic processes, especially at the sediment/water interface can modify these proxies considerably and complicate their interpretation. Therefore

diagenetic investigations, especially of pore water constituents are essential for paleoclimate interpretations as well as for geochemical budgets.

Major regions of our geochemical investigations are the long term deployment SFB 1 (70°00'N, 04°00'E), SFB 2 (72°22'N, 07°36'W) and the continental shelf off east Greenland. Within these regions, the water column, sediment and pore waters will be sampled. Geochemical analysis of organic compounds (e.g. PCBs), in-situ oxygen measurements within sediments and pore water analysis (e.g. Si, B, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, Ba, pH and alkalinity) are planned.

By the coupling of geochemical and biological investigations, we expect some new results about the geochemical cycling of organic carbon, the preservation of proxies and ecological interrelations off the east Greenland ice edge.

#### **1.2.6.2 Paleooceanography (SFB)**

The paleooceanographic and paleoclimatic investigations include the analysis of stable oxygen and carbon isotopes of the water column. The data is essential as it links the recent chemical and physical properties of the water column with isotopic characteristics of the sediment. Having established this link, the isotopic characteristics of the sediment can then be interpreted in terms of paleo-temperature, paleo-salinity and ocean circulation patterns. In addition water column AMS 14-C data are expected to provide more information about the origin of both intermediate and deep water masses.

Water samples for this study will be taken on the oceanographic transect along 75° N from the Greenland shelf towards the Barents shelf at 11 stations in different water depths.

#### **1.2.6.3 Paleecology of the pelagial (SFB)**

The paleecological studies refer to five plankton groups comprising foraminifers, coccolithophorids, radiolarians, diatoms and dinoflagellate cysts and their remains in sediments. The focus of research is placed on:

- Distribution and synecology of the plankton groups in the pelagic realm.
- Vertical particle transport and alteration of planktic biocoenoses during settling.
- Sedimentation of particles and changes of planktic thanatocoenoses .
- Spatial and temporal distribution of plankton assemblages in quaternary sediments of the northern North Atlantic.

During the cruise, both water column and sediment will be sampled for all selected plankton groups. Investigations of the water column samples will aim at studying the influence of polar water masses on the occurrence and distribution of these groups in the upper levels. In particular, detailed sampling for foraminifera and radiolarians will enable us to determine the depth habitat of individual species and species groups. Additionally, changes in composition of plankton assemblages across the polar front will be analysed. Meltwater pond and sea-ice samples will be collected to record the fossilizable assemblages in these special environments. The major water masses of the Norwegian-Greenland Sea will be also sampled in order to improve the autecological knowledge of fossilizable plankton.

Sediment surface samples and sediment cores will be obtained in order to evaluate the preservation potential of calcareous and siliceous microfossils across the polar front.

The sampling will concentrate on the water column and underlying sediments at about 75° N on the East Greenland slope. Additionally water column samples will be taken on the sediment trap stations in the Lofoten Basin (NB) and the Greenland Sea (OG) as well as on other transects across the Norwegian-Greenland Sea.

## **2. LEG ARK-X/2 (Tromsø - Bremerhaven)**

### **2.1. Summary**

The second Leg of the 1994 Arctic Expedition of RV "Polarstern" will start on August 17, in Tromsø, Norway. The major scientific goals of ARK-X/2 are within the fields of geophysics and geology.

Marine geological and geophysical investigations will be carried out in the first working area (at 75°N, between 0° and 15°E) by groups from the SFB 313 of Kiel University (Fig. 2, area SFB 1).

Finishing with these studies investigations will be carried out on the East Greenland Shelf between 75°N and 70°N as well as in the wide fjord systems of the Scoresby Sound, the Kong Oskar Fjord and the Keiser Franz Josef Fjord.

Information about the crustal structure of the East Greenland Kaledonides will be obtained by deep seismic sounding experiments.

With the aid of seismic reflection work it will be attempted to get information about the facies architecture of submarine sediments and the occurrence of submarine moraine structures. These informations will be compared with existing data on glacier fluctuations on land and therefore contribute to understand the glacial history of East Greenland during the last glacial cycles.

The marine geological program on the East Greenland Shelf and within the fjord systems is the continuation of similar studies carried out during RV "Polarstern" Expeditions ARK-V/3b and ARK-VII/3b in 1988 and 1990. The investigations contribute to the PONAM-Project (Polar North Atlantic Margins) of the European Science Foundation and will provide information on the paleoclimatic history of Eastgreenland.

The studies and sediment sampling of lakes in the area of the Kong Oskar Fjord will give additional paleoenvironmental information.

Beside these major programs, biological investigations on sea ice and studies of polar bears and walrus will be carried out.

After finishing with the research activities in the Fjords, marine geological and geophysical investigations will be carried out SE of the Scoresby Sound (area SFB 2, Fig.2).

After realizing a seismic project combined with bottom sediment sampling in the area of the Aegir Ridge (66°N, 04°W), RV "Polarstern" Leg ARK-X/2 will end at Bremerhaven on October 7, 1994.

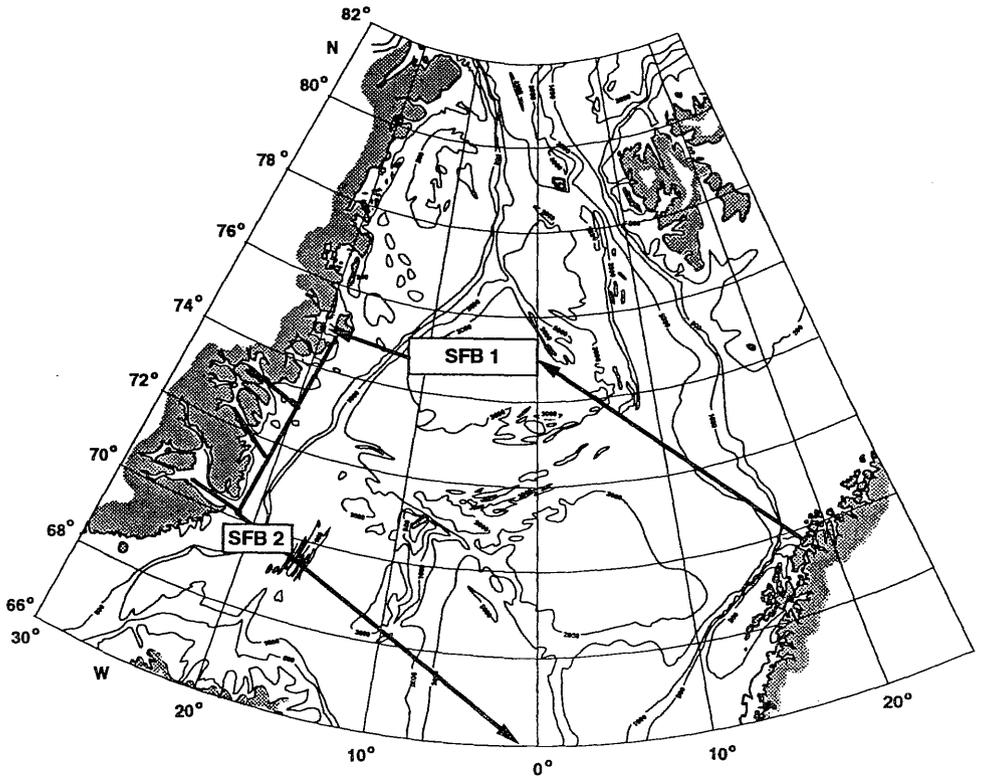


Fig.2: Planned Route during ARK-X/2

## **2.2      Scientific Programs**

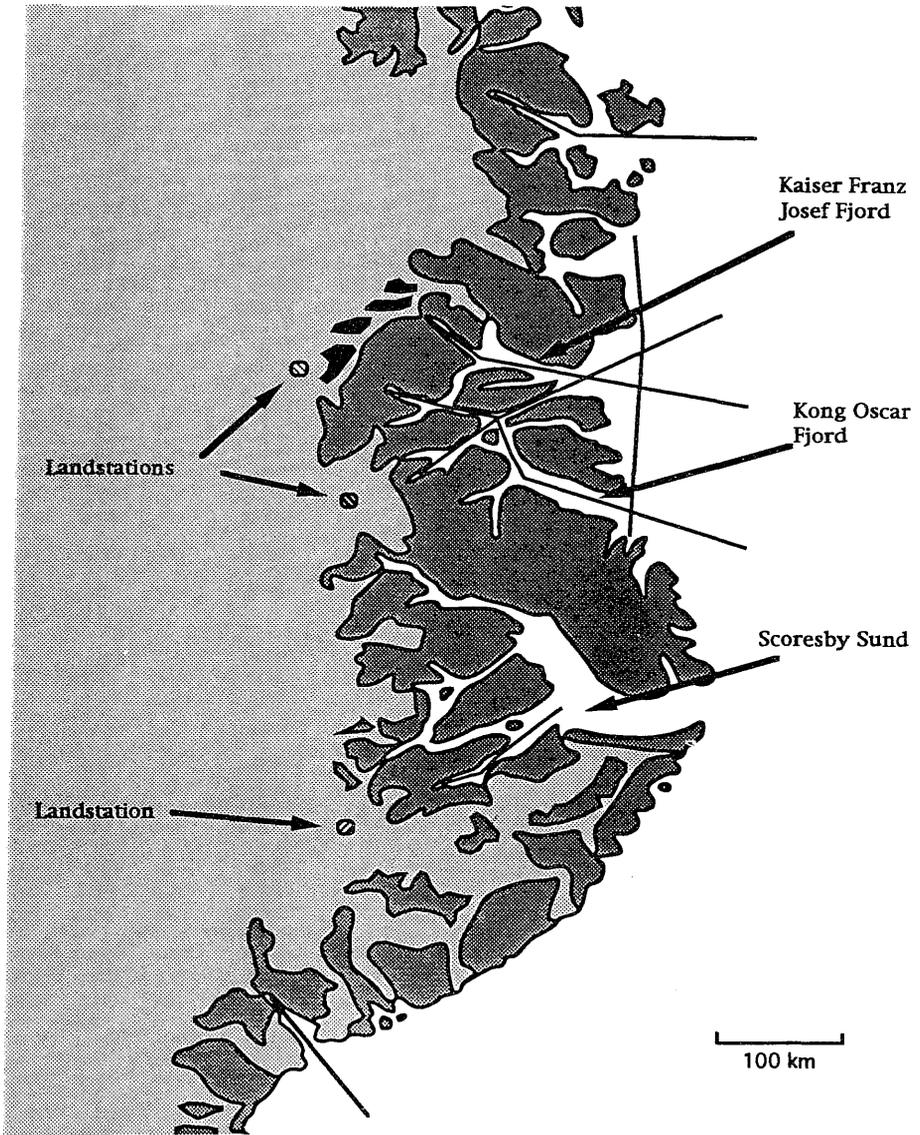
### **2.2.1      Marine Geophysics**

#### **2.2.1.1      Deep Seismic soundings (AWI)**

The East Greenland coast has been formed during the opening of the North ss an old Caledonian mountain belt (approx. 450 Ma) was separated into a Greenland and a Scandinavian part. The theory of plate tectonics predicts similiar geological features (sedimentary and crustal structures) along the conjugate margins for such a rift process. This assumption has been confirmed through the discovery of volcanic seaward dipping reflectors (formed subaerial), which were found off the East Greenland and Norwegian coasts. The main objective of two geophysical expeditions into the Scoresby Sund area (1988,1990) was to map the crustal structure in order to compare it with the Norwegian part. While the crustal thickness below the Norwegian part is approximately 40 km, we found a Moho depth of at least 50 km in the Scoresby Sund region. Furthermore, the velocity depth function differ significantly from each other. Although, the experiment in 1990 revealed this anomalous crustal thickness for the first time, we were not able to measure the maximum value for the Moho depth. Only the gravity data along the North-South striking East Greenland Caledonides reveal gradients further to the west, which give strong indications that crustal thickness of 60 km are possible. Such a deep crustal root is so far only from young mountain belts. According to the present theory roots below old mountain ranges were eroded by mantle processes.

Therefore, the main objective of the planned geophysical expedition is to constrain the crustal thickness as far as possible to the west with seismic refraction data. We want to deploy some automatic recording stations 150 to 200 km west of the western termination of the fjords (Fig. 3) to record the seismic signals of large volume airguns. Target areas are the Kong Oscar/Franz Josef Fjord, the Scoresby Sund and the Kangerluassaq regions. For the experiment we want to use the following equipment:

- 2 Bolt airgun with 32 l each
- 10 automatic REFTEK recording stations
- 2 Lennartz recording stations



Desired locations of the westernmost seismic recording stations

Location of the deep seismic sounding profiles

Fig.3: Location of the deep seismic sounding profiles

### 2.2.1.2 Seismic Reflection (AWI, IES)

The question of the extent of the bygone glaciations is of special interest regarding the estimation of the development of the climate. One way to gather information about this are high-resolution reflection seismic investigations within the region of the continental margin. Such an investigation is planned for the area between 72°N and 75°N on the East Greenland Continental Margin during Polarstern cruise ARK-X/2. The study focuses on the determination of the last glacial maximum, the evaluation of the type of the glaciers (floating or grounded ice) and a correlation with the observations on land.

Research in the Scoresby Sund, East Greenland showed that land investigations cover only isolated spots and thus often are ambiguous, whereas a combination of areal information of seismic and marine geological sampling allows a more precise interpretation.

During the 70s, an attempt was carried out to establish the glacial development via a mapping of the Quaternary sediments in East Greenland between 72°N and 75° 30'N. This led to indications for the maximum extensions of the ice during the Weichselian. In this region we chose three working areas (Fig. 4):

A: the mouth of Kong Oscar Fjord

B: the mouth of Kejser Franz Josefs Fjord and the Fosters Bugt

C: Peters Bugt and Hochstetter Bugten

Vega Sund and Mountnorris Fjord are of further interest. Still, those areas have a lower priority than areas A-C and may be cancelled in case of lack of time.

Area A: Around 10000 bp the glacial maximum lay approximately 40 km landward of the mouth of Kong Oscar Fjord at Mesters Vig. A seismic investigation seaward of this line shall show possible moraines, give an estimation on the thickness of the sedimentary layers and thus determine the kind of glacier (floating or grounded) during the late Weichselian. The planned profiles have a length of 184 km.

Area B: The glacial maximum around 10000 bp in >Fosters Bugt lay along a line from Kap Mackenzie towards the east coast of Hold with Hope. Bontekoe Ø lay obviously seaward of this ice boundary. A seismic mapping of the sedimentary horizons shall render possible evidence on the extent of the ice and the direction of ice flow. Furthermore, a distinction between iceshelf and grounded ice during the late Weichselian is possible via the thickness of the Quaternary sediments and will thus give information on the magnitude of the last glaciation. Profiles with a total length of 459 km are planned.

Area C: Three glacial stages of the Weichselian have been documented fairly well in this area. During the oldest stage, the Kap Mackenzie Stadial (> 49000 bp), the ice extended towards the continental shelf. A line from western Shannon Ø to Wollaston Forland documents the maximum extent of the ice during the Muschelbjerg Stadial (> 45000 bp). The last glacial maximum (~ 10000 bp) lay between Hochstetter Forland and Kuhn Ø and, from the north, between Hochstetter Forland and Shannon Ø. The ice experienced a major standstill during the retreat in the Ardencape Fjord about 10 km east of Kildedalen. Thus, the seismic investigation concentrates on Peters Bugt and the cover of the two younger Weichselian lines of maximum ice extent in Hochstetter Bugten. Here, information on the sedimentary distribution and the size of the moraines and thus the ice cover. This area can be further divided into areas C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub>, which cover the last (C<sub>1</sub>) and the last but one (C<sub>2</sub>)

glacial maximum. Area C<sub>1</sub> comprises 142 km and area C<sub>2</sub> 230 km of seismic profiles.

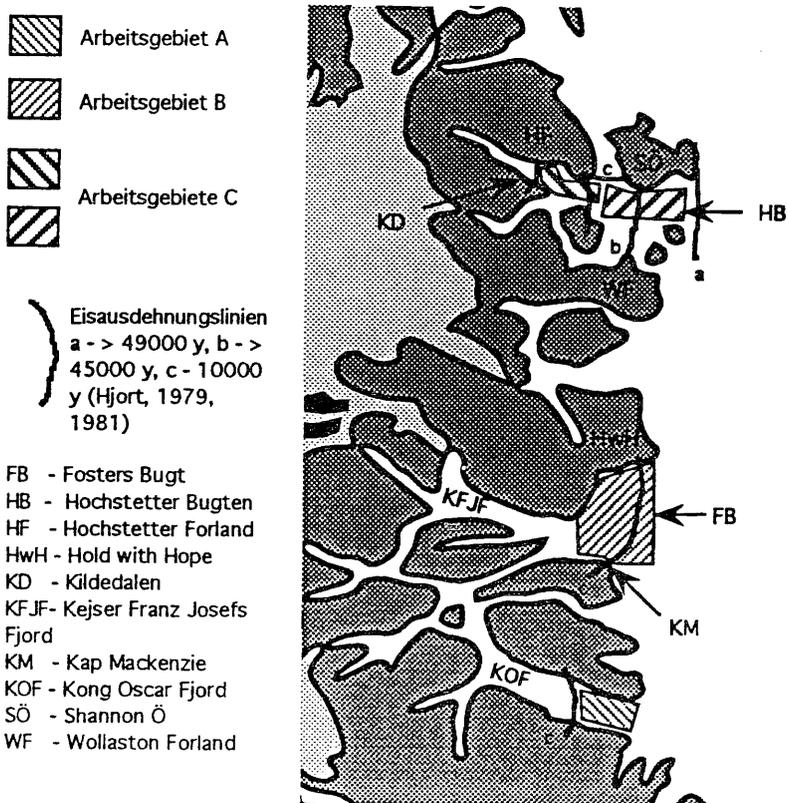


Fig.4: Location of the seismic reflection profiles

### 2.2.1.3 Geophysical Investigations in the Greenland Sea (SFB)

A goal of the working group B1 of the SFB 313 is to reveal the relationship between sedimentary processes and the contents of gas in sediment using high resolution methods. One of these methods is in the wide angle side scan sonar system covering large areas of the ocean floor. Late in summer of 1992 the working group B1 in co-operation with the IOS Wormley, UK, surveyed the East Greenland Continental Margin using the side scan sonar system "GLORIA". Besides these investigations of the ocean bottom surface the upper 100 m of the sediments are of primary interest. The upper 10-15 m of the sediments are investigated with the help of a multi sensor core logger. This logging includes the measurements of density, magnetic susceptibility and velocity of compressional waves. Our working group developed a new high resolution system in order to measure the compressional wave velocities of the upper 100-200 m of the sediments. This system is called High Frequency Ocean Bottom Hydrophon (HF-OBH) and is able to detect gassy sediments.

Our main objectives during this leg of ARK-X are to undertake measurements at four locations concerning the glacial and interglacial structure of the sea floor. From these measurements we want to identify the predominant sedimentary processes.

We will take samples of gravity cores at each side as well as measurements with the HF-OHB. The locations of two sites were chosen because of some striking structures in the "GLORIA" data. We hope that these investigations will lead to a better understanding of the relationship between the observed structures and the sediment physical properties. It was very helpful for us to get the data of some PARASOUND profiles of ARK-VII in order to determine the locations. We got the data with the friendly support of the AWI.

#### Working program

Two of the four sites are located along a profile at 75°N between 4°W and 10°W. The other sites are situated along another profile at about 68°N and 20°W.

The co-ordinates of the location are:

I	75°N	5°15'W
II	75°N	7°30'W
III	68°50,1'N	20°49,4'W
IV	68°44,1'N	20°37,2'W

Our working program will start with a short PARASOUND profile. This will be followed by taking a gravity core and the measurements with the HF-OHB at each side. Since our working group consists only of two scientists we are dependent on the friendly help of the AWI concerning the taking of gravity cores. These cores should not be opened since they will be measured in Kiel using the multi-sensor core logger.

The HF-OHB measures the propagation velocity of compressional waves in the upper 100-200 m of the sediments. An OHB measurement will be carried out as follows: Our acoustic source (3,5 kHz transducer) is mounted on a towing fish and will be attached to the deep sea steel mantled coax wire. Below the fish there is an acousting release. The HF-OHB is attached to the system by the hook of the acoustic release. All together will be brought into the water and lowered to a height

of 20 m above the sea ground. An acousting signal sent from the ship will cut the connection between OHB and towing fish. The OHB will sink to the sea floor. After the separation of the source from the OHB the fish will be towed away from the OHB site with minimum ship speed. During this time the source sends out acousting signals every second. These signals will be recorded by the OHB. After a profile length of about 500 m the source will be brought back on deck. A second acousting release will separate the OHB from its anchor weight so that it will come up to the sea surface. The complete OHB measurement will last about 4-5 hours.

## **2.2.2 Marine Geology**

### **2.2.2.1 Sedimentation Processes in East Greenland Fjord Systems (AWI, SPRI)**

Investigations of sediment samples from the Scoresby Sound, taken during RV"Polarstern"-Expeditions ARK-V/3b and ARK-VII/3b in 1988 and 1990, provided informations which allowed to reconstruct the sedimentation history during the Holocene. The fjord sediments, which are dominated by terrigenous input through glaciers reflect the glaciation history of Eastgreenland. Climate induced variations in sea ice coverage result in distinct sedimentary facies.

During the expedition ARK-X/2 marine sediments in the fjords north of the Scoresby Sound will be sampled (Fig. 5). Due to different rock types occuring in the hinterland of these fjords when compared to Scoresby Sound, another type of terrigenous input is expected which probably result in different types of sediments. With sedimentological, mineralogical and geochemical methods the glacial history of these fjords will be reconstructed. Additional informations will be obtained by micropaleontological studies and stable isotope analyses.

### **2.2.2.2. Sedimentaion Processes at the east Greenland Continental Slope (AWI)**

Four transects from the East Greenland shelf to the deep sea have been sampled during RV"Polarstern"-Expeditions ARK-V/3b and ARK-VII/3b. The investigatins of this material show, that sedimentary processes, terrigenous sediment supply, and biogenic productivity in the study area are mainly influenced by fluctuations in the extend of the Greenland Ice Sheet, extend of sea ice, rate of drifting icebergs, meltwater input and/or oceanic circulation, i.e., all factors controlled by climate.

In adition to the core samples studied so far, on another transect which starts at the innermost arms of Kaiser Franz Josefs Fjord and reaches the deep sea, bottom sediments will be sampled (Fig. 5).The influence of a fluctuating Ice Sheet during the last climatic cycles on the amount of terigenous sediment input and on the sediment facies is of special interest.

With biostratigraphic and isotopic methods the sedimentation processes will be studied and provide informations on the age and paleoproductivity during glacial/ interglacial cycles. Detailed sedimentological studies will help to understand the variations of the terrigenous input from the Fjord systems and will provide

informations about the importance of the Greenland ice sheet for the sedimentation processes.

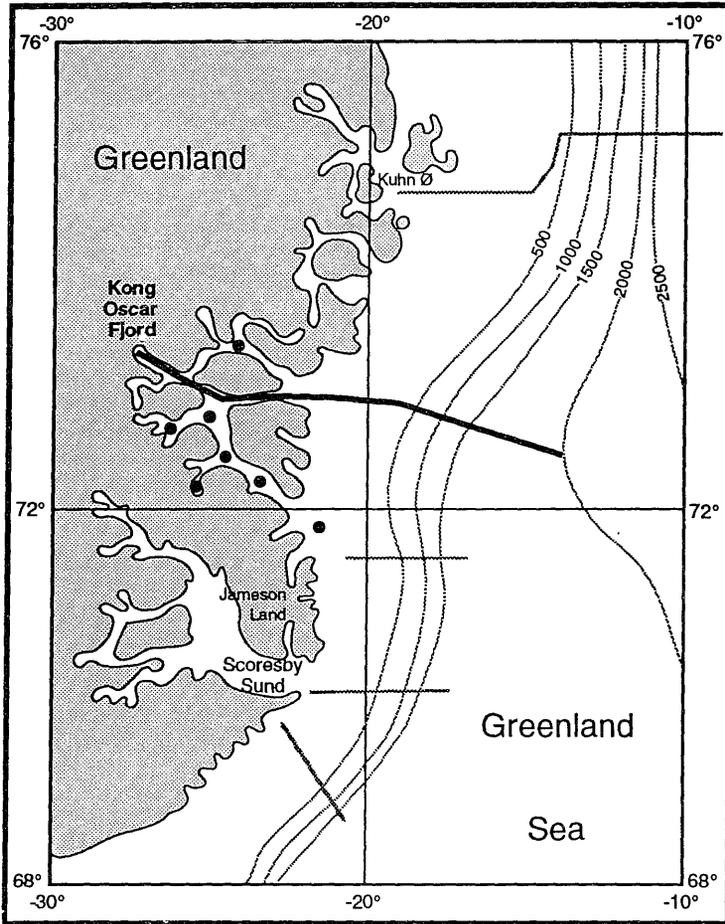


Fig.5: Sampling positions and marine geological transect planned for ARK-X/2

### 2.2.2.3 Organic geochemical investigations (AWI)

The amount, composition, and maturity of the organic matter deposited along the East Greenland continental margin may be controlled by very different oceanographic and environmental factors, such as surface-water productivity, oceanic currents, sea-ice cover, reworking of older Corg-rich strata, supply of

terrigenous organic matter. These are all factors controlled by the climate system. Thus, detailed organic-geochemical investigations allow the reconstruction of long-term and short-term (glacial-interglacial) variations of these paleoceanographic variables and the history of paleoclimate through time. Of major interest are the quantification of the flux of marine and terrigenous organic carbon (accumulation rates), its change through space and time; the production of distribution maps of organic carbon parameters for different time slices; the estimate of the (paleo) productivity from organic carbon data; and the correlation of the organic carbon data with other climate parameters (e.g. stable oxygen and carbon isotopes, planktic and benthic microfossil assemblages, flux of ice-rafted debris).

The study should include detailed organic geochemical investigations of surface sediments and material from undisturbed box corer (GKG) and gravity corer (SL) sequences. Methods are elemental (C-H-N-O-S) analysis, Rock Eval pyrolysis, carbon stable isotopes of organic matter, kerogen/coal petrography, vitrinite reflectance measurements, and gas chromatography (biomarker).

#### **2.2.2.4 Paleoceanography of the Greenland Sea (SFB)**

The SFB 313 on many scientific cruises has built up a dense network of sediment and water samples in the Norwegian Greenland Sea. On the ARK-X/2 expedition we intend to enlarge the sampling density in oceanographic and paleoceanographic key areas. Therefore, we will take sediment and surface water samples in the northern Greenland Basin along a transect from 1-12° 30' W at about 75° 30' N and north of the Denmark Strait. The sediment and water data are on the one hand important for recent, on the other hand for paleoceanographic and -climatic studies of the last climatic cycle.

##### **1. investigation of surface water and surface sediments**

At each of the sites the following measurements will be made:

Stable oxygen isotope ratios of opaline diatom valves from the surface water (sampling of plankton blooms if possible), from surface sediments (box core samples),  $\delta^{18}\text{O}$  and temperature of surface water. These measurements will enable the calibration between opal  $\delta^{18}\text{O}$  and sea surface temperatures. This will open up the possibility of paleo-temperature reconstruction in calcium carbonate poor regions.

##### **2. investigation of sediment cores**

$\delta^{18}\text{O}$  of planktonic foraminifera with different depth habitats, which will be picked from box core samples, will be measured to reconstruct the paleo structure of the ocean's surface layer (up to 200 m)

High resolution  $\delta^{18}\text{O}$ -curves of planktonic foraminifera *Neogloboquadrina pachyderma sin.* from box core and gravity core samples will help to investigate the driving mechanisms of the "Dansgaard-Oeschger-Events". The "Dansgaard-Oeschger-Events" are massive, short term (100 to 1000 years) climate oscillations, which occurred in the last glacial and have only been detected in Greenland ice

cores. It has been suggested that these events are caused by changes in the circulation of the northern North Atlantic.

The population density and species assemblage (infra- and epi-fauna) of recent benthic foraminifera, in the box core samples recovered, will be made to investigate changes in the seasonal flux of organic matter.

#### **2.2.2.5 Paleocology of the paleglial (SFB, GEOMAR)**

During Polarsternexpedition ARK-X/2 the investigations which were started on the previous leg (see chapter 1.2.6.3) will be continued especially in the polar water domain. Additionally, selected stations in the East Greenland fjords between 75° and 70°N will be sampled.

An extensive sampling program of sediment surface and sediment cores located under the East Greenland current was already conducted for dinoflagellate cysts on previous Polarstern cruises (e.g. ARK-VII/3b). Some gaps in the sample coverage will be filled in order to describe the occurrence and distribution of dinoflagellate cysts on the East Greenland continental shelf and slope between Fram Strait and Denmark Strait. These investigations are the prerequisite for intended reconstructions of hydrographic parameters (e.g. temperature, salinity) of the East Greenland Current in late glacial Holocene times.

#### **2.2.3 Quaternary Geology**

##### **2.2.3.1 Terrestrial investigations to the late Quaternary environmental history (AWI)**

The field work will be carried out on periglacial lakes, situated in the surroundings of Scoresby Sund and Kong Oscar Fjords. The objective is a contribution to the understanding of the late Quaternary environmental history of eastern Greenland. For this purpose different natural data archives of the palaeoenvironmental conditions, such as lacustrine sediments, peat and soil profiles, water bodies, and ice masses, shall be sampled and investigated.

Priority will be set on the sampling of lake sediments. They probably function as the best archives of the postglacial environmental history, because lakes act as sedimentary basins on the continent. Lake sediments, therefore, generally represent more complete depositional sequences than other terrestrial deposits. In high latitudes, lake sediments mostly are laminated, lacking any disturbance by bioturbation. Furthermore, commonly occurring high organic carbon contents often enable detailed age determinations via radiocarbon dating. This frequent possibility of obtaining stratigraphic information, together with a high sedimentation rate and sediment preservation, differentiates lake sediments from continental shelf sediments.

In order to determine the large-scale sedimentary architecture and, by this, the most promising sediment coring positions, a detailed sub-bottom profiling survey will be

carried out at least on the biggest lakes. Sediment coring will be carried out by two different coring systems, from a floating platform. Positioning of geological sampling locations will be by satellite navigation (GPS, Global Positioning System).

A comparizon of the terrestrial results with the marine geological investigations on the continental margin, as well as with the glaciological investigations on ice drillings expect new information concerning both the late Quaternary environmental history of eastern Greenland, and the correlation of the land and ocean records.

## **2.2.4**                    **Sea Ice Studies**

### **2.2.4.1**                    **Biology of Arctic melt ponds (IPÖ, MPI)**

Large areas of the Arctic ice floes are covered by melt ponds during the Arctic summer. These melt ponds are unique habitats in the Arctic environment since they exist only over a short period of time ( from approximately June to September ), exhibit large fluctuations in physical and chemical properties, and are exposed to high light intensities (including UV radiation). Biological investigation of these habitats are rather scarce. Our biological studies on sea ice melt ponds are the continuation of work already done during the Polarstern expeditions ARK-IX and ARK-X/1. The investigations mainly focus on community analysis and experimental approaches.

Samples for the determination of physical, chemical and biological properties will be taken directly on the ice. The abundance and biomass of bacteria and protists will be determined using epifluorescence microscopy. Reference samples from land and glacial ponds on Greenland will be taken to find out whether melt pond organisms are important from land.

The experimental studies will give insights in the dynamics of the food web structure of the melt pond communities. Other experiments will focus on the effects of natural UV radiation on the growth and grazing rates melt pond organisms using the serial dilution technique.

Living melt pond organisms will be taken back to the Institute for Polar Ecology for further investigations of the physiology and growth characteristics of melt pond organisms.

## **2.2.5**                    **Biology**

### **2.2.5.1**                    **Polar bear and walrus studies (GFRI, NPI)**

A special study concentrates on deploying satellite-linked radio transmitters on polar bears and walruses. The study is conducted jointly by Greenland Fisheries Research Institute (Born; Copenhagen) and Norwegian Polar Research Institute (Wiig; Oslo) The purpose is to determine the stock identity of these species in

eastern Greenland. The satellite-like radio transmitters will allow for tracking individual movement up to 1,5 years. Thereby it can be determined whether polar bears and walruses, respectively, occur all year round in eastern Greenland (i.e. they form an isolated group) or whether they migrate to Svalbard and mix with animals there (i.e. Svalbard and eastern Greenland share walrus and polar bear populations). The polar bear study is a continuation of a study initiated in May 1993 on Polarstern ARK-IX/2 in NE Greenland. The walrus study is a part of walrus studies conducted in eastern Greenland and Svalbard since 1989.

#### Methods

Polar bears will be darted from either helicopter or an inflatable. During the immobilization the animal will be furnished with a radio collar. Furthermore, the bear will be tagged with ear tags. Samples (hair, claw, blood) will be taken for various studies (heavy metal analyses, stable isotopes, DNA) The density of polar bears in eastern Greenland at this time of the year is not known. It is anticipated that during ARK-X/2 perhaps 20 or 30 bears will be tagged. The walruses will be immobilized while they are hauled out either on land or on ice floes. The narcotics used for walruses is very fast acting and it has an antidote so that the immobilization can be reversed within a short time. The radio transmitter is attached to one of the tusks. Between 5 and 10 walruses will be immobilized.