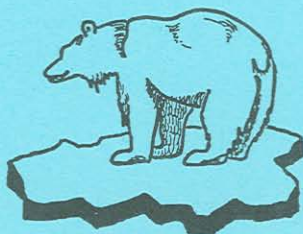




FS „Polarstern“
Expeditionsprogramm Nr. 15



ARKTIS VI
1-4
1989



Z 432

15
1989

ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
BREMERHAVEN, APRIL 1989

FS "POLARSTERN"

ARKTIS VI (1-4)

Fahrtleiter

ARK VI/1: H.J. Schwarz

ARK VI/2: J. Meincke

ARK VI/3: G. Krause

ARK VI/4: G. Hempel

Koordinator: G. Krause

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung

Bremerhaven

März 1989

Arktis-Reise ARK VI

20.04. - 08.07.1989

Übersicht über den Fahrtverlauf

Die 6. Arktisreise der "POLARSTERN" ist mit Ausnahme des ersten Fahrtabschnittes der Durchführung zahlreicher Forschungsvorhaben im Rahmen des internationalen Grönlandsee-Projektes des Arctic Ocean Science Board gewidmet. Sie betreffen zum Teil mehrjährige Vorhaben in der physikalischen, chemischen und biologischen Ozeanographie.

"POLARSTERN" wird am 20. April 1989 aus Bremerhaven auslaufen, in der Nähe von Trondheim einige norwegische Kollegen an Bord nehmen und dann in der Barents-See (Abb. 1) ein ingenieurwissenschaftliches Programm zur Erfassung mechanischer Eigenschaften verschiedener Eisarten durchführen. Gleichzeitig werden Sedimenteinschlüsse und Mikrowelleneigenschaften des Eises erforscht. Dieser erste Fahrtabschnitt wird am 8. Mai 1989 in Longyearbyen enden.

Auf dem zweiten Abschnitt stehen ozeanographische Vorhaben im Mittelpunkt, insbesondere die Aufnahme und Auslegung zahlreicher Strömungsmesserketten in der Grönlandsee (Abb. 2). Daneben werden jedoch auch biologische und geologische Arbeiten durchgeführt. Das Mikrowellen-Programm wird sowohl hier wie auf dem dritten Fahrtabschnitt fortgesetzt.

Nach erneutem Personalwechsel in Tromsø am 5. Juni 1989 stehen dann die Arktik- und die Polarfront im Brennpunkt des Interesses von Biologen, Chemikern und Ozeanographen (Abb. 3). Während eines kurzen Aufenthaltes in Longyearbyen am 29. Juni 1989 werden nochmals einige Wissenschaftlergruppen ausgetauscht. Nach Fortsetzung des Programms im gleichen Arbeitsgebiet soll "POLARSTERN" am 8. Juli 1989 in Hamburg eintreffen.

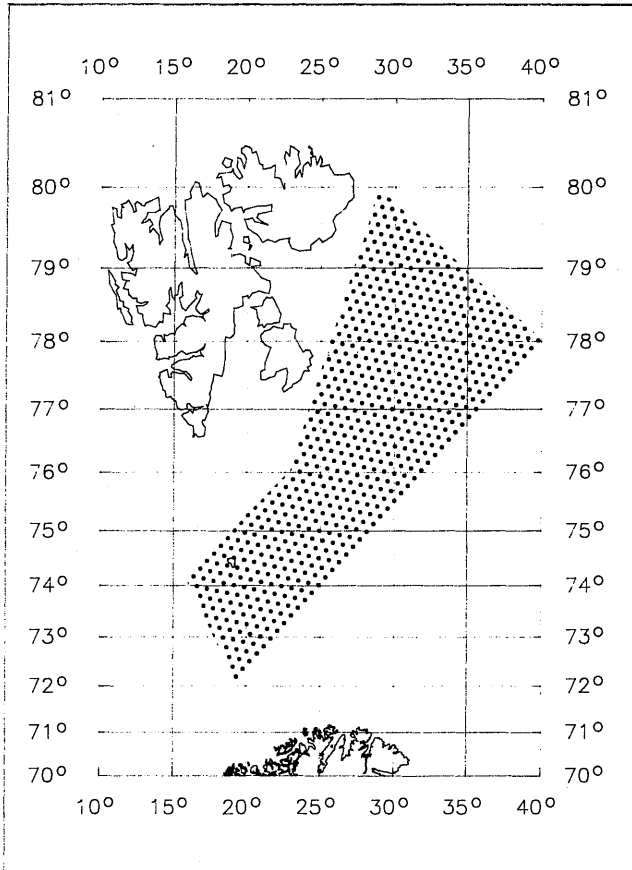


Fig.1 Arbeitsgebiet während des 1. Fahrtabschnitts
Working area during leg 1.

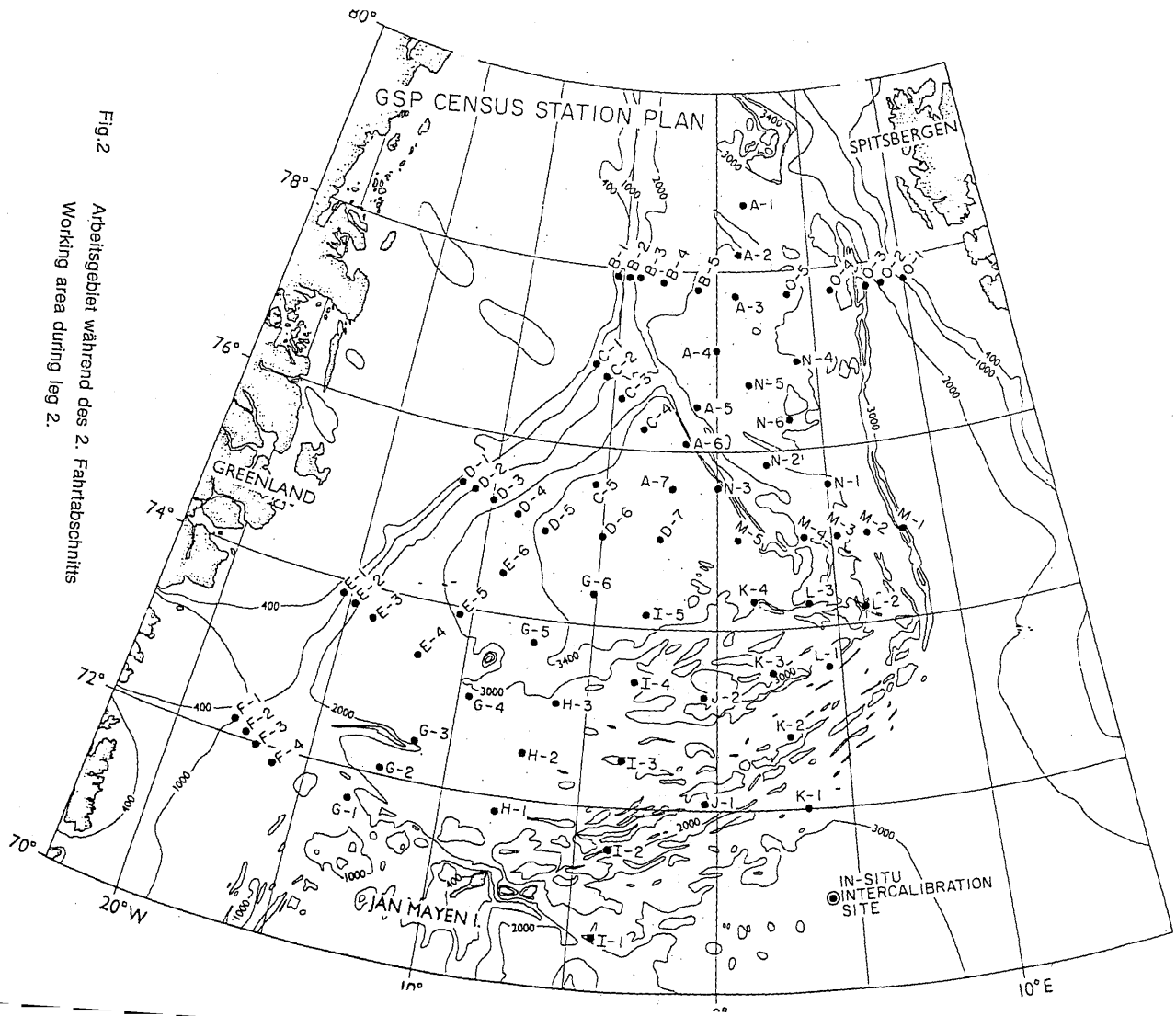


Fig. 2 Arbeitsgebiet während des 2. Fahrabschnitts
Working area during leg 2.

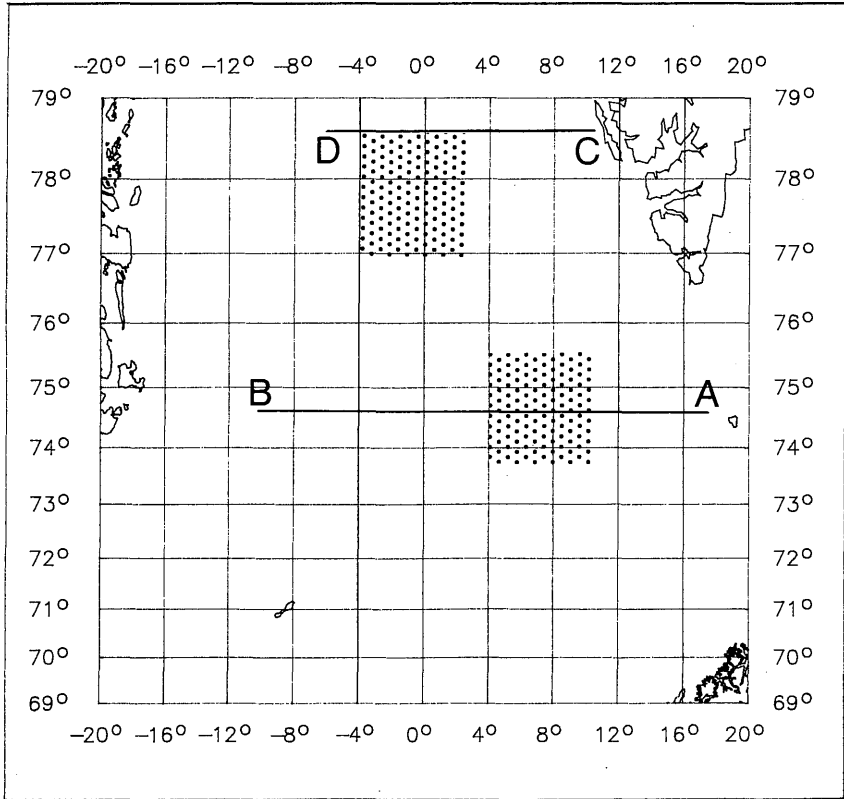


Fig.3 Arbeitsgebiet während des 3. und 4. Fahrtabschnitts
Working area during leg 3 and 4.

1. **FAHRTABSCHNITT ARK VI/1**
BREMERHAVEN - LONGYEARBYEN
20.04. - 08.05.1989

1.1. Einleitung

Der erste Abschnitt ist hauptsächlich der ingenieurwissenschaftlichen Eiserkundung gewidmet. Die Absicht ist, mehrjähriges Eis und Eisberge zu finden, um die mechanischen Eiseigenschaften wie Festigkeit, E-Modul und Bruchzähigkeit in Zusammenhang mit Salzgehalt, Dichte, Luftanteil, Temperatur und Kristallstruktur zu bestimmen. Die genommenen Eisproben werden zum Teil an Bord von "POLARSTERN" und zum Teil in den Kältelaboratorien von SINTEF in Trondheim und HSVA in Hamburg untersucht. Wissenschaftler verschiedener Nationalitäten (BRD, Norwegen, USA, UdSSR) werden gemeinsam diese Untersuchungen durchführen.

Neben dieser Hauptuntersuchungsaufgabe werden Sedimenteinschlüsse in verschiedenen Eisarten durch Wissenschaftler von GEOMAR und der Universität Kiel untersucht. Mikrowelleneigenschaften von Eis, Schnee, Ozean und Atmosphäre werden von der Mikrowellengruppe der York University, Canada, untersucht. Zwei Biologen vom Norsk Polarinstitut werden Seevögel beobachten, und ein Meeresbiologe vom AWI wird Untersuchungen über die physiologische Anpassung von Pflanzen vornehmen.

Das gesamte Programm wird elf Tage lang in den eisbedeckten Gewässern östlich von Spitzbergen - möglichst bis zur Insel Kvitoya - durchgeführt. Anschließend nimmt die "POLARSTERN" Kurs auf Longyearbyen, wo die meisten Wissenschaftler von Bord gehen und mit dem Flugzeug am 8. Mai 1989 nach Hause zurückkehren.

1.2. Forschungsprogramme

1.2.1. Probenentnahme von Eisberg-Eis (NHL)

Von der Entnahmegruppe werden die HSVA-Eisversuche während der Expedition und die SINTEF-Eisversuche in Trondheim mit Eisproben versorgt.

Ein fahrbares Bohrgerüst, das gut 260 kg wiegt und von drei Personen bedient wird, wird benutzt, um Proben bis zu einer Tiefe von ungefähr 8 Metern zu entnehmen. Während dieser Tätigkeit werden im Eisberg mehrere Temperaturprofile gemessen. Die Gruppe ist auf Hubschraubertransport von Ausrüstung, Proben und Personal angewiesen.

1.2.2. Messung der Eisbergdicke mit Radar (NHL)

Bislang wurden Sonargeräte benutzt, um eine Abschätzung der Unterwasserkontur von Eisbergen zu erhalten. Dieses ist ein zeitaufwendiges und schwieriges Verfahren. Deshalb ist beabsichtigt, eine schnellere und genauere Methode zum Bestimmen von Eisbergform und -volumen zu finden.

Für diese Untersuchungen steht ein Radargerät für kontinuierliche Eisdickenbestimmung zur Verfügung. Dieses Gerät wurde bereits zum Messen der Dicke von Gletschern sowohl in Norwegen als auch in Spitzbergen benutzt. Falls die Eisberge nur aus Süßwassereis ohne Eisgrus (slush) zwischen dem Eisbergeis und dem Seewasser bestehen, wird das Gerät gute Ergebnisse liefern.

Das Radargerät wird entweder von einem Schlitten oder vom Hubschrauber aus eingesetzt, um die gesamte Oberfläche von ausgewählten Eisbergen auszumessen. Falls ein Hubschrauber benutzt wird, ist das Gerät wahrscheinlich auch zum Vermessen von Presseisrücken einsetzbar.

1.2.3. Ermittlung des kritischen Spannungsintensitätsfaktors K_{IC} an Eisbergeis aus der Barents-See (HSVA)

1.2.3.1. Aufgabenstellung

Es soll das bruchmechanische Verhalten von Eisbergeis ermittelt werden, wie es im späten Frühjahr in der Barents-See anzutreffen ist. Zu diesem Zweck sollen an derartigem Eis der kritische Spannungsintensitätsfaktor K_{IC} für den ebenen Spannungszustand sowie die Biegefestigkeit (als Maß für die Zugfestigkeit) bestimmt werden. Da Eisbergeis allem Anschein nach dazu neigt, seine Eigenschaften recht schnell nach der Probenentnahme zu verändern, ist es erforderlich, mechanische Untersuchungen an derartigem Eis möglichst unverzüglich durchzuführen. Zur Dokumentation der Kristallstruktur des Eises sollen Dünnschnitte von Eis aus dem Bereich der mechanisch untersuchten Proben angefertigt und unter polarisiertem Durchlicht photographiert werden.

1.2.3.2. Versuchsverfahren und Ausrüstung

Zur Ermittlung des kritischen Spannungsintensitätsfaktors soll die "Disc-Shaped Compact"-Probe (DC(T)-Probe) entsprechend ASTM E 399 - 81 verwendet werden. Die Proben sollen dabei aus Abschnitten von Eis-Bohrkernen von 340 mm Durch-

messer gefertigt werden. Die Bohrkerne werden von einer anderen an der Expedition teilnehmenden Arbeitsgruppe bereitgestellt. Es wird davon ausgegangen, daß die Probengröße ausreicht, um gültige K_{Ic} -Werte gemäß ASTM E 399 - 81 gewinnen zu können. Die Versuche werden auf einer portablen 10 kN Materialprüfmaschine gefahren. Diese Prüfmaschine wird mit speziellen Adaptern für den Bruchmechanik-Versuch und mit einem hochauflösenden Reißaufweitungsnehmer (COD-Aufnehmer) versehen.

Die Probenvorbereitung, mit Ausnahme einer Kerbenfräsung, wird in einer speziellen Lehre vorgenommen. Die Kerbe wird in einer speziell für diesen Zweck eingerichteten Fräse in die Probe gefräst. Die Fräse wird mit einer speziellen Aufnahme für die DC(T)-Proben versehen.

Für die Ermittlung der Biegefestigkeit wird der 3-Punkt-Biegeversuch benutzt. Kleine Biegebalken werden aus Eis-Kernabschnitten gefertigt, die denen, die für die Bruchmechanikproben verwendet werden, unmittelbar benachbart sind. Zur Probenvorbereitung wird dieselbe Lehre benutzt, die auch für DC(T)-Proben eingesetzt wird. Aus jedem Kernabschnitt sollen zwei Balkenproben gefertigt werden. Direkte Zugversuche sollen nicht durchgeführt werden, da hierfür die entsprechende Ausrüstung nicht zur Verfügung steht.

Die Dünnschnittfertigung wird auf einem Mikrotom vorgenommen. Für die Photodokumentation der Dünnschnitte steht ein Polaroskop mit Universaldrehtisch zur Verfügung. Es ist allerdings nicht vorgesehen, vollständige kristallographische Untersuchungen entsprechend Langway (1958) durchzuführen, weil davon ausgegangen wird, daß die Größe der Kristallkörner zu gering ist, um derartige Untersuchungen ohne optische Hilfsmittel, wie z.B. einem Mikroskop, vorzunehmen.

Sämtliche Versuche werden in den an Bord vorhandenen Kühlräumen durchgeführt.

1.2.4. Eigenschaften von mehrjährigem Meereis in der Barents-See (HSVA)

Es werden Bohrkerne aus zwei- oder mehrjährigen Eisschollen entnommen. Ein Teil der Bohrkerne wird verwendet, um Profile von Temperatur, Salzgehalt, Dichte und Kristallstruktur über die Dicke der untersuchten Eisschollen aufzunehmen. Mit Hilfe der Referenzfestigkeitsmethode (Häusler, 1988) werden über die Gesamtporosität Profile von mechanischen Eigenschaften (Festigkeiten, Modulin) über die Eisdicke entwickelt, die für die Barents-See und den Beobachtungszeitraum kennzeichnend sind. Der andere Teil der Bohrkerne wird eingelagert und im HSVA-Eislabor für

einachsige Zug- und Druckfestigkeitsversuche verwendet. Die gemessenen Festigkeitsergebnisse werden benutzt, um die Verwendbarkeit der Referenzfestigkeitsmethode für natürliches, mehrjähriges Meereis experimentell abzusichern.

1.2.5. Mikrowellen-Eigenschaften von Eis, Schnee, Ozean und Atmosphäre (AES)

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Untersuchung der Mikrowellen-Eigenschaften von Eis, Schnee, Ozean und Atmosphäre in Abhängigkeit von physikalischen Messungen und Beobachtungen der relevanten Kenngrößen. Diese Untersuchung ist gleichzeitig Teil der Zuverlässigkeitsprüfung für den speziellen Mikrowellensender/empfänger (SSM/I), ein im Weltraum positionierter Mikrowellen-Strahlungsmesser. Diese allgemeine Untersuchungsaufgabe kann noch weiter in folgende Einzelaufgaben unterteilt werden:

1. Mikrowellen Signatur von altem, einjährigem, neuem Eis und Eisbergen
2. Mikrowellen-Eigenschaften von Schnee - über verschiedenartigem Eis liegend - unmittelbar bevor und während des Beginns der Bildung von Wasser im Schnee.
3. Mikrowellen-Eigenschaften der atmosphärischen Luftsäule zu Zeiten von Radiosonden Aufstiegen.
4. Mikrowellenstrahlung des eisfreien Ozeans als Funktion der Meeresoberflächentemperatur und der Windgeschwindigkeit.

Während der ARK VI/1 und VI/2 Expeditionen werden zwei Strahlungsmeßgeräte an Bord der "POLARSTERN" sein, ein dual-polarisiertes 37 GHz-System für die o.g. Forschung und ein zweites System (horizontal polarisiertes Strahlungsmeßgerät), das im Zusammenhang mit der Schiffsnavigation bezüglich seiner Eignung geprüft werden soll. Beide Strahlungsmeßgeräte liefern Bilder eines begrenzten Gebietes seitlich oder vor dem Schiff.

Das Forschungsprogramm wird unterstützt durch Messungen physikalischer und elektrischer Eigenschaften der Schneedecke auf dem Eis, wenn sie sich vom kalten Winterschnee zu schmelzender Schneezusammenballung verändert.

Während der gesamten Reise wird der Schiffs- und Fahrtleitung durch taktische und strategische Eis-Routenberatung auf der Basis des Navigationsradiometers, das vom

Schiff und vom Hubschrauber aus eingesetzt wird, geholfen. Ferner werden dafür aktuelle SSM/I-Daten des INMARSAT benutzt, die von der York Universität direkt zum Schiff und zum Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg übertragen werden.

1.2.6. Subsweeper Experiment (NTNA)

Der Subsweeper ist ein multistatistische kohärentes Sonargerät, das aus

- einem 1 kW Sender
- und drei in einer Reihe angeordneten Empfängern besteht.

Die empfangenen Signale werden per Funk an den Sender und an die Stelle, von der aus die Signalerzeugung und -auswertung stattfindet, übertragen. Diese Stelle kann sich an Bord des Schiffes oder auf dem benachbarten Eis befinden.

Die Aufgabe ist, die Fähigkeit des Subsweepers

- zum Messen des durchschnittlichen Strömungsvektors,
 - zum Erfassen lokaler Strömungen/kleiner Gegenstände
 - und zur Beschreibung der Eisunterseitentopographie
- zu demonstrieren.

Um das System zu kalibrieren, wird es über eine kurze Entfernung von ungefähr 2 bis 5 km zwischen Sender und Empfänger betrieben. Das kalibrierte System wird dann so eingesetzt, daß die Empfängerkette mit dem Hubschrauber auf landfestem Eis installiert und 1 Stunde lang gemessen wird.

1.2.7. Eisuntersuchungen im SINTEF Eistestlabor (SINTEF)

Die Festigkeitsuntersuchungen der HSVA während der Expedition werden durch Untersuchungen von Eisbergeis im Eistestlabor in Trondheim ergänzt. Zwei Bohrkern mit einem Durchmesser von 340 mm werden untersucht. Das Testprogramm für jeden Kern besteht aus

- 1 einachsialen Druckversuch,
- 1 dreiachsialen Druckversuch,
- 1 Zugfestigkeitsversuch,
- 6 Biegefestigkeitsversuchen
- und 8 Dünnschnitten.

1.2.8. Sedimenteinschlüsse im Meereis (GEOMAR, GIK, AWI)

Die Meereisbeprobungen und Beobachtungen 1987 im Bereich der Transpolar Drift (östliches Arktisches Becken) und 1988 im Gebiet des Ostgrönlandstromes (Framstraße und Grönländische See) haben das Vorkommen von Meereisschollen mit sehr hohem Gehalt an partikulärem Material in diesen Gebieten gezeigt. Während die Hauptmenge des Sediments im Sibirischen Eis wahrscheinlich bei der Eisbildung auf den breiten und flachen Sibirischen Schelfgebieten eingebracht wird, ist der Gehalt an sedimentarer Fracht im Eis der Barents See nicht bekannt. Deshalb wird zum ersten Mal systematisch das Meereis der Barents See beprobt, auf Konzentration und Zusammensetzung der Sedimentfracht hin untersucht und ein Vergleich mit dem Arktischen Eis im Norden unternommen.

Eiskerne und Oberflächenproben werden primär von Meereisschollen entnommen, die sichtbare Einschlüsse von partikulärem Material aufweisen. Zusätzlich sollen systematisch Eiskerne und Oberflächenproben nach einem festgelegten Schema entnommen werden. Sie sollen Daten über die Gesamt-Konzentration der partikulären Fracht, die vertikale und laterale Verteilung im Eis und für Flux-Berechnungen liefern. Zur Bestimmung der Wachstumsgeschichte und Entwicklung des Eises, die besonders wichtig für die Interpretation des Materialeintrages und der Veränderung der Materialfracht sind, werden die Eiskerne an Land auf Eistextur, C-Achsen Orientierung, Größe der Eiskristalle, Salinität, ^{18}O , Chemie und Nährstoffgehalt untersucht. Die Eisbeobachtungen, Fotografie und Videoaufnahmen werden vom Schiff und mit dem Helikopter durchgeführt, um die Eischarakteristika zu dokumentieren.

In Zusammenarbeit mit der HSVA ist geplant, Kerne von den in der Barentssee häufiger auftretenden Eisbergen zu nehmen. Diese Proben werden an Bord aufgetaut und dann für Untersuchungen am partikulären Material filtriert.

1.2.9 Ornithologie (NPI)

Die biologische Arbeitsgruppe des Norsk Polarinstituts nimmt mit zwei Personen zur Zählung von Seevögeln in den eisbedeckten Gewässern der nördlichen Barents See teil. Frühere Expeditionen in dieses Gebiet haben gezeigt, daß offenes Wasser zwischen dem Eis östlich Spitzbergens für die Seevögel wichtig ist. In diesen Gebieten wurden große Ansammlungen von Brünnich's Guillemots beobachtet. Mageninhalt-Untersuchungen zeigen, daß sie sich hauptsächlich von Paraathemisto libellula ernähren. Da die norwegischen Forschungsschiffe im arktischen Packeis begrenzt einsetzbar sind, war

man nicht in der Lage, herauszufinden, wie weitgehend sich Seevögel in der Frühjahrsperiode in eisbedeckten Seegebieten aufhalten; diese Untersuchung ist mit der "POLARSTERN"-Expedition möglich.

Beobachtungsprofile werden vom Schiff aus entsprechend den standardisierten Methoden durchgeführt. Wenn möglich, wäre es sinnvoll, diese auch vom Helikopter aus vorzunehmen.

1.2.10. Zooplankton-Untersuchungen (AWI)

a) Lebenszyklen und saisonale Vertikalwanderung der herbivoren Copepoden (AWI)

Der Gesamtbestand der Sekundärproduzenten, in der Grönlandsee fast ausschließlich gebildet von den herbivoren Copepoden, und seine Vertikalverteilung läßt Rückschlüsse auf den Energiefluß vom Phytoplankton zum Zooplankton zu. Die Copepodenbiomasse wird letztendlich gesteuert von der zur Verfügung stehenden Nahrung. Die Vertikalverteilung der Copepoden unterliegt aber zwei Faktoren, der Nahrungsverteilung - besonders im Sommer finden sich ausgeprägte Maxima der Phytoplanktonbiomasse - und der ontogenetischen Vertikalwanderung. Letztere ist Teil der Anpassungsstrategie der einzelnen Arten an den Lebensraum und garantiert ein Überleben der Art in Zeiten von Futterknappheit. So überwintern die meisten Herbivoren in der Grönlandsee in größeren Tiefen in bestimmten Überwinterungsstadien mit herabgesetztem Stoffwechsel. Das Aufsuchen der Überwinterungstiefe und das Wiederauftauchen unterliegt endogener Steuerung und ist nicht abhängig vom aktuellen Futterangebot. So wandert die Mehrzahl der älteren Entwicklungsstadien von *Calanus finmarchicus* schon im Juni in die Tiefe, obwohl zu dieser Zeit noch reiche Phytoplanktonvorkommen beobachtet werden. Die saisonale Vertikalwanderung und die damit verbundenen physiologischen Anpassungen sind Teil eines Projektes, das im November 1988 begann und wobei in regelmäßigen Abständen über das Jahr verteilt die Vertikalverteilung des Zooplanktons in der Grönlandsee untersucht wird. Dabei werden auf ausgesuchten Stationen im Grönlandseewirbel und im Norwegischen Küstenstrom Multinetzfänge in 10 Tiefenstufen vom Boden bis zur Oberfläche gesammelt und einzelne Copepoden für spätere physiologische und biochemische Untersuchungen aussortiert. Diese Arbeiten werden im Verlauf der gesamten ARK VI Expedition durchgeführt.

b) Häutungsphysiologie (AWI)

Die Entwicklung von Krebsen ist weitgehend vom Häutungszyklus bestimmt. Viele physiologische Prozesse laufen nach spezifischen Mustern innerhalb dieses Zyklus ab.

Deshalb ist die Kenntnis des Häutungsstadiums bei Tieren, die für physiologische Untersuchungen verwendet werden sollen, von entscheidender Bedeutung. Bei Copepoden wurde dies jedoch bisher noch nicht berücksichtigt. Die Bestimmung des Häutungsstandes erlaubt jedoch auch Aussagen über die Alterszusammensetzung einer Population besonders bei Arten und Stadien mit sehr langem Zyklus, wie z.B. den Überwinterungsstadien arktischer Copepoden.

Anhand der sich neu entwickelnden Borsten innerhalb eines Häutungszyklus (Setogenese) und Hälterungsexperimenten sollen die Häutungsstadien von *Calanus hyperboreus* beschrieben und Wachstum und Entwicklungszeiten der Larvenstadien bestimmt werden.

2. **Fahrtabschnitt ARK VI/2**
Longyearbyen - Tromsø
08.05. - 04.06.1989

2.1. Allgemeines

Der zweite Fahrtabschnitt sieht interdisziplinäre Arbeiten in der westlichen Grönlandsee und in der Framstraße zwischen Spitzbergen und Grönland vor. Die Arbeiten in der westlichen Grönlandsee sind ein Beitrag zum internationalen Grönlandsee Projekt, in dessen Mittelpunkt die saisonale Erfassung des physikalischen, chemischen und biologischen Zustandes der Grönlandsee steht. Endend mit dem Abschnitt der "POLARSTERN" und den zeitlich parallelen Arbeiten der "HAKON MOSBY" ist eine letzte vollständige Sommer-Aufnahme vorgesehen. Aus Aufnahmen während des vorangegangenen Sommers, des Herbstes und des Winters soll so eine quantitative Abschätzung der für das Klimageschehen wichtigen Tiefenwasserbildungsraten und ihrer chemischen und biologischen Konsequenzen ermöglicht werden.

2.2. Wissenschaftliche Programme

2.2.1. Physikalische Ozeanographie (IFMH, AWI, IFMK, PMEL, SIO)

Die Grönlandsee ist eines der wenigen Areale im Weltmeer, wo Oberflächenwassermassen während des Winters absinken und sich in der Tiefe weltweit ausbreiten. Dieser klimatologisch wichtige Prozeß ist vom Zusammentreffen mehrerer Vorgänge abhängig. Dazu gehören:

- a) Transport von Eis und polarem Wasser im Ostgrönlandstrom sowie von atlantischem Wasser, das in der Framstraße rezirkuliert und entlang der ostgrönländischen Schelfkante nach Süden transportiert wird.
- b) Vermischungsprozesse zwischen polarem, arktischem und atlantischem Wasser entlang der Arktikfront und der Polarfront.
- c) Eintrag von Tiefenwasser aus dem Arktischen Ozean in die Grönlandsee.
- d) Zyklonale Zirkulation der Wassermassen der zentralen Grönlandsee.

Diese Komponenten sollen durch die Messungen von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff und Nährstoffen sowie Langzeitregistrierungen mit verankerten Strömungsmessern erfaßt werden (s. Abb.2). Weiterhin dient der Fahrtabschnitt der Fortsetzung der seit 1983 laufenden Arbeiten zum Wassermassenaustausch durch die Framstraße. Hierzu ist die Wiederholung eines engabständigen hydrographischen

Schnittes entlang 80° N sowie das Auswechseln von Verankerungssystemen vorgesehen.

2.2.2. Meereisuntersuchungen (GEOM, GIK, AWI, NPI)

Der größte Teil des Meereises im Sibirischen Arm der Transpolar Drift mit seinen hohen Sedimentgehalten verläßt das Arktische Becken durch die Framstraße, wo es dann mit dem Ostgrönlandstrom weiter südlich transportiert wird. Eiskerne und Oberflächenproben sollen so eng wie möglich senkrecht zum Ostgrönlandstrom genommen werden, um die Bedeutung unterschiedlicher Materialquellen für den gesamten Flux aus dem Eis zu verstehen.

Die Proben sollen Daten über die Gesamt-Konzentration der partikulären Fracht, die vertikale und laterale Verteilung im Eis und für Flux-Berechnungen liefern.

Die Eisbeobachtungen, Photographien und Videoaufnahmen werden vom Schiff und mit dem Helikopter durchgeführt, um die Eischarakteristika zu dokumentieren.

Wie schon in den Vorjahren, werden im Zusammenhang mit Strömungsmesserverankerungen Sonargeräte zur Eisdickenmessung im Bereich des Ostgrönlandstromes verankert.

2.2.3. Mikrowelleneigenschaften von Eis, Schnee, Ozean und Atmosphäre (AES)

Fortsetzung des Programms 1.2.5.

2.2.4. Marine Chemie (MIT)

Das meereschemische Meßprogramm umfaßt neben den klassischen Nährsalzen, die zur Wassermassenidentifikation herangezogen werden sollen und die Untersuchungen zur Primärproduktion stützen, die Anwendung eines neuen Verfahrens zur Bestimmung von Aluminium im Seewasser. Hier werden deutliche Unterschiede zwischen polaren und arktischen Wassermassen erwartet. Weiterhin soll die chemische Zusammensetzung von Detritus untersucht werden, der in den seit Sommer 1988 ausliegenden Sedimentfallen erwartet wird.

2.2.5. Marine Geologie (GEOM, GIK)

Die Entwicklung der arktischen und subarktischen Tiefseebecken hat eine Schlüssel-

funktion für die globale Zirkulation der Wassermassen und die globalen Klimaentwicklungen. Für ihre Beschreibung ist es wichtig, die paläo-ozeanographische Geschichte des Ostgrönlandstromes in Relation zum arktischen Ozean und dem Hauptbecken des Nordatlantiks zu erfassen. In Fortsetzung der Arbeiten während ARK V/3a ist die Beprobung von 10 Stationen im Bereich des Ostgrönlandstromes und der Fram-Straße mit Kastenloten und Großkastengreifern geplant. Es ist das Ziel, möglichst lange Sedimentkerne mit hoher stratigraphischer Auflösung der letzten ca. 600.000 Jahre zu gewinnen.

2.2.6. Aktuopaläontologie (GEO B)

Für das bessere Verständnis von Sedimentationsprozessen und der Abbildung von Umweltfaktoren in biogenen Hartteilen sollen die zeitlichen und lokalen Veränderungen von planktischen Foraminiferen und Pteropoden im Bereich der Fram-Straße und des Arktischen Ozeans untersucht werden.

Von besonderem Interesse sind diese Veränderungen an ozeanischen Fronten und damit verknüpft die Abhängigkeit der Besiedlung des Oberflächenwassers von den hydrographischen Verhältnissen. Die horizontale und vertikale Verteilung soll mit Multi-netz- und Handnetzfangen erfaßt werden.

Für die Erfassung der saisonalen und langzeitlichen Schwankungen des vertikalen Partikelflusses läuft seit 1983 ein Sinkstoffallenexperiment. Zwei Sinkstoffallenverankerungen sollen nun ausgetauscht und eine zusätzliche ausgebracht werden.

2.2.7. Benthos in der Grönlandsee (IPÖ)

Siehe Programm 3.2.6.

2.2.8. Experimentelle Zooplanktonuntersuchungen (AWI)

Fortsetzung des Programms 1.2.10.

2.2.9. Sarcodynenbiologie (IMB)

Für ein besseres Verhältnis des globalen Paläo-Ozeans während des letzten glazialen Zyklus ist eine detaillierte Kenntnis der Biologie der Hauptfossilengruppen Voraussetzung. Foraminiferen und Radiolarien sind mehr als jede andere Zooplanktongruppe

an einen Wasserkörper gebunden, so daß Verteilung und Zusammensetzung ihrer Fauna Hinweise auf die integrierte trophische Entwicklung dieses Wasserkörpers geben können.

Die Ziele der Untersuchungen sind

- 1) die Charakterisierung der Radiolarienfauna im Plankton der arktischen Norwegischen See und
- 2) eine Verbindung zwischen der Zusammensetzung der Radiolarien-Biozönose und der jüngeren trophischen Entwicklung des umgebenden Wassers herzuleiten.

Zusammen mit den Ergebnissen früherer Fahrten soll der Response der Radiolarienfauna auf Produktionsereignisse in der Norwegischen See ermittelt werden.

3. FAHRTABSCHNITT ARK VI/3+4
TROMSÖ - LONGYEARBYEN - HAMBURG
05.06. - 29.06. - 08.07.1989

3.1 Allgemeines

Die geplanten Untersuchungen schließen sich an die Expeditionen MIZEX 1983, 1984 und die Arktisreise ARK VI/1 1987 an. Sie haben die Erforschung des engen Zusammenhangs zwischen biologischer Produktion und physikalisch-ozeanographischen Prozessen zum Ziel, vorwiegend im Bereich der Arktik- und der Polarfront. Durch Wiederholung der Feldmessungen zu verschiedenen Jahreszeiten wird gleichzeitig ein Einblick in die saisonale Veränderlichkeit der Fronten und der biologischen Produktivität angestrebt. Die biologischen und ozeanographischen Programme sind Teile des Grönlandseeprojekts des Arctic Ocean Science Board.

Arktikfront

Die biologischen Arbeiten im Gebiet der Arktikfront bauen auf der ARK IV/1 Expedition 1987 auf und sind eingebettet in ein physikalisch-ozeanographisches Programm zur Untersuchung der jahreszeitlichen Variabilität der Arktikfront und ihrer Bedeutung bei der Tiefenwasserbildung in der Grönlandsee. Dabei wird über ein Jahr verteilt (1988/89) in regelmäßigen Abständen ein Stationsnetz zwischen 74°N und 75°30'N bearbeitet.

Die Expedition ARK IV/1 im Jahr 1987 fiel in den Beginn der Frühjahrsblüte in der Grönlandsee, wo die Nährstoffe noch nicht aufgebraucht waren und die Versorgung mit

anorganischen Nährstoffen durch Frontenprozesse (Konvergenzen, Divergenzen) deshalb keine Rolle spielte. Der jetzt spätere Untersuchungsbeginn soll eine weiter fortgeschrittene Phytoplanktonentwicklung gewährleisten und zeigen, inwieweit die Front von Bedeutung für das Phytoplanktonwachstum und damit für das gesamte Plankton ist.

Polarfront

Die früheren Arbeiten im Gebiet der Ostgrönland-Polarfront ergaben einen komplexen Aufbau der Frontenregion mit untergetauchter Hauptfront am Schelfrand und Oberflächenfront in mehr als 100 km Entfernung davon. Kontinuierliche Messungen der Temperatur und Partikelverteilung in 9 m Wassertiefe zeigten, daß der zwischen den Fronten liegende Abschnitt charakterisiert war durch hohe kleinskalige Variabilität in Temperatur und Partikelverteilung, die durch das Vorhandensein zahlreicher Konvergenz/Divergenzzellen erklärt werden könnte. Allerdings war der Stationsabstand mit vertikalen Profilen von physikalischen und biologischen Parametern zu groß, um diese Hypothese zu untermauern. Zahlreiche weitere Fragen blieben offen, die zum Teil aufgrund von Zeitknappheit, zum Teil durch instrumentelle Engpässe damals nicht beantwortet werden konnten.

Auf ARK VI konzentrieren sich die Arbeiten auf die Untersuchung der Frontenstruktur und die Bedeutung von Wirbeln im Frontenbereich. Ein höherauflösendes Stationsnetz mit Stationsabständen von 5 sm soll garantieren, daß die fehlenden Informationen erlangt und die offenen Fragen geklärt werden können. In Abb. 3 sind die geplante Fahrtroute und die Gebiete gekennzeichnet, in denen die hochauflösenden Messungen stattfinden sollen.

3.2 Teilprogramme:

3.2.1 Physikalische Ozeanographie (AWI, OL)

a) Rahmenprogramm für biologische Prozeßstudien

Beim Studium der Planktonentwicklung in den Frontalzonen der Grönlandsee werden insbesondere folgende Fragen an die physikalischen Ozeanographen gestellt:

- Wo ist die Front (Arktikfront/Polarfront)?
- Handelt es sich beim Auftreten großer Gradienten skalarer Größen um die jeweilige Hauptfront oder um isolierte Wirbelgrenzen?
- Wo gibt es Konvergenzen und Divergenzen des Strömungsfeldes?
- Wie groß ist die Stabilität der Schichtung der Wassersäule?

Die Beantwortung durch aktuelle Messungen erfordert unterschiedliches Instrumentarium und beinhaltet verschiedene Schwierigkeitsgrade. Als Kompromißlösung werden wir folgende Strategien verfolgen und folgende Meßgeräte einsetzen:

- Registrierungen vom fahrenden Schiff
 - Temperatur
 - Salzgehalt
 - Lichtextinktion
 - Chlorophyll-Fluoreszenz
 - Mie-Rückstreuung
 - Gelbstoff-Fluoreszenz
 - Messung vertikaler Stromprofile mit einem akustischem Doppler-Strommesser (ADCP)
- XBT-Schnitte
- CTD-Profile bis 500 m Tiefe auf jeder Station
- CTD-Profile bis zum Boden auf 2 Schnitten (A B und CD in Abb. 3)
- Wenn immer es möglich ist, werden Satellitenbilder als Zusatzinformation genutzt.

b) Jahreszeitliche Veränderlichkeit der Arktik-Front (AWI)

Der Transport von Wärme und insbesondere von Salz über die Arktikfront spielt eine große Rolle für Konvektionsereignisse im Grönlandseewirbel während des Winters. In Zusammenarbeit mit dem Hamburger Institut für Meereskunde wird deshalb ein Programm abgearbeitet, das die Untersuchung der jahreszeitlichen Veränderlichkeit der Schichtung im Bereich der Arktikfront zum Ziel hat. Es wird mit Hilfe der Forschungsschiffe "METEOR", "VALDIVIA" und "POLARSTERN" zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt und sieht jeweils folgende Arbeiten vor:

- Großer CTD-Schnitt auf 74°20'N von der Bäreninsel bis ins Zentrum des Grönlandseewirbels
- Schnelle Aufnahme der 3-dimensionalen Temperaturschichtung auf 7 XBT-Schnitten zwischen 73°40'N und 75°0'N in der Frontalzone
- Mehrere engabständige CTD-Schnitte in der Frontalzone, die aufgrund der XBT-Daten festgelegt werden.

Dieses Programm läßt sich sehr gut zusammen mit den vorgesehenen biologischen und chemischen Arbeiten durchführen.

c) Untersuchung optischer Eigenschaften des Meerwassers (OL)

Unsere Arbeiten beinhalten die Messung inhärenter optischer Parameter im Bereich der Polarfront. Von zentralem Interesse sind die folgenden Zusammenhänge:

- Konzentration und optische Signatur des Gelbstoffs (gelöstes organisches Material, DOM)
- Korrelation zwischen der Fluoreszenz und dem Strahlattenuationskoeffizienten des Gelbstoffs
- mögliche Zusammenhänge dieser Meßgrößen mit hydrographischen (T/S), chemischen (Nährstoffe) und biologischen (Phytoplankton) Parametern
- Untersuchung der Möglichkeit, charakteristische Wassermassen und Fronten in nordpolaren Regionen mit optischen Methoden zu beschreiben.

Es werden Wasserproben aus verschiedenen Tiefen fluorometrisch und bezüglich ihrer Trübung vermessen. Hierzu werden zwei Laborinstrumente eingesetzt:

(i) ein Perkin Elmer F6 Spektralfluorometer für die Aufnahme kontinuierlicher Emissionsspektren bei Anregung im nahen UV und sichtbaren Spektralbereich. Hieraus lassen sich Daten über fluoreszierende Bestandteile des Gelbstoffs und über in vivo-Chlorophyll-a ableiten;

(ii) ein Meßaufbau zur Bestimmung des Strahlattenuationskoeffizienten mit einem optischen Weg von einem Meter. Aus der Analyse filtrierter und unfiltrierter Proben im Vergleich zu Reinstwasser als Referenzmedium werden substanzspezifische Spektren der Attenuationskoeffizienten des gelösten organischen (Gelbstoff) und des partikulären (Plankton, mineralische Trübe) Materials im Wellenlängenbereich 300 bis 700 nm abgeleitet.

Diese Untersuchungen erhalten ihre besondere Bedeutung vor dem Hintergrund der Entwicklung eines schiffsgestützten Lidar-Systems. Mit diesem Instrument sollen Tiefenprofile der Trübung und der Fluoreszenz des Gelbstoffs ermittelt werden. Für den offenen Ozean wird die Eindringtiefe zu mehr als 50 m bei einer Tiefenauflösung von mindestens 20 cm abgeschätzt. Dieses Fernerkundungsverfahren soll es gestatten, kontinuierliche Messungen der Schichtungsverhältnisse vom fahrenden Schiff aus zu erhalten.

3.2.2 Mikrowelleneigenschaften von Eis, Schnee, Ozean und Atmosphäre (AES)

Fortsetzung des Programms 1.2.5.

3.2.3 Meereschemie. (AWI)

a) Nährsalzuntersuchungen

Die meereschemischen Arbeiten stehen in Zusammenhang mit den planktologischen und physikalischen Untersuchungen. In den oberen Wasserschichten kommt es bei stabiler Wasserschichtung, die sich z.B. im Eisrandgebiet durch Abschmelzvorgänge und in Frontensystemen ergibt, zu einem ausgeprägten Phytoplanktonwachstum, das durch Nährsalzverbrauch limitiert werden kann. Nährsalze wie Ammonium werden wiederum durch Remineralisierung freigesetzt, z.B. durch das Zooplankton.

Es wird versucht, eine Bilanzierung des Gesamt-Stickstoffs durchzuführen. Neben den Nährsalzen und dem partikulären Stickstoff liegt auch ein erheblicher Anteil in Form gelösten organischen Stickstoffs vor. Die molekulare Struktur ist weitgehend unbekannt, ebenso inwieweit die organischen Substanzen vom Plankton genutzt werden können.

Aus Wasserproben verschiedener Tiefen werden die anorganischen Nährsalze, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat und Silikat mit einem Auto-Analyzer-System bestimmt, und zwar parallel zu den physikalischen und biologischen Messungen. Mit dem gleichen System werden die gesamten gelösten freien Aminosäuren gemessen. Halbautomatisch mit der Persulfat-Methode sollen der Gesamt-Stickstoff und der gelöste Stickstoff bestimmt werden. Außerdem wird versucht, Stickstoffkomponenten durch verschiedene chemische Methoden anzureichern. Zwischen den Stationen soll Nitrat kontinuierlich gemessen werden, um die kleinskaligen Veränderungen der Nährsalze in Frontengebieten detailliert erfassen zu können.

b) Spuren-Metalltransporte im Wasser und durch Plankton

Untersuchungen über die Rolle von marinen Planktonorganismen in den geochemischen Kreisläufen der Metalle hatten an Bedeutung gewonnen. Sowohl die vertikale als auch die horizontale Verteilung der Metallkonzentrationen in den Planktonorganismen und in den verschiedenen Wasserkörpern sind dabei von großem Interesse. Essentielle und

nicht-essentielle Spurenmetalle werden in der euphotischen Zone von Fauna und Flora aufgenommen. Mit den absterbenden Planktonorganismen und ihren Exkretionsprodukten werden die Metalle in die Tiefe transportiert, wo sich einige in Abhängigkeit von den hydrographischen Bedingungen anreichern.

Wie schon auf ANT VII/5 sollen einmal täglich Neustonproben mit dem Neustonschlitten gefangen werden. In Zusammenarbeit mit Biologen an ca. 10 Tiefenstationen sollen Zooplanktonproben mit dem Multinetz und Wasserproben mit Go-Flo Samplern gewonnen werden.

Für die Aufarbeitung der Planktonproben werden einzelne Individuen sofort nach dem Fang unter dem Stereomikroskop aussortiert und in kontaminationsfreien Probengefäßen aufbewahrt. Nach Gefriertrocknung und Säureaufschluß wird im Labor auf Cd, Pb, Zn und Cu analysiert. Zur Beprobung des Oberflächenwassers wird eine kontinuierlich arbeitende Teflonpumpe, die mit einem Schnorchelsystem in Verbindung steht, eingesetzt. Bei Eisverhältnissen können Wasserproben von der Oberfläche mit dem Mercos-Schöpfersystem über den Bugausleger genommen werden. In einem Reiraumcontainer werden die Wasserproben zur weiteren Analyse von Spurenmetallen mit Hilfe der Flüssig-flüssig Extraktion aufgearbeitet. Die Metallanalyse mit der AAS erfolgt im AWI.

3.2.4 Partikuläre organische Substanz und Phytoplankton (AWI, GIROQ, ITE, TCES, ITZ)

- a) Kontinuierliche Messung der Partikelverteilung und der Temperatur und Chlorophyll-Fluoreszenz (ITE)

Besonders im Bereich klein- und mesoskaliger Vorgänge, wie sie in physikalisch und biologisch dynamischen Gebieten wie Fronten vorkommen, stößt die konventionelle Arbeit mit Stationsarbeit vom gestoppten Schiff schnell an ihre Grenzen. Sie ist nur sinnvoll in Verbindung mit kontinuierlichen on-line Messungen, die man heute relativ unproblematisch für Chlorophyll-fluoreszenz (als Index für die Phytoplanktonbiomasse) und Partikelgrößenverteilung durchführen kann. Solche Messungen sollen vom Seewassereintritt in 9 m Tiefe fortlaufend durchgeführt werden und zu Verteilungskarten mit 200-400 m Auflösung verarbeitet werden. Das Partikelspektrum wird kontinuierlich im Bereich zwischen 1-1000 µm in 2024 Fraktionen gemessen. Die Größenspektren sollen später einzelnen Phytoplanktonarten zugeordnet werden.

b) Phytoplanktonbiomasse und Artenverteilung (AWI)

Die Vertikalverteilung der Phytoplanktonbiomasse wird erfaßt durch kontinuierliche Profile der Chlorophyllfluoreszenz und durch diskrete Chlorophyllmessungen von Wasserproben in der euphotischen Zone. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Beziehung zwischen Fluoreszenz und Chlorophyllgehalt beigemessen, da auf früheren Expeditionen größere Abweichungen der beiden Messungen in den oberflächennahen Schichten festgestellt wurden, die wahrscheinlich auf Lichthemmung der Fluoreszenz zurückzuführen sind. Diese Abweichungen schränken die Brauchbarkeit der Fluoreszenzmessungen als Phytoplanktonindikator stark ein.

Proben zur Bestimmung des partikulären Kohlenstoffs und Stickstoffs als Nahrungsgrundlage für die Herbivoren werden routinemäßig gesammelt.

Utermöhlproben dienen der Analyse der Phytoplanktonpopulationen in den einzelnen Wassermassen und der Zuordnung zu den Ergebnissen der Biomassemessungen.

c) Erfassung der neuen Primärproduktion (GIROQ)

Der erste und entscheidende Schritt in marinen Nahrungsnetzen ist die Primärproduktion. Sie wird kontrolliert durch das Lichtangebot und die anorganischen Nährsalze. Man unterscheidet mittlerweile zwischen zwei Arten von Phytoplanktonproduktion:

- Die neue Produktion verbraucht Nährstoffe, die durch hydrodynamische Prozesse in der Wassersäule zur Verfügung gestellt werden.
- Die regenerierte Produktion verwendet Nährstoffe, die aus der Nährstoffregeneration durch das Grazing der Heterotrophen am Phytoplankton stammen.

Es wird angenommen, daß die Produktion von Fisch und anderen verwertbaren Ressourcen hauptsächlich von der neuen Produktion bestimmt wird. Dies unterstreicht die Bedeutung der Erfassung der neuen Produktion für das Verständnis fundamentaler ökologischer Prozesse. Allerdings ist die routinemäßige Messung der neuen Produktion problematisch, es gibt kein direktes Verfahren zu ihrer Bestimmung. Prieur und Legendre entwickelten einen Ansatz, mit dessen Hilfe "nach Eingabe einiger relativ einfach zu messenden Größen" numerische Daten für das Timing und die Tiefe der neuen Produktion berechnet werden können. Diese Größen sind:

- photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) an der Oberfläche,
- vertikaler Attenuationskoeffizient der PAR,
- Dissipationsrate der turbulenten kinetischen Energie in der oberen Wassersäule (Literaturwerte oder, besser, Direktmessung),
- Vertikalprofile der Dichteverteilung und der Nitratkonzentration,

- Kenntnisse der regionalen Beziehung zwischen Nitratverteilung und Dichteprofilen.

Die Arbeiten auf Polarstern haben das Ziel

1. die Grundbeziehungen des Modells in polaren Wassermassen zu testen
2. eventuell eine Anpassung des Modells an arktische Verhältnisse durchzuführen
3. ein Computermodell zur Abschätzung von Timing und Tiefe der neuen Produktion aufgrund ozeanographischer Messungen im Betrieb zu bewerten.

Dazu werden einmal am Tag Wasserproben aus 20 Lichttiefen in der euphotischen Zone genommen und in einem Lichtgradientenblock bei in-situ Lichtintensitäten inkubiert zur Bestimmung der Photosyntheseparameter a und I_k . Von jeder Probe werden Nährstoffe (AWI), Chlorophyll-a, CHN, Artzusammensetzung und C-14 Inkorporationsrate des Phytoplanktons bestimmt. Für Chlorophyll und C-14 Messungen werden die Proben größenfraktioniert in >5 und <5 μm . Mit Hilfe einer frei-fallenden Sonde soll an ausgewählten Stationen die turbulente kinetische Energie gemessen werden.

Als Ergänzung dieses Programms wird mit sukzessiven Vertikalprofilen während einiger Dauerstationen mit einer Sauerstoff-Pulselektrode die Communityrespiration und damit die Bruttoprimärproduktion gemessen. Parallel dazu werden Sauerstoffmessungen an im Labor inkubierten Proben durchgeführt.

3.2.5. Herbivores Zooplankton

a) Lebenszyklen und saisonale Vertikalwanderung der herbivoren Copepoden (AWI)
Siehe 1.2.10.

b) Biomasse und Produktion des herbivoren Zooplanktons im Frontenbereich (AWI)

Während der Frontenstudie wird die herbivore Biomasse in der euphotischen Zone mit Bongonetzen erfaßt (500 und 300 μm). Das 300 μm Netz wird konserviert und wird verwandt zur Arten- und Biomassebestimmung, während aus dem 500 μm Netz lebende Tiere aussortiert werden für Eiproduktionsmessungen von *Calanus finmarchicus* und *Calanus glacialis* sowie für experimentelle Arbeiten mit einzelnen Arten und Stadien (siehe unten). Die Eiproduktion der Weibchen der beiden oben genannten dominanten Arten ist eine direkte Funktion des Nahrungsangebotes, Gonadenreife vorausgesetzt. Da die Weibchen selbst nicht mehr wachsen, ist die Eiproduktion ein Maß für die Nettosekundärproduktion und ein Indikator für die Nahrungsbedingungen in den unterschiedlichen Wassermassen. Zur Bestimmung der Eiproduktion werden Weibchen aus den Bongofängen aussortiert und über 24 Stunden bei in-situ Temperaturen inkubiert.

c) In-situ-Messung der vertikalen und horizontalen Verteilung von Zooplankton (AWI)

Zur Echtzeitregistrierung von Partikeln der Größe 0.5 - 20 mm soll ein neues Gerät eingesetzt werden, bei dem durch Streulichtmessungen auf Größe und Art der einzelnen Partikel geschlossen werden kann. Die Eichung des Geräts erfolgt durch Vergleich mit Fängen eines nachgeschalteten Netzes.

Ziel der Messungen ist es, die vertikale Verteilung der einzelnen Arten und Entwicklungsstadien in bezug auf ihr Nahrungsangebot kennenzulernen. Frühere Arbeiten deuten auf eine Aufteilung der Wassersäule durch einzelne Arten hin.

d) Bioakustik (ITZ)

Die repräsentative Probenahme von Zooplankton und Mikronekton ist eines der Hauptprobleme bei biogeographischen und ökologischen Untersuchungen. Sie wird erschwert durch horizontale und vertikale Verteilungsunterschiede (Patchiness) der pelagischen Organismen, hervorgerufen durch tägliche und ontogenetische saisonale Vertikalwanderung sowie hydrographische Einflüsse.

Echolotmessungen erlauben die kontinuierliche Registrierung von akustisch streuenden Partikeln über die gesamte Wassersäule. Solche bioakustischen Arbeiten wurden bisher in der Arktis kaum durchgeführt, erscheinen dort aber wegen der komplexen ozeanographischen Verhältnisse mit zahlreichen Frontenregionen mit ausgeprägten Salzgehalts- und Temperatursprüngen als besonders geeignet.

Frühere Untersuchungen in der Nordsee und im Nordatlantik ergaben hohe Patch-Konzentrationen in Frontenbereichen und legten die Verwendung dieser Patches als Markierung für Frontenregionen und faunistische Barrieren nahe. Gleichzeitig konnte so die Verwendungsmöglichkeit der Patchiness-Analyse von Echostreudaten für biogeographische und ökologische Fragestellungen belegt werden.

Während ARK VI/3 + 4 werden die Echosignale auf einem Schreiber aufgezeichnet (Echogramme) und auf Verteilung, Größe, Form und Anzahl von patches und Struktur von Echostreuschichten untersucht. Daneben werden die Echolotdaten auf Band für die spätere Echointegration gespeichert. Zum Vergleich mit den Echogrammen und früheren Untersuchungen wird die Verteilung des Volumens der Rückstreustärke als Indikator für Dichte und Verteilung des Zooplanktons und Mikronektons ausgewertet. Für die Untersuchung des Wanderungsverhaltens von Patches und Echostreuschichten wird kontinuierlich die Lichtintensität an Deck registriert. Die Echostreusignale

werden später mit den Zooplankton-Netzfängen verglichen. Ferner sollen die Hydrographie und Phytoplanktonverteilung bei der Auswertung berücksichtigt werden.

e) Häutungsphysiologie (AWI)

Siehe 1.2.10 b).

f) Experimentelle Untersuchungen zur Reproduktionsphysiologie von *Calanus finmarchicus* (AWI)

Die Eiproduktionsmethode erlaubt bei einzelnen herbivoren Copepodenarten die direkte Messung der Nettosekundärproduktion (siehe oben). Die Anwendung dieser Methode erfordert jedoch umfangreiche Kenntnisse der Reproduktionsphysiologie der entsprechenden Arten. Wichtige Fragen sind hier die maximale Eiproduktion, die Legefrequenz und durchschnittliche Gelegegröße, Gesamteizahl, die von einem Weibchen während ihres Lebens produziert werden kann sowie die Ansprechzeit der Eiproduktion auf Hunger- und Fütterungsperioden. Die klarsten Aussagen zu diesen Fragestellungen erhält man bei der Untersuchung einzelner Tiere. Während der Expedition sollen deshalb frisch gefangene Tiere isoliert und gefüttert werden und ihre Eiproduktion täglich kontrolliert werden

3.2.6 Benthos-Untersuchungen (IPÖ)

Die Kenntnisse über die Bodenfauna des nordostgrönländischen Kontinentalrandes sind, bedingt durch die ganzjährige Eisbedeckung und die daraus resultierende schwere Zugänglichkeit dieses Meeresgebiets, vergleichsweise gering. Agassiztrawlfänge und Unterwasserphotographien, die während der "POLARSTERN"-Expedition im Sommer 1985 auf der Belgica-Bank, einem Schelfgebiet zwischen 78° und 80° N, gemacht worden sind, zeigten epibenthische Lebensgemeinschaften, in denen einige Arten in erstaunlich hohen Dichten vorkamen. Zu diesen abundanten Arten zählten vor allem Schlangens- und Seesterne. Der relative Reichtum der Bodentierbesiedlung wurde auf besonders günstige bodenmorphologische, ozeanographische und produktionsökologische Rahmenbedingungen zurückgeführt: Steine und Felsen als Mikrohabitate, nahe gelegene Küstenpolynya als Stätte erhöhter Primärproduktion, konvergenter Wirbel über der Bank als Mechanismus zur Förderung der Sedimentation pelagisch produzierter organischer Substanz im Benthos.

Aus diesen Ergebnissen ergeben sich u.a. zwei Fragestellungen, die auf den Fahrtabschnitten ARK VI/2-4, untersucht werden sollen:

(1) Ist die Bodentierbesiedlung auf der Elgica-Bank hinsichtlich Dichte und ökologischer Struktur aufgrund der o.a. besonderen Rahmenbedingungen deutlich verschieden von der südlich anschließender Gebiete?

Zur Beantwortung dieser Frage soll das Benthos auf möglichst drei bis vier küstennormalen Schnitten mit jeweils drei bis vier Stationen südlich von 78° N entlang des Tiefengradienten Kontinentalabhang-Schelf mit einem Agassiztrawl und einer Unterwasser-Photosonde beprobt werden. Der Einsatz der UW-Photographie ermöglicht die Ermittlung von absoluten Bestandsdichten und kleinräumigen Verteilungsmustern epibenthischer Arten und liefert "in-situ"-Ansichten benthischer Habitatstrukturen.

(2) Stachelhäuter, vor allem bestimmte See- und Schlangensternearten, stellen oft die wichtigsten Faunenelemente in arktischen Benthoslebensgemeinschaften. Was macht sie so erfolgreich? Gibt es spezielle Anpassungen hinsichtlich Nahrungsspektrum, Energiespeicherung, Wachstum und Reproduktionsstrategie an spezifisch polare Umweltbedingungen wie die konstant tiefe Temperatur und das eventuell stark schwankende Nahrungsangebot?

Zur Beantwortung dieses Fragenkomplexes sollen die Individuen abundanter Stachelhäuterarten aus den Agassiztrawlfängen herausgesammelt werden. Ihre Größen-Häufigkeitsverteilungen werden hinsichtlich Altersstruktur und Wachstum ausgewertet. Stichprobenweise werden Verdauungstrakte und Gonaden hinsichtlich Inhalt bzw. Reifezustand untersucht. Außerdem werden Gewebeproben genommen, die später hinsichtlich Art und Menge der enthaltenen Lipide analysiert werden sollen. Diese Informationen geben Aufschluß über die Strategien der Energienutzung verschiedener Arten und können zu einem besseren Verständnis trophischer Beziehungen beitragen.

Zeitplan / Time Table

Abschnitt / Leg ARK VI/1

Departure from Bremerhaven
Arrival at Longyearbyen

April, 20 1989
May 8, 1989

Abschnitt / Leg ARK VI/2

Departure from Longyearbyen
Arrival at Tromsø

May 8, 1989
June 4, 1989

Abschnitt / Leg ARK VI/3

Departure from Tromsø
Arrival at Longyearbyen

June 5, 1989
June 29, 1989

Abschnitt / Leg ARK VI/4

Departure from Longyearbyen
Arrival at Hamburg

June 29, 1989
July 8, 1989

Beteiligte Institute /Participating Institutions

Adresse Address	Teilnehmer participants	Fahrabschnitt leg
<u>Bundesrepublik Deutschland</u>		
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 2850 Bremerhaven	20	1,2,3,4
GEOB Fachbereich 5 - Geowissenschaften - Universität Bremen Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33	2	2
GEOMAR GEOMAR Wischhofstr. 1-3 D-2300 Kiel	8	1,2
GIK Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Universität Kiel Olshausenstr. 40-60 2300 Kiel	2	2
GL Germanischer Lloyd AG Vorsetzen 32 D-2000 Hamburg 11	1	1
HSVA Hamburgische Schiffbau- Versuchsanstalt GmbH Bramfelder Str. 164 Postfach 60 09 29 D-2000 Hamburg 60	5	1
HSW Helicopter Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 2000 Hamburg 65	2	1,2,3
IFMH Institut für Meereskunde Universität Hamburg Tropowitzstr. 7 2000 Hamburg 54	7	2
IPÖ Institut für Polarökologie der Universität Kiel Olshausenstr. 40 2300 Kiel	2	2,3,4

TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg Elbchaussee 35 D-2000 Hamburg 50	1	1
OL	Universität Oldenburg - Fachbereich Physik - Ammerländer Heerstraße 2900 Oldenburg	5	3,4
DWD/ SWA	Seewetteramt Hamburg Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 Postfach 180 2000 Hamburg 4	2	3

Kanada

AES	Atmospheric Environmental Service AES/CRESS Microwave Group Petrie 214 - York University 4700 Keele Street North York, Ontario Canada M3J 1P3	6	1,2,3
GROQ	Université Laval Centre des Sciences et de Génie Département de biologie Cité Universitaire Québec, Canada G1K 7P4	5	3

Niederlande

ITZ	University of Amsterdam Institute for Taxonomic Zoology Department: Marine Invertebrates P.O. Box 4766 1009 AT Amsterdam	1	3
-----	--	---	---

Norwegen

IMB	Institut for Marin Biologi Univ.i. Bergen N-5065 Blomsterdalen	2	2
NHL	(SINTEF) Norwegian Hydrotechnical Laboratory Klabuveien 153 N-7034 Trondheim	3	1
NTNF	Norwegian Council for Scientific and Industrial Research P.O. Box 70 Tasin N-0801 Oslo 8	2	1

NPI	Norwegian Polar Research Institute Postboks 158 N-1330 Oslo Lufthavn	2	1
-----	--	---	---

Sovietunion

AARI	Arctic and Antarctic Research Institute Bering Str. 38 199226 Leningrad	3	1
------	--	---	---

ITE	Institute of Thermophysics and Electrophysics Department of the Baltic Sea Paldiski Rd. 1 20031 Tallinn, Estonia	4	3
-----	--	---	---

Vereinigte Staaten von Amerika

MIT	Massachusetts Institute of Technology Dept. of Oceanography Cambridge, MA 02139	1	2
-----	--	---	---

PMEL	NOA Pacific Marine Environmental Laboratory	2	2
------	--	---	---

SIO	Scripps Institution of Oceanography University of California La Jolla, CA 92093	3	2
-----	---	---	---

TCES	Tiburon Center for Environmental Studies P.O. Box 855 Tiburon, Ca. 94920	1	3,4
------	--	---	-----

Fahrtteilnehmer / Participants

ARK VI/1

Name Name	Institut Institute
Asmus, K.	AES
Bakken, V.	NPI
Bendixen, B.	Norw.Def.Research Est.
Bischof, J.	Uni Kiel
Burmeister, K.-H.	NDR
Cameron, G.A.	AES
Collins, M.	AES
Crissoulidis, D.	NTNF
Daranskich, A.N.	AARI
Evers, K.U.	HSVA
Garrity, C.	AES
Gerchow, P.	AWI
Goldschmidt, P.	GEOMAR
Harms, U.	TUHH
Häusler, F.U.	HSVA
Hjelmstad, J.	NTNF
Holsten, K.G.	NDR
Ionov, V.P.	AARI
Jensen, H.	NHL
Kirndörfer, J.G.	NDR
Krylov, A.V.	AARI
Lahrman, U.	HSW
Löraas, S.M.	NHL
Löset, S.	NHL
Mehlum, F.	NPI
Mohr, H.	HSVA
Moore, C.	GL
Neper, W.	HSVA
Pfirman, S.	GEOMAR
Ramseier, R.	AES
Ringstad, B.	MOBIL
Schmidt, O.	HSW
Schreiber, R.	EPR
Schwarz, J.	HSVA
Schwarz, I.	HSVA
Steen, E.	Uni Kiel
Wollenburg, I.	GEOMAR

Fahrtteilnehmer / Participants

ARK VI/2

Name Name	Institut Institute
Aagaard, K.	PMEL
Bader, B.	GEOMAR
Beaupre, M.	SIO
Bieser, J.	GEOMAR
Bischof, J.	UNI K
Bohrmann, H.	UNI K
Cameron, M.A.	AES
Carstens, J.	GEOB
Cussion, M.	AES
Darnell, D.	PMEL
Eide, L.K.	IMB
Freiwald, A.	GEOMAR
Garrity, C.	AES
Goldschmidt, P.	GEOMAR
Hebbeln, D.	GEOB
Hellmer, H.	AWI
Hillebrandt, O.	HSW
Lapp, D.	AES
Mahler, G.	HSW
Marquez, J.	IFM
Matthies, M.	IFM
Measures, C.	MIT
Meincke, J.	IFMH
Nürnberg, D.	GEOMAR
Oehmig, R.	GEOMAR
Pagels, U.	GEOMAR
Patrick, R.	SIO
Precht, H.	IFM
Sellmann, L.	AWI
Soltau, T.	IFMH
Swanberg, R.	IMB
Swift, J.	SIO
Verch, N.	IFMH
Warpakowski, A.	AWI
Wollenburg, I.	GEOMAR
Wüllner, H.	IFMH

Fahrtteilnehmer / Participants

ARK VI/3

Name Name	Institut Institute
Asmus, K.	AES
Babst, U.	AWI
Becker, H.	AWI
Bergeron, G.	GROQ
Bohrer, R.N.	TCE
Budéus, G.	AWI
Cameron, M.A.	AES
Garrity, C.	AES
Gosselin, M.	GROQ
Graeve, M.	AWI
Hengstermann, T.	CL
Hillebrandt, O.	HSW
Hirche, H.J.	AWI
Kahru, M.	ITE
Kattner, G.	AWI
Kougias, Ch.	AWI
Krause, G.	AWI
Legendre, L.	GROQ
Loquay, K.D.	CL
Mahler, G.	HSW
Malewski	DWD/SWA
Martineau, M.J.	GROQ
Meyer, K.	AWI
Nieke, B.	CL
NN	AWI
Nommann, S	ITE.
Ochsenhirt	DWD/SWA
Oishi, T.	AWI
Pfeifer, K.	AWI
Piepenburg, D.	IPÖ
Plugge, R.	AWI
Pohl, C.	AWI
Ramseier, R.	AES
Rosenberg, G.	GROQ
Schmid, M.	IPÖ
Schneider, W.	AWI
Seifert, P.	AWI
Sildam, J.	ITE
Sirk, A.	ITE
Theis, R.	CL
Thierbach	Journalist
van der Zanden-Sprong, I.	ITZ
Warpakowski, A.	AWI
Willkomm, R.	CL

Fahrtteilnehmer / Participants

ARK VI/4

Name Name	Institut Institute
Babst, U.	AWI
Becker, H.	AWI
Bohrer, R.N.	TCE
Budéus, G.	AWI
Graeve, M.	AWI
Hempel, G.	AWI
Hempel, I.	AWI
Hengstermann, T.	CL
Hirche, H.J.	AWI
Kattner, G.	AWI
Kougias, Ch.	AWI
Krause, G.	AWI
Loquay, K.D.	CL
Malewski	DWD/SWA
Meyer, K.	AWI
Nieke, B.	CL
Ochsenhirt	DWD/SWA
Oishi, T.	AWI
Pfeifer, K.	AWI
Piepenburg, D.	IPÖ
Plugge, R.	AWI
Pohl, C.	AWI
Schmid, M.	IPÖ
Schneider, W.	AWI
Seifert, P.	AWI
Theis, R.	CL
Thierbach, D.	Journalist
Warpakowski, A.	AWI
Willkomm, R.	CL
4 Gäste	

Schiffspersonal / Ship's Crew

	<u>ARK VI/1</u>	<u>ARK VI/2</u>	<u>ARK VI/3+4</u>
Kapitän	Suhrmeyer	Suhrmeyer	Suhrmeyer
1. Offizier	Allers	Allers	Allers
Naut.Offizier	Stehr	Stehr	Stehr
Naut.Offizier	Fahje	Fahje	Varding
Arzt	Dr. Gießler	Dr. Gießler	Dr. Gießler
Ltd.Ing.	Dietrich	Briedenhahn	Briedenhahn
1. Ing.	Knoop	Knoop	Knoop
2. Ing.	Delff	Delff	Delff
2. Ing.	Simon	Simon	Simon
Elektriker	Erdmann	Erdmann	Erdmann
Elektroniker	Nitsche	Nitsche	Nitsche
Elektroniker	Mutter	Mutter	Mutter
Elektroniker	Husmann	Husmann	Husmann
Elektroniker	Both	Thonhauser	Thonhauser
Funkoffizier	Butz	Geiger	Geiger
Funkoffizier	Müller	Wanger	Wanger
Koch	Tanger	Tanger	Tanger
Kochsmaat/B	Kubicka	Kubicka	Kubicka
Kochsmaat/K	Bender	Bender	Bender
1. Steward	Scheel	Scheel	Scheel
Krankenschw./			
Stewardess	Pöttsch	Pöttsch	Pöttsch
Stewardess	Friedrich	Friedrich	Friedrich
"	NN	NN	NN
"	NN	NN	NN
2. Steward	Chang	Chang	Chang
2. Steward	Chau	Chau	Chau
Wäscher	Shyu	Shyu	Shyu
Bootsmann	Woltin	Woltin	Woltin
Zimmermann	Marowsky	Marowsky	Marowsky
Matrose	Iglesias Bermudez	Iglesias Bermudez	I. Bermudez
Matrose	Suarez Paisal	Suarez Paisal	Suarez Paisal
Matrose	Soage Curra	Soage Curra	Soage Curra
Matrose	Gil Iglesias	Gil Iglesias	Gil Iglesias
Matrose	Abreu Dios	Abreu Dios	Abreu Dios
Matrose	Pousada Martinez	Pousada Martinez	P. Martinez
Lagerhalter	Schierl	Schierl	Schierl
Masch.Wart	Wittfoht	Wittfoht	Wittfoht
Masch.Wart	Dufner	Dufner	Dufner
Masch.Wart	Carstens	Carstens	Carstens
Masch.Wart	Husung	Husung	Husung
Masch.Wart	Ulbricht	Ulbricht	Ulbricht

RV "POLARSTERN"

ARKTIS VI (1-4)

Chief Scientists

ARK VI/1: H.J. Schwarz

ARK VI/2: J. Meincke

ARK VI/3: G. Krause

ARK VI/4: G. Hempel

Coordinator: G. Krause

Alfred-Wegener-Institute
for Polar and Marine Research

Bremerhaven

March 1989

Arctic Expedition ARK VI

20.04. - 08.07.1989

General Cruise Plan

With the exception of the first leg, the 6th Arctic cruise of RV "POLARSTERN" is devoted to carry out numerous investigations within the framework of the international Greenland Sea Project of the Arctic Ocean Science Board. Many of the oceanographical, chemical and biological projects comprise multi-year investigations.

"POLARSTERN" will leave the port of Bremerhaven on April 20, 1989. Several Norwegian colleagues will be picked up near Trondheim. In the Barents Sea (Fig. 1) a scientific engineering programme focuses on mechanical properties of various types of ice. There are also geologists investigating sediments trapped in ice. One group investigates microwave-relevant properties of ice, and a small biological programme on zooplankton will be carried out. The first leg will end in Longyearbyen on the 8th May, 1989.

The second leg is centered around physical oceanography of the Greenland Sea. Numerous current meter moorings will be recovered and redeployed (Fig. 2). Additionally biological and geological work will be carried out while the microwave programme will be continued until end of leg 3.

After another change of most of the scientific crew in Tromsø on June 5, 1989, the Arctic and Polar Front will receive the attention of biologists, chemists and oceanographers (Fig. 3). There will be a short stop-over in Longyearbyen (29th June 1989) to change some scientific groups. After continuing the frontal programme "POLARSTERN" is scheduled to arrive in Hamburg on the 8th July, 1989.

1. **Leg ARK VI/1**
Bremerhaven - Longyearbyen
20.04. - 08.05.1989

Introduction

The first leg of the ARV VI "POLARSTERN"-expedition is dedicated primarily to engineering glaciology. R.V. "POLARSTERN" starts on April 20, from Bremerhaven heading to the ice covered waters East of Spitsbergen. The intention is to find multi-year ice and icebergs in order to determine the mechanical properties, such as strength, E-modulus, and fracture toughness as a function of salinity, density, air content, temperature and crystallographic structure.

The sampled ice will partly be investigated onboard of "POLARSTERN" and partly in the low temperature laboratories of SINTEF in Trondheim and at HSVA in Hamburg. Scientists from various countries (FRG, Norway, USA, USSR) will carry out this research on a cooperative basis.

Besides this main research topic, the sediment entrainment in various types of ice will be investigated by scientists from Geomar/Uni Kiel and the microwave properties of ice snow, ocean and atmosphere will be determined by the Microwave Group from the York University, Canada. Two scientists (biologists) from the Norsk Polarinstitute will carry out a census on sea-birds and one marine biologist from AWI will carry out investigations on the physiological adjustment of herbivorous Copepods to arctic conditions.

The entire research program will be executed over twelve days in the ice covered waters East of Spitsbergen - if possible up to the island of Kvitøya - "POLARSTERN" will then take course of Longyearbyen, where most of the scientists will disembark and return home by plane on May 8, 1989.

1.2. Research Program

1.2.1. Sampling of iceberg ice (NHL)

The sampling group will provide ice for HSVA's ice testing on the expedition as well as for SINTEF's ice testing in Trondheim.

A mobile drill rig, weighing some 260 kg and operated by three persons, will be used for sampling down to, say, 8 metres. The diameter of the core is 340 mm. During this activity some temperature profiling will be performed. The working team is dependant on helicopter transportation of equipment, samples and personnel.

1.2.2. Radar measurement of iceberg thickness (NHL)

Earlier, sonar has been used to get an estimate of the underwater contour of icebergs. This is a time consuming and difficult operation. It is, therefore, intended to find quicker and more precise methods to obtain shape and volume of the icebergs.

A continuous wave radar will be available for the survey. This radar has been used to measure the thickness of glaciers both at Norwegian mainland and at Svalbard. In case the icebergs consist of only fresh water ice without slush between the iceberg ice and the sea water, the radar will give a good return. On irregular icebergs the radar may face problems due to scattered or multiple returns.

The radar will be operated either on a sled or from a helicopter in order to profile the entire surface of selected icebergs. If the helicopter is used the radar may prove to be efficient in profiling the surface of pressure ridges as well.

1.2.3. K_{IC}-Determination on Iceberg-ice to be sampled in the Barents Sea

1.2.3.1. Scope

The fracture behaviour of ice sampled from icebergs as encountered in late spring in Barents Sea waters shall be characterized. For this purpose the plane strain fracture toughness and the flexural strength (as a measure of the tensile strength) of such ice is to be evaluated. Since iceberg ice appears to be prone to change its properties rather quickly after sampling, it is required to perform any mechanical testing on such ice as soon as possible after recovery. For petrographic documentation thin sections shall be prepared from ice adjacent to the tested samples, and be photographed between crossed polaroids.

1.2.3.2. Test Procedures and Equipment

For fracture toughness evaluation the "Disc-Shaped Compact Specimen" (DC(T)-specimen) according to ASTM E 399 - 81 will be employed. The samples will be prepared from ice core sections of 340 mm diameter, which are to be provided by another working group participating in the expedition. It is expected that the sample size will be sufficient for a valid K_{IC} value according to ASTM E 399 - 81. The tests will be run on a portable servo-hydraulic 10 kN loading device. This loading device shall be equipped with special adapters for the fracture toughness test as well as a high resolution crack opening displacement transducer.

Sample preparation will be performed in a special gauge except the notch, which will be milled on a special milling machine. This milling machine will be equipped with a special clamp for 340 mm diameter DC(T)-specimen.

For flexural strength evaluation the three point bending method will be used. The small scale beams will be cut from core sections adjacent to sections employed for fracture toughness testing. Sample preparation will be performed by means of the same gauge as used for the DC(T)-specimen. From each section of a core two beams shall be cut. Direct tension tests will not be possible due to lack of adequate equipment for machining the samples.

Thin section preparation will be performed by means of a microtom. The stage on which the photomikrography shall be carried out is equipped with a pair of polaroids on scaled ring supports as well as a universal stage. Nevertheless full crystallographic analysis according to Langway (1958) is not planned because the grain size is expected to be too small to carry out such analyses without optical aids like a microscope.

All testing will be carried out in the cold chambers available on board RV "POLARSTERN".

1.2.4. Properties of multi-year Sea Ice of the Barents Sea (HSVA)

Within the framework of the expedition ARK VI/1 of RV "POLARSTERN" to the Barents Sea cores will be sampled from second-year or multi-year ice floes. A part of the cores will be used to establish profiles of temperature, salinity, density and crystal structure over the thickness of the ice floes investigated. Profiles of mechanical properties (strengths, moduli) considered characteristic for the Barents Sea for the observation period will be evaluated by means of the total porosity, employing the reference strength method (Häusler, 1988). The rest of the core samples will be stored for later strength testing under uni-axial tension and compression, to be performed in HSVA's ice mechanics laboratory. The measured strengths will be employed for the experimental verification of the practical applicability of the reference strength method to natural multi-year sea ice.

1.2.5. Microwave Properties of ice, snow, ocean and atmosphere (AES)

The overall objective is the study of microwave properties of ice, snow, ocean and atmosphere in correlation with physical measurements and observations as part of the validation process for the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I), a space borne passive microwave radiometer. This general objective can be further subdivided into four specific activities:

1. Microwave signatures of old, first year, and new ice as well as icebergs,
2. Microwave properties of snow overlying different ice types just before and during the onset of formation of free water within the snow cover,
3. Microwave properties of the atmospheric column at times of radiosonde releases using a 37 GHz radiometer, and
4. Microwave emission of the ice free ocean as a function of sea surface temperature and wind speed.

During ARK VI/1 and 2 there will be two radiometers on board the "POLARSTERN", a dual polarized 37 GHz system in support of the science program, and a horizontally polarized radiometer to be evaluated in support of ship navigation (piloting). Both radiometers can provide images of a restricted area on the side of ahead of the ship. ARK VI/3 and 4 will have only the 37 GHz, dual polarized radiometer onboard. The entire program is supported by physical and electrical properties of the overlying snow as it undergoes changes from a cold winter snow to a melting snow pack.

During the entire trip, support will be given directly to the ship in terms of tactical and strategic ice reconnaissance by the use of the navigation radiometer, ship based helicopter, and near real time SSM/I data transmitted via INMARSAT from York University directly to the ship and the Deutsches Hydrographisches Institut (DHI) in Hamburg.

1.2.6. Subsweeper Experiments (NTNF)

The subsweeper is a multistatic coherent sonar which comprises

- a 1 kW transmitter
- three receiving stations deployed in a line
- the received signals are transmitted via radio to the transmitter end where the signal generation and processing are taking place either on board the ship or on the ice close by.

The objective is to demonstrate the capabilities of the subsweeper in relation to

- mapping of average current vector
- detection of local current features/small objects
- characterization of ice-bottom topography.

1.2.7. Ice Testing in the SINTEF Ice Testing Laboratory (SINTEF)

The testing by HSVA during the expedition will be supplemented by testing of iceberg ice in the ice testing laboratory in Trondheim. Two cores with diameter 340 mm will be tested. Tests for each core:

- 5 uniaxial compression tests
- 1 triaxial compression test
- 1 tensile strength test
- 1 flexural strength test
- 8 thin sections.

1.2.8. Sea Ice Investigations (GEOMAR, GIK, AWI)

Sea ice samples obtained in 1987 and 1988 from the Transpolar Drift (eastern Arctic Basin) and the East Greenland Current (Fram Strait and Greenland Sea) indicate the presence of ice floes with very high content of particulate matter. Although much of the sediment is most likely included in Siberian ice when it forms over the shallow Siberian shelves, the sediment content of ice formed in the Barents Sea is not known. During ARK VI/1, the first systematic sampling of sea ice in the Barents Sea will be carried out for analysis of particle content and composition and comparison with ice samples to the North and West.

Ice cores and surface samples will be obtained from ice floes showing visible inclusions of particulate matter. In addition, systematic coring and surface sampling over a predetermined grid will be carried out to determine overall concentration of particulate matter in the ice, total particle flux, and its vertical and lateral distribution within the floe. To determine the growth history and development of the floe, which is necessary for understanding particle incorporation and alteration, ice cores also will be analysed on shore for ice texture, c-axis orientation, columnar crystal size, salinity, ^{1.80}ice chemistry and nutrient content. Ice observations and photography will be carried out from the ship and helicopter flights to document ice characteristics. During ARK VI/1, the HSVA plans to sample icebergs. These samples will be melted and filtered on board for analysis of particle content.

1.2.9. Ornithology (NPI)

The Biological division of Norsk Polarinstitutt will participate with two persons for census of seabirds in ice-covered waters in the Northern Barents Sea. Previous cruises in this area indicate that bodies of open water within the ice-covered areas east of Svalbard are important for seabirds in spring. Large concentrations of Brünnich's Guillemots have been observed in these areas. Stomach analyses show that they mainly prey upon Parathemisto libellula. The Norwegian research vessels available have limited range inside the pack-ice zone. Thus we have not been able to find out how extensive the use of the ice-covered areas is to the seabirds during the spring period. The "POLARSTERN"-cruise would give us possibilities to do the work needed. Transects will be made from the ship according to standardized methods. If possible, it would be useful to make helicopter transects.

1.2.10. Zooplankton Investigations (AWI)

a) Life cycles and ontogenetic vertical migration

Copepods of the genus *Calanus* are the major herbivorous zooplankton component in the Greenland Sea and therefore play a predominant role in the energy flux from phyto- to zooplankton. Copepod biomass is ultimately determined by the food regime. However, their vertical distribution is determined by two factors, phytoplankton distribution and ontogenetic vertical migration with overwintering in certain developmental stages in deep water with reduced metabolism and feeding in the euphotic zone as young larval stages. Ontogenetic vertical migration is part of the life cycle strategy of Calanids to survive the long periods of food shortage in polar regions. Descent and ascent are under endocrine control and mostly independent of food availability. For example, the overwintering stages of *Calanus finmarchicus* start migrating to deep waters already in June, when often phytoplankton is still abundant. Ontogenetic vertical migration and associated physiological adaptations are part of a project started in November 1988. The aim is to obtain net samples of the whole water column in the Greenland Sea Gyre and the Norwegian Coastal Current during all seasons to study vertical distribution of species and developmental stages. Concurrently living animals will be used for physiological measurements and biochemical parameters will be determined from frozen samples. Sampling is planned on all legs of ARK VI.

b) Moulting physiology (AWI)

To a large extent crustacean development is regulated by the moult cycle. Most physiological processes follow specific pattern within the moult cycle. Therefore knowledge of the moulting stage of experimental animals is very important. In copepods this aspect has never been studied. Distribution of moult stages of developmental stages provides also information on the age composition of copepod populations, which is especially relevant in slowly growing species with a long moult cycle, e.g. the overwintering stages of arctic species such as *Calanus hyperboreus*.

The moult cycle will be described from investigations of setae development (setogenesis); growth and developmental times of various copepodid stages of *Calanus hyperboreus* will be determined from cultivation experiments.

2. ARK VI/2
Longyearbyen - Tromsø
08.05. - 04.06.1989

General Remarks

The second cruise leg of "POLARSTERN" comprises interdisciplinary work in the western Greenland Sea and in Fram Strait between Spitsbergen and Greenland. It is a major contribution to the International Greenland Sea Project focussing on the seasonal description of the physical, chemical and biological status of the Greenland Sea. Working jointly with RV "HAKON MOSBY", the "POLARSTERN" cruise leg will contribute to a complete description of the 1989 Greenland Sea summer status. From past surveys in summer 1988, autumn 1988 and winter 1988 a quantitative estimate of deep convection and its chemical and biological consequences are expected.

2. The Scientific Programmes

2.1. Physical oceanography (IFMH, AWI, IFMK, PMEL, SIO)

The Greenland Sea is one of the few areas in the world ocean with deep winter convection and thus it is a source region for the global deep water masses. The intensity of convection depends on the critical interaction of several processes:

- a) Transport of ice and Polar Water in the East Greenland current and transport of Atlantic Water in the Westspitsbergen Current as well as in the recirculation branches over the East Greenland continental slope.

- b) Mixing of Polar, Arctic and Atlantic Waters across the Polar and the Arctic frontal zones.
- c) Input of saline Arctic Ocean Deep Water through Fram Strait and
- d) Status of the cyclonic circulation of the Greenland sea gyre.

These components of the gyre-system will be determined by means of current and temperature recording from long-term moored arrays. In addition the cruise leg will serve the ongoing work in Fram Strait by means of repeating the 80° N hydrographic section and exchanging moored current meters.

2.2. Sea Ice Investigations (GEOM, GIK, AWI, NPI)

Much of the particle-laden ice within the Siberian Branch of the Arctic Transpolar Drift Stream is discharged through Fram Strait and incorporated in the East Greenland Current. Ice cores and surface samples shall be obtained as closely as possible across this current to determine concentration and character of the particulate material in order to understand the relative importance of various sediment sources to total particle flux.

The overall concentration of particulate matter in the ice, total particle flux, and its vertical and lateral distribution within the ice floes shall be investigated.

Ice observations and photography will be carried out from the ship and during helicopter flights to document the occurrence of particle-laden ice and ice characteristics.

Inverted echo sounders will be recovered and redeployed from moorings beneath the East Greenland Current to continue a programme on monitoring ice-thicknesses.

2.3. Remote Sensing of Sea Ice (AES)

The programme 1.2.5 will be continued.

2.4. Marine Chemistry (MIT)

Next to classical nutrients which will be employed in water mass identification and primary productivity investigations, a new method for determining aluminium in seawater will be applied. It is expected to help in differentiating between Polar and Arctic water masses with respect to geochemical and biological characteristics. In

addition the chemical composition of detritus from one year sediment-trap sampling will be investigated upon recovery of the devices.

2.5. Marine Geology (GEOM, GIK)

The development of the Arctic and Norwegian-Greenland basins has a key function in the circulation of the global oceans and global climate evolution. For the understanding of this development a better knowledge of the paleo-oceanographic history of the East Greenland Current in relation to the Arctic Ocean and the North Atlantic is necessary. Work from summer 1988 will be continued by taking gravity and box cores at 10 sites in the area of the East Greenland Current and the Fram Strait. The goal is to obtain long, large volume sediment cores with high stratigraphic resolution of the past 600 000 years.

2.6. Aktuopalaentology (GEOB)

For a better understanding of sedimentation processes and the imprints of environmental conditions in biological hardparts, the density of settlement as well as temporal and local changes in the fauna of planctonic foraminifera and pteropods in the Arctic Ocean and the Fram-Strait will be investigated. The changes across the oceanic fronts are of particular interest in order to ascertain to what extent the settlement of the fauna in the surface water is dependent on the hydrographic conditions. The horizontal and vertical pattern will be obtained by multinet hauls.

In order to determine the seasonal and long-term variability of the particle flux to the sea floor a sediment-trap experiment has been run since 1983. Two sediment trap moorings will be exchanged and an additional one will be deployed.

2.7. Benthos in the Greenland Sea (IPÖ)

See under 3.2.6.

2.8. Experimental Zooplankton Investigation (AWI)

The programme 1.2.10 will be continued.

2.9. Sarcodyne Biology (IBM)

For an improved understanding of the global paleo-ocean during the last glaciation-deglaciation cycle (18000 ybp to present), more detailed knowledge of the biology of the principal fossilizing group is needed. More than any other zooplankton group,

foraminifera and radiolaria are coupled to a parcel of water and the abundance and composition of their fauna should be indicative of the integrated trophic history of that water.

The goals of the research are

- 1) to characterize the radiolarian fauna in the plankton of the Arctic Norwegian Sea and
- 2) to establish a link between the composition of the radiolarian biocoenosis and the recent trophic history of the surrounding water.

In context with the results of former cruises, an evaluation of the response of the radiolarian fauna to production events in the Norwegian Sea will be undertaken.

3. **Leg ARK VI (3 and 4)**
Tromsø - Longyearbyen - Hamburg
05.06.-29.06.-08.07.1989

3.1 General

The planned investigations continue work having begun during the MIZEX expeditions in 1983, 1984 and during the arctic cruise ARK IV/1 in 1987. The general aim is the investigation of the close interrelations between biological production and physical oceanographic processes with emphasis on the frontal zones of the Arctic and Polar Fronts. By repeated observations during different seasons it is intended to obtain insights into the seasonal variability of the fronts and of the biological productivity. The biological and oceanographical programmes are parts of the international Greenland Sea Project of the Arctic Ocean Science Board.

Arctic Front

Biological activities in the frontal region of the Arctic Front are based on the results of the ARK IV/1 expedition in 1987 and are embedded in a physical oceanographic program to study the seasonal variability of this front and its role in deep water formation in the Greenland Sea. Within this program a grid between 74° N and 75°30' N is repeatedly sampled in all seasons.

During ARK IV/1 the spring phytoplankton bloom had just started in the Greenland Sea. Therefore nutrients were not depleted and the role of frontal processes such as convergences and divergences and associated nutrient input into the euphotic zone was

not relevant. Due to the later date of the ARK VI cruise we expect an advanced bloom situation allowing us to study the importance of frontal processes.

Polar Front

Earlier studies in the frontal region of the East Greenland Polar Front showed a complex frontal structure with the front split into a subsurface and a surface front manifestation, both more than 100 km apart. Continuous measurements of temperature and particle size distribution from the ship's well in 9m showed the region between the two fronts characterized by small-scale variability of both temperature and particle distribution, eventually indicating convergence/divergence cells caused by eddies or current banding. However, station spacing of vertical profiles was too coarse to prove this hypothesis. Due to lack of time and proper instrumentation various questions had to remain unanswered.

During ARK VI we will concentrate on the along-front structure of the subsurface front. To resolve this structure stations are spaced in 5 nm distance. Fig. 3.1 shows the planned cruise track and high-resolution sampling grids.

3.2.1 Physical Oceanography (AWI,OL)

a) Programme supporting the study of biological processes (AWI)

The following questions are put forward to physical oceanographers by biologists who study the dynamics of plankton in the frontal zones of the Greenland Sea:

- Where are the fronts (Arctic/Polar Front)?
- Is the occurrence of large gradients of scalar quantities associated with the main front or with an eddy?
- Where are the zones of divergence or convergence of the velocity field?
- What is the stability of the stratification of the water column?

The answers by actual measurements require quite different instruments, and methods of various degrees of difficulty. As compromise solutions the following strategies and measuring devices will be employed:

- Measurements by the ship under way
 - Temperature
 - Salinity
 - Light extinction coefficient
 - Chlorophyll fluorescence
 - Mie backscattering
 - Yellow substance fluorescence
 - Measurement of vertical velocity profiles by the ADCP
- XBT-sections
- CTD profile down to 500 m at each station
- CTD profiles down to the bottom on 2 sections (AB and CD in fig. 3)

Whenever possible satellite remote sensing data will be used as additional information.

b) Seasonal variability of the Arctic Front (AWI)

Transport of heat and especially of salt across the Arctic Front plays an important role in the deep convection events during wintertime in the Greenland Sea Gyre. In cooperation with the Hamburg Institut für Meereskunde a programme is carried out to investigate the seasonal variability of water mass properties in the frontal zone of the Arctic Front. Respective measurements are performed by the research vessels "METEOR", "VALDIVIA" and "POLARSTERN" during different seasons. The programme consists of

- large-scale CTD-sections along 74° 20' N Bear Island to the center of the Greenland Gyre
- fast survey of the three-dimensional temperature structure of the frontal zone along 7 XBT-sections between 73° 40' N and 75° 00' N
- several closely spaced CTD sections in the frontal zone based on the XBT-data evaluation.

This programme as well as the biological and chemical ones support each other very well.

c) Optical properties of sea-water (OL)

Our investigations focus on the measurement of inherent optical parameters of the water masses in the frontal regions.

We are interested in the following topics:

- quantity and optical signatures of dissolved organic matter (DOM)
- correlation of fluorescence and beam attenuation of DOM
- covariance of these data with other hydrographic (T/S), chemical (nutrients) and biological (phytoplankton) parameters

- potential of describing water masses and fronts using optical methods in Northern polar regions.

For this purpose water samples from different depths are analyzed fluorometrically and with respect to turbidity. Two laboratory instruments are utilized:

(i) a Perkin Elmer F6 spectrofluorometer for registration of continuous emission spectra with excitation at UV/VIS wavelengths, yielding data on fluorescent compounds of DOM (Gelbstoff) and on in vivo Chlorophyll a;

(ii) a beam attenuation meter having an optical path length of 1 meter. From the analysis of filtered and unfiltered samples and taking purified water as the reference medium, specific spectra of beam attenuation coefficients of the dissolved (Gelbstoff) and particulate (plankton, bacteria, mineral particles) matter are derived in the wavelength range 300 to 700 nm.

In particular, these investigations will allow to further define the specifications of a shipboard lidar which will be developed in the near future. With this instrument, depth profiles of the turbidity and of DOM fluorescence will be obtained from the moving ship. A depth penetration of more than 50 m is estimated in the open ocean under clear water conditions with a vertical resolution of 20 cm, yielding a continuous measurement of hydrographic structures in the upper water column.

3.2.2 Microwave properties of ice, snow, ocean and atmosphere (AES)

This programme described under 1.2.5 is continued during leg 3.

3.2.3 Marine Chemistry (AWI)

a) Investigation of nutrients (AWI)

The determinations of nutrients and total nitrogen are closely connected with the biological and physical studies. When the upper water layers are stratified, e.g. by ice melt and fronts, phytoplankton blooms can occur which are often limited by the supply of nutrients. On the other hand ammonium is released by remineralisation processes, e.g. by zooplankton.

Total nitrogen will be determined to balance the nitrogenous components. Besides the inorganic nitrogenous nutrients and the particulate nitrogen a considerable amount of dissolved nitrogen exists. The molecular structure is mostly unknown. To what extent

the phytoplankton growth is dependent on the dissolved organic nitrogen pool can hardly be estimated.

From water samples, taken with the CTD sampler system, nutrients - nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate - are determined routinely with an autoanalyzer system. Additionally, totally dissolved free amino acids are determined. Total nitrogen and totally dissolved free amino acids are determined. Total nitrogen and totally dissolved nitrogen are measured with the persulfate oxidation procedure. Components of the dissolved organic nitrogen fraction are enriched with different methods. Along the transects nitrate will be analysed continuously to study in detail mixing structures of the frontal areas.

b) Transport of trace metals by water and plankton (AWI)

The role of plankton in geochemical cycles of trace metals has received much attention since recently. The vertical and the horizontal distribution of metals in plankton organisms and in the respective waterbodies seem to play a central role for the transport of metals in the sea.

Metals are taken up by fauna and flora in the euphotic zone. The metals are transported by organisms and by excretion products into depth, where some of the metals become enriched in dependence of hydrographical conditions.

Similar to ANT VII/5 neuston samples from the surface will be caught daily by a neuston sledge, with 300 μm nettings attached. Zooplankton samples and water samples of 10 deep sea stations will be taken by multi-net and go-flo-samplers in cooperation with biologists. Single plankton individuals will be sorted alive under binokular microscope, checked for contamination and deep frozen. Following freeze drying and acid digestion, analysis will be carried out for Cd, Pb, Zn and Cu in the laboratory. For the sampling of surface waters a continuously working teflon pump is used in connection with a snorkel system underneath the ship. Under ice conditions surface water samples will be taken with an all-teflon Mercos-sampler via the bow beam. In a clean-room container the water samples are prepared for the analysis of Cd, Pb, Cu and Zn with a liquid-liquid extraction. Measurements of the trace metals will be carried out by AAS in the laboratory.

3.2.4. Particulate organic matter and phytoplankton (AWI, GIROQ, ITE, TCES, ITZ)

a) Continuous measurements of temperature and particle size distribution (ITE)

Frontal regions in the ocean are known to be areas of locally increased biological activity and/or biomass. However, due to the low spatial and temporal resolution of conventional sampling methods, the ecological aspects of the temporally dynamic oceanic fronts are difficult to study, using quasi-continuous on-line measurements of particle concentrations in various size fractions along with measurements of chlorophyll in-vivo fluorescence and temperature. Plankton distribution will be mapped with a spatial resolution of 200-400 m using water from the ship's well in 9 m. The particle spectrum in the range between 1-1000 μm will be divided into 2024 fractions. These size spectra will be used to assign each dominant plankton fraction an appropriate size range where the particle counts will be integrated.

b) Phytoplankton biomass and species distribution (AWI)

Vertical profiles of phytoplankton biomass will be obtained by continuous measurements of chlorophyll fluorescence and discrete water samples from various depths in the euphotic zone. Of special interest is the relation between in-vivo fluorescence and extracted pigment measurements, as during earlier cruises discrepancies have been found especially in the upper water layers eventually caused by light inhibition of the in-vivo fluorescence. These discrepancies represent a major limitation of the use of fluorescence probes to monitor phytoplankton biomass.

Particulate carbon and nitrogen will be analysed routinely to provide information on the food quality and quantity available to pelagic herbivores. Finally, Utermöhl samples will be used to describe the species composition of phytoplankton communities in the various areas and their relative importance.

c) New phytoplankton production (GIROQ)

Renewable marine resources depend on new phytoplankton production, but this variable is difficult to measure at sea on a routine basis. Prieur & Legendre (1988, Oceanographic criteria for new phytoplankton production, 71-112, *In* Rothchild, ed. *Toward a theory on biological-physical interactions in the World Ocean*, Kluwer Acad. Publ.) have derived equations that provide numerical criteria for the timing and depth of new production at sea. We shall test these criteria by comparing computations to

measurements of production in the euphotic zone, for phytoplankton $< 5\mu\text{m}$ and $> 5\mu\text{m}$.

In order to compute the criteria of Prieur & Legendre (1988), the following information is required: average solar irradiance at the sea surface (PAR: photosynthetically available radiation, i.e. 400-700 nm); vertical attenuation coefficient of PAR; rate of dissipation of turbulent kinetic energy in the upper water column (values from the literature); vertical density profile; nitrate concentration at depth; general relationship between nitrate and water density in the sampling area. We also need values for the photosynthetic parameters a and I_K , and the nitrate uptake parameters K_S and V_{max} . Results of the computations are (1) vertical profiles of mean doubling rates of phytoplankton (time^{-1}) which may be converted into productivity rates (production per unit chlorophyll a) through multiplication by the carbon:chlorophyll a ratio, and (2) vertical profiles of nitrate concentrations. These will be compared with detailed vertical profiles of measured productivity and nitrate concentrations.

Once a day, water samples will be collected at 20 light depths in the euphotic zone. These light depths will correspond to irradiances in a linear incubator, used for simulated in-situ measurements of primary production under artificial light (Herman & Platt 1986, *Oceanol. Acta* 9: 31-40). In addition, measurements of underwater irradiance will provide a value for the vertical attenuation coefficient of PAR. For each sample, the following determinations will be made: nutrients, chlorophyll a , CHN, cell counts and phytoplankton production (^{14}C incorporation). Samples for chlorophyll a , cell counts, CHN and production will be size-fractionated ($> 5\mu\text{m}$ and $< 5\mu\text{m}$). Measurements will also be made of photosynthetic parameters a and I_K (^{14}C : photosynthesis versus irradiance curves), and of nitrate uptake parameters K_S and V_{max} (^{15}N).

3.2.5. Herbivorous zooplankton (AWI)

- a) Life cycles and ontogenetic vertical migration
See under 1.2.10

- b) Biomass and secondary production of herbivorous zooplankton in frontal regions (AWI)

During the frontal study herbivorous biomass and species composition will be determined from bongo net hauls (300 and 500 μm). While the 300 μm fraction will be preserved in formalin, living animals for egg production measurements of *Calanus*

glacialis and *C. finmarchicus* and additional experimental work will be sorted from the 500 μm net. Egg production in these species is directly related to food availability, when females are mature. Since females, indeed, do not grow anymore, surplus food is converted into eggs. Egg production therefore is a direct measure of secondary production and an indicator of feeding conditions in frontal regions. For egg production experiments females are incubated overnight at in-situ temperatures.

c) In-situ measurements of vertical and horizontal zooplankton distribution (AWI)

A newly designed instrument will be employed to record continuously particles in the size range 0,5 - 20 mm. By an array of photodetectors backscattered light is analysed for size and kind of particles. Calibration will be done by collection of the particles in a net behind the sensor.

The aim of the measurements is the study of the vertical distribution of zooplankton in relation to phytoplankton occurrence. Earlier work indicated partitioning of the water column by species and developmental stages.

d) Hydro-acoustic investigations on the distributions and schooling behaviour of zooplankton and (micro)nekton, particularly in and near frontal zones (ITZ, NIOZ, AWI)

One important problem in zooplankton and micronekton-research is the collection of representative samples for biogeographical and ecological studies. Caused by differences in abundance of pelagic organisms in the horizontal (patchiness) and vertical planes (diurnal vertical migration, seasonal and ontogenetic migration) results of net catches represent an incomplete picture of the real distribution and abundance.

Echo sounders are less limited in this respect. They provide a continuous, real-time picture of acoustic scatterers throughout the water-column. The data are readily available on board.

So far, little acoustic work has been done in Arctic waters, an area which has highly variable and complex hydrographic structures with many sharp boundaries in temperature and salinity.

Earlier work in the North Sea and North Atlantic ocean indicates that high concentrations of patches occur in frontal zones. They may even be considered as markers for these areas, fauna provinces and boundaries. An analysis of the patchiness from echosounder-data, for getting an insight in biogeographical and ecological problems, was very promising. The arctic waters will provide an ideal environment for more detailed investigations. During the present cruise, the echosignals will be recorded on paper (echograms), for description of the distribution of patches and

patterns of sound scattering layers, and schooling-behaviour. Sizes, shapes and numbers of patches per nautical mile will be analysed.

Additionally, the echo-recordings will be stored on tape for integration in the laboratory. An analysis of the volume backscattering strength-distribution, an indication for density and abundance of zooplankton and micronekton, will be made for comparison with the echograms and for comparison with previous research.

Throughout the cruise, recordings will be made of the light-intensity on deck, for obtaining relations with the migratory behaviour of the patches and sound scattering layers.

The echodata will also be compared with net samples and a-biological factors such as the hydrographic data, chlorophyll-a-distribution, oxygen-distribution etc.

e) Moulting physiology (AWI)

See under 1.2.10. b)

f) Reproductive biology of *Calanus finmarchicus* (AWI)

The egg production method mentioned above provides direct information of net secondary production in some species of herbivorous copepods. Application of this method, however, requires detailed background information on reproductive biology of the species considered. Important questions are maximum egg production, spawning frequency and average clutch size, total reproductive capacity per female and response to changing feeding conditions. These questions can be answered most clearly using single females under different experimental conditions. During ARK VI females *Calanus glacialis* and *Calanus finmarchicus* will be fed and starved and their egg production studied over several weeks.

3.2.6. Benthological Investigations (IPÖ)

Our knowledge on the bottom fauna of the arctic waters off North-east Greenland are relatively scarce due to the permanent ice cover and the poor accessibility of this area. Agassiz trawl catches and underwater photos made in the region of the Belgica Bank, a shelf area located between 78° and 80° N, during an expedition of RV "POLARSTERN" in summer 1985 show epibenthic communities with remarkably high abundances of certain species, mostly brittle stars and sea stars. There are some particularly favourable conditions concerning the bottom morphology, hydrography and production ecology of the study area which are thought to be responsible for this fact (stones and rocks as habitats, a nearby coastal polynya as location of enhanced primary

production, and a convergent mesoscale eddy promoting the sedimentation of organic matter produces in the pelagial to the benthal).

From these results two major aims of benthological research during legs ARK VI/2-4 of this year's expedition of RV "POLARSTERN" are derived:

(1) Does the benthos of the Belgica Bank region differ distinctly from that of more southern areas off Northeast Greenland in terms of abundance and species composition due to the above-mentioned special environmental conditions?

Samples will be taken by means of an Agassiz trawl and an underwater camera on three or four transects south of 78° N across the continental slope and shelf. The underwater photography allows the calculation of absolute abundances of epibenthic species and supplies "in-situ" views of benthic habitats.

(2) Echinoderms, especially sea and brittle stars, are the most abundant species in many benthic communities in arctic waters. What are the reasons for their success? Did they evolve particular adaptations to specific polar environmental conditions like the constantly low temperatures and the probably strong fluctuations in food supply, e.g. adaptations in terms of utilized food resources, growth patterns, life cycles and methods of energy storage?

Investigations on these issues will focus on echinoderm species abundant in the Agassiz trawl catches. Age structure and growth patterns can be derived from size frequency distributions of caught specimens. Digestive tracts and gonads of subsampled specimens will be analysed in terms of content or condition of maturity respectively. The amount and composition of lipids in various tissues will yield information on the strategy of energy utilization of different species and can shed light on trophic relationships.