



FS "Polarstern"
Expeditionsprogramm Nr. 22



ARCTIC 91

**FS "Polarstern"
ARKTIS-VIII/3
1991**

22. 6. 1992

Z 432

**22
1991**

FS "Polarstern"

ARCTIC 91

ARKTIS-VIII/3
1991

Koordinator und Fahrtleiter

Dieter K. Fütterer

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven

Juli 1991



Deutscher Text
Seite 3 bis 18

English Text
Page 25 to 38

1 Zusammenfassung

Der dritte Fahrabschnitt der achten Reise von FS "Polarstern" in die Arktis (ARK-VIII/3) wird als internationale Expedition ARCTIC '91 zusammen mit dem schwedischen Eisbrecher "Oden" und dem US-amerikanischen Eisbrecher "Polar Star" durchgeführt. Die gemeinsamen Zielgebiete sind die permanent von dichtem Packeis bedeckten Tiefseebecken und Strukturen des zentralen Arktischen Ozeans.

Die Forschungsprogramme der drei Schiffe sind aufeinander abgestimmt. Zum Teil sind die verschiedenen Forschungsdisziplinen auf den Schiffen zusammengefaßt. Schwerpunktmäßig werden auf "Oden" Forschungsprojekte der physikalischen und chemischen Ozeanographie, Fernerkundung und Eisforschung, auf "Polarstern" der Geologie, Geophysik, Spurenstoff-Ozeanographie und Eisforschung sowie auf "Polar Star" der Fernerkundung und ebenfalls der Eisforschung durchgeführt.

"Polarstern" wird am 1. August 1991 von Tromsø auslaufen und mit Kurs nach Norden Spitzbergen östlich passieren. In verschiedenen Arbeitsgebieten am arktischen Kontinentalhang, im Bereich des mittelozeanischen Nansen-Gakkelerückens und des Lomonosov-Rückens sollen meeresgeologische Beprobungen für paläo-ozeanographische und paläoklimatische Untersuchungen durchgeführt werden. Mit seismischen Methoden werden die Geophysiker den sedimentären und strukturellen Bau des Untergrundes erkunden. Dabei soll versucht werden, durch gemeinsames Operieren von "Polar Star" und "Polarstern" auf den Transitfahrten zwischen den Beprobungsstationen kontinuierliche seismische Profile zu messen. Auf ausgewählten Stationen sollen aus großvolumigen Wasserproben Spurenstoffe wie radiogener Kohlenstoff und ³⁹Ar für Fragen der Erneuerung des Tiefenwassers untersucht werden.

Ob "Polarstern" und die mit ihr zusammen operierenden Schiffe die gesteckten Ziele erreichen können, ist von den von Jahr zu Jahr sehr variierenden Eisverhältnissen abhängig. Das wissenschaftliche Programm muß daher sehr flexibel geplant und ausgeführt werden.

"Polarstern" wird am 10. Oktober 1991 in Tromsø zurückerwartet. Nach kurzem Aufenthalt für das Ausschiffen einiger Wissenschaftler, für Ladeaktivitäten und Versorgung, wird die Weiterfahrt nach Bremerhaven erfolgen, wo das Schiff am 15. Oktober die Expedition beenden wird.

Neben Mitarbeitern des AWI und Wissenschaftlern und Technikern weiterer deutscher Forschungsinstitutionen nehmen auf "Polarstern" Kollegen aus Kanada, Norwegen, Schweden, der Schweiz, den U.S.A. und der UdSSR an der Expedition teil.

2 Forschungsprogramm

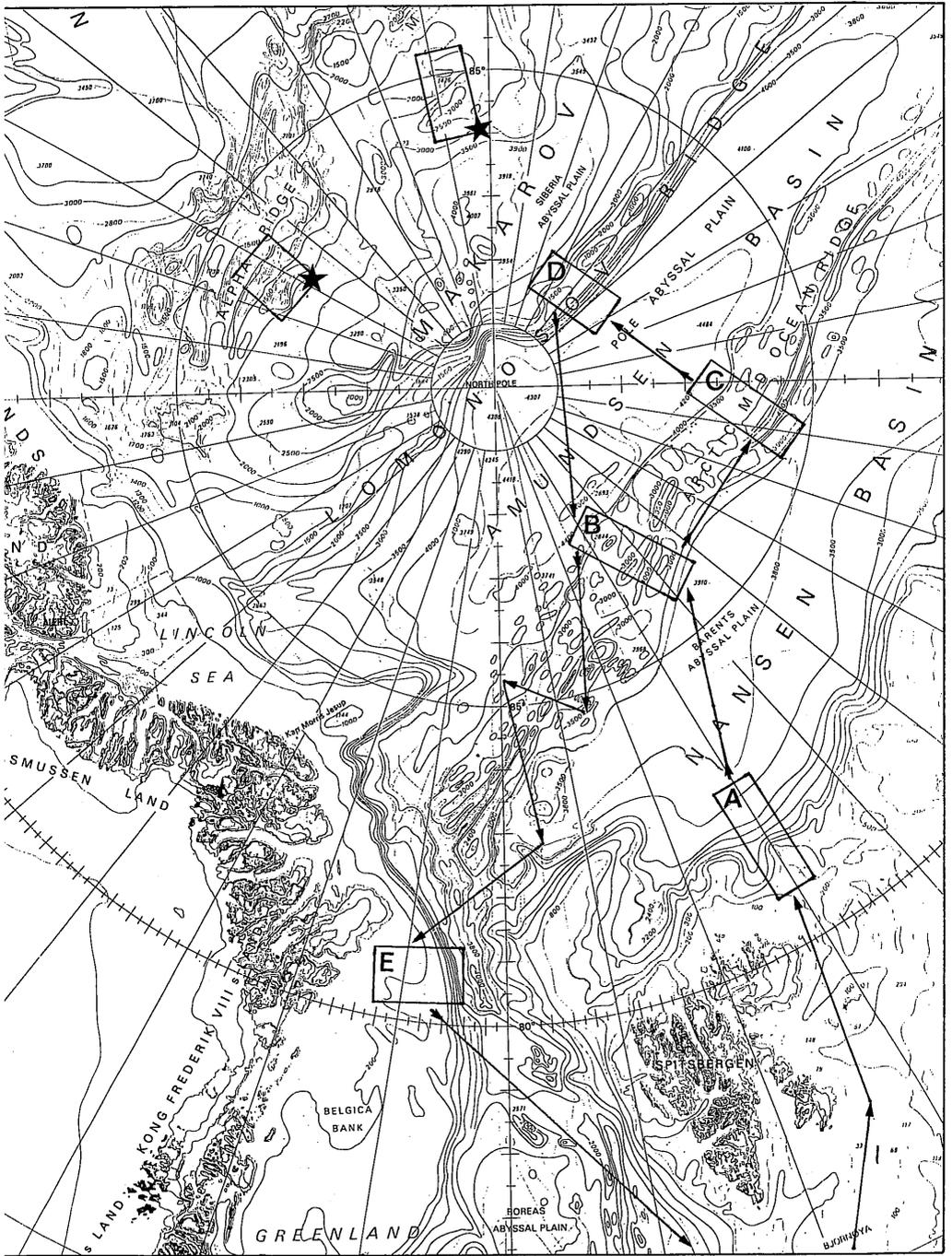
2.1 Einführung

Ermutigt durch den Erfolg und die Erfahrungen, die während der "Polarstern"-Expedition ARK-IV/3 im Sommer 1987 gesammelt wurden, war schon bald danach mit der Vorbereitung einer - im Schwerpunkt ozeanographischen und geowissenschaftlichen - Expedition in den zentralen Arktischen Ozean begonnen worden. Frühzeitig ergab sich aus ähnlichen Plänen schwedischer Kollegen, die - koordiniert durch das Schwedische Polarsekretariat - mit dem neuen Eisbrecher "Oden" für 1991 eine multidisziplinäre Expedition in die hohe Arktis planten, der konkrete Ansatzpunkt eines zwei-Schiff-Unternehmens. Sehr bald beteiligten sich auch amerikanische Wissenschaftler unter Einbindung der "Polar Star" an der weiteren Planung. Die wissenschaftlichen Zielregionen mußten letztlich noch geändert werden, da leider keine Genehmigungen für Forschungsarbeiten auf dem eurasischen Schelf innerhalb der sowjetischen Wirtschaftszone erteilt wurden.

Der permanent eisbedeckte Arktische Ozean ist nach wie vor auch wissenschaftlich ein nahezu weißes Gebiet. Die bislang vorliegenden Daten sind fast ausschließlich von Camps von passiv driftenden Eisinseln aus gewonnen. Während dieser Reise, auf welcher "Polarstern" und "Polar Star" in engem Kontakt gemeinsam operieren werden, soll versucht werden, aktiv bis in das Makarov-Becken vorzudringen. Die geplanten Untersuchungsgebiete (Abb. 1) befinden sich am arktischen Kontinentalrand zum Nansen-Becken, auf zwei Profilschnitten über die aktive Struktur des mittelozeanischen Nansen-Gakkel-Rückens und am Lomonosov-Rücken. Von besonders hoher geowissenschaftlicher Priorität ist der Bereich des Alpha-Mendelejev-Rückens. Von hier sind Sedimente mit einem Alter von mehr als 40 Millionen Jahren bekannt, die in ihrer Zusammensetzung einen eisfreien, temperierten Arktischen Ozean belegen.

Ob diese regionalen Ziele erreicht werden können, ist in erster Linie von der Verteilung und Dichte des Packeises abhängig. Beabsichtigt ist ein Expeditionsverlauf, der im wesentlichen die Gebiete gegen den Uhrzeigersinn erreichen soll, und uns so weit wie möglich die Unterstützung der transpolaren Eisdrift verschafft (Abb. 1). Von der Eisaufklärung durch Hubschrauber und auch durch die Auswertung von AVHRR-Aufnahmen an Bord wird eine gute Unterstützung für eine optimale Routenwahl erwartet.

Abb. 1: Geplante Arbeitsgebiete während ARCTIC '91 am arktischen Kontinentalhang (A), Nansen-Gakkel-Rücken (B,C) und Lomonosov-Rücken (D). Das Gebiet (E) am grönländischen Kontinentalhang ist lediglich ein Alternativgebiet, wenn gegen Ende der Reise noch Zeit zur Verfügung steht. Die mit Sternen markierten Gebiete am Alpha-Mendelejev-Rücken stellen Optionen hoher Priorität dar, die jedoch nur bei ungewöhnlich guter Eissituation erreicht werden können.



Von "Polarstern" wird auf dieser Reise ein multidisziplinäres Forschungsprogramm durchgeführt werden, das von der Fernerkundung des Meereises, über die physikalische und biologische Untersuchung des Meereises, der Tracer-Ozeanographie, der Meeresgeologie bis zur Untersuchung der Krustenstruktur geht. Im Vordergrund stehen dabei die geowissenschaftlichen Arbeiten. Ein wesentliches Bestreben ist die Gewinnung möglichst langer Sedimentkerne, um eines der wichtigsten Forschungsziele zu erreichen, die Rekonstruktion der Geschichte des Arktischen Ozeans, seiner paläozeanographischen und paläoklimatischen Entwicklung. Ein weiteres Ziel ist die Untersuchung des heutigen Ablagerungsmilieus, der physikalischen und chemischen Sedimentationsprozesse und der Verteilung und Häufigkeit der arktischen Organismen.

Im Vordergrund der geophysikalischen Messungen steht die möglichst kontinuierliche seismische Kartierung des sedimentären Untergrundes der arktischen Teilbecken, Nansen-, Amundsen- und Makarov-Becken. Die seismische Untersuchung der Rückenstrukturen soll z.B. klären, ob der Lomonosov-Rücken ein vom eurasischen Kontinentalrand abgesprengter Splitter ist.

Bei den Meereisuntersuchungen steht die Frage nach der Massenbilanz im Vordergrund der physikalisch-chemischen Messungen, während die biologischen Untersuchungen die quantitative Erfassung der Organismengemeinschaft des Meereises zum Ziel hat.

Die Erneuerung des Tiefenwassers im Arktischen Ozean als einer der Quellkomponenten für die globale Tiefenwasserzirkulation ist das Ziel der Untersuchungen der Tracer-Ozeanographie.

2.2 Fernerkundung des Meereises (AWI)

Das Meereis spielt im allgemeinen Klimageschehen eine wichtige Rolle. Die Verteilung von Meereis und offenem Wasser in polaren Breiten und das saisonal produzierte oder geschmolzene Meereis haben einen bedeutenden Einfluß auf die atmosphärische wie auch auf die ozeanische Zirkulation. Die wesentlichen klimarelevanten Meereisparameter, die durch dynamische und thermodynamische Prozesse mit der Zeit verändert werden, sind Ausdehnung, Dicke, Konzentration (Bedeckungsgrad) und Driftgeschwindigkeit. Hinzu kommen die Eigenschaften der Eisoberfläche wie Albedo (Rückstrahleigenschaft), Oberflächentemperatur und die Rauigkeit der Meereisoberfläche und -unterseite. Zur Vorhersage dieser Parameter wurden Modelle entwickelt, die das Meereis als plastischen Festkörper betrachten, der von Wind und Ozeanströmungen deformiert und dessen Volumen von den Wärmefläüssen verkleinert oder vergrößert wird. Die Ergebnisse der numerischen Modelle zeigen eine relativ gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen der Meereisgrenzen, die mit Hilfe von satellitengestützten passiven Mikrowellenverfahren gewonnen wurden. Da die Polarmeere schwer zugänglich sind, spielt die Satellitenfernerkundung für die Gewinnung von Beobachtungsdaten zur Entwicklung und Verifikation von Meereismodellen eine entscheidende Rolle.

Meereisvariable, die mit Satelliten-Fernerkundungsverfahren erfaßt werden können, sind die Ausdehnung, der Bedeckungsgrad, die Verteilung der Schollengröße, der Typ des Meereises (ein- bzw. mehrjähriges Eis), die Meereisbewegung,

die Albedo sowie die Oberflächentemperatur und Grenzflächenrauigkeit. Allen Verfahren ist gemeinsam, daß die Meereisvariablen durch die gewonnenen Daten nicht direkt wiedergegeben werden, sondern durch mehr oder weniger aufwendige Algorithmen aus den Rohdaten gewonnen werden müssen. Die Verbesserung dieser Algorithmen durch Vergleich der Satellitenmessungen mit Bodenbeobachtungen ("ground truth") und durch Vergleich horizontal verschieden auflösender Sensoren stellt einen bedeutenden Bereich der gegenwärtigen Forschung dar.

Das Hauptproblem der Meereismodellierung liegt zur Zeit darin, daß noch nicht genügend Daten über Dicke, Konzentration und Driftgeschwindigkeit des Meereises vorhanden sind, mit denen einige der Modellparameter genauer bestimmt werden könnten. Um die Meereiskonzentration und die Bewegung des Meereises (aus der Verlagerung der Eisschollen in aufeinanderfolgenden Bildern) zu bestimmen, werden daher zur Zeit Fernerkundungs-Daten untersucht, die während der "Winter Weddell Gyre Study" 1989 auf "Polarstern" empfangen wurden. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um die Verifikation der Algorithmen der Meereiskonzentration für NOAA-AVHRR-Aufnahmen durch Daten der Line-scan-Kamera und um eine "Eichung" der SSM/I-Algorithmen durch AVHRR-Daten. Für die Ermittlung des Geschwindigkeitsfeldes werden zusätzlich die Trajektorien von auf Eisschollen ausgesetzten Bojen eingesetzt, die ihre Position und andere atmosphärische und ozeanische Daten über Satelliten in ein zentrales Datenerfassungsnetz senden.

Für die Arktis steht ein Vergleich dieser Sensorhierarchie noch aus. Algorithmen für antarktisches Meereis lassen sich nicht ohne weiteres auf arktisches Meereis übertragen, da dessen charakteristische Eigenschaften - es handelt sich vorwiegend um mehrjähriges Eis - deutlich anders sind als die des vorwiegend einjährigen Eises der Antarktis. Daher soll ein ähnlicher Datensatz wie 1989 für die Antarktis während ARK VIII/3 für die zentrale Arktis aufgenommen werden.

Dazu sollen im Rahmen dieser Expedition die folgenden Untersuchungen durchgeführt werden:

- Bestimmung der Meereiskonzentration mit Hilfe von NOAA-AVHRR-Aufnahmen (im sichtbaren Spektralbereich sowie Infrarot), die mit einer HRPT-Anlage aufgezeichnet werden (Auflösung = 1 km). Mit den hochauflösenden AVHRR-Aufnahmen sollen die Algorithmen für das Ausmaß der Meereisbedeckung aus Bildern der grobauflösenden Mikrowellenradiometer (SSM/I, etwa 35 km) verbessert werden.
- Messung der Meereiskonzentration durch eine digitale Zeilenraster-Kamera vom Hubschrauber aus (Auflösung = 1 m) und Vergleich mit AVHRR-Bildern (Verifikation der AVHRR-Daten durch einen Sensor mit besserer horizontaler Auflösung). Dieses Projekt wird in direkter Zusammenarbeit mit der "Polar Star" durchgeführt.
- Messung der Oberflächentemperatur mit einem KT4-Radiometer von der Reling aus als "ground truth" für AVHRR-Daten und für die Zusammenarbeit mit der Meereisgruppe zur Bestimmung der vertikalen Temperaturprofile in Schnee und Eis.

- Bestimmung der Meereisbewegung aus der Verlagerung der Schollen in aufeinanderfolgenden AVHRR-Aufnahmen und Vergleich mit Trajektorien von Bojen, die von "Polar Star" (Univ. Hamburg) ausgebracht werden.
- Messung der Oberflächenrauigkeit mit einem Laser-Altimeter vom Hubschrauber aus zur Erfassung der großskaligen Rauigkeit und einer Preßrückenstatistik. Ein kleinskaliger Rauigkeitsmesser (1 m lang, Auflösung 3 mm) wird für Radar-Rückstreumodelle eingesetzt werden.

Über die wissenschaftliche Auswertung der AVHRR-Aufnahmen hinaus wird erwartet, daß diese Aufnahmen eine wesentliche Unterstützung für die Schiffsnavigation im Eis darstellen

2.3 Untersuchungen am Meereis (AWI, GEOMAR)

Im Vordergrund der Untersuchungen am Meereis während ARK-VIII/3 steht die quantitative Erfassung der physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Beschaffenheit des arktischen Meereises in bislang kaum untersuchten Regionen. Die Arbeiten lassen sich schwerpunktmäßig in drei Themenbereiche gliedern, a) physikalisch-chemische Charakteristika von Eis und Schnee, b) Meereisbiologie und c) Sedimenteinschlüsse im Meereis.

Die Probenahme soll nach einem standardisierten Schema (Abb. 2) sowohl unmittelbar in Schiffsnähe als auch unter Einsatz von Hubschraubern im weiteren Umkreis des Schiffs erfolgen. Die Abstände der Beprobungsstationen sollten maximal einen Breitengrad nicht überschreiten.

2.3.1 Physikalisch-chemische Charakteristika von Meereis und Schnee (AWI)

Eis- und Schneedickenmessungen mit Hilfe mechanischer Bohrer sollen, in Verbindung mit Laser-Profilflügen und detaillierteren Arbeiten amerikanischer Kollegen an Bord "Polar Star", Informationen über die Eisdickenverteilung im arktischen Becken liefern. Die aus Abb. 2 ersichtliche Anordnung der Eisdicken-Bohrungen erbringt einerseits Bodendaten für die Laser-Profilflüge zum anderen gibt sie Aufschluß über den glaziologischen Rahmen der Eiskern-Bohrungen.

Diese Eiskern-Bohrungen sollen ihrerseits die bereits vorhandenen oder noch zu gewinnenden Informationen über die Massenbilanz arktischen Meereises komplementieren. Zu diesem Zweck sollen Gefüge, Salzgehalt, Nährstoffchemie, ^{18}O -Konzentration sowie Sediment- und Chlorophyllgehalte bestimmt werden.

Die Quantifizierung des Gefüges, insbesondere die Bestimmung von Korn- und Porengrößen, stellt darüber hinaus einen wichtigen Beitrag zur Fernerkundung des Eises mit passiven und aktiven Mikrowellenverfahren dar.

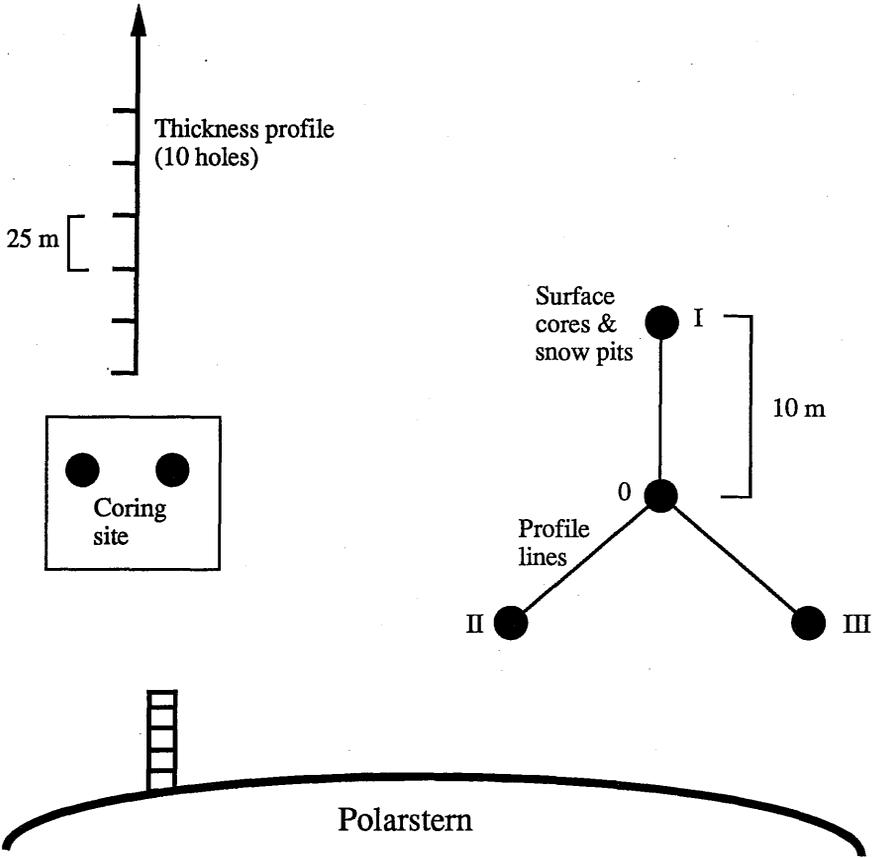


Abb. 2: Glaziologische Messungen und Probenahme auf dem Meereis

Neben diesen Arbeiten soll die detaillierte Beschreibung und Erfassung der Oberflächeneigenschaften des Meereises (d.h. Schnee, oberste Eisschichten, Schmelzwassertümpel) wichtige Bodendaten sowohl für Fernerkundungsverfahren als auch im Hinblick auf den Energiehaushalt arktischen Eises liefern. Die Probenahme für diese Untersuchungen erfolgt an 0,5-1 m langen Oberflächenkernen von den Eckpunkten dreier sternförmig angeordneter Profile (Abb. 2). Längs der Profile werden Schneedicke und Oberflächentemperatur bestimmt.

Aufschlüsse über die Eisverhältnisse und Beschaffenheit der Eisoberfläche auf größeren Skalen sollen durch regelmäßig durchgeführte Videoflüge (in Verbindung mit der Line-Scan-Kamera) sowie stündliche Eisbeobachtungen vom Schiff aus erbracht werden.

2.3.2 Biologische Untersuchungen am Meereis (AWI)

Die im Meereis vorkommende Organismengemeinschaft setzt sich zum größten Teil aus Bakterien, Diatomeen, autotrophen Flagellaten, Protozoen sowie kleineren Invertebraten verschiedener systematischer Zugehörigkeit zusammen. Durch die quantitative Erfassung der einzelnen Organismengruppen an aufgetauten Eiskernen mit gleichzeitiger Messung abiotischer Parameter (Licht, Nährstoffe) werden neue Erkenntnisse über die Struktur der epontischen Lebensgemeinschaft sowie deren Variabilität im kleinskaligen (cm) bis großskaligen (mehrere hundert km) Bereich erwartet. Von besonderem Interesse sind hierbei Proben aus den zentralen Bereichen des arktischen Ozeans, da die meisten bisherigen biologischen Meer eisuntersuchungen auf den kanadisch-amerikanischen Schelf begrenzt waren.

Neben der Feststellung der Häufigkeitsverteilung der Organismen sind Experimente zur Erfassung der trophodynamischen Stellung ausgewählter Organismengruppen mittels fluoreszenzmarkierter Partikel geplant. Mit diesen Untersuchungen sollen Aussagen über den Stoffumsatz innerhalb der Lebensgemeinschaft des Meereises gemacht werden.

2.3.3 Sedimenteinschlüsse im Meereis (AWI, GEOMAR)

Das rezente Ablagerungsmilieu im Arktischen Ozean wird weitgehend durch den partikulären Sedimenttransport im Meereis geprägt. Beobachtungen während der "Polarstern"-Expedition ARK-IV/3 (1987) ergaben, daß zwischen 84° und 86° N etwa die Hälfte der Meereis-Oberfläche mit partikulärem Material bedeckt war. Es wird angenommen, daß große Mengen dieses Sedimentmaterials durch verschiedene Prozesse wie Fluß- und äolischen Eintrag, an Kliffs, durch strandendes Eis etc. in den weiten Flachwassergebieten des eurasischen Schelfs aufgenommen werden und mit der transpolaren Eisdrift über die arktischen Meeresbecken verteilt wird. Aus einer detaillierten regionalen quantitativen Analyse des lithogenen und biogenen Sedimentinhalts des Meereises sollen Transportwege und Mechanismen rekonstruiert und erklärt werden.

Gemeinsam mit dem physikalischen und biologischen Meereisprogramm sollen lithogene wie biogene partikuläre Komponenten systematisch in Meereisproben aus Bohrkernen wie auch von der Eis- und Schneeoberflächen untersucht und quantifiziert werden werden

2.4 Untersuchung der Tiefenwassererneuerung mit ^{14}C (IUH, LDGO, PIB)

Das Tiefenwasser des arktischen Ozeans galt lange Zeit als ein vom Nordatlantik abgeschlossenes System. In den letzten Jahren zeigten jedoch Wassermassensanalysen, daß ein Austausch von Tiefenwasser durch die Fram-Straße existieren muß, der auf die Tiefenwasserbildung in der Grönlandsee und Norwegischen See einwirkt. Hauptsächlich in diesem Gebiet erfolgt ein wesentlicher Anstoß für die globale Tiefenwasserzirkulation; damit bestimmt der Austausch mit dem arktischen Ozean die Quellkomponente des globalen Tiefenwassers.

Radiogener Kohlenstoff (^{14}C , Halbwertszeit 5.770 Jahre) ist der zentrale Spurenstoff für die Untersuchung von Transportprozessen im Tiefenwasser. Während ARK-VIII/3 sollen mit ^{14}C -Tiefenprofilen die Erneuerungszeiten des Tiefenwassers in den arktischen Becken untersucht werden. Mit ^{14}C -Messungen im Nansenbecken konnte bereits während ARK-IV (1987) gezeigt werden, daß die bisher aus ^{14}C -Messungen von Eisinseln ermittelten Alter erheblich zu gering sind.

Die ^{14}C -Proben werden mit großvolumigen Gerard-Schöpfern (270 l) genommen und bereits an Bord aufbereitet. Der gelöste Kohlenstoff wird durch Ansäuern in CO_2 umgesetzt; dieses Gas wird bei hohem Durchsatz im Vakuum extrahiert und in Natronlauge aufgefangen. Die ^{14}C -Aktivität wird in Heidelberg in Hochdruck-Proportionalzählrohren gemessen. Wegen der geringen ^{14}C -Gradienten im Tiefenwasser ist eine sehr hohe Meßgenauigkeit erforderlich, die derzeit nur mit dieser Methode erreichbar ist.

Insgesamt sind 10 Stationen mit je zwei Tiefenserien geplant. Weiterhin sind für jedes Teilbecken ^{39}Ar -Messungen an ausgewählten Proben geplant.

Zusammen mit den übrigen, hauptsächlich auf "Oden" gewonnenen ozeanographischen und Spurenstoffdaten lassen sich mit Boxmodellen Tiefenwasserbildungs-raten und die Austauschraten zwischen den verschiedenen Teilbecken des Arktischen Ozeans sowie mit dem Europäischen Nordmeer bestimmen.

2.5 Verteilung natürlicher Radionukleide in der Wassersäule (AWI, SFB-313)

Die natürlichen Radioisotope sind wegen ihrer bekannten Herkunft und der Möglichkeit, Mutter/Tochter-Beziehungen als Chronometer einzusetzen, sehr gute "Tracer" für die Erstellung geochemischer Bilanzen in den Ozeanen.

Bisher gibt es nur sehr wenige Daten aus der Arktis über die Verteilung natürlicher Radionukleide. Sie zeigen, daß der Radionukleidfluß in die Sedimente zum Teil geringer ist, als aufgrund ihrer Produktion zu erwarten wäre. Diese geringen "scavenging"-Raten sind wahrscheinlich auf den geringen Partikelfluß zurückzuführen.

ren, der wiederum durch die Eisbedeckung und die geringe biogene Produktivität bedingt ist. Dies spiegelt sich auch in den Radionukleidkonzentrationen in der Wassersäule am Alpha-Rücken wieder, wo eine Anreicherung von ^{230}Th beobachtet wurde.

Hingegen ist nicht bekannt, ob in dem Bereich zwischen Alpha-Rücken und Nansen-Becken auch eine anomale Anreicherung von ^{230}Th und anderer natürlicher Radionukleide zu verzeichnen ist und inwieweit es zu einem lateralen Transport in Richtung auf die Bereiche mit höherer Partikelkonzentration, wie z. B. in der Fram-Straße, kommt.

Während ARK-VIII/3 soll die Wassersäule auf sechs Stationen im Nansen-, Amundsen- und Makarov-Becken mit Tiefseepumpen und Großwasserschöpfern beprobt und auf die gelösten und partikulären natürlichen Radionukleide der Elemente Th, Ra, Pb, Po, Be und Pa hin analysiert werden.

Hieraus soll der Zusammenhang zwischen Wassermassenzirkulation, dem Partikelfluß und den "scavenging"-Raten abgeleitet werden. In Verbindung mit der radiochemischen Bearbeitung der Sedimentkerne soll versucht werden, diesen Zusammenhang auf frühere Epochen der Erdgeschichte zu übertragen.

Bei der Probennahme für ^{230}Th , ^{228}Th , ^{231}Pa und $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ werden *in-situ* Filtrationspumpen eingesetzt. Mit diesen Pumpen wird in 2,5 Stunden 1 bis 2 m³ Wasser filtriert. Aus dem filtrierten Wasser werden die gelösten Radionukleide mit Adsorptions Säulen abgefangen. Mit Großwasserschöpfern werden außerdem Proben genommen für die genauere Analyse der häufiger vorkommenden Isotope ^{234}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po und ^{10}Be . Die Ergebnisse dienen auch zur Kalibrierung der Pumpenproben. Auf jeder Pumpenstation wird die Verteilung der Radionukleide im Sediment in Multicorer-Kernen gemessen.

2.6 Sedimentgeologische Untersuchungen (AGC, AWI, CUG, FGB, GIS, GEOMAR, MMBI, RSMAS)

Der Arktische Ozean gewinnt zunehmend an Bedeutung für geowissenschaftliche Studien, die den Einfluß und Rückkopplung dieser Region auf Veränderungen des globalen klimatischen und ozeanischen Systems untersuchen.

Geowissenschaftliche Schlüsselfragen in der Entwicklungsgeschichte des Arktischen Ozeans betreffen

- die Geschichte des mesozoischen und frühkänozoischen Arktischen Ozeans. Von besonderem Interesse ist dabei die Entwicklung von einem "warmen" polaren Ozean, wie er aus Sedimenten des Alpha-Rückens für die Zeit vor 40 Mio. Jahren nachgewiesen ist, zu einem eisbedeckten polaren Ozean.
- den Einstrom von atlantischen Wassermassen durch die Framstraße in den Arktischen Ozean. Wann setzte der Einstrom atlantischer Wassermassen ein, und welche Auswirkungen haben diese auf den Ablauf der Glazial/Interglazial-Zyklen?

- die Entstehung und die Veränderlichkeit der Eisbedeckung während der Glazial/Interglazial-Zyklen.

Aus Sedimentkernen vom Nansen-Gakkel-, Lomonosov- und Alpha-Mendeleyev-Rücken sowie vom Nansen-, Amundsen, Kanada- und Makarov-Becken soll die Geschichte des Ablagerungsmilieus rekonstruiert werden. Von zentraler Bedeutung für die mesozoische und frühkänozoische Geschichte des Arktischen Ozeans wären dabei besonders Sedimentkerne vom Alpha-Rücken, wo mehr als 40 Millionen Jahre alte Sedimente an der Oberfläche anstehen.

2.6.1 Stratigraphische und Sedimentologische Untersuchungen (AWI, CUG, DGT, GIK, GEOMAR, IUH, MMBI, RSMAS)

Ein besonderer Arbeitsschwerpunkt liegt auf der Erstellung einer hochauflösenden Stratigraphie als Grundlage aller historischen Interpretationen. Die relative Fossilarmut der Sedimente im Arktischen Ozean erfordert hier eine Kombination möglichst verschiedener Methoden und ihre gegenseitige Eichung. Neben einer Vervollständigung der Biostratigraphie mit planktischen und benthischen Foraminiferen sowie entsprechender $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ -Kurven ist besonders an AMS- ^{14}C - und ^{10}Be -wie auch an U/Th-Messungen gedacht.

Ein weiterer Schwerpunkt der meeresgeologischen Arbeiten ist die Fortsetzung der umfangreichen sedimentologischen und lithostratigraphischen Untersuchungen, die in den vergangenen Jahren im östlichen Arktischen Ozean, der Fram-Straße, der Barentssee und dem Europäischen Nordmeer durchgeführt wurden.

Ziel dieser Arbeiten ist die räumliche und zeitliche Erfassung der lang- und kurzfristigen Veränderlichkeit der arktischen Eisdecke. Von besonderer Bedeutung für das Verständnis globaler Veränderungen ist dabei die Geschichte der arktischen Eisdecke während der jüngsten geologischen Vergangenheit.

Eine enge Beprobung der obersten Sedimenteinheiten soll eine hochauflösende Stratigraphie zur Bestimmung kurz- und langfristiger Veränderungen im arktischen Ablagerungsmilieu ermöglichen. Es ist von besonderer Bedeutung zu bestimmen, ob die gut definierte Lithostratigraphie des Amerasischen Beckens in das Eurasische Becken verfolgt werden kann und ob der schwankende Sedimenteintrag von spezifischen Schelfgebieten definiert werden kann.

Untersuchungen von grobem und feinem eistransportiertem Material und Tonklasten sollen Auskunft über Transport- und Ablagerungsmuster von eistransportiertem Material geben. Dazu sollen das Sedimentgefüge anhand von Radiographien, die Korngrößenverteilung sowie die qualitative und quantitative Sedimentzusammensetzung (Mineralogie, Karbonatgehalt) bestimmt werden.

2.6.2 Paläontologische Untersuchungen (AWI, GEOMAR, GIS)

Palökologische Untersuchungen an planktischen und benthischen Foraminiferen sollen Aufschluß über den rezenten Lebensraum von Foraminiferen geben. Außerdem soll eine präpleistozäne Biochronologie der Foraminiferen für den zentralen Arktischen Ozean erstellt werden.

Das Ziel dieser Untersuchungen ist eine kontinuierliche Beschreibung des kretazischen und känozoischen Ablagerungsmilieus der Arktis, die eine grundsätzliche Bedeutung für das Verständnis ihrer Rolle in der Entwicklungsgeschichte der thermohalinen Zirkulation im Weltozean und der Entwicklung von polaren Biota spielt. Das Studium von benthischen und planktischen Foraminiferen, zusammen mit entsprechenden Arbeiten an kieseligem und palynomorphem Plankton (AWI, GIS, AGC), wird die Erstellung einer gemeinsamen Biochronologie des Arktischen Ozeans ermöglichen.

Die Verteilung von benthischen Foraminiferen in marinen Sedimenten wird durch ozeanische Umweltfaktoren wie Wassermasseneigenschaften, Bathymetrie und die Verfügbarkeit von Nährstoffen gesteuert. Daher werden benthische Foraminiferenvergesellschaftungen oft als Indikator für die Veränderungen von Umweltfaktoren im Verlauf des Känozoikums benutzt. Zur Abschätzung der Magnitude von klimatischen und ozeanischen Veränderungen der Vergangenheit wird eine präzise Beschreibung des rezenten marinen Ablagerungsmilieus und ein aktualistisches Modell benötigt, das im Fossilien angewendet werden kann. Hier stellen Transferfunktionen ein nützliches Instrument dar, um Veränderungen von Wassermassen, Nährstoffgehalten und Oberflächenwasserproduktivität, die aus Veränderungen des globalen Klimas und der Ozeanzirkulation resultieren, zu interpretieren. Das ozeanographische, sedimentologische und biologische Meßprogramm während der ARCTIC'91 Expedition ermöglicht erstmals eine detaillierte Beschreibung des benthischen Lebensraumes im Arktischen Ozean.

2.6.3 Sedimentphysikalische Untersuchungen (AGC, FBG, GEOMAR)

Sedimentphysikalische Parameter von pelagischen und hemipelagischen Tiefseesedimenten, z.B. Scherfestigkeit, Dichte und Wassergehalt, werden durch Sedimentzusammensetzung, Sedimentauflast, Diagenese und darüber hinaus vor allem durch hydrographische und klimatische Schwankungen gesteuert. Tiefseesedimente aus dem Europäischen Nordmeer haben gezeigt, daß extreme ozeanographische Situationen, z.B. während Eisabschmelzphasen, deutliche Änderungen von sedimentphysikalischen Parametern bewirken können. Sedimentphysikalische Parameter könnten damit einen wesentlichen Beitrag zur Rekonstruktion der Paläo-Ozeanographie des Arktischen Ozeans liefern.

Leider sind sedimentphysikalische Parameter von arktischen Tiefseesedimente bisher nahezu unbekannt. Um diese Lücke zu schließen, werden sich die Forschungsziele konzentrieren auf:

- die Erstellung einer Datenbasis, d.h. regionale und vertikale Verteilungsmuster von einigen wichtigen sedimentphysikalischen Parametern sollen erfaßt werden;
- die Berechnung von Sedimentakkumulationsraten;

- auf mögliche Beziehungen zwischen der Verbreitung von sedimentphysikalischen Parametern und paläo-ozeanographischen Prozessen;
- auf die Interpretation von seismischen Reflektoren (PARASOUND).

Das Arbeitsprogramm an Bord umfaßt engräumige Messungen, d.h. im Abstand von 2 bis 5 cm, der Kompressionswellengeschwindigkeits, der Scherfestigkeit, des Wassergehalts und der Dichte.

2.6.4 Organisch-geochemische Untersuchungen (AWI)

Die Menge, Zusammensetzung und Reife der organischen Substanz in den Sedimenten aus dem Arktischen Ozean wird durch sehr unterschiedliche ozeanographische Prozesse und Umweltfaktoren wie Oberflächenwasserproduktivität, Sauerstoffgehalt des Tiefen- bzw. Bodenwassers, Umlagerung und Aufarbeitung von älteren C_{org} -reichen Sedimenten und von den allgemeinen Klimaverhältnissen. Detaillierte organisch-geochemische Untersuchungen ergeben so die Möglichkeit, die langfristigen (d.h., im Übergang vom warmen Arktischen Ozean zum glazialen, eisbedeckten Arktischen Ozean) als auch die kurzfristigen ("Milankovitch"-artigen) Änderungen dieser paläoozeanographischen Faktoren und die Klimaentwicklung zu rekonstruieren. Da Faktoren wie die Oberflächenwasserproduktivität einen wichtigen Einfluß auf den CO_2 -Gehalt der Atmosphäre haben (d.h., zu Zeiten erhöhter Paläoproduktivität war der Ozean eine CO_2 -Senke), der wiederum das globale Klima mitbestimmt ("Treibhauseffekt"), sind diese Daten von entscheidender Bedeutung für quantitative Klimamodellierungen. Eine derartige Datenbasis existiert zur Zeit jedoch noch nicht für den Arktischen Ozean.

Die organisch-geochemischen Methoden konzentrieren sich auf Elementaranalysen (C-H-O-N-S), Rock-Eval-Pyrolyse und Kerogenmikroskopie (Mazeralanalysen, Vitrinitreflexion). An ausgewählten Probensätzen sollen weiterhin Gaschromatographie und Gaschromatographie/ Massenspektrometrie angewandt werden, um molekulare Biomarker (langkettige ungesättigte Ketone, C_{37} -Alkenone, *n*-Alkane, etc.) zu bestimmen. Diese Untersuchungen werden in Kooperation mit der KFA Jülich und Universität Bremen erfolgen.

2.6.5 Magnetostratigraphie und physikalische Eigenschaften von Sedimenten (FGB)

Die Komponenten der spätquartären marinen Sedimente der Arktis sind vorwiegend terrigenen Ursprungs; nur sehr geringe Anteile sind biogener Entstehung. Hochauflösende sedimentphysikalische Messungen sowie magnetostratigraphische Untersuchungen sind daher von großer Bedeutung für die stratigraphische Gliederung und Datierung dieser Sedimente. Die charakteristischen Variationen von Gehalt und Zusammensetzung der magnetischen Trägerminerale spiegeln offensichtlich durch Klimazyklen gesteuerte Variationen der Gesamtzusammensetzung der bearbeiteten Sedimente wider. Insbesondere eine hochauflösende Messung der magnetischen Suszeptibilität der Sedimente kann daher eine Korrelation von Gruppen von Sedimentkernen über Entfernungen von mehreren hundert Kilometern ermöglichen.

Die intensive Untersuchung des paläomagnetischen Signals in den Sedimenten erbrachte wichtige Ergebnisse über hochfrequente Variationen des Erdmagnetfeldes. Kurze geomagnetische Exkursionen und Polaritätseignisse wie das Laschamp, Blake und die Biwa-Ereignisse bieten eine hochauflösende Zeitskala für den Zeitraum der letzten 400.000 Jahre. Sedimentkerne aus den Regionen, die während der ARK-VIII/3 Expedition befahren werden, stellen eine wichtige Ergänzung des bereits existierenden Datensatzes dar. Alle sedimentphysikalischen und magnetostratigraphischen Daten sollen in eine regionale Stratigraphie einfließen. Ergänzt durch sedimentologische, paläontologische und weitere chronostratigraphische Ergebnisse wird von diesen Daten ein wesentlicher Beitrag zur Rekonstruktion des Sedimentationsgeschehens im Arktischen Ozean erwartet.

2.6.6 Sedimentechographie mit PARASOUND (FGB)

Auf allen Dampfstrecken sollen mit dem fest auf "Polarstern" installierten PARASOUND-Sedimentecholotsystem kontinuierliche Aufzeichnungen der obersten Schichten des Meeresbodens gefahren werden. Auf Grundlage dieser Registrierungen sollen an geeigneten Positionen Beprobungsstationen definiert und durchgeführt werden.

Das PARASOUND-System arbeitet mit zwei hochfrequenten, simultan abgestrahlten Primärfrequenzen, die nichtlinear im Medium wechselwirken und dadurch eine unter einem Öffnungswinkel von 4° gebündelte Welle im Bereich der Differenzfrequenz von 3-5 kHz generieren. Das PARASOUND-System erlaubt dadurch hochauflösende Abbildungen mariner Sedimentstrukturen bis zu einer Sedimenttiefe von 50-150 m mit einer Strukturauflösung von 5-10 cm. Das mit der seismischen Welle empfangene Reflexionsmuster entsteht aus der Änderung der akustischen Impedanz, die sich direkt aus der Dichte und Schallgeschwindigkeit der einzelnen Sedimentschichten errechnet. Diese Parameter sind von der Lithologie des Sedimentes abhängig und werden von geologischen Prozessen über Klimavariationen, Sedimenttransport und -eintrag gesteuert.

Der Hauptschwerpunkt der sedimentechographischen Arbeiten besteht in der hochauflösenden Vermessung der Sediment- und Oberflächenstrukturen. Die Aufzeichnungen erfolgen analog und digital mit dem PARADIGMA-System, was eine spätere Verarbeitung mit seismischen Processing-Systemen erlaubt.

Zusammen mit den bei den sedimentphysikalischen Untersuchungen gewonnenen Dichte- und Geschwindigkeitswerten lassen sich synthetische Seismogramme als akustostratigraphische Modelle der beprobten Sedimentschichten erstellen. Der Vergleich der Sedimentabfolgen mit den auf den Stationen registrierten Seismogrammen soll den theoretischen Zusammenhang zwischen Impedanzverlauf und Seismogramm verifizieren und eine flächenhafte Interpretation der beobachteten Reflexionsmuster ermöglichen.

2.7 Geophysikalische Untersuchungen (AWI, GUU, NGM, SOB)

Das wichtigste Ziel der geophysikalischen Experimente ist die Kartierung der Sediment- und Krustenstruktur in den arktischen Becken und den submarinen Rück-

kenstrukturen. Im einzelnen behandeln die Fragen die Entstehung und Absenkungsgeschichte des Lomonossov- und Alpha-Rückens, die Krustenstruktur des aktiven Nansen-Gakkel Rückens, die Sedimentationsgeschichte der arktischen Becken sowie die Lokalisierung von Positionen für die geologische Beprobung durch dredschen.

Spezielle Experimente der Weitwinkel- und Refraktionsseismik sollen in den Bereichen des Nansen-Gakkel-Rückens, des Lomonossov-Rückens und des Alpha-Rückens durchgeführt werden. Seismische Daten werden sowohl mit Hilfe von Registriergeräten auf "Polarstern" als auch mit Hilfe eines "snow streamers" direkt auf dem Meereis gesammelt.

2.7.1 Reflektionsseismik auf FS "Polarstern" (AWI, GUU, NGM, SOB)

Diese Messungen bestehen aus zwei Programmpunkten Die seismischen Messungen werden während der Transitfahrten zwischen den geologischen und ozeanographischen Stationen durchgeführt, wenn es die Eisbedingungen erlauben. Es werden ein "airgun cluster" mit bis zu 30 Liter Gesamtvolumen und ein 100 oder 800 m langer Streamer mit 24 Kanälen eingesetzt.

Um die Geschwindigkeitsstruktur des tieferen Untergrundes genauer zu erfassen, werden automatische REFTEK Registrierapparaturen für die Aufzeichnung der Airgun-Signale verwendet. Die Stationen werden mit einem Helikopter dem Schiff voraus abgesetzt und wieder eingeholt, wenn das Schiff parallel zur Station liegt. Abhängig von der geologischen Struktur soll eine derartige Station in Abständen zwischen 10 und 30 Seemeilen ausgebracht werden.

2.7.2 Weitwinkel- und Refraktionsseismik

Diese Messungen zur Erfassung der Sedimentstruktur sollen weitgehend mit Hilfe eines "snow streamers", der mit einem Hoovercraft-Fahrzeug abseits von "Polarstern" über das Meereis gezogen werden soll, durchgeführt werden.

Als Signalquelle kann Dynamit eingesetzt werden, als Empfänger der "snow streamer"; in diesem Falle arbeitet die Arbeitsgruppe weitgehend unabhängig vom Schiff.

Bei einer anderen Konfiguration wird als Signalquelle eine 32 ltr Airgun oder ein 2x20 ltr "airgun-array" eingesetzt. Die Luftkanonen werden während der geologischen Stationszeit bei stationärem Schiff abgefeuert. In dieser Anordnung wird der Empfänger, der "snow streamer" vom Schiff wegbewegt. Auf diese Weise sollen Signale bis zu einer Entfernung von 10 bis 50 km aufgezeichnet werden. Dieses Experiment soll in der Umgebung der Rückenstrukturen wie Nansen-Gakkel-, Lomonossov- und, wenn möglich, Alpha-Rücken durchgeführt werden.

Zusätzlich zu den seismischen Arbeiten wird das Schwerefeld der Erde mit Hilfe eines Seegravimeters auf FS "Polarstern" kontinuierlich registriert.

2.8 Benthologische Untersuchungen (AWI)

Die benthologischen Untersuchungen schließen an die während des vorhergehenden Fahrtabschnittes (ARK-VIII/2) durchgeführten Arbeiten an.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen ist die quantitative Beprobung der Makro- und Meiofauna am Kontinentalhang und vor allem in den tiefen Becken des Arktischen Ozeans. Dabei sollen die Gemeinschaftsstrukturen und die Biomasseverhältnisse in diesen zumeist gar nicht untersuchten Meeresgebieten erforscht werden. Sie werden zum einen Aufschluß darüber geben, wie weit die atlantischen Arten mittels Submergenz in die tiefen Becken der Arktis vorgedrungen sind, zum anderen andeuten, wie hoch der Prozentsatz endemischer Arten ist. Ein besonderes Interesse kommt der Ernährung der gefundenen Organismen zu, da angenommen werden kann, daß sie in den Tiefen unter dem Eis spezielle "Hungerkünstler"-Lebensweisen entwickelt haben.

Die Probennahme für die Makrofauna wird zusammen mit der geologischen Beprobung mit einem Großkastengreifer (GKG) erfolgen; die Proben werden über Maschenweiten von 500 und 1000 μm gesiebt. Die kleinere Makro- und die Meiofauna sollen mit einem Multicorer (MUC) gewonnen werden; diese Proben werden über Maschenweiten von 50, 100 und 250 μm gespült.

Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

Adresse / Address Teilnehmerzahl / Participants

Bundesrepublik

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Postfach 120161 D-2850 Bremerhaven	19
FGB	Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen Postfach 33 04 40 D-2800 Bremen	3
GEOMAR	GEOMAR Wischhofstraße 1 - 3, Geb. 4 D-2300 Kiel 14	4
SFB-313	Sonderforschungsbereich 313 Universität Kiel Olshausenstraße 40 D-2300 Kiel	1
HSW	Helikopter Service Wasserthal GmbH Kärtnerweg 43 D-2000 Hamburg 65	4
IUH	Institut für Umweltphysik Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 366 D-6900 Heidelberg	2
SWA	Seewetteramt Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Straße 76 D-2000 Hamburg 76	2

Kanada

AGC	Atlantic Geoscience Centre Geological Survey of Canada Dartmouth, NS B2Y 4A2	4
-----	--	---

Norwegen

DGT	Department of Geology Universität Tromsø P.O. Box 3085, GULENG N-9001 Tromsø	1
SOB	Institute for Solid Earth Physics University of Bergen N-5000 Bergen	2

Schweden

CUG	University of Göteborg Department of Geology S-412 96 Göteborg	1
GIS	Department of Geology and Geochemistry Universität of Stockholm S-10691 Stockholm	3
GUU	Section of Solid Earth Physics Universität of Uppsala P.O. Box 556 S-75/22 Uppsala	2

Schweiz

PIB	Physikalisches Institut Abteilung Klima und Umweltphysik Siedlerstraße 5 CH-3012 Bern	1
-----	--	---

USA

LDGO	Lamont Doherty Geological Observatory Columbia University Palisades, NY-10962, USA	1
RSMAS	Rotenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences University of Miami 4600 Rickenbacker Causeway Miami, FL 33 149	1

Sowjetunion

MMBI	Murmansk Marine Biology Institute Dalnye Zelentzy Murmanskaya obl. Kamshilova 1	1
NGM	Niimorgeophysika Department of Methods and Technique for Arctic Geophysical 183023 Murmansk	1

Fahrtteilnehmer / Participants

<u>Name / name</u>		<u>Institute / institution</u>
Alvers	Michael	AWI
Backman	Jan (Scientific Advisor)	GIS
Bergmann	Uwe	FGB
Bergsten	Helena	CUG
Brass	Garret W.	RSMAS
Buravtsev	Vadim	NGM
Dierking	Wolfgang	AWI
Döscher	Thorsten	AWI
Eicken	Hajo	AWI
Fjellanger	Jan Petter	SOB
Fredrichs	Thomas	FGB
Fütterer	Dieter Karl (Chief Scientist)	AWI
Gard	Gunilla	GIS
Gradinger	Rolf	AWI
Grobe	Hannes	AWI
Haas	Christian	AWI
Härtling	Stefan	AWI
Heesemann	Bernd	AWI
Heitmüller	Karl-Heinz	HSW
Jodney	Fred	AGC
Jokat	Wilfried	AWI
Kassens	Heidemarie	GEOMAR
Köhler	Herbert	SWA
Kristoffersen	Yngve	SOB
Kröncke	Ingrid	AWI
Kromer	Bernd	IUH
Lemke	Peter	AWI
Lif	Arne	GSU
Lindgren	Jonas	GUU
Ludin	Andrea	PIB
Manchester	Keith	AGC
Meder	Matthias	IUH
Michel	Andreas	AWI
Möhrke	Holger	HSW
Mosher	David	AGC
Moran	Kate	AGC
Nowaczyk	Norbert	FGB
Nürnberg	Dirk	GEOMAR
Rasmussen	Torkel	GUU
Richter	Bernd	SWA
Riewesell	Christian	HSW
Schlosser	Peter	LDGO
Schöne	Tilo	AWI
Scholten	Jan	SFB-313
Schrank	Wolfgang	HSW

Schubert
Spielhagen
Stein
Tarasov
Thiede
Uenzelmann-Neben
Vorren
Wieschollek

Carsten
Robert
Rüdiger
Gennady
Jörn
Gabriele
Tore
Ursula

AWI
GEOMAR
AWI
MMBI
GEOMAR
AWI
DGT
AWI

Schiffspersonal / Ships Crew

Kapitän
1. Naut. Offizier
Naut. Offizier
Naut. Offizier
Naut. Offizier, zusätzlich
Arzt
Elektriker
Elektroniker
Elektroniker
Elektroniker
Elektroniker
Funkoffizier
Funkoffizier
Ltd. Ingenieur
1. Ingenieur
2. Ingenieur
2. Ingenieur
Maschinenwart
Maschinenwart
Maschinenwart
Maschinenwart
Maschinenwart
Lagerhalter
Bootsmann
Zimmermann
Matrose
Matrose
Matrose
Matrose
Matrose
Matrose
Matrose, zusätzlich
Matrose, zusätzlich
Koch
Kochsmaat
Kochsmaat
1. Steward
Steward./Krankenschwester
Stewardess
Stewardess
Stewardess
2. Stewardess
2. Steward
Wäscher

Greve, E. P.
Gerber, K. D.
Rodewald, M.
Schwarze, S.
Bürger, M.
Aschoff, Dr. H.
Schuster, G.
Hoops, C.
Kampen, M.
Piskorzynski, A.
Humm, H.
Müller, E.
Butz, J.
Schulz, V.
Delff, W.
Simon, W.
F. Neugebauer
Heurich, E.
Jordan, G.
Buchas, F.
Reimann, S.
Fritz, G.
Schierl, F.
Schwarz, R.
Kassubeck, P.
Martinez, Garcia
Paisal, Suarez
Torres, Meis
Loveira, Novo
Portela, Pereira
Otero, Prol
NN
NN
NN
Roggatz, F.
Kästner, M.
Peschke, D.
Teichmann, U.
NN
Gorgas, J.
NN
Yu, Ch. L.
NN
Yang, Ch. Ch.

1 Summary

The third leg of RV "Polarstern" cruise ARK-VIII will be carried out jointly with the Swedish ice-breaker "Oden" and the US ice breaker "Polar Star" under the name of ARCTIC '91. The common target areas will be the permanently pack-ice covered deep-sea basins as well as structures of the central Arctic Ocean.

The research programmes of the three vessels are perfectly harmonized. As far as possible the different research disciplines will be combined on each vessel. "Oden" will focus on physical and chemical oceanography, remote sensing; "Polarstern" on geology, geophysics, tracer-oceanography; and "Polar Star" on remote sensing. Ice investigation will be done by all three ships.

"Polarstern" will leave Tromsø on 1 August 1991 streaming north, passing east of Spitsbergen. In several areas along the Arctic continental shelf, of the mid-ocean Nansen-Gakkel-Ridge, and the Lomonossov Ridge, marine geological sampling for paleoceanographic and paleoclimatic studies will take place. Geophysicists will explore the sediments and structures with seismic methods. Through joint operations of "Polar Star" and "Polarstern" along transit lines between sampling stations it will be attempted to record continuous seismic profiles. On selected stations, from voluminous water samples trace matter like radiogene C and ^{39}Ar will be extracted to answer the question of renewal of deep water.

Whether "Polarstern" and the jointly operating vessels will reach their goals, will much depend on the year by year heavily changing ice conditions. The scientific programme therefore has to be planned and executed in a very flexible way.

"Polarstern" will be expected back in Tromsø on 10 October 1991. After a short stop-over for exchanging scientists, loading and unloading, and supply activities, the vessel will leave for Bremerhaven, where she will end her expedition on 15 October.

Besides scientists from AWI, and scientists and technicians from other German research institutes, colleagues from the following countries will take part in the "Polarstern" cruise: Canada, Norway, Sweden, Switzerland, USA, and USSR.

2 Research programme

2.1 Introduction

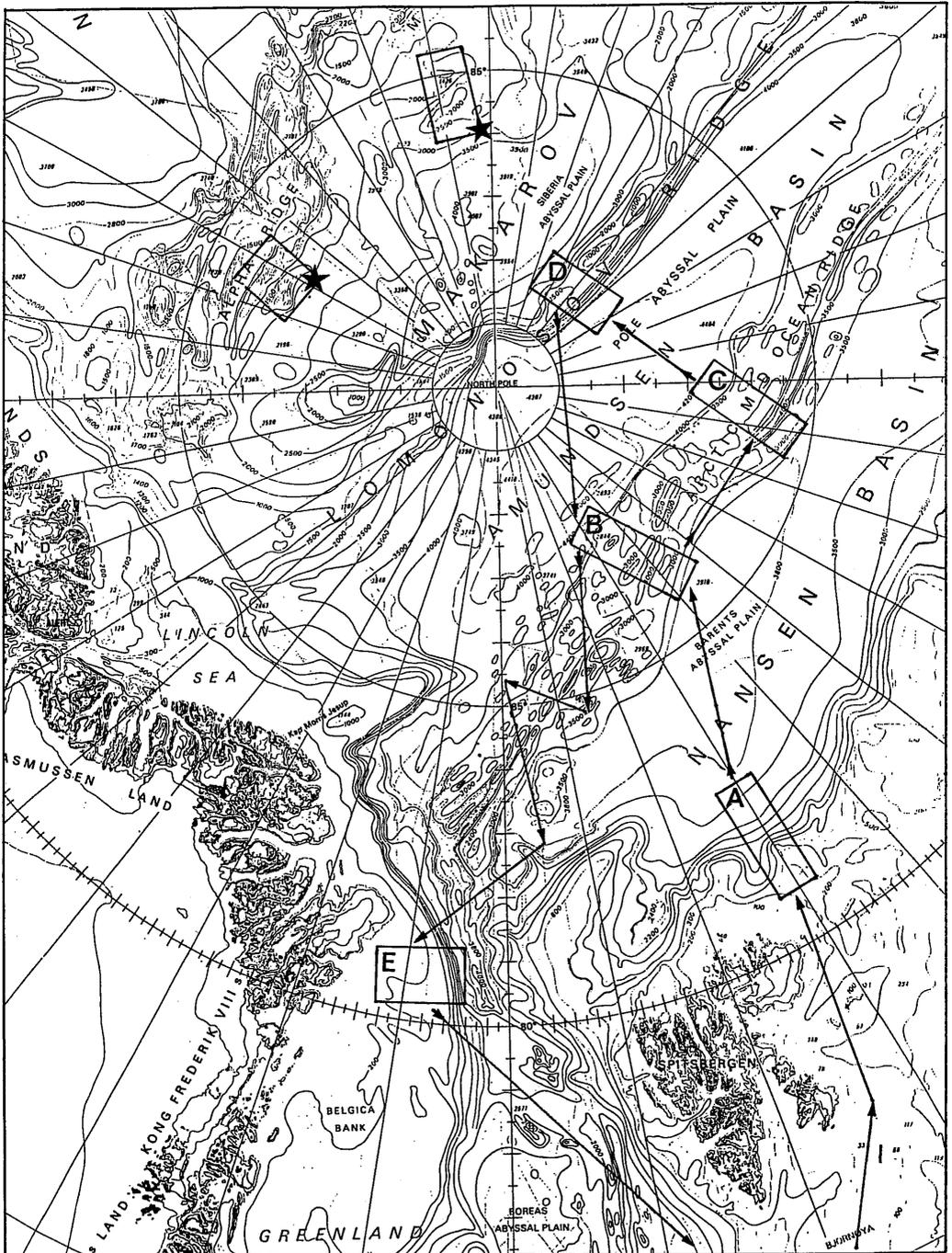
Encouraged by the success and experiences gained during "Polarstern" expedition ARK-IV/3, in summer 1987, preparation of an expedition into the central Arctic Ocean focussing on oceanography and geosciences started early. At the same time Swedish colleagues began to think about a multidisciplinary expedition with their new ice-breaker "Oden" to the High Arctic, to be coordinated by the Swedish Polar Secretariat, which lead to the decision to combine the two efforts. Soon after, US scientists joined the discussions and introduced a third vessel to the joint venture, the ice-breaker "Polar Star". The target areas, however, had to be changed last minute, as unfortunately the USSR refused to give permission to do scientific research in their Exclusive Economic Zone covering the Eurasian Shelf.

The permanently ice covered Arctic Ocean is still a widely unknown "white spot" in scientific terms. The presently available data had been nearly exclusively collected from camps based on passively drifting ice floes. During the new expedition, "Polarstern" and "Polar Star" in operating in close contact, will try to penetrate into the Makarov Basin. The areas to be explored (Fig 1) are located on the Arctic continental margin of the Nansen Basin, and along two profiles crossing the active structure of the mid-oceanic Nansen-Gakkel-Ridge and the Lomonosov Ridge. Highest priority is given to the Alpha-Mendeleyev-Ridge. From here, sediments more than 40 mio years old are known, which prove through their composition that there existed an ice free, temperate Arctic Ocean at that time.

Whether all these places can be reached much depends on the distribution and thickness of the pack-ice. It is intended to move anti-clockwise to get there in profiting as far as possible from the transpolar ice drift (Fig 1). To find an optimal passage ice surveys by helicopter and AVHRR data received on board will be used.

"Polarstern" will carry out during this expedition a multidisciplinary research programme including remote sensing of sea ice, tracer oceanography, marine geology, and a study of the crustal structure. Highest attention will be given to geoscientific research. It is intended to obtain, if possible, long sediment cores to reach

Fig. 1: Sketch map of potential working areas on the Arctic continental margin (A), Nansen-Gakkel mid-ocean ridge (B, C) and Lomonosov Ridge (D). Area (E) on the Greenland continental margin is a low priority alternative target. Areas with asterisks on the Alpha-Mendeleyev Ridge are high priority options which only can be reached if exceptional ice conditions are met.



one of the most important goals which is the reconstruction of the history of the Arctic Ocean, i.e. of its paleocenaographic and paleoclimatical evolution.

Other goals are the exploration of the present sedimentary environment, of physical and chemical sedimentation processes, and of the distribution and frequency of Arctic organisms.

Most important in geophysics is to obtain a continuous seismic record of the sedimentary structure of the secondary Arctic basins such as the Nansen Basin, Amundsen Basin and Makarov Basin. The seismic exploration of ridge structures shall clarify whether the Lomonossov Ridge p.ex. has been split off from the Eurasian continental margin.

As for sea ice investigations, main question is mass balance, while for biologist the quantitative determination of organism communities is most important.

The study of the renewal of deep water in the Arctic Ocean as one of the upwelling components of global deep water circulation is of main interest to tracer oceanographers.

2.2 Remote sensing of sea ice (AWI)

Sea ice plays an important role in the climate system. The distribution of sea ice and open water in polar regions has a pronounced influence on the atmospheric and oceanic circulation. The most important sea ice variables relevant for climate are extent, concentration, thickness and velocity as well as the characteristics of the surface of the ice floes: albedo, surface temperature and roughness. In order to predict the time variability due to dynamic and thermodynamic processes sea ice models have been developed which treat the ice as a plastic material being deformed by winds and ocean currents and modified in size by heat and radiative fluxes. Concerning the ice extent the results of the numerical models agree relatively well with the observations from passive microwave radiometers. Since the polar regions are hardly accessible remote sensing of sea ice variables plays an important role for the development and verification of sea ice models.

Sea ice extent, concentration, floe-size distribution, ice type, motion, albedo, surface temperature and roughness can be determined from satellite remote sensing methods using more or less complex algorithms. The improvement of these algorithms through comparison of satellite data with ground truth and through sensor intercomparison represents a dominant part of present remote sensing activities.

A major problem of current sea ice modelling is the lack of longer global time series of sea ice concentration, thickness and motion required to determine the optimal values of certain model parameters. In order to improve the algorithms for ice concentration remote sensing data collected during the Winter Weddell Gyre Study 1989 aboard "Polarstern" are presently compared to SSM/I observations. A major part of this research covers the verification of the AVHRR concentration estimates with line-scan camera observations, and the improvement of SSM/I concentration estimates using AVHRR data. Furthermore, ice motion is estimated from displacement vectors obtained from consecutive AVHRR images and from buoy tracks.

A comparison of this sensor hierarchy for the Arctic is still missing. Concentration algorithms obtained for antarctic sea ice cannot be applied to arctic sea ice without modification, since the physical characteristics and accordingly the radiative properties are different. Therefore, a similar data set will be collected for the high Arctic during ARK VIII/3 including the following projects:

- Estimation of sea ice concentration using NOAA-AVHRR data (visible, infra-red). These data (horizontal resolution 1km) will be used to improve the low resolution (35km) SSM/I observations.
- Estimation of sea ice concentration from an airborne line-scan camera (horizontal resolution 1 m) which will be used to verify AVHRR concentration algorithms. This is a joint project with Caren Garrity (York University, Canada) working on "Polarstar".
- Measurement of the surface temperature using a KT4-radiometer. These data will be used as "ground truth" for the AVHRR data. It also represents part of the data set on vertical temperature profiles in snow and ice which will be taken by the sea ice group (H. Eicken).
- Determination of the sea ice velocity field from displacement vectors obtained from consecutive AVHRR images and comparison with trajectories of buoys deployed from "Polarstar" by the Meteorological Institute of the University of Hamburg (H. Höber).
- Measurement of the surface roughness with an airborne laser-altimeter (large-scale roughness, ridge statistics) and with a small-scale profilometer (length 1m, resolution 3mm, for models of radar backscattering).

Furthermore, the AVHRR images will be used as real-time support for the ship's navigation.

2.3 Sea ice sampling and studies (AWI, GEOMAR)

Our studies are aimed at characterizing the distribution and properties of Arctic sea ice in regions which as of yet have received little attention. Three subprogramms can be recognized: a) physical-chemical characteristics of ice and snow, b) sea ice biology and c) sediment inclusions in the ice. Sampling is supposed to take place in maximum intervals of 1 degree latitude according to a prescribed sampling scheme (Fig. 2), both in close vicinity of the ship and by helicopter in greater distance from the ship.

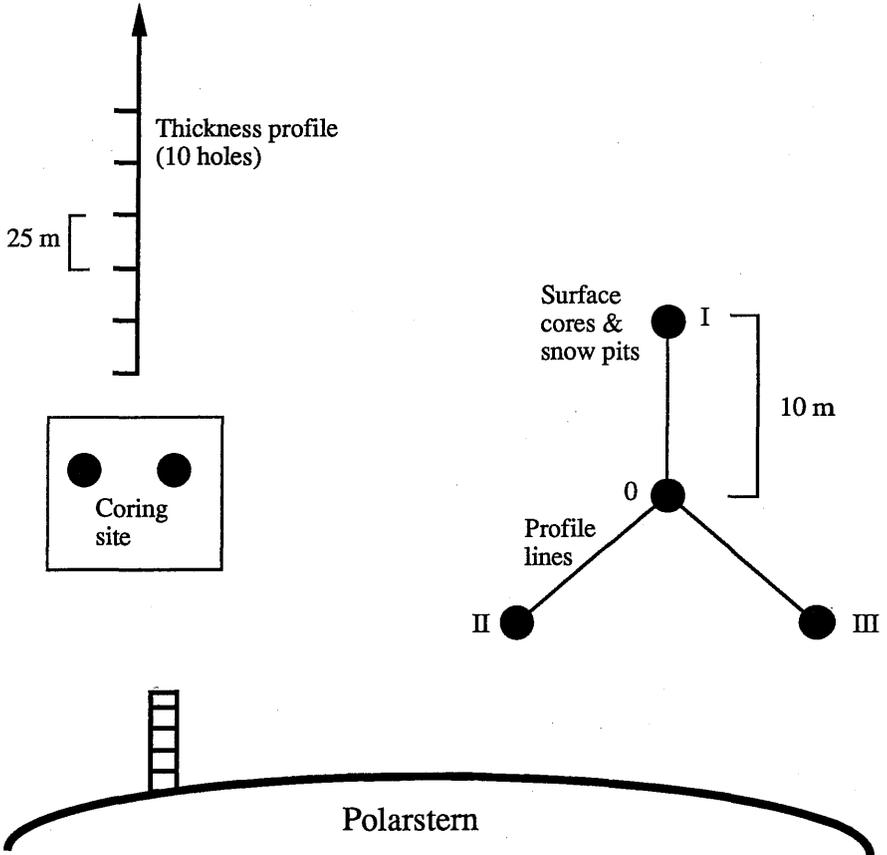


Fig. 2: Schematic configuration of glaciological measurements and sampling on the sea ice.

2.3.1 Physico-chemical characteristics of sea ice and snow (AWI)

Snow and ice thickness shall be determined through mechanical drilling with thickness augers. In conjunction with laser profilometer flights and more detailed investigations by our American colleagues on board "Polar Star" these data serve in understanding the mass balance of Arctic sea ice. These thickness profiles as indicated in figure xxx upper left are meant to provide ground truth information for the laser flights as well as putting information obtained from ice cores into glaciological perspective (Fig. 2, left bottom). Drilling of ice cores is aimed at complementing the thickness information and reveal the major processes of ice growth and transformation operating in the Arctic. Parameters determined on cores include texture, salinity, nutrient chemistry, ^{18}O as well as sediment and chlorophyll content.

Textural quantification in particular is an important component of remote sensing studies with active and passive microwave techniques. To complement ground truth information, detailed studies of surface characteristics. Again samples (such as surface ice cores) shall be taken according to the sampling scheme depicted in Figure 2. Along the star-shaped profiles linking sampling points snow depth and surface temperature shall be recorded.

Large-scale ice characteristics shall be recorded through video flights (in conjunction with linescan-camera) and hourly ice observations.

2.3.2 Biological investigation of sea ice (AWI)

The sea ice community mainly consists of bacteria, diatoms, autotrophic flagellates, protozoa and a variety of smaller invertebrates of various taxonomic groups. We aim to study the abundance of these organism groups in relation to abiotic parameters (light, nutrients, ice physics) to obtain information about the structure of the epontic community on different spatial scales, ranging from a few cm to hundreds of km. Of special interest are samples from the central Arctic Ocean, because recent biological studies are mostly focused on American shelf areas.

In addition to investigations on species abundances experiments are planned to obtain information on trophic interactions between the members of the ice community using fluorescence labelled particles in order to evaluate the biological carbon flux inside Arctic sea ice.

2.3.3 Sediment inclusions in sea ice (AWI, GEOMAR)

The modern depositional environment of the Arctic Ocean is strongly influenced by the transport of particulate material by sea ice. Observations during "Polarstern" ARK-IV/3 expedition (1987) have shown that between 84° and 86° N about half of the sea ice surface was covered with particulate material. It is assumed that high amounts of this sedimentary material are incorporated in the wide shallow water areas of the Eurasian shelves by different processes such as fluvial and eolian input from cliffs and by grounding ice, etc. and are later distributed by the Transpolar Ice Drift across the Arctic Basin. Paths and mechanisms of transport will be recon-

structed from a detailed regional quantitative analysis of the lithogenic and biogenic sediment content of the sea ice.

Lithogenic and biogenic particulate components in sea ice samples from ice cores as well as from surface samples of ice and snow will be analyzed and quantified systematically in coordination with the physical and biological sea ice program.

2.4 Renewal of deep water masses traced by ^{14}C (IUH, LDGO)

For a long time the deep water masses of Arctic Ocean were considered to be a system decoupled from the Greenland/Norwegian Seas. However, recent observations demonstrated deep water exchange through Fram Strait. Therefore, the deep water masses of the Arctic Ocean have to be considered as part of an integrated system including the Greenland/Norwegian/Iceland seas. The deep water formation and circulation in this system determines the characteristics of the northern component of the world ocean deep water.

^{14}C is the key tracer for deep water dynamics. During this expedition we will use ^{14}C profiles to determine deep water ages of the Arctic basins. From sections in the Nansen Basin taken during ARK-IV (1987) we could demonstrate that the previous estimates of deep water ages derived from FRAM III and model calculations have to be changed considerably.

The ^{14}C samples are taken using large volume Gerard samplers (270 l). They are processed on board to extract the dissolved inorganic carbon in a vacuum extraction line. The samples are analysed in Heidelberg for their ^{14}C -activity using high precision CO_2 gas counting.

In each basin 3 to 4 profiles of 20 samples each are planned. Additionally, for key water masses samples will be taken for ^{39}Ar -analysis.

The data set of ^{14}C and ^{39}Ar will be evaluated in conjunction with the transient tracer program, conducted mainly on "Oden", to determine ventilation rates in the Arctic basins and exchange rates with the Greenland/Norwegian seas.

2.5 Distribution of natural radionuclides in the water column (AWI, SFB-313)

The radioactive decay of Uranium, which is dissolved in seawater, produces a continuous supply of radioactive daughter products. In the absence of any chemical reaction, these daughter products would be in secular equilibrium with their Uranium or Radium parent nuclides. Many of the daughter products however are isotopes of the particle-reactive elements Th, Pa, Po and Pb. The disequilibrium between parent and daughter nuclides can be used to derive the removal rate of the reactive daughter product from the water column. These natural radioisotopes are therefore suitable tracers for the construction of geochemical budgets in the oceans.

The few data that exist on the distribution of natural radionuclides in the Arctic ocean show that the input of radionuclides in the sediments is smaller than ex-

pected from their production rates in the water column. These low scavenging rates are most probably related to low particle fluxes, which in turn result from the ice cover and the low biological production. The low scavenging rates are also reflected in the distribution of Th isotopes in the water column at the Alpha Ridge, where an accumulation of ^{230}Th has been observed.

During ARK-VIII/3 we wish to investigate whether the deep Arctic Basins show a similar accumulation related to low particle fluxes, and whether a net transport exists of radioactivity towards the areas with higher particle fluxes, like the Fram Strait. To this purpose we will sample the water column of the Nansen, Amundsen and Makarov Basins with in-situ filtration pumps and 270-liter (Gerard) water samplers. With these samples we will determine the distribution of the natural radionuclides of the elements Th, Ra, Pb, Po, Be and Pa in the particulate and the dissolved phase. We hope to be able to interpret the data in terms of water mass circulation, particle fluxes and scavenging rates. It will be investigated to what extent such a relationship can be used to derive particle fluxes in the past from the radioactivity stored in the sedimentary record.

The radionuclides ^{230}Th , ^{228}Th , ^{231}Pa and $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ will be sampled with in-situ filtration pumps. During a 2.5 hour deployment, these pumps filter between 1 and 2 m^3 water, while the dissolved components are adsorbed on MnO_2 -coated cartridges. For a more accurate determination of the more abundant isotopes ^{234}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po and ^{10}Be , additional samples will be taken with 270-liter Gerard bottles. The results will also serve for a calibration of the adsorption efficiency of the cartridges. At every pumpstation, the distribution of radionuclides in the sediment will be measured in cores from the Multicorer.

2.6 Sedimentological investigations (AGC, AWI, CUG, FGB, GIS, GEOMAR, MMBI, RSMAS)

There is a growing realization that the Arctic Ocean environmental history must be studied in order to evaluate the influence and feedback of this region in relation to changes in global climatic and oceanographic systems. The key questions to address in the paleoenvironmental evolution of the Arctic Basin are:

- the history of the Mesozoic and early Cenozoic Arctic Ocean and its environmental evolution from a 'warm' polar ocean to an ice covered polar ocean;
- the evolution and distribution of microfossils in response to environmental changes in the Arctic Ocean;
- the onset and variations in ice cover during glacial/interglacial cycles, and
- the initiation of Atlantic water inflow through the Fram Strait and the variations in its impact during glacial/interglacial cycles.

The main areas of interest for sediment sampling are the Nansen Gakkel, Lomonosov and Alpha-Mendeleev ridges and turbidite-free plateaus in the Nansen, Amundsen, Canadian and Makarov basins, where sediment sequences representing the paleoenvironmental history may be preserved in a complete and undisturbed sedimentary record. Sampling the Alpha Ridge, where sediments that are over

40 million years old can be recovered through conventional piston coring, provides a challenging geoscientific goal.

2.6.1 Stratigraphical and sedimentological investigations (AWI, GEOMAR, GIS, IUH)

Main emphasis will be laid on establishing of a high-resolution stratigraphy by planktonic and benthonic foraminifers, oxygen and carbon isotopes, by AMS ^{14}C , ^{10}Be and U/Th), and correlation to existing Arctic Ocean stratigraphies.

The continuation of the extensive sedimentological, lithostratigraphical and isotopical studies carried out in previous years in the eastern Arctic Ocean, Fram Strait, Barents Sea and the Norwegian-Greenland Seas.

It is a goal of our investigations to understand the geological signal left by the ice cover on the ocean floor and to study the long term variability and stability of the Arctic Ocean ice cover. Careful analysis of the history of Arctic Ocean ice cover during the most recent geological past seems to be essential for understanding global change.

Closely spaced sampling of the uppermost sediment column will provide a detailed, high-resolution stratigraphy to determine short and long-term changes in the Arctic sedimentary environment. It will be particularly important to determine 1) if the well-defined lithostratigraphy constructed for the Amerasian Basin can be followed into the Eurasian Basin and 2) if the varying input from specific shelf sediment source areas can be defined.

Analyses of both coarse and fine ice-rafted debris and of mud clasts yield evidence of past ice transport and deposition patterns. Analyses will include sedimentary structures (by x-ray radiographs) grain size distribution, and qualitative sediment composition (mineralogy, anorganic carbon).

2.6.2 Paleontological investigations (AWI, GEOMAR, GIS)

Paleo-ecological studies of planktonic and benthonic foraminifers, and calcareous nannofossils, will focus on the characterization of modern foraminiferal environments and on the establishment of a pre-Pleistocene foraminiferal and nannofossil biochronology for the Central Arctic.

The goal of these studies is to achieve a complete description of Cretaceous to Cenozoic environments in the Arctic, which is an essential part of understanding the role they play in the evolution of thermohaline circulation in the world ocean and in the evolution of high-latitude biota. Studies of benthic and planktonic foraminifers, in conjunction with concurrent studies of siliceous and organic-walled plankton (AWI, GIS, AGC) will enable us to piece together a multiple microfossil biochronology for the Central Arctic.

The distribution of benthic foraminifera in marine sediments is influenced by oceanographic and environmental factors such as watermass properties, bathymetry and the availability of nutrients. As a result, assemblages of benthic foraminifera are widely used as a proxy to estimate changes in environmental parameters during the Cenozoic. In order to estimate the magnitude of past climatic and oceanographic changes, we need to have a precise description of modern marine environments and an actualistic model which can be applied to the fossil record. Transfer functions provide a useful tool for interpreting past changes in watermass properties, nutrient level, and surface productivity which have resulted from changes in global climate and ocean circulation. The program of oceanographic, sedimentologic and biologic measurements proposed during the ARCTIC'91-Expedition will provide a more detailed description of the benthic environment in the Arctic than has ever before been achieved.

2.6.3 Physical properties (AGC, GEOMAR, IUH, FGB)

Physical properties, e.g. shear strength, density and water content, of deep-sea sediments are influenced by increasing overburden pressure, diagenesis and, moreover, by hydrographic and oceanographic changes. Norwegian-Greenland Sea deep-sea sediments have shown that drastic and abrupt climatic changes, e.g. deglaciations, have been reflected in strong variations of physical properties. Thus, they could be a good tool for deciphering the paleoceanographic history of the Arctic Ocean, as well.

Unfortunately, the knowledge of physical properties of Arctic deep sea sediments is very limited. To fill this gap investigations will focus on:

- The development of a 'ground truth' database of sediment mass physical properties.
- The determination of sediment accumulation rates.
- The relationships between physical properties and paleoceanographic processes.
- The correlation of physical properties to high-resolution seismic records (PARASOUND).

Our shipboard program will include closely spaced (preferably with a sampling frequency of 2-5 cm) shear strength, water content, porosity, dry bulk density, wet bulk density and P-wave velocity measurements.

2.6.4 Organic-geochemical investigations (AWI)

The amount, composition, and maturity of the organic matter deposited in the Arctic Ocean environment may be controlled by different oceanographic and environmental factors such as surface-water productivity, oxygenation of deep-water sphere, redeposition of older (and more mature) sediments, and paleoclimate of the surrounding continents. Thus, detailed organic-geochemical studies will allow the reconstruction of long-term (i.e., the transition from a warm polar ocean to an ice-covered polar ocean) as well as short-term ("Milankovitch"-type) changes in these paleoceanographic variables and the history of paleoclimate through time. Since mechanisms such as surface-water productivity may affect the concentration of at-

mospheric CO₂ (i.e., during times of increased phytoplankton productivity the ocean may act as a sink for CO₂) which is an important factor controlling the global climate, these data have significant implications for quantitative models of climatic change. No such detailed data are available from the Central Arctic Ocean until now.

Organic-geochemical methods will concentrate on elemental analyses (C-H-O-N-S), Rock-Eval pyrolysis, and kerogen microscopy (maceral analysis, vitrinite reflectance). On selected set of samples, gas chromatography (GC) and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) will be used to determine molecular biomarkers (long-chain unsaturated ketones (C37-alkenones), *n*-alkanes, etc.; in cooperation with KFA Jülich and Bremen University).

2.6.5 Magnetostratigraphy and rock magnetism of sediments (FGB)

Late Quarternary marine sediments in the Arctic are mainly composed of terrigenous detritus and are poor in biogenic components. Therefore sediment physical properties like magnetic susceptibility and other rock magnetic properties as well as the paleomagnetic signal documented in the sediments are of great importance for the stratigraphic classification and dating of Arctic marine sediments. High-resolution investigations of this material already yielded important paleomagnetic and rock magnetic results. The characteristic variations in amount and composition of the magnetic components obviously reflect general changes in sediment composition controlled by climatic changes. The fine scale scanning for magnetic susceptibility carried out on sediment cores taken in the Arctic has been proved to be a powerful tool for correlating sites over tens to hundreds of kilometres.

The study of the paleomagnetic signal yielded interesting informations about the high-frequency variations of the Earth's magnetic field. Short-term geomagnetic excursions and polarity events like the Laschamp, Blake and Biwa events provide a high-resolution magnetostratigraphic control for the last 400,000 years. Sediment cores taken in the regions covered by the ARK-VIII/3 expedition will be a valuable supplement of the broad paleomagnetic data base established for Arctic sediments in Bremen University. All rock magnetic and paleomagnetic investigations will be included in a regional stratigraphy. Supported by sedimentologic, paleontologic and other chronostratigraphic techniques the magnetic data will provide powerful contributions to elucidate the complex evolution of the sedimentologic environment of the Arctic Ocean.

2.6.6 PARASOUND-sedimentechography (FGB)

The hull-mounted PARASOUND Sediment Echosounder provides continuous records during the cruise along the ship's track to document sedimentary features of the sea floor and support the survey for suitable core locations. The Parasound System generates two primary, simultaneously radiated high frequency and finite amplitude waves, which interact in a nonlinear medium. The resultant wave contains energy also in the band of the difference frequency between 3-5 kHz and is restricted to a narrow beam of only 4° aperture angle. With the Parasound Echosounder images of the sediment cover of the sea floor with a penetration of 100-150

m and a structural resolution down to 5-10 cm can be produced. The penetration depth of the acoustic signal will be determined by the specific settings of source frequency and signal form.

The seismic reflection pattern is caused by changes of the acoustic impedance, which calculates directly from the wet bulk density and the sound velocity of sediment layers. These parameters are related to lithology and are controlled by climate changes, geological transport processes and sediment input. The main objective of this study is a high resolution survey of sedimentary features in the Arctic Ocean. Not only paper records will be recorded, but also seismograms were digitized with the new PARADIGMA system to archive for later seismic post-processing.

In cooperation with colleagues from the AWI, Geomar and from Canada also measurements of sediment physical properties will be carried out on gravity and piston cores, e.g. electric resistivity logs. Density and velocity values will be combined to calculate synthetic seismograms as acoustostratigraphical models for the sampled sediment column. In comparison with the seismograms recorded on the coring stations the theoretical relationship between impedance and seismogram is to be verified and should also allow the regional interpretation of the observed reflection pattern.

2.7 Geophysical investigations (AWI, GUU, NGM, SOB)

The main objective of the geophysical programme is a mapping of the sedimentary and crustal structure of the Central Arctic basins. The key issues are the investigation of the origin and subsidence history of the Lomonossov and Alpha ridges, the crustal structure of the active Nansen-Gakkel Ridge and the sedimentary cover and sedimentation history of the Arctic basins. Sites for rock dredging and sediment coring will be defined according to the preliminary results of seismic profiling.

Special programmes of wide angle and refraction seismics are designed for the areas of the Nansen-Gakkel, the Lomonossov and the Alpha ridges. The collection of the reflection seismic data will be done from "Polarstern" and on the sea ice with a snow streamer. The technical details of the experiments are :

2.7.1 Reflection seismic based on "Polarstern" (AWI, GUU, NGM)

These measurements consists of two parts. Shooting of conventional reflection seismic lines between the geologic stations will carried out whenever the ice conditions allow such experiments. We will use an up to a 30 liter airgun array and a 100 to 800 m long streamer of 24 channels.

To map the velocity structure in the deep basin in greater detail we will use REFTEK automatic stations to record the airgun signals. The stations will be flown ahead of the ships track and will be recovered by helicopter when the ship is parallel to the station. Depending on the geologic structure every 10 to 30 SM a station will be placed on the sea ice. All airgun shots will be fired and recorded on the OMEGA timebase.

2.7.2 Wide angle reflection seismic and refraction seismic (AWI, GUU, SOB)

This measurement will be based on an ice streamer, which will be moved with an oversnow vehicle on the sea ice.

The energy source can be dynamite; than the receiver will be a moving ice streamer. In such a configuration the party will work independly from the ship.

In an alternate configuration a 32 liter airgun or a 2x20 liter airgun array will be used as energy source. As receiving unit a moving ice streamer away from the ship is used. The airgun will be fired from the stationary ship during geological sampling and/or coring. The ice streamer is moving constantly away from the ship to record the signals at greater distances (10-50 km). This experiment will be carried out especially over Nansen-Gakkel, Lomonossov and Alpha ridges.

As an additional geophysical project a ship based gravimeter system will record gravity data continously.

2.8 Benthological investigations (AWI)

These investigations are closely connected with those carried out during the leg before (ARK-VIII/2).

The main subject during this leg will be the quantitative sampling of macro- and meiofauna along the slopes and especially in the deep basins of the high Arctic. Since this region has insufficiently been investigated until now we are interested in the structure and biomass distribution of the benthic communities. The question is how far Atlantic species have spread by submergence into the deep basins and how high the percentage of endemic species is. Another interest will be the feeding structure of the communities. As food is limited in the abyssal under the ice, the organisms might have developed special behaviours to survive with a minimum of food.

The macrofauna will be sampled by box corer and sieved over 500 and 1000 μm meshes. Sampling of the smaller macro- and the meiofauna will be done with a multicorer. These samples will be sieved over 50, 100 and 250 μm meshes.

