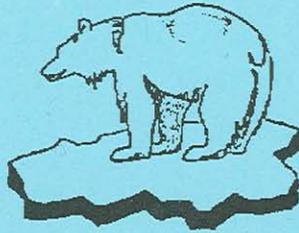




FS „Polarstern“  
Expeditionsprogramm Nr. 26

---



**Arktis IX/1**

**1993**



29. Jan. 1993

**Z 432**

**Winter-Grönlandsee-Expedition**

**26  
1993**

---

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven

Januar 1993

FS "Polarstern"

Expeditionsprogramm Nr. 26

## **ARKTIS IX / 1**

**1993**

### **Winter-Grönlandsee-Expedition**

Koordinator: E. Rachor

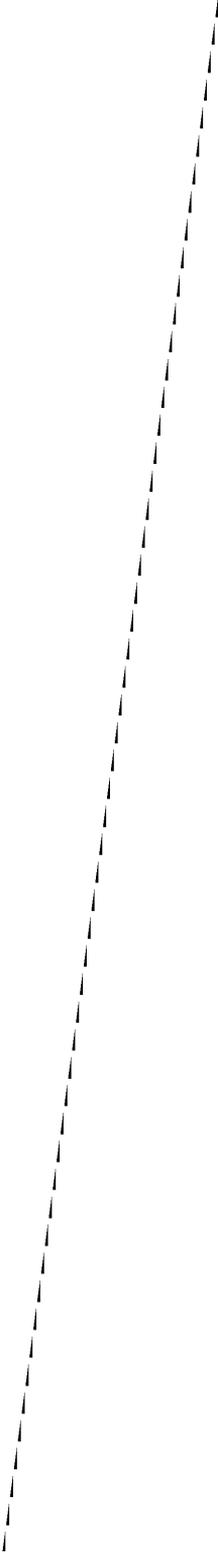
Fahrtleiter:

ARK IX/1a: H. Eicken

ARK IX/1b: J. Meincke (Gesamtleitung)

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven

Januar 1993



## ARK IX/1: Winter-Grönlandsee-Expedition

ARK IX/1a: Schwerpunkt Meteorologie / Main Field: Meteorology  
ARK IX/1b: Schwerpunkt Ozeanographie / Main Field:  
Oceanography

### Inhalt / Contents

	Seite/Page
Zusammenfassung / Summary .....	3/4
Forschungsprogramme .....	6
1. Grenzschicht-Meteorologie	6
2. Flugzeugmessungen	8
3. Luftchemie	9
4. Physikalische Ozeanographie	9
5. Meereschemie	10
6. Meereisforschung	12
7. Zooplankton-Ökologie	15
Research Programmes .....	18
1. Boundary Layer Meteorology	18
2. Aircraft Measurements	20
3. Air Chemistry	21
4. Physical Oceanography	21
5. Marine Chemistry	22
6. Sea Ice Research	24
7. Zooplankton-Ecology	27
Zeitplan / Timetable .....	29
Fahrtteilnehmer / Participants .....	30
Institute / Institutes .....	31
Schiffsbesatzung / Ship's Crew .....	34

Polarstern ARK IX/1

26.2. - 18.4. 93

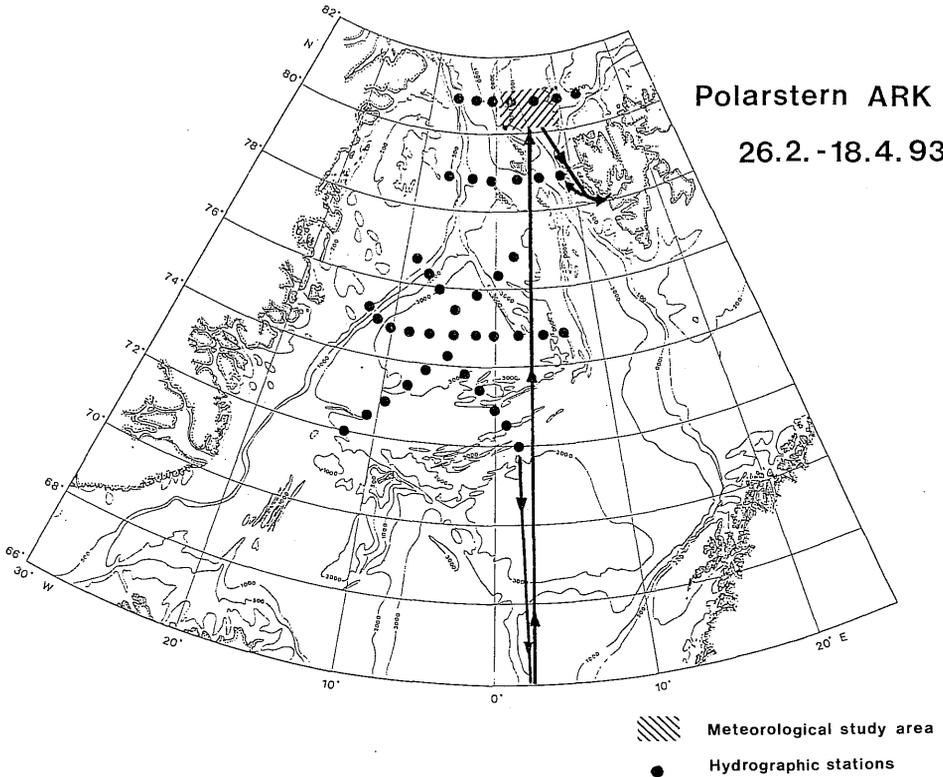


Abb. 1: Arbeitsgebiete für die Reise ARK IX/1  
(schraffiert: Operationsgebiet während IX/1a, mit Eiscamp;  
Punkte: Stationen während IX/1b, für Hydrographie, Tracer,  
Chemie, Zooplankton)

Fig. 1: Working areas during cruise ARK IX/1  
(hatched: operational area for IX/1a, ice camp; dots: stations  
during IX/1b, for hydrography, tracers, chemistry, zooplankton)

**Polarstern - Reise ARK IX/1**  
**(Winter-Grönlandsee-Expedition)**  
**26. Februar - 18. April 1993**

**Zusammenfassung:**

Einführung und Übersicht über den Fahrtverlauf

Im Rahmen der neunten Arktis-Expedition der "Polarstern" wird es zum ersten Mal möglich sein, das Potential eines eisgängigen Forschungsschiffes im winterlichen Europäischen Nordmeer zu nutzen. Entsprechend liegt der Schwerpunkt der geplanten Arbeiten bei längerfristig angelegten meteorologischen, ozeanographischen, chemischen, biologischen und glaziologischen Programmen, die ihre mit "Polarstern" bisher gewonnenen "Sommerdatensätze" durch entsprechende Untersuchungen während der Wintersituation ergänzen wollen.

"Polarstern" wird am 26.2.1993 aus Bremerhaven in Richtung nördliche Grönlandsee/Framstraße auslaufen (Abb. 1), um im Unterabschnitt IX/1a auf einer geeigneten Eisscholle eine Station für atmosphärische Grenzschichtuntersuchungen aufzubauen und deren Messungen durch aerologische und ozeanographische Sondierungen zu ergänzen sowie als Basis für Eisuntersuchungen in der näheren Umgebung der Station zu dienen.

Bei einem Kurzaufenthalt in Longyearbyen/Spitzbergen am 24. März wird das wissenschaftliche Personal gewechselt, um in einem zweiten Unterabschnitt IX/1b schwerpunktmäßig die winterliche Schichtung und Zirkulation der Framstraße und der zentralen Grönlandsee aufzunehmen. Die Arbeiten werden am 14. April beendet sein, um am 18. April in Bremerhaven eintreffen zu können (Abb. 1).

Die Arbeiten sind Bestandteil der Experimente ARKTIS und GSP (Greenland Sea Project), die seit 1988 gemeinsam durch das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung und den Sonderforschungsbereich 318 (Klimarelevante Prozesse) der Universität Hamburg unter dem Dach des *Arctic Ocean Sciences Board* laufen. Parallel arbeiten die Forschungsschiffe "Valdivia" (Hamburg), "Professor Multanowsky" (GUS) und "Newton" (U.K.) in der Grönlandsee, und vier Forschungsflugzeuge werden von Spitzbergen aus die mesoskaligen atmosphärischen Strukturen sowie Eisparameter erfassen (siehe Abb. 2).

**Polarstern - Cruise ARK IX / 1  
Winter Greenland Sea Expedition  
February 26 - April 18, 1993**

**Summary:**

Overview and Itinerary

It will be for the first time for RV "Polarstern" to conduct a winter cruise in the Nordic Seas. This will enable meteorologists, oceanographers, chemists, biologists and glaciologists to complete their data sets from longer standing activities by observations of winter conditions. All these projects require a truly ice-strengthened vessel.

"Polarstern" will depart from Bremerhaven on February 26 and proceed to the northern Greenland Sea/Fram Strait (Fig. 1). Until March 24, she will be setting up an ice-camp for atmospheric boundary layer measurements, will assist this program by conducting aerological and oceanographical soundings and will serve as platform for glaciological investigations around the ice-camp (Fig. 2).

Following a short port call in Longyearbyen/Svalbard for the exchange of scientific personnel on March 24, the vessel will work two hydrographic sections across the Fram Strait and a set of hydrographic stations in the central Greenland Sea (Fig. 1, dots). These sections, in addition, allow the sampling of water and plankton for chemical and ecological studies. The vessel is scheduled to return to Bremerhaven on April 18, 1993.

The measurements are components of the experiments ARKTIS and GSP (Greenland Sea Project), which are conducted since 1988 under the umbrella of the Arctic Ocean Sciences Board in a close co-operation between the Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research and a longer term research programme (Sonderforschungsbereich 318, Processes Relevant to Climate) at the University of Hamburg. The winter 1993 experiment furthermore involves the research vessels "Valdivia" (Hamburg), "Professor Multanowsky" (Russian Federation) and "Newton" (UK) as well as four research airplanes operating from Svalbard to investigate mesoscale atmospheric structures and sea ice parameters (see Fig. 2).

## ARKTIS '93 : Experimental Area

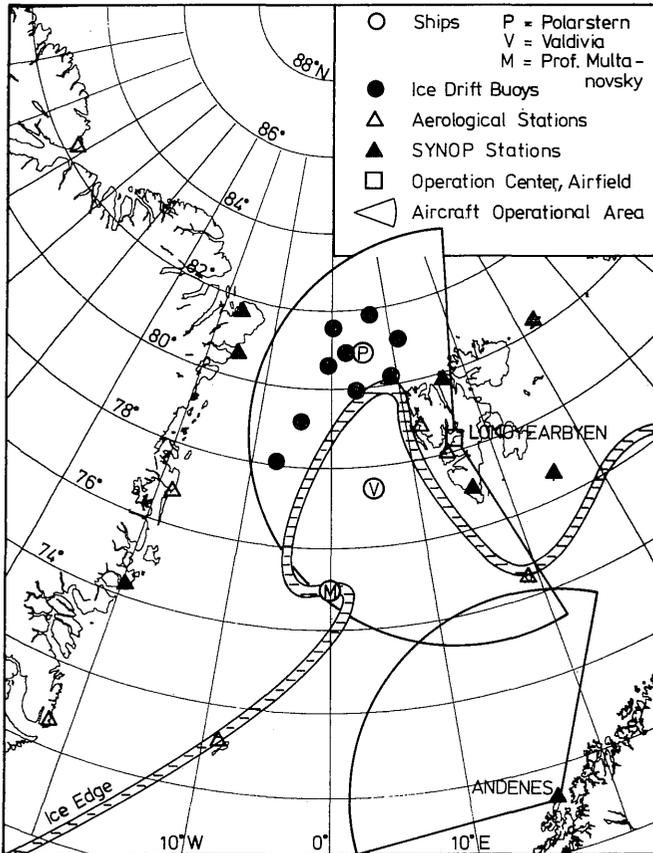


Abb. 2: Operationsgebiet von Polarstern (P) während des Abschnittes ARK IX/ 1a (3. März - 23. März 1993). Zusätzlich sind die für das meteorologische Programm aktiven Landstationen sowie Schiffe eingezeichnet ebenso wie die Operationsgebiete der Flugzeuge, die von Longyearbyen aus fliegen sollen (Andenes ist als Ausweichort vorgesehen).

Fig. 2: Operational area of Polarstern (P) during leg ARK IX/1a: (March 2 - 23, 1993). In addition the shore- and ship-based active meteorological observation sites are indicated. The circular sectors denote the operational area of the research airplanes, which are scheduled to operate from Longyearbyen (Andenes is indicated as alternate flight centre).

## Forschungsprogramme

### 1. Grenzschicht-Meteorologie

(vor allem ARK IX/1a: AWI, GKSS, MIH, MPI, SFB 318)

#### 1.1 Allgemeines

Ziel des ersten Teils der Meßkampagne ARKTIS '93 (etwa vom 3. bis 24. März 1993), am arktischen Meereisrand im Bereich der Framstraße westlich von Spitzbergen, ist die Untersuchung von Kaltluftausbrüchen aus dem Inneren der eisbedeckten Arktis. Sie stellen einen äußerst klimawirksamen Prozeß dar, sind im Ozean für die Neueisbildung und tiefreichende Konvektion verantwortlich und führen in der Atmosphäre zu intensiver Konvektion mit organisierten Strukturen in der Bewölkung, wobei sich die Konvektionsmuster stromabwärts in Abhängigkeit von den Anfangs-, Rand- und großskaligen Wetterbedingungen ändern.

#### 1.2 Schiffsmessungen, aerologische und synoptische Stationen

Der Einfluß der großräumigen Wetterbedingungen (Divergenz, Advektion, geostrophischer Wind, Baroklinität) auf die Grenzschichtbewölkung soll mit einem Netz, bestehend aus Radiosondenstationen der Wetterdienste, drei Schiffs-Radiosondenstationen ("Polarstern", "Valdivia", "Professor Multanovsky") und neun automatischen Eisbojen, bestimmt werden (siehe Abb. 2). FS "Polarstern" soll dabei ca. 100 km tief im arktischen Eis bei etwa 81°N, 5°E auf Position gehen und FS "Valdivia" eine Position bei 77.5°N, 5°E im offenen Wasser der Framstraße einnehmen. Das russische Forschungsschiff wird im Rahmen des Winter-Grönlandseeprojektes (GSP) im Seegebiet zwischen 73.5°N und 76.5°N und zwischen 5°W und 5°E operieren.

An den drei Schiffsstationen sollen, eingepaßt in das Zeitraster der synoptischen Beobachtungen, viermal täglich (während Intensivphasen bis zu achtmal täglich) Radiosondenaufstiege durchgeführt werden und die meteorologischen Parameter in Bodennähe von automatischen Stationen kontinuierlich registriert werden. Die aerologischen Messungen auf den drei Schiffen und zum überwiegenden Teil auch an den fünf Wetterstationen werden mit Vaisala-Radiosonden mit Omegasystem für die Windmessung vorgenommen. Die Bodenwerte umfassen Druck, Temperatur, Feuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Wasser- bzw. Bodentemperatur. Ebenfalls werden die kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse erfaßt. Zusätzlich sind stündliche meteorologische Beobachtungen der Bewölkung, Sicht und besonderer Wettererscheinungen vorgesehen.

Die Bodenbeobachtungen und aerologischen Daten auf allen drei Schiffen werden alle 6 Stunden in das synoptische Netz der WMO gegeben, um sie für die globalen und regionalen Wettervorhersagemodelle der verschiedenen Wetterdienste und Institutionen bereitzustellen.

### 1.3 Zentrale Eisstation

Die bodennahe Atmosphäre kann von einem Schiff nicht ungestört erfaßt werden, da das Schiff selbst einen großen Störkörper darstellt. Daher soll die "Polarstern" an einer Eisscholle verankert werden, um in ausreichender Entfernung vom Schiff auf dem Eis eine Meßstation zu errichten.

Das Ziel ist, hier die vertikalen Strukturen in der Grenzschicht in der Quellregion der Kaltluftausbrüche über dem Eis zu definieren sowie die Energie- und Impulsbilanz an den Grenzflächen Atmosphäre-Eis und Eis-Wasser zu bestimmen.

Im Höhenbereich 20-600 m werden Wind, Temperatur und Turbulenzparameter mit einem Doppler-SODAR sowie einem RADAR/RASS-Profiler in Höhenschritten von 20 bzw. 40 m erfaßt. Diese Fernmeßsysteme nutzen die Rückstreuung von akustischen und elektromagnetischen Wellen an kleinen Turbulenzelementen (Schlieren) in der Atmosphäre aus. Das RASS ist ein kombiniertes Verfahren, bei dem aus Radarechos an akustischen Wellen die Schallgeschwindigkeit und so der Temperaturverlauf in der Atmosphäre erfaßt werden.

Unmittelbar am Rand der Eisscholle sowie einige hundert Meter vom Rand entfernt, werden ein 15 m und ein 10 m hoher Meßmast mit mehreren Ultraschallanemometern sowie Temperatursensoren aufgestellt. Hiermit soll vor allem der Zusammenhang zwischen Eisbedeckung und Grenzschichtstruktur auf kleiner Skala untersucht werden. In Fällen, in denen die Eisscholle von offenem Wasser umgeben ist, entsteht durch den großen Temperaturunterschied zwischen Wasser und Eisoberfläche in dieser Jahreszeit an der Luvkante der Eisscholle eine neue Grenzschicht, deren Entwicklung im Laufe der Eisüberströmung zu entsprechenden Modifikationen der bodennahen Profile von Temperatur und Wind sowie der entsprechenden turbulenten Flüsse führen sollte, die mit den beiden Meßmasten bei günstiger Windrichtung erfaßt werden können.

Zur Interpretation dieser Messungen ist die Kenntnis der luvwärtigen Eisbedeckung wichtig, die im Nahbereich durch regelmäßige Hubschrauberflüge mit Hilfe von Laseraltimetrie dokumentiert werden soll. Weitere wertvolle Informationen über die luvwärtigen Bedingungen liefern die im Rahmen von REFLEX II operierenden Meßflugzeuge, die auf größerer horizontaler Skala die Eisbedeckung, Strahlung und Grenzschichtstruktur erfassen werden.

Zusätzlich zu den mit Ultraschallanemometern bestimmten Impuls- und Wärmestromprofilen werden optische Turbulenzmessungen (GKSS) und Messungen des turbulenten Wasserdampftransportes mit verschiedenen Techniken (GKSS, Universität Uppsala) durchgeführt, die zum einen Teil eine

wichtige Ergänzung darstellen, zum anderen Teil erstmalig unter diesen Extrembedingungen erprobt werden.

Zur Vervollständigung der Energiebilanz werden die kurz- und langwellige Strahlung aus dem oberen und unteren Halbraum, sowie das Temperaturprofil und der Wärmestrom im Eis gemessen. Die Temperaturmeßketten reichen bis unter die Eisscholle in das Wasser hinein, um auch den vertikalen Wärmeaustausch Wasser-Eis abschätzen zu können.

#### 1.4. Eisdriftbojen

Zur Unterstützung der zentralen Eisstation wird im Umkreis von etwa 100 km um "Polarstern" herum ein Netz von insgesamt neun Eisdriftbojen (sechs vom MI, drei vom AWI) installiert, die vor Beginn der eigentlichen Meßperiode mit Hubschraubern auf ihre Position gebracht werden. Sie erfassen das bodennahe Druck- und Temperaturfeld, das Windfeld sowie die Eisdriftgeschwindigkeit und deren Deformation und Divergenz. Ihre Daten werden über das Argos-System via Satellit übertragen, wodurch zugleich die Positionsbestimmung über ein Dopplerverfahren möglich wird. Ziel ist die mesoskalige Bestimmung des atmosphärischen Antriebs der Eisdrift - d.h. der Windschubspannung - und die Reaktion der Eisdrift darauf. Es soll versucht werden, die aus dem Bojenetz abgeleiteten Driftgeschwindigkeiten mit gleichzeitig vorhandenen ERS-1 SAR-Bildern zu vergleichen.

## 2. Flugzeugmessungen (während 1a: AWI, GKSS, MIH, MPI)

Während der Eisdrift der "Polarstern" werden 4 Meßflugzeuge von Longyearbyen (Spitzbergen) aus über der Ostgrönlandsee und der Framstraße eingesetzt. Mit den Flugzeugen POLAR 2 und POLAR 4 des AWI wird das Experiment "REFLEX 2" (Radiation and Eddy Flux Experiment), mit der FALCON der DLR und der D-IBUF der Universität Braunschweig das Experiment "ARKTIS 93" durchgeführt.

Ziel der Flugzeug-Meßprogramme sind folgende Untersuchungen:

- Impuls- und Wärmeübergänge über Meereisoberflächen
- Einfluß des Meereises auf kurz- und langwellige Strahlungsflüsse
- Bedeutung von Wolken und Dunst für die Strahlungsbilanz der Oberfläche
- Kaltluftausbrüche vom Meereisgebiet über den Ozean
- Entwicklung von Konvektionsstrukturen und Wolkenmustern mit zunehmendem Abstand zum Eisrand
- Gewinnung von Datensätzen für mesoskalige Modellrechnungen
- Aufnahme von Vergleichsdaten für die Satellitenfernerkundung

Die Flugzeugeinsätze werden abgestimmt mit den Meßprogrammen von "Valdivia" und "Polarstern" sowie der Bodenstationen und ergänzt durch Bojenmessungen.

### 3. Luftchemie (1a: AWI, GKSS)

Während der Reise ARKTIS '93 sollen Simultanmessungen von atmosphärischem Quecksilber, Rußpartikelkonzentrationen (GKSS) und troposphärischem Ozon (AWI) durchgeführt werden. Diese Arbeiten verfolgen zwei Ziele:

1. Quecksilber ist als Spurenmetall zwar üblicherweise nur in äußerst geringen Konzentrationen vorhanden, jedoch weltweit in seiner sogenannten "Untergrundkonzentration" nachzuweisen. Um die natürlich gegebene Konzentration von Hg in der Atmosphäre erfassen zu können, sind Messungen in den entlegensten Gebieten der Erde nötig, da nur dort menschlicher Einfluß ausgeschlossen werden kann.

Erkenntnisse über den Hg-Gehalt der Atmosphäre in polaren Regionen liegen derzeit noch nicht vor. Da zeitgleich mit der "Polarstern"-Fahrt auch kanadische Wissenschaftler in Alert, nahe dem kanadischen Polarkreis, eine entsprechende Meßkampagne durchführen, sind erstmalig belastbare Erkenntnisse über die Untergrundkonzentration des Quecksilbers in der Atmosphäre polarer Gegenden zu erwarten.

2. Bei GKSS wird der großräumige Transport des Quecksilbers mit Hilfe von numerischen Rechenmodellen simuliert. Da sowohl Ozon als auch Rußpartikeln für die atmosphärische Chemie und damit das Transportverhalten des Quecksilbers herausragende Bedeutung haben, ermöglicht die simultane Erfassung dieser Parameter die Validierung und Verbesserung des angewendeten Modells.

### 4. Physikalische Ozeanographie

(1a und hauptsächlich 1b: AARI, AWI, *IMH*)

Die physikalisch-ozeanographischen Arbeiten sind Bestandteil des internationalen Grönlandsee-Projektes (GSP). Ziel der Untersuchungen sind die konvektiven Prozesse in der zentralen Grönlandsee und ihre Einbindung in den klimatologischen Status des Systems Europäisches Nordmeer/Arktischer Ozean. Eine aufwendige Meßkampagne mit kleinskaligen Konvektionsexperimenten sowie jahreszeitlichen Aufnahmen des Grundzustandes der Grönlandsee hat im Zeitraum 1987-1989 stattgefunden. In diesem Zeitraum erlaubten die Bedingungen nur eine mitteltiefe konvektive Erneuerung der Wassermassen der Grönlandsee. Dieses Experiment soll nun, basierend auf den Erfahrungen der Jahre 87-89, im Winter 1993 wiederholt werden. Die Arbeiten auf 'Polarstern' konzentrieren sich dabei - entsprechend den besonderen Fähigkeiten des Schiffes - auf die großräumige Aufnahme der Schichtung der Grönlandsee und der Framstraße. Dementsprechend sind die Fragestellungen und Meßaktivitäten wie folgt zu beschreiben:

Während des ersten Unterabschnittes werden mit Hilfe eines CTD und einer Rosette durch Profilmessungen vom Schiff bis in mehrere 100m Tiefe die Grenzsichtmessungen in den Ozean ergänzt (Abb. 2).

Der zweite Unterabschnitt umfaßt Arbeiten in der Framstraße und der zentralen Grönlandsee (Abb. 1, Punkte). Zum Einsatz kommen CTD und Rosette (24 x 10 Liter) sowie der schiffsgebundene ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Die Messungen in der Framstraße sollen die Dichte-, Tracer-, Nährstoff-, Sauerstoff- sowie Strömungsverteilung auf zwei Schnitten von Schelfkante zu Schelfkante ergeben. Durch Invertierung der hydrographischen Daten ist vorgesehen, den Wassermassenaustausch zwischen Arktischem Ozean und Europäischem Nordmeer erstmalig für eine Wintersituation abzuschätzen. Dieser Austausch ist eine wesentliche Größe zur Konditionierung der Grönlandsee für die Konvektion.

Die Messungen weiter südlich in der Grönlandsee umfassen ein der Beckenstruktur entsprechendes Stationsnetz, auf dem mit Hilfe von CTD, Rosette und ADCP der o.g. Parametersatz zwischen Oberfläche und Meeresboden ermittelt werden soll. Ziel der Messungen ist die quantitative Erfassung der Wassermassen zum Abschluß der aktiven Konvektionsphase des Winters 1992/93 und der Vergleich mit den entsprechenden Ergebnissen des Winters 1988/89.

## 5. Meereschemie

### 5.1 Tracer-Ozeanographie (1a und 1b: IMK, IUP)

Messungen von Tritium, Helium, Freonen,  $^{18}\text{O}$  und  $^{14}\text{C}$  sowie Tetrachlormethan haben sich in den letzten Jahren als sehr hilfreich erwiesen, um den Austausch von Wassermassen zwischen verschiedenen Becken des Systems Arktischer Ozean/Europäisches Nordmeer und die konvektiven Wassererneuerungsraten zu untersuchen. So konnte aus dem Vergleich z.B. der Freonbestimmungen der Jahre 1982 und 1989 eindeutig festgestellt werden, daß die Tiefenwasserbildungsrate der 80-er Jahre auf 10-20 % des vorangegangenen Jahrzehnts zurückgegangen war.

Mit der Gewinnung der o.g. Parameter auf dem in der Abb. 1 dargestellten Stationsnetz der physikalischen Ozeanographie soll der vorhandene Tracer-Datensatz erweitert werden. Damit wird erwartet, daß u.a. folgende Fragen beantwortet werden: Hat die tiefe Konvektion in der Grönlandsee wieder eingesetzt? Ergaben sich Änderungen im Tiefenwasseraustausch zwischen den Becken des Systems?

## 5.2 Nährsalzmessungen (1a: IMK, 1b : AWI)

Diese meereschemischen Arbeiten stehen in engem Zusammenhang mit den ozeanographischen und planktologischen Untersuchungen. Es gibt bisher nur wenige Untersuchungen über die Nährstoffkonzentrationen im Winter in der Grönlandsee. Dabei sind vor allem die Ausgangsbedingungen in Hinsicht auf die Nährstoffe für die Phytoplanktonblüte im Frühjahr bisher weitgehend unbekannt. Die Untersuchungen sollen diese Lücke füllen.

Insbesondere Silikat in Kombination mit Nitrat hat sich auch als guter ozeanographischer Tracer für zusätzliche Informationen über Wassermassen erwiesen. Hohe Silikatkonzentrationen sind z.B. typisch für bestimmte Wassermassen der arktischen oberflächennahen Zirkulation.

Aus den Wasserproben, die mit dem Rosettenschöpfer-System in verschiedenen Tiefen genommen werden, sollen die Nährsalze Nitrat, Nitrit, Phosphat und Silikat mit einem Autoanalyser-System nach routinemäßigen Methoden bestimmt werden.

## 5.3 CO<sub>2</sub> - Partialdruckmessungen (1a und 1b: IMK)

Die vor etwa zwei Jahren in der Abteilung Meereschemie des IfM Kiel angelaufenen Untersuchungen zum ozeanischen Karbonatsystem sollen während ARK IX/1 fortgesetzt werden. Der Hintergrund für diese Arbeiten ist die Frage nach dem Verbleib des anthropogen emittierten CO<sub>2</sub>. Zur Zeit werden durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe und durch Waldrodung u.ä. jährlich etwa 6 Gt Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre freigesetzt. Hiervon verbleiben 3 Gt C in der Atmosphäre und führen zu einem jährlichen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Gehalte von etwa 1,5 ppm; dementsprechend werden gegenwärtig fast 360 ppm CO<sub>2</sub> in der nördlichen Hemisphäre gemessen. In welchem Umfang die übrigen 3 Gt C vom Ozean aufgenommen oder in der terrestrischen Biosphäre gespeichert werden, bleibt bislang umstritten, ist aber eine wesentliche Frage für die Vorhersage des CO<sub>2</sub>-Anstiegs in der Atmosphäre. Auf Modellrechnungen und Messungen beruhende Abschätzungen besagen, daß jährlich zwischen 0,5 und 2,5 Gt C durch den Ozean aufgenommen werden. Um hierzu mit meßtechnischen Mitteln weitere Einsichten zu gewinnen, gehen wir nach folgendem Ansatz vor:

Es werden die CO<sub>2</sub>-Partialdruckdifferenzen ( $\Delta p\text{CO}_2$ ) an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre gemessen. Diese Größe stellt die treibende Kraft für den CO<sub>2</sub>-Austausch dar und gestattet bei der Annahme eines geeigneten Austauschkoeffizienten die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Flüsse, deren globale Bilanzierung die Abschätzung des anthropogenen CO<sub>2</sub>-Eintrags erlaubt. Die Schwierigkeiten dieses Verfahrens liegen in erster Linie darin, daß der CO<sub>2</sub>-Partialdruck des Meerwassers eine ausgesprochen starke räumliche und saisonale Variabilität aufweist, die sich durch verschiedene Prozesse erklären läßt: Temperaturänderungen, Konvektion und Bildung sowie Abbau

organischer Substanz. Die wenigen derzeit verfügbaren Datensätze erlauben daher noch keine sinnvolle Bilanzierung des globalen CO<sub>2</sub>-Austauschs zwischen dem Ozean und der Atmosphäre. Dieses gilt auch für den Nordatlantik, der zwar zu den am intensivsten untersuchten Gebieten zählt, für den jedoch kaum Meßreihen für den hydrographischen Winter vorliegen. Die Teilnahme an ARK IX/1 bietet daher eine hervorragende Möglichkeit, unsere bisherigen Studien im Nordatlantik durch dringend benötigte Winterwerte zu ergänzen.

Für die Messungen ist ein System (Equilibrator/IR-Analyzer) entwickelt worden, welches die kontinuierliche Registrierung des Oberflächen-pCO<sub>2</sub> vom fahrenden Schiff aus erlaubt. Für die Bestimmung des pCO<sub>2</sub> in Tiefenwasserproben wird ein separates System mit gaschromatographischer Analyse der CO<sub>2</sub>-Gleichgewichtskonzentrationen eingesetzt.

Zusätzlich zu den CO<sub>2</sub>-Arbeiten sollen Nährstoff- (IX/1a) und Sauerstoffanalysen durchgeführt sowie Filterproben für spätere Chlorophyll-a-Bestimmungen genommen werden.

## 6. Meereisforschung

Die Untersuchungen während des Fahrtabschnitts ARK IX/1a sind in erster Linie auf die detaillierte Erfassung von Eiseigenschaften an einer Lokation über einen Zeitverlauf von etwa zweieinhalb Wochen ausgerichtet. Hierzu gehören insbesondere für die Fernerkundung relevante Bodenmessungen und physikalisch-biologische Arbeiten. Ferner bietet das stationäre Eiscamp Gelegenheit, einen bisher nur ansatzweise verwirklichten Vergleich zwischen direkten und indirekten, geophysikalischen Verfahren zur Bestimmung von Mächtigkeit und Eigenschaften des Meereises durchzuführen. Messungen der Wellenausbreitung und des Geräuschpegels unter dem Eis profitieren ebenfalls von der langen Stationsdauer während des ersten Fahrtabschnitts.

Die Arbeiten während des zweiten Abschnitts (IX/1b) sind eng mit ozeanographischen Untersuchungen in der zentralen Grönlandsee sowie der Interpretation entsprechender Fernerkundungsdaten verknüpft. Im einzelnen lassen sich die Programme folgenden Fragestellungen zuordnen:

### 6.1 Eiseigenschaften

- Nachweis von freischwebenden Eiskristallen (frazil ice) in der Wassersäule (1a und 1b: SPRI)

Zum besseren Verständnis der Bildung und des Wachstums von frei in der Wassersäule schwebenden Eiskristallen (frazil ice), insbesondere im Zusammenhang mit der Eisbildung und dem Wärme- und Salzfluß in Polynyen, soll frazil ice während Abschnitt 1a in der Wassersäule mit einem kalorimetrischen Sensor (Entwicklung der University of Washington) nachgewiesen

werden. Messungen werden am Rand einer Rinne in Verbindung mit CTD-Vertikalprofilen durchgeführt. Durch Vergleich mit Windgeschwindigkeits-Messungen soll die Bildung von frazil ice im Zusammenhang mit lokaler Konvektion, Windgeschwindigkeit und Wärmeaustausch untersucht werden.

Während des Abschnitts 1b sollen fortlaufende Messungen, insbesondere im Eisrandbereich, durchgeführt werden und mit konvektiven Ereignissen (dem Backhaus-Modell entsprechend) korreliert werden.

- Wellenausbreitung im Eis (1a und 1b: SPRI)

Die Ausbreitung von Schwerewellen in der Eisrandzone ist für das Aufbrechen und die Kompaktierung des Packeises sowie das Schollengrößenspektrum von entscheidender Bedeutung. Durch Bestimmung der Neigung und Beschleunigung bzw. der Dehnung von Eisschollen soll insbesondere der hochfrequente Teil des Wellenspektrums (Perioden von 1 bis 3 Sekunden) im Eis näher untersucht werden.

Während Abschnitt 1a wird ein Amplituden-Neigungs-Dehnungs-Meßsystem (AND) ausgebracht, um längerfristig das Wellenfeld aufzuzeichnen.

Während Abschnitt 1b soll eine Argos-Wellenboje außerhalb des Eisrandes ausgebracht werden und dort nach Ende der Fahrt wieder aufgenommen werden. Während der Stationsarbeit oder vom Helikopter aus sollen kurze Messungen mit dem AND-Meßsystem erfolgen.

- Bestimmung des Geräuschpegels in der oberen Wassersäule (1a und 1b: AMTP, SPRI)

Der Geräuschpegel unter dem Meereis, vornehmlich im hörbaren Teil des Spektrums (0 bis 20 kHz), soll während der Eisdriftstation aufgezeichnet werden, da während dieser Zeit keine wesentliche Beeinflussung durch Schiffsgeräusche zu erwarten ist. In Verbindung mit einer Erfassung der weiträumigen Eisverhältnisse soll der Zusammenhang zwischen Wellendämpfung in der Eisrandzone und Änderungen im Geräuschpegel näher untersucht werden.

Während des Abschnitts 1a sind meereisakustische und Geräuschpegel-Messungen von der Eiscamp-Scholle aus vorgesehen.

Ähnliches ist für den Abschnitt 1b in Verbindung mit einer Aufzeichnung des Wellenfelds geplant. Hierzu soll eine Sonobojenkette senkrecht zur Eiskante ausgebracht werden, mit ergänzenden AND-Messungen und Luftaufnahmen der lokalen Eisbedingungen.

- Eisphysik (1a und 1b: AMTP, AWI, SPRI)

Eiskernbohrungen sollen in erster Linie Aufschluß über Bildung, Wachstum und Eigenschaften des Meereises in der Framstraße bzw. der Grönlandsee erbringen und die Interpretation von zeitgleich gewonnenen Satellitendaten

(ERS-1, AVHRR) erleichtern. An den Eiskernproben werden auf dem Eis bzw. in einem Kaltlabor an Bord des Schiffes Messungen der Temperatur, der Dichte, des Salzgehalts sowie der Größe, Form und Verteilung von Eiskristallen und Einschlüssen durchgeführt. Diese Messungen liefern außerdem die Eckdaten für die unten beschriebenen geophysikalischen und biologischen Arbeiten. Die Beprobung von jungem Nilas und Pfannkucheneis während ARK IX/1b soll näheren Aufschluß über Wachstum von Neueis und die damit verbundenen Wärme- und Salzflüssen liefern.

- Geophysikalische Verfahren zur Bestimmung von Eismächtigkeit und Eiseigenschaften (1a: AMTP, AWI, UMG)

Die Mächtigkeitsverteilung polaren Meereises ist für das Verständnis von Klimaänderungen und deren Auswirkung auf die Polargebiete von entscheidender Bedeutung. Außerdem beeinflusst sie die Wärme- und Impulsübertragung zwischen Ozean und Atmosphäre in eisbedeckten Regionen. Detaillierte Arbeiten im Rahmen des Eiscamps sollen näheren Aufschluß über die Eignung indirekter geophysikalischer Meßverfahren zur Bestimmung der Dicke und des Aufbaus einer Meereisdecke geben. Es ist geplant, sowohl homogene als auch heterogene Bereiche in jungem und altem Eis mit seismischen (Luftschall- und Hammerschlagseismik), akustischen, elektromagnetischen (aktiv-induktiv) und geoelektrischen Verfahren zu untersuchen. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die direkte Messung der Mächtigkeit und Beschaffenheit (Gefüge, Salzgehalt, Permeabilität) des Meereises und des auflagernden Schnees.

## 6.2 Eisbiologie (1a: AWI)

Die eisbiologischen Arbeiten widmen sich zwei Fragestellungen:

Biologisch-chemische Messungen an Meereis und daraus extrahierter Sole sollen Aufschluß insbesondere über den Sauerstoffhaushalt im Meereis liefern. Hierzu werden O<sub>2</sub>-Messungen an Probenmengen im Mikroliterbereich durchgeführt. In Verbindung mit parallel bestimmten physikalischen (s. o.) und biochemischen (Chlorophyll a, Nährstoffe, Proteine, Lipide, Kohlenhydrate) Parametern soll eine Trennung physikalischer und biologischer Faktoren bei der Kontrolle des O<sub>2</sub>-Haushalts im Meereis versucht werden. - Weiterhin werden die untersten Eisschichten zur Erfassung des Kleintierbestandes und der Besiedelung der Eisunterseite beprobt. Dieses Programm zur kryopelagischen Kopplung wird durch qualitative Beobachtungen und Fänge von Tieren unter dem Eis sowie Laborbeobachtungen zur Ernährungsbiologie ergänzt.

## 6.3 Fernerkundung (1a und 1b: AES, AWI, UBP)

Ein Ziel des Arbeitsprogramms ist die Klassifizierung und Kartierung der Verteilung von Neueis (dünner als 10 cm) mit Hilfe der passiven Mikro-

wellenfernerkundung. Messungen der Strahlungstemperatur des Eises (bei 37 GHz) werden in Verbindung mit einer Aufzeichnung der Eisbedingungen kontinuierlich vom Schiff aus durchgeführt. Diese Messungen sollen durch Überflüge mit einer Line-Scan-Kamera ergänzt werden, die quantitative Aufschluß über die Verteilung verschiedener Eistypen gibt. Zeitgleich werden von der Microwave Group (Ottawa River Office) SSM/I-Karten der Strahlungstemperatur erstellt und täglich ans Schiff abgesetzt. Eine Überdeckung des Arbeitsgebietes durch ERS-1 SAR und Scatterometer ist vorgesehen.

Ein weiteres wesentliches Ziel stellt die Bestimmung von Eismassenbilanzen mit Hilfe von verankerten Upward-looking Sonar und Daten aus der Fernerkundung dar. Die Sonarzeitreihen werden durch hochauflösende AVHRR-Daten ergänzt, die während der Expedition an Bord empfangen werden und Aufschluß über die Verteilung und Bewegung von Meereisfeldern liefern sollen. Weiterhin sind Hubschrauberflüge mit einem Laserprofilometer zur Erfassung der Meereisrauhigkeit und des Schollen-Freibords geplant. Die Meßergebnisse dienen außerdem der Verifizierung von ERS-1-Daten.

Dritter Bestandteil des Fernerkundungsprogramms sind Messungen des Emissionsvermögens von Meereis in vier verschiedenen Mikrowellen-Frequenzbereichen, die mit zeitlichen Veränderungen der meteorologischen Randbedingungen in Beziehung gesetzt werden sollen. Dazu werden täglich ein bis drei Meßserien entlang eines Profils von mehreren hundert Metern Länge auf der Eisstationsscholle durchgeführt. Außerdem werden entsprechende Messungen vom Schiff aus auf neues Eis und offenes Wasser vorgenommen. Diese Felddaten dienen der Entwicklung und Verbesserung von SSM/I-Algorithmen zur Bestimmung der Eiskonzentration.

## 7. Zooplankton-Ökologie

### 7.1 Vertikalverteilung und Reproduktion (1b: AWI)

Der Übergang vom Winter zum Frühjahr ist eine kritische Zeit für das Zooplankton. Die herbivoren Grazer überwintern in großen Tiefen bei reduziertem Stoffwechsel und brauchen die im Vorjahr angesammelten Fettreserven auf. Im Frühjahr müssen sie rechtzeitig zurück an die Oberfläche, um die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons zu nutzen. Dabei haben die einzelnen Arten unterschiedliche Strategien entwickelt. *Calanus hyperboreus*, einer der größten Copepoden, legt Eier während des Winters. So kommen die jungen Larvenstadien in den Genuß der Frühjahrsblüte. Bei *Calanus finmarchicus* sind die Weibchen dagegen zur vollständigen Eireife auf Futter angewiesen.

Während der Fahrt wollen wir die folgenden Fragestellungen untersuchen:

1. Vertikalverteilung und Stadienzusammensetzung der Überwinterungspopulationen der dominanten Copepodenarten *Calanus finmarchicus*, *Calanus hyperboreus* und *Metridia longa*. Dazu werden Stufenfänge mit dem

Multinetz durchgeführt bis 2000 m. Gleichzeitig werden Überwinterungsstadien aussortiert zur Bestimmung des Trockengewichts und Kohlenstoffgehalts sowie der Lipidzusammensetzung (siehe unten).

2. Reproduktionsbiologie der drei dominanten Copepoden. Da zu erwarten ist, daß *Calanus hyperboreus* im Spätwinter noch Eier legt, werden Weibchen einzeln in Bechergläsern gehältert und täglich auf Eier kontrolliert. Die Gonadenreife aller drei Arten wird an angefärbten Tieren im Labor bestimmt. Für vergleichende Untersuchungen der Struktur der Gonaden werden Weibchen fixiert. Bei *C. finmarchicus* soll die Gonadenreife vom letzten Larvenstadium (CV) bis zur Eiablage durch das adulte Weibchen (CVI) verfolgt werden. Dazu werden CV einzeln gehältert bei unterschiedlichen Futterkonzentrationen und in regelmäßigen Abständen beobachtet. Eiablageversuche sollen auch mit der noch wenig bekannten Art *Metridia longa* durchgeführt werden. Das Material für diese Arbeiten kommt aus Fängen mit dem Multinetz und dem Bongonetz.

## 7.2 Lipid-Biochemie (1b: IPÖ)

Diese Zooplankton-Untersuchungen werden vom IPÖ in enger Zusammenarbeit mit dem AWI und in Anlehnung an den Kieler SFB 313 durchgeführt. Die Analysen der chemischen Zusammensetzung des Zooplanktons (Schwerpunkt Lipide) im März/April 1993 sollen unsere während ARK VIII/1 (Juni 1991) und ARK VII/2 (Juli/August 1990) durchgeführten Untersuchungen zur saisonalen Energiespeicherung des Planktons in hochpolaren Ökosystemen vervollständigen. Außerdem soll das Potential spezifischer Lipidkomponenten als Biomarker in der Nahrungskette sowie für Energieflußbetrachtungen genutzt werden.

An Stationen, an denen es die Eissituation erlaubt, soll zur Beprobung fluchtfähiger Makroplankton-Arten das "Rectangular Midwater Trawl" (RMT 1+8) horizontal geschleppt, im übrigen aber das Multinetz eingesetzt werden. Die Netzfänge dienen der Ermittlung von Abundanz, Biomasse und populationsdynamischen Parametern (Größe, Altersstruktur, Stadienverteilung etc.). Zur Beschaffung von Planktonmaterial für experimentelle und biochemische Untersuchungen kommen außerdem Bongonetz und Ringtrawl zum Einsatz.

Diese Untersuchungen während bzw. vor einer kritischen Übergangsphase (Winter/Frühling) sollen zudem unser Verständnis für die unterschiedlichen Lebenszyklen im Plankton vertiefen, den Grad ihrer Abhängigkeit von saisonalen Faktoren (Licht, Eisbedeckung, Nahrungszufuhr) verdeutlichen und damit zu einer differenzierten Analyse dieses arktischen Ökosystems beitragen.

## 7.3 Schwermetalle (1b: ICBM)

Bisherige Untersuchungen an Crustaceen der Polargebiete haben ergeben, daß Schwermetallkonzentrationen in diesen Tieren oft nicht bekannten Hintergrundwerten entsprechen, sondern relativ hoch sind, wie beispiels-

weise bei Cadmium. Eine hohe Akkumulationsfähigkeit von potentiell toxischen Metallen erfordert auch effiziente Mechanismen zur Speicherung und Detoxifikation, wie sie für Crustaceen gemäßigter Breiten bekannt sind. Dabei spielen u. a. Metallothioneine eine wichtige Rolle. Durch eine Kombination von Freilanduntersuchungen und toxikokinetischen Experimenten an Bord soll ein Beitrag zur Aufklärung der Verhältnisse bei ausgewählten arktischen Crustaceen geleistet werden.

Folgende Arbeiten sind vorgesehen:

1. Gewinnung von Zooplanktonproben für spätere Schwermetallanalysen; u.a. Copepoden und mesopelagische Crustaceen; soweit möglich auch Gewinnung von bodennah lebenden Tieren mit einem Agassiztrawl.
2. Biologische Charakterisierung der Organismen an Bord (Artbestimmung, Life-History-Status) und differenzierte Aufarbeitung der Proben für Schwermetallanalysen)
3. Lebendhaltung der Organismen an Bord und Durchführung von Bioakkumulationsversuchen zur Analyse der Toxikokinetik ausgewählter Metalle und zur Induktion von Cd-bindendem Metallothionein.

#### 7.4 Isolation und Kultivierung planktischer Ciliaten (1b: IMK)

Das Mikrozooplankton (Zooplankter in der Größe zwischen 20 und 200  $\mu\text{m}$ ) neritischer und ozeanischer Gewässer wird oftmals dominiert von Ciliaten. Auch in polaren Gebieten stellen sie ein wichtiges Bindeglied dar zwischen dem Nahrungsnetz der Mikroorganismen, dem sogenannten "Microbial Loop", einerseits und der klassischen Nahrungskette (z. B. Phytoplankton - Zooplankton - Fische) andererseits. Basierend auf gelösten organischen Substanzen (DOM, dissolved organic matter), welche von freilebenden Bakterien in bakterielle Biomasse umgesetzt werden, führt der (vereinfachte) Kohlenstofffluß innerhalb des "Microbial Loop" über heterotrophe Flagellaten im Größenbereich 2 - 20  $\mu\text{m}$  zu den Ciliaten, die ihrerseits wiederum den größeren Zooplanktern als Nahrung dienen können.

Außerdem fressen Ciliaten aber auch kleinere Phytoplankter. Einige Arten, welche während des Polarsommers erhebliche Anteile der Gesamtpopulation bilden können, vermögen sogar, deren unverdaute Chloroplasten zur Unterstützung ihres Eigenstoffwechsels durch Photosyntheseprodukte zu nutzen.

Obwohl die grundsätzlichen Nahrungsbeziehungen dieser Organismen weitgehend bekannt sind, weiß man wenig über die Umsatzraten, insbesondere ihre Freßraten in kalten, polaren Gewässern. Deshalb sollen im Kühllabor einzelne Ciliaten isoliert, mit verschiedenen Phytoplanktonorganismen gefüttert und kultiviert werden. Darauf aufbauend sollen Wachstums- und Freßraten der Ciliaten in Laborexperimenten bestimmt werden.

**Polarstern - Cruise Ark IX/1**  
**(Winter Greenland Sea Expedition)**  
**Febr. 26 - April 18, 1993**

**Research Programmes**

**1. Boundary Layer Meteorology**

(mainly 1a: AWI, GKSS, *MIH*, *MPI*, SFB 318)

**1.1. General remarks**

The main aim of the campaign ARKTIS '93 (from about March 3 to 24, 1993) at the Arctic ice edge west of Spitsbergen is the investigation of cold air outbreaks from the interior of the Arctic ice cover. These outbreaks are of immense importance for climatological processes, they are responsible for deep convection and formation of new ice in the ocean and for intensive convection in the atmosphere coupled with cloud formation of organized structures. The convection pattern along a downstream trajectory is dependent on the initial and boundary conditions and on the large-scale weather conditions.

**1.2. Ship-borne measurements, aerological and synoptical stations**

The influence of the large-scale weather conditions (divergence, advection, geostrophic wind, baroclinicity) on cloud formation within the boundary layer shall be determined with the aid of a network of radiosounding stations of the weather services, at three research vessels (*POLARSTERN*, *VALDIVIA*, *PROF. MULTANOVSKY*), and with nine ice drift buoys (Fig. 2). The RV *POLARSTERN* will occupy a more or less fixed position at a larger ice-floe west off Spitsbergen, about 100 km within the Arctic ice sheet (81°N, 5°E), the RV *VALDIVIA* will be positioned in the open ice-free ocean at 77.5°N, 5°E. The Russian RV *PROF. MULTANOVSKY* is operating in the open sea between 73.5°N and 76.5°N and between 5°W and 5°E (as part of the winter Greenland Sea Project - GSP). On board of the three ships aerological soundings within the schedule of the synoptical observation plans will be performed with a frequency of four per day (during intensive measuring phases up to 8 per day). The relevant meteorological parameters near the surface will be continuously monitored by automatic stations.

All aerological soundings on board the ships and also at most of the weather stations are performed with Vaisala MicroCora Systems with Omega windfinding. The meteorological surface parameters are pressure, temperature, humidity, wind velocity and -direction, and water- or ground

temperature. Likewise the shortwave and longwave radiation will be recorded. Additionally, meteorological observations of cloud cover and cloud types, visibility, and other weather phenomena will be carried out, at least every hour.

The surface observations and the aerological data on board of the three ships will be transmitted to the synoptic network of weather stations in order to use the data for global and regional weather forecast models.

### 1.3. Central Ice Station

Near the ground, structures of the atmosphere cannot be observed adequately from a ship, because the ship itself causes gross local flow distortions. This is why "Polarstern" will be moored to an ice floe, in order to install a measuring station on the ice in due distance from the ship.

The purpose is to monitor the vertical structures of the atmospheric boundary layer in the source area of cold air outbreaks over the ice, and to determine the budgets of energy and momentum at the boundaries atmosphere/ice, ice/water.

Wind, temperature and turbulence parameters will be measured between 20 and 600 m height in 20 and 40 m height steps, respectively, with a Doppler SODAR and a RADAR/RASS-Profiler. These remote sensing systems use the backscattering of acoustic and electromagnetic waves at small turbulent eddies in the atmosphere. The RASS is a combined method, which derives the sound velocity and thus the temperature profile from radar echoes at acoustic waves.

A 15 and a 10 m measuring mast will be equipped with several sonic anemometers and temperature sensors and will be mounted flush at the ice floe margin and at a distance of some hundred meters from the margin, respectively. In this way the relation between ice coverage and boundary structure shall be investigated on a small scale. In situations, where the ice floe is surrounded by open water, the strong temperature difference between water and ice surface causes the generation of a new boundary layer at the windward margin of the ice floe. The downstream development of this boundary layer show up in modifications of profiles of temperature, wind, and turbulent fluxes, which should be observable by the measuring masts in case of suitable wind directions.

The interpretation of the measurements requires the knowledge of the upstream ice conditions, which will be monitored by helicopter flights equipped with a laser altimeter. Further useful information on the upstream

atmospheric and ice conditions will be provided on a larger scale by aircrafts operating in this area in the course of REFLEX II.

In addition to sonic flux profile measurements optical turbulence measurements (GKSS) and measurements of the turbulent water vapour transport will be made with different techniques (GKSS, University of Uppsala), which represent an important supplement. Some of these techniques will be tested the first time under these extreme conditions.

The energy budget is completed by measurements of up- and down-welling long and short wave radiation, ice temperature profiles and ice heat flux. The temperature profiles extend down into the water below the ice floe in order to estimate also the heat flux through the water/ice boundary.

#### 1.4. Surface buoy network

To support observations at the central ice camp, a network of nine ice drift buoys (six of the Meteorological Institute, Hamburg, three of the Alfred-Wegener-Institute) will be installed some 100 km around POLARSTERN. They will be brought to their position by helicopter prior to the observational period proper. They measure pressure, temperature, and the wind vector in addition to their position which yields the vector of the ice drift velocity and its deformation and divergence. Data will be relayed via satellite through the Argos system. The goal is to derive fields of the atmospheric ice drift forcing - i.e. the wind stress - and to study the variable reaction of the ice. ERS-1 SAR-derived ice distribution images will be deployed to relate buoy drift data to ice drift determined from consecutive SAR images.

## 2. Aircraft measurements (during 1a: AWI, GKSS, MIH, MPI)

During the ice drift of "Polarstern" four aircraft will be operating from Longyearbyen, Spitsbergen over the East Greenland Sea and Fram Strait. The experiment "REFLEX 2" (Radiation and Eddy Flux Experiment) will be conducted with the aircraft POLAR 2 and POLAR 4 of the Alfred Wegener Institute and the experiment "ARKTIS 93" with the FALCON (DLR) and the D-IBUF (University Braunschweig).

The main objectives of the aircraft programs are:

- Momentum and heat transfer above sea ice
- Influence of the sea ice on the short- and longwave radiation fluxes
- The effects of clouds and haze on the net radiation balance of the surface
- Outbreaks of cold air masses from the pack ice to the ocean
- Development of convective structures and cloud patterns

- downstream of the ice edge
- Acquisition of data sets for mesoscale numerical models
- Ground truth measurements for satellite remote sensing

The flight patterns of the four aircraft will be closely coordinated with the field experiments of "Valdivia" and "Polarstern", the observations of the weather stations and will be supplemented by the buoy program.

### **3. Air chemistry (1a: AWI, GKSS)**

The GKSS group (Institute of Chemistry) will perform simultaneous measurements of atmospheric mercury, aerosol black carbon and tropospheric ozone (measured by the AWI colleagues). The work aims at two subjects:

1. Although mercury usually occurs in trace concentrations, it is widely dispersed and occurs in its "background concentration" on a global scale. For the determination of the natural backgrounds, measurements of mercury in remote areas are required to exclude anthropogenic influences. To our knowledge, atmospheric mercury concentrations in polar regions are still unknown. Simultaneous to the POLARSTERN cruise Canadian scientists will carry out similar measurements in Alert, close to the Canadian polar circle. Therefore, first reliable results for the concentration of atmospheric mercury in polar regions are to be expected.
2. Ozone and aerosol black carbon are the decisive factors for the transport and deposition properties of atmospheric mercury. For the validation and improvement of a European long range transport model as used by GKSS Research Centre, simultaneous measurements of atmospheric mercury, ozone and aerosol black carbon (soot) concentrations are required.

### **4. Physical oceanography (AARI, AWI, IMH)**

The physical oceanography programme is part of the international Greenland Sea Project GSP. The measurements are aimed at convective processes in the central Greenland Sea and their dependence on the climatological status of the Arctic Ocean/Nordic Seas system. An intensive field campaign comprising small scale convection experiments and seasonal surveys of the basic state of the Greenland Sea has taken place in 1987-1989. Convective conditions during this period only showed water mass renewal to mid-depth. The planned experimental work is based on experiences from the earlier investigations and merely is a repeat under different climatological conditions. The activities on Polarstern will be focused on the larger-scale description of stratification and currents in the Fram Strait and in the Greenland Sea. The measurements are planned as follows:

During the first part of the cruise a CTD and rosette will be used to complete the atmospheric boundary layer programme by temperature and salinity profiling to several hundred meters depth (Fig. 2). The second part comprises measurements in the Fram Strait and the central Greenland Sea (Fig. 1, dots). A CTD, a 24 x 10l rosette, and a ship-mounted ADCP (acoustic Doppler current profiler) will be used. Two sections of density, nutrients, oxygen, anthropogenic tracers and currents across Fram Strait are expected to provide information on water mass exchange between the Arctic Ocean and the Nordic Seas during a winter situation. These exchanges are one of the conditioning factors for the Greenland Sea convection.

The measurements in the Greenland Sea cover the topographic basin by a set of stations, which provide the a.m. parameters between surface and bottom. The aim is to quantify the water masses during a period following the termination of active convection during winter 1992/93 and compare it to the results from the earlier measurements in winter 88/89.

## 5. Marine Chemistry

### 5.1 Tracer - Oceanography (IUP, IMK)

Measurements of parameters like tritium, helium, freon,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{14}\text{C}$  and tetrachlormethan have proven to be important tools in investigations of convective water mass renewal and inter-basin exchanges. Freon measurements in 1982 and 1989 have e.g. been the basis for quantifying the 80% to 90% reduction in the convective renewal of Greenland Sea deep waters during the eighties compared to the seventies. The a.m. measurements will be carried out on the stations shown in Fig. 1. They will enhance the existing tracer data set and they are expected to answer questions like: Have the deep water formation rates increased against the eighties? Can we detect changes in the water mass exchanges between the different deep basin of the Arctic Ocean/Nordic Seas system?

### 5.2 Determination of nutrients (AWI)

The determination of nutrients is closely connected with the physical and biological investigations. So far, little is known about the nutrient concentrations in the Greenland Sea in winter. Especially the basic concentrations of nutrients which are available for phytoplankton growth in spring are widely unknown. The investigations will fill this gap. For the determination of water masses silicate in combination with nitrate is a good tracer. For example, high silicate concentrations are typical for the outflow of the Arctic upper halocline water flowing southward along the Greenland slope.

From water samples, taken with the CTD sampler system, nutrients - nitrate, nitrite, phosphate and silicate - are determined routinely with an Autoanalyser system according to routinely used methods.

### 5.3 Measurement of CO<sub>2</sub> partial pressure (IMK)

The investigations on the oceanic carbonate system, which started two years ago in the chemical department of the IfM Kiel, will be continued during ARK IX/1. The background for these studies is the question, how much of the anthropogenic CO<sub>2</sub> is stored in the ocean. About 6 Gt C/yr are presently emitted into the atmosphere as CO<sub>2</sub> by fossil fuel combustion and deforestation. From this, 3 Gt C remain in the atmosphere and cause an annual increase of the atmospheric CO<sub>2</sub> content by about 1.5 ppm, resulting in a present CO<sub>2</sub> content of almost 360 ppm in the northern hemisphere. The remaining 3 Gt C are taken up by the ocean and/or the terrestrial biosphere. However, the relative effectiveness of these sinks is still uncertain, although this is an important question for the prediction of the future CO<sub>2</sub> contents in the atmosphere. Model calculations and estimates based on measurements give a range of 0.5 - 2.5 Gt C for the annual uptake of CO<sub>2</sub> by the ocean.

To improve our understanding of the ocean as a sink for anthropogenic CO<sub>2</sub> we use an experimental approach:

Partial pressure differences of CO<sub>2</sub> ( $\Delta p\text{CO}_2$ ) are measured at the air/sea interface. This gradient is the driving force for the CO<sub>2</sub> exchange and, by multiplication with appropriate exchange coefficients, gives the CO<sub>2</sub> flux at the sea surface. The anthropogenic input may then be estimated by balancing the CO<sub>2</sub> fluxes on a global scale. Difficulties with this approach arise from the high spatial and seasonal variability of pCO<sub>2</sub> in sea water, which is due to different processes: changes in temperature, convection and formation/degradation of organic matter. Accordingly, the presently available data base is too small to establish meaningful flux balances on a global scale. Even for the North Atlantic, which is one of the most intensively studied areas, there exist almost no data for the hydrographic winter. Hence, our participation in ARK IX/1 is an excellent opportunity to complement our previous studies with urgently needed wintertime measurements.

For our investigations we have developed a measuring system (equilibrator/IR-spectrometer) for a continuous record of pCO<sub>2</sub> in surface water. Deep water samples are analyzed for pCO<sub>2</sub> by a separate system which is based on a gas-chromatographic analysis of CO<sub>2</sub> equilibrium concentrations. In addition to the CO<sub>2</sub> measurements, we shall analyse nutrients (IX/1a) and oxygen and also take filter samples for the analysis of chlorophyll-a.

## 6. Sea ice research

During ARK 9/1a, interests will focus on detailed measurements of sea-ice characteristics in one location over a period of approximately two and a half weeks. These investigations comprise ground-truth measurements for satellite remote sensing as well as physico-chemical and biological studies. In addition, experiments on the use of indirect, geophysical techniques for the measurement of sea-ice thickness and properties will be carried out while the ship is moored to a floe. Also, measurements of ambient noise and wave propagation in the pack ice are planned for the first part of the cruise. Sea-ice work during ARK 9/1b is closely linked to the oceanographic and remote-sensing studies planned in the central Greenland Sea. The program can be subdivided into the topics described below.

### 6.1 Sea-ice characteristics

- Frazil ice detection (1a and 1b: SPRI):

To further understanding of the growth and distribution of ice crystals in the water column (frazil ice), in particular with regard to heat and salt fluxes in leads and polynyas, it is planned to detect frazil ice on leg A using a calorimetric sensor designed at University of Washington and lowered by a manual winch from the edge of a lead. An experimental optical sensor will be tested alongside it. The measurement technique involves vertical profiling with the calorimeter and a CTD sonde lowered with a manual winch. A local met station on the ice measures wind speed and direction. The aim is to relate frazil build-up in the lead to local convection processes, wind speed and heat exchange. On leg B a running survey will be carried out as opportunity offers, in regions where it may be associated with the convective plume process, as predicted by the Backhaus model.

- Propagation of waves in the ice (1a and 1b: SPRI):

Wave propagation in the ice as an important factor in controlling break-up and compaction of the marginal ice pack will be studied by deploying arrays for measurements of tilt, acceleration and strain in the ice. Work will concentrate on the high-frequency end of the spectrum (periods of 1 to 3 s). On leg A a heave-tilt-strain sensor package will be deployed on the ice floe to which the ship is moored, for long-term monitoring of the wave field. On leg B an Argos directional wave buoy will be launched outside the ice edge at a location to which the ship plans to return for recovery at the end of the experiment. Short deployments of the heave-tilt-strain sensor will be made from floes either during stations (1 hour) or by helicopter.

- Ambient noise (1a and 1b: AMTP, SPRI):

Measurements of ambient noise in the ice pack, primarily at audio frequencies (0 to 20 kHz) are planned for the drift station phase, when disruptions by ship noise will be at a minimum. In conjunction with a recording of local ice conditions, wave energy (see above) and variations in ambient noise will be compared. On cruise leg 1a, ice acoustical properties and ambient noise will be measured during quiet periods from the floe beside the ship (possibly with additional measurements at remote sites). On leg 1b ambient noise will be measured in relation to the wave field by using the helicopter to deploy a line of sonobuoys towards the ice edge, each deployment accompanied by a heave-tilt-strain recording and accompanying aerial photography of ice conditions.

- Sea ice physics (1a and 1b: AMTP, AWI, SPRI):

Ice core measurements will provide information on the formation and growth of sea ice in Fram Strait and the Greenland Sea as well as aid in the interpretation of remote-sensing data (gathered by ERS-1 and AVHRR). In the field and in a cold lab on board the ship, measurements of ice temperature, density, salinity and size, shape and distribution of ice crystals and pores will be carried out. This data set will also serve as a reference for the biological and geophysical investigations. During ARK 9/1b, nilas and pancake ice will be sampled to obtain information on the growth of new ice and the associated fluxes of heat and salt.

- Indirect, geophysical measurements of thickness and properties of sea ice (1a: AMTP, AWI, UMG):

The sea ice thickness distribution is of importance in evaluating the effects of climate change in the polar regions as well as understanding the local exchange of heat and momentum between ocean and atmosphere. Detailed measurements in one location during the drift phase are expected to provide insight into the use of indirect, geophysical techniques in determining thickness and characteristics of sea ice. It is planned to employ seismic, acoustic, electromagnetic and geoelectric methods in characterizing young and old sea ice. Here, the direct measurements of the thickness and properties (texture, salinity, permeability) of sea ice and the overlying snow play a critical role in evaluating the data collected in the field.

## 6.2 Sea ice biology (1a: AWI):

Two problems will be addressed by the sea ice biologists during the cruise. Biological and chemical measurements on samples of sea ice and brine will provide information on the oxygen budget of sea ice. With a newly adapted

technique, measurements are planned on sample volumes in the microliter range. In conjunction with the physical (see above) and biochemical (chlorophyll a, nutrients, proteins, lipids, carbohydrates) parameters determined in parallel, a distinction between physical and biological processes in determining O<sub>2</sub>-concentrations in sea ice will be attempted.

Furthermore, the lowermost sections of ice cores will be sampled for a characterization of their colonization by small animals and for studies of organisms living on the lower ice surface. In relation to this work about the kryopelagic coupling, qualitative observations and catches of animals living under the ice are planned as well as laboratory observations about the feeding behaviour of such animals.

### 6.3 Remote sensing (1a and 1b: AES, AWI, UBP):

A primary objective of the program is to attempt to classify and map the extent of thin sea-ice types (less than 10 cm thick) through passive-microwave remote sensing. Ship-board radiometers will continuously measure surface brightness temperatures (at 37 GHz), with concurrent observations and measurements of sea-ice thickness. A quantitative assessment of the distribution of different ice types will be based on planned helicopter overflights with a line-scan camera. At the same time, SSM/I brightness temperatures are going to be recorded at the Microwave Group Ottawa River Office (with transmission of selected daily maps to the ship). ERS-1 SAR and scatterometer coverage will be requested for the duration of the cruise.

A second major component of the remote sensing program relates to studies of the mass balance of sea ice in the Greenland Sea. Data from upward-looking sonars, moored at several sites in the Greenland Sea, will be evaluated jointly with measurements of surface roughness and surface elevation of sea ice conducted with a laser profilometer along 10 nm tracks during the second part of the cruise. Furthermore, high-resolution AVHRR data will be received on board for a detailed analysis of the distribution and motion of sea ice. The data will also serve as ground-truth information for ERS-1 coverage.

A third component of the program entails field measurements of sea-ice emissivity at 4 different microwave frequencies along profiles of several hundred meters length during the first part of the cruise. The variability in time and space of surface emission will be assessed in combination with meteorological data measured by other groups. One to three ice-floe measurements are planned per day, with additional shipboard observations of new ice and open water, all aiming at testing and improving SSM/I ice-concentration algorithms.

## 7. Zooplankton - Ecology

### 7.1 Vertical distribution and reproduction (1b: AWI)

The winter-spring transition is a critical period in the life of herbivorous copepods. They overwinter in great depth with reduced metabolism, using up lipid reserves accumulated in the previous summer. In spring they have to time their ascent to the surface with the spring phytoplankton bloom. Various reproductive strategies have evolved: *Calanus hyperboreus*, one of the largest copepods, is spawning during the winter, thus synchronizing the young larval stages with the phytoplankton bloom. In contrast, female *C. finmarchicus* require feeding for some weeks to fully develop gonads.

During the cruise we concentrate on the following questions:

1. Vertical distribution and stage composition of the overwintering populations of the dominant copepod species *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* and *Metridia longa*. Samples will be collected with a multinet in 5 depth strata from 2000m. Overwintering stages of the three species will be sorted out for analysis of dry weight and carbon content and for their lipid composition (see below).

2. Reproduction of three dominant copepod species. From previous studies we expect *C. hyperboreus* still spawning at the time of collection. For assessing egg production rates, single females will be incubated in beakers and checked for egg production at regular intervals. Gonad maturation of the three species will be examined on stained specimens in home laboratories. For a comparative study of the gonad morphology, histological samples will be preserved. In *C. finmarchicus* we intend to follow the development of gonad maturation from the last developmental stage (copepodite V) to the first spawning of the adult female (C VI). Single females will be kept under different food concentration and their development checked regularly. In addition, reproduction of the little known *Metridia longa* will also be studied in the laboratory. Samples for these studies will be taken with the multinet and the bongo net.

### 7.2 Lipid biochemistry (1b: IPÖ)

These zooplankton investigations are carried out in close cooperation with the AWI and in the framework of the SFB 313 in Kiel.

The analyses of the biochemical composition of the zooplankton (focus on lipids) in February/March 1993 will continue our work from ARK VIII/1 (June 1991) and ARK VII/2 (July/August 1990) on the seasonal energy storage of plankton in high polar ecosystems. In addition, the potential of specific lipid components as biomarkers in the food web as well as in energy flux studies will be utilized.

Macroplankton, which may avoid smaller nets, will be collected by the horizontally trawled rectangular midwater trawl RMT 1+8, if ice conditions allow. In addition, the multinet will be used. Net catches will supply data on the abundance, biomass and population dynamics (size, age structure, stage

distribution etc.). Plankton material for biochemical and experimental work will be collected by vertical bongo and ringtrawl hauls.

These investigations during a critical transition period (winter/spring) should improve our understanding of the different planktonic life cycles, elucidate their dependency on seasonal factors (light, ice cover, food supply) and hence contribute to a differentiated analysis of this high polar ecosystem.

### 7.3 Heavy metals (1b: ICBM)

Recent studies on polar crustaceans showed that metal concentrations in these organisms are not generally at background levels, especially cadmium being high in some species. This high ability for accumulation of potentially toxic metals requires efficient mechanisms of storage and detoxification, well known for crustaceans from temperate waters. In this context, metallothioneins play an important role. We aim at investigating these problems using different Arctic crustaceans combining field studies and toxicokinetic experiments on board.

The following work is planned:

1. sampling of copepods and mesopelagic crustaceans using a bongo net, RMT net and - if possible - Agassiz trawl;
2. biological characterization of organisms sampled and preparation for metal determinations;
3. bioaccumulation experiments to analyse the toxicokinetics of selected metals and to induce Cd-binding metallothioneins.

### 7.4 Isolation and cultivation of planktonic ciliates (1b: IMK)

Microzooplankton (organisms between 20 and 200  $\mu\text{m}$  in size) of neritic and oceanic waters is often dominated by ciliates. They represent an important link between the food web of microorganism (the so-called "microbial loop") on one side and the classical food chain (e. g. phytoplankton - zooplankton - fish) on the other. This is also valid for polar areas. Based on dissolved organic matter, which is converted into bacterial biomass by free-living bacteria, the (simplified) carbon flux within the microbial loop leads via heterotrophic flagellates (2 to 20  $\mu\text{m}$  in size) to planktonic ciliates, the latter themselves being used by larger zooplankters as food. In addition to that, ciliates are often found to consume small phytoplankton organisms. Some ciliate species, which at least in the polar summer may comprise large fractions of total populations, are even able to use undigested chloroplasts to support their metabolism with photosynthates.

Although the food relations of these organisms are basically known, the rates (especially their grazing rates) in cold, polar waters have not been investigated in greater detail. It is thus planned to isolate planktonic ciliates and feed them with different phytoplankton organisms to finally establish ciliate cultures which might be used for further determinations of growth and feeding rates.

## Zeitplan / Time Table

### Abschnitt / Leg ARK IX/1a

Auslaufen Bremerhaven Depart Bremerhaven	26. Februar 1993 February 26, 1993
Transit in die Framstraße Transit to Fram Strait	5 Tage /days
Eiscamp, Eisdrifter Ausl./Aufn. Icencamp, Icedrifters Depl./Recov.	18-20 Tage/days
Einlaufen Longyearbyen Arrival Longyearbyen	24. März 1993 March 24

### Abschnitt / Leg ARK IX/1b

Auslaufen Longyearbyen Depart Longyearbyen	24. März 1993 March 24
Stationsarbeiten Framstraße Stations in Fram Strait	7 Tage/days
Transit in die Grönlandsee Transit to the Greenland Sea	1 Tag/day
Stationsarbeiten Grönlandsee Stations Greenland Sea	12 Tage /days
Ende der Stationsarbeiten End of station work	14. April 1993 April 14
Einlaufen Bremerhaven Arrival Bremerhaven	18. April 1993 April 18, 1993

## Fahrtteilnehmer / Participants:

### ARK IX / 1a

Name	Institut/Institution
Aldworth, E.	SPRI
Anderson, S.	MIH
Auf dem Venne, H.	IMK
Bauer, M.	MIH
Brandon, M.	SPRI
Castagne, T.	MIH
Claußen, M.	MPI
Crane, D.	SPRI
Drews, W.	GKSS
Eicken, H.	AWI
Erdmann, H.	SWA
Fischer, B.	MIH
Flückiger, K.	UBP
Frisius, T.	MIH
Gerland, S.	AWI
Gmünder, H.	UBP
Grelle, A.	UUG
Haas, C.	AWI
Hölscher, E.	MIH
Huppertz, W.	(MIH)
Jeske, H.	MIH
Kähler, C.	IMK
Kapp, R.	MIH
Karbach, U.	IMK
Klepp, C.	MIH
Köhler, H.	SWA
Kornblueh, L.	GKSS
Lohse, H.	GKSS
Loth, B.	MPI
Mai, S.	MIH
Münster, H.	MPI
NN	HSW
Pakendorf, M.	MIH
Paul, F.	MIH
Peters, G.	MIH
Poltermann, M.	AWI
Reisemann, M.	AMTP
Schäfer, B.	MIH
Schneider, H.	MIH
Soltau, T.	IMH
Steiger, M.	MIH
Struckmann, P.	SPRI
Thomas, D.N.	AWI
Thyssen, F.	UMG
Timoschenko, K.	GKSS
Valero Delgado, F.E.	AWI
Wadhams, P.	SPRI
Walz, U.	MIH
Weniger, W.	UMG

### ARK IX / 1b

Name	Institut/Institution
Auf dem Venne, H.	IMK
Baering, S.	IMH
Bayer, R.	IUP
Brandon, M.A.	SPRI
Budeus, G.	AWI
Crane, D.	SPRI
Dengler, M.	IMH
Düsterloh, S.	AWI
Elbrächter, M.	IMK
Erdmann, H.	SWA
Frerichs, J.	ICBM
Flückiger, K.	UBP
Gmünder, H.	UBP
Hagen, W.	IPÓ
Karbach, U.	IMK
Köhler, H.	SWA
Korablev, A.	AARI
Lambert, H.-P.	SWA (evtl. auch 1a)
Maul, A.-A.	AWI
Meincke, J.	IMH
Michel, A.	AWI
NN	HSW
NN (Chemie)	AWI
Oelke, C.	AWI
Prussen, E.	SPRI
Pürschel, W.	IMH
Ramplee-Smith, C.	AES
Ramseier, R.	AES
Rhein, M.	IMK
Ritterhoff, J.	ICBM
Scherzinger, T.	AWI
Senet, C.M.	IMH
Verch, N.	IMH
Viehoff, T.	AWI
Völker, M.	AWI
Wadhams, P.	SPRI
Waniek, J.	IMK
Wells, S.	SPRI
Zauke, G.-P.	ICBM

## Beteiligte Institute / Participating Institutions

	Address Address	Teilnehmer Participants	Fahrtabschnitt Cruise leg
<u>BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND</u>			
AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße W-2850 Bremerhaven	6 9	1 a 1 b
GKSS	Forschungszentrum Geesthacht GmbH Max-Planck-Str. W-2054 Geesthacht	4	1 a
HSW	Helicopter Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 W-2000 Hamburg 54	4 4	1 a 1 b
ICBM	Institut für Chemie und Biologie des Meeres Postfach 2503 W-2900 Oldenburg	3	1 b
IMH	Institut für Meereskunde Universität Hamburg Tropowitzstr. 7 W-2000 Hamburg 54	1 6	1 a 1 b
IMK	Institut für Meereskunde Universität Kiel Düsternbrooker Weg 20 W-2300 Kiel	3 5	1 a 1 b
IPO	Institut für Polarökologie der Universität Kiel Wischhofstraße 1-3 W-2300 Kiel 14	1	1 b
IUP	Institut für Umwelphysik Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 366 W-6900 Heidelberg	1	1 b

MIH	Meteorologisches Institut der Universität Bundesstr. 55 W-2000 Hamburg 13	18	1 a
MPI	Max-Planck-Institut für Meteorologie Bundesstr. 55 W-2000 Hamburg 13	3	1 a
SWA	Seewetteramt Hamburg Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Str. 76 W-2000 Hamburg 36	2-3 3	1 a 1 b
(SFB 318	Sonderforschungsbereich 318) Klimarelevante Prozesse Universität Hamburg		(s. MIH, MPI und IMH)
UMG	Universität Münster Institut für Geophysik Corrensstr. 24 W-4400 Münster	2	1 a

#### ENGLAND

SPRI	Scott Polar Research Institute Lensfield Road Cambridge, CB 3 9 EW	5 5	1 a 1 b
AMTP	University of Cambridge Dept. of Applied Mathematics and Theoretical Physics Silver Street Cambridge, CB 3 9 EW	1	1 a

#### KANADA

AES	Atmospheric Environmental Service AES/CRESS Microwave Group Petrie 214 - York University 4700 Keele Street North-York, Ontario, Canada M3J 1P3	2	1 b
-----	---	---	-----

RUSSLAND

AARI	Arctic and Antarctic Research Institute 38, Bering Street St. Petersburg Russia, 199 226	1	1b
------	--	---	----

SCHWEDEN

UUG	Universität Uppsala Geophysics Box 560 S-751 22 Uppsala	1	1 a
-----	--	---	-----

SCHWEIZ

UBP	Universität Bern Institut für angewandte Physik Sahligstr. 6 3012 Bern	2 2	1 a 1 b
-----	--	--------	------------

\*\*\*\*\*

---

Anmerkung (zum Text):

In den Textüberschriften *kursiv* aufgeführte Institutsbezeichnungen weisen auf die federführende Institution bei diesen Aktivitäten hin.

Note:

Italicised institute names in the headings are indicating those institutes in charge of these activities.

Im Text verwendete Abkürzungen / Abbreviations used:

AVHRR	-	Advanced Very High Resolution Radiometer;
ERS-1	-	European Radar Satellite
SSM/I	-	Special Sensor Microwave / Imager

## Schiffsbesatzung / Ship's Crew

Dienstgrad	ARK IX/1a	zusätzlich bei ARK IX/1b
Kapitän	E. Greve	
1. Offizier	I. Varding	
Naut. Offizier	M. Bürger	
Naut. Offizier	S. Schwarze	
Naut. Offizier zusätzlich	-	Block
Arzt	N.N.	
Ltd. Ingenieur	D. Knoop	
1. Ingenieur	W. Delff	
2. Ingenieur	H. Folta	
2. Ingenieur	W. Simon	
Elektriker	R. Erdmann	
Elektroniker	U. Lembke	
Elektroniker	H. Muhle	
Elektroniker	A. Piskorzynski	
Elektroniker	Rabenhorst	
Funkoffizier	K.H. Wanger	
Funkoffizier	J. Butz	
Koch	W. Köwing	
Kochsmaat	M. Kästner	
Kochsmaat	F. Roggatz	
1. Stewart	D. Peschke	
Stewardess	N.N.	
Stewardess	A. Hopp	
Stewardess	A. Neves	
Stewardess	V. Kuhlmann	
Wäscher	Ch. Chang	
Bootsmann	W. Hopp	
Zimmermann	P. Kassubeck	
Matrosen:	L. Gil Iglesias	
	A. Suarez Paisal	
	K. Bindernagel	
	M. Meis Torres	
	B. Pereira Portela	+ N.N.
	A. Prol Otero	+ N.N.
Lagerhalter	F. Barth	
Maschinenwart	T. Rothe	
Maschinenwart	G. Fritz	
Maschinenwart	F. Buchas	
Maschinenwart	S. Reimann	
Maschinenwart	G. Jordan	