



Expeditionsprogramm Nr. 65

FS POLARSTERN

ARK XIX 1 und 2

2003

Z 432

**65
2003**

**STIFTUNG ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG**

BREMERHAVEN, JANUAR 2003

EXPEDITIONSPROGRAMM NR. 65

FS POLARSTERN

ARK XIX/1

"WARPS - Winter Arctic Polynya Study"

28.02.2003 - 24.04.2003

Bremerhaven - Longyearbyen

ARK XIX/2

24.04.2003 - 14.05.2003

Longyearbyen - Bremerhaven

Koordinator:

Dr. Eberhard Fahrbach

Fahrtleiter/in:

ARK XIX/1: Dr. Ursula Schauer

ARK XIX/2: Dr. Gerhard Kattner

**STIFTUNG ALFRED-WEGENER-INSTITUT
FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG**

Bremerhaven, Januar 2003

FAHRTABSCHNITT ARK XIX/1 - BREMERHAVEN - LONGYEARBYEN	5
CRUISE LEG ARK XIX/1 BREMERHAVEN – LONGYEARBYEN	5
1. EINLEITUNG UND FAHRTVERLAUF	5
<i>ITINERARY AND SUMMARY</i>	6
2. OZEANISCHE PROZESSE WÄHREND DER EISBILDUNG	9
<i>OCEANIC PROCESSES DURING ICE FORMATION</i>	10
3. PHYSIK UND CHEMIE DES MEEREISES	12
<i>SEA ICE PHYSICS AND CHEMISTRY</i>	12
3.1 Meereisbildung in der Umgebung von Küstenpolynjen	12
<i>Sea ice production in coastal polynyas</i>	13
3.2 <i>Tiltmeter-based wave dispersion measurements</i>	14
3.3 <i>Sea ice thickness observation System (SITHOS)</i>	14
3.4 Reaktive Spurenstoffe im Meer eis	15
<i>Reactive trace compounds in sea ice</i>	16
4. DIE ARKTISCHE ATMOSPHERE IM WINTER	16
<i>THE ARCTIC ATMOSPHERE IN WINTER</i>	16
4.1 Energieaustausch zwischen Atmosphäre und eisbedeckten Ozean im arktischen Winter	16
<i>Energy exchange between the atmosphere and the sea ice covered ocean during Arctic winter</i>	17
4.2 Aerosol und Ozonmessungen	18
<i>Aerosol and ozone measurements</i>	18
4.3 Arktische Inversionen über Meer eis	19
<i>Arctic Inversions over sea ice</i>	20
5. BIOLOGIE IM MEEREIS, IN DER WASSERSÄULE UND AM MEERESBODEN	21
<i>BIOLOGY IN THE SEA-ICE, IN THE WATER COLUMN AND AT THE SEA FLOOR</i>	21
5.1 Bio-optische Messungen und optische Fernerkundung	21
<i>Bio-optical measurements and optical remote sensing</i>	22
5.2 <i>Methane plumes in the marginal Arctic Ocean - pathways in the water column and documentation in specific biota</i>	24
5.3 Meereisbiologische Arbeiten	24
<i>Sea ice biology</i>	26
5.4 Meereismikrobiologie	27
<i>Sea-ice Microbiology</i>	27
5.5 Wechselwirkungen mit dem Pelagial im Spätwinter / Vorfrühling	28

INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

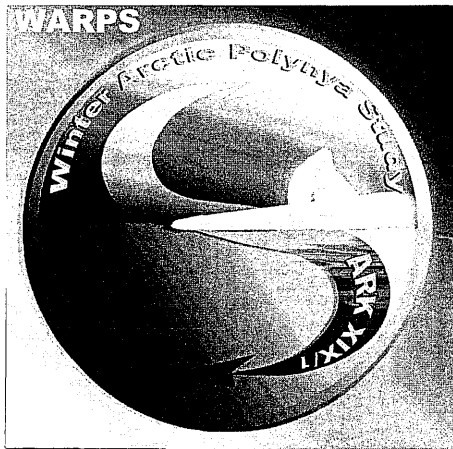
	<i>Arctic Pack Ice: Biological Processes and Interactions with the Pelagial during Late Winter/Early Spring</i>	29
5.6	Interdisziplinäre Forschungen an einer Tiefsee-Langzeitstation <i>Interdisciplinary research at a deep-sea long-term station</i>	31 33
5.7	Arktisches Zooplankton <i>Arctic Zooplankton</i>	34 34
5.8	Temperaturphysiologie von arktischen Invertebraten und Fischen <i>Temperature physiology of Arctic invertebrates and fish</i>	35 35
5.9	Winterliche Benthosaktivitäten <i>Benthos activities during winter</i>	36 36
6.	BEITRÄGE FÜR MEDIEN	37
7.	BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES ARK XIX/1	38
8.	FAHRTTEILNEHMER/-INNEN / PARTICIPANTS ARK XIX/1	40
9.	SCHIFFSBESATZUNG / SHIP'S CREW ARK XIX/1	42

FAHRTABSCHNITT ARK XIX/2 LONGYEARBYEN - BREMERHAVEN	43
CRUISE LEG ARK XIX/2 LONGYEARBYEN - BREMERHAVEN	43
1. ZUSAMMENFASSUNG UND FAHRTVERLAUF	43
<i>ITINERARY AND SUMMARY</i>	44
2. ENTWICKLUNG DER HYDROGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE IN DER GRÖNLANDSEE	46
<i>DEVELOPMENT OF THE HYDROGRAPHIC STRUCTURE IN THE GREENLAND SEA</i>	47
3. NÄHRSAZUNTERSUCHUNGEN IN DER GRÖNLANDSEE	47
<i>NUTRIENTS IN THE GREENLAND SEA</i>	48
4. FLUORESCENZMESSUNGEN IM OSTGRÖNLANDSTROM ZUR ERFASSUNG VON GELÖSTEM ORGANISCHEN KOHLENSTOFF TERRIGENEN URSPRUNGS	48
<i>FLUORESCENCE MEASUREMENTS IN THE EAST GREENLAND CURRENT (EGC) TO DETERMINE DISSOLVED ORGANIC CARBON OF TERRIGENOUS ORIGIN</i>	49
5. BIO-OPTISCHE MESSUNGEN UND OPTISCHE FERNERKUNDUNG	50
<i>BIO-OPTICAL MEASUREMENTS AND OPTICAL REMOTE SENSING</i>	51
6. OPTISCHE MESSUNGEN	52
<i>OPTICAL MEASUREMENTS</i>	54
7. ARKTISCHES ZOOPLANKTON	55
<i>ARCTIC ZOOPLANKTON</i>	55
8. BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES ARK XIX/2	56
9. FAHRTTEILNEHMER/-INNEN / PARTICIPANTS ARK XIX/2	57
10. SCHIFFSBESATZUNG / SHIP'S CREW ARK XIX/2	58

FAHRTABSCHNITT ARK XIX/1 - BREMERHAVEN - LONGYEARBYEN
(28.02.-24.04.2003)

CRUISE LEG ARK XIX/1 BREMERHAVEN – LONGYEARBYEN

“WARPS – Winter Arctic Polynya Study”



1. EINLEITUNG UND FAHRTVERLAUF

Zum ersten Mal seit 10 Jahren findet mit ARKXIX/1 im März/April 2003 wieder eine Winterexpedition mit Polarstern in der Arktis statt. Winter ist die Jahreszeit, in der das arktische Meereis, ein bedeutender Klimafaktor und Lebensraum, gebildet wird, und zwar zum größten Teil in Polynjas (eisfreien Flächen). „WARPS“ (**W**inter **A**rctic **P**olynya **S**tudy) ist eine interdisziplinäre, internationale Studie zur Wechselwirkung von Atmosphäre, Eis und Ozean im arktischen Winter und den entsprechenden Konsequenzen für die biologischen Vorgänge in den Lebensräumen Eis und Wasser. In fünf unterschiedlichen Arbeitsgebieten in der Barentssee und in der nördlichen Framstraße (Abb. 1) werden in kombinierten Messprogrammen die Wärme- und Impulsflüsse in der atmosphärischen Grenzschicht und im Wasser gemessen, die Änderungen der Eismasse bilanziert und die Struktur des Eises untersucht. Gleichzeitig werden umfangreiche Studien zur Entwicklung der arktischen Ökosysteme im Spätwinter durchgeführt.

Die Arktis spielt nach bisheriger Kenntnis eine entscheidende Rolle im Klimasystem. Der Strahlungshaushalt der Atmosphäre wird durch die hohe Reflektivität (Albedo) der Eisdecke modifiziert. Gleichzeitig behindert Meereis den Austausch fühlbarer Wärme zwischen Ozean und Atmosphäre. In Polynjas dagegen, wo wenig oder kein Eis vorhanden ist, weil es etwa durch den Wind verdriftet wurde, sind Wärmefluß und damit Eisbildung um so vehementer,

da die Temperaturgegensätze zwischen Wasser und Luft 20 bis 30 °C und mehr betragen können. Durch den Wind wird das dünne Neueis an den Rand der Polynja getrieben, zerbrochen und übereinander geschoben. Dieser Prozess ist der dominierende Bildungsmechanismus des meterdicken Packeises der Arktis. Bei der Eisbildung bleibt der Großteil des Salzes im Wasser zurück. Die dort damit verknüpfte Dichteerhöhung führt zum Absinken des Oberflächenwassers. Obwohl dieser Prozeß auf sehr kleinen räumlichen Skalen stattfindet, ist er Teil des Motors einer weltumspannenden Ozeanströmung, der thermohalinen Zirkulation, die Wärme und Stoffe über große Entfernungen umverteilt. Die unterschiedliche Eisbedeckung und die geringe Sonneneinstrahlung im Winter regulieren auch die Beschaffenheit der atmosphärischen Grenzschicht, die von stabiler Inversion über dem Packeis bis zu heftiger Konvektion über Polynjas reicht, die Wärme, Impuls und Feuchte in große Höhen verteilt.

Wie überall sonst sind biologische Prozesse natürlich auch im Eis und in der arktischen Wassersäule stark jahreszeitenabhängig und Beobachtungen im Winter sind daher notwendig zum Verständnis des Ökosystems Arktis. Die Besiedlung von neu geformtem Eis ist ebensowenig verstanden wie die Ankurbelung von biologischer Aktivität, dem Nahrungsnetz und der Reproduktion am Ende des Winters im Packeis, in der Wassersäule unter dem Eis und am Schelf- und Tiefseemeeresboden.

ARKXIX/1 startet am 28. Februar 2003 in Bremerhaven. Nach der einwöchigen Anfahrt beginnen wir mit Arbeiten in der winderzeugten Polynja im Storfjord südlich von Svalbard (S in Abb. 1). Um die Beobachtung der physikalischen Prozesse in Atmosphäre, Eis und Ozean und der damit verknüpften Umstellung der Zirkulation dort über einen längeren Zeitraum zu verteilen, unterbrechen wir die Arbeiten, um östlich von Svalbard in der Barentssee (B) entlang eines meridionalen Schnittes über die Polarfront und die Eiskante bis ins Packeis die Umstellung der Zooplankton- und Benthosaktivitäten am Ende des Winters zu erfassen. Der erste Teilabschnitt endet westlich von Svalbard, wo per Hubschrauber ein Teil der Teilnehmer ausgewechselt wird. Danach geht es mit tiefseebiologisch orientierten Arbeiten im „AWI-Hausgarten“ (H) in der Framstraße weiter und mit Prozeßstudien in der Polynja nördlich von Svalbard, der Whalers Bay (W), die im Gegensatz zur winderzeugten Storfjordpolynja durch das große Wärmereservoir des Ozeans freigehalten wird. Anschließend werden wir uns freiwillig vom Packeis einschließen lassen und auf einer Driftstation (C) mehr als eine Woche die Atmosphäre und ihre Wechselwirkung mit dem Packeis untersuchen. Am 24. April geht der Fahrtabschnitt in Longyearbyen zu Ende.

ITINERARY AND SUMMARY

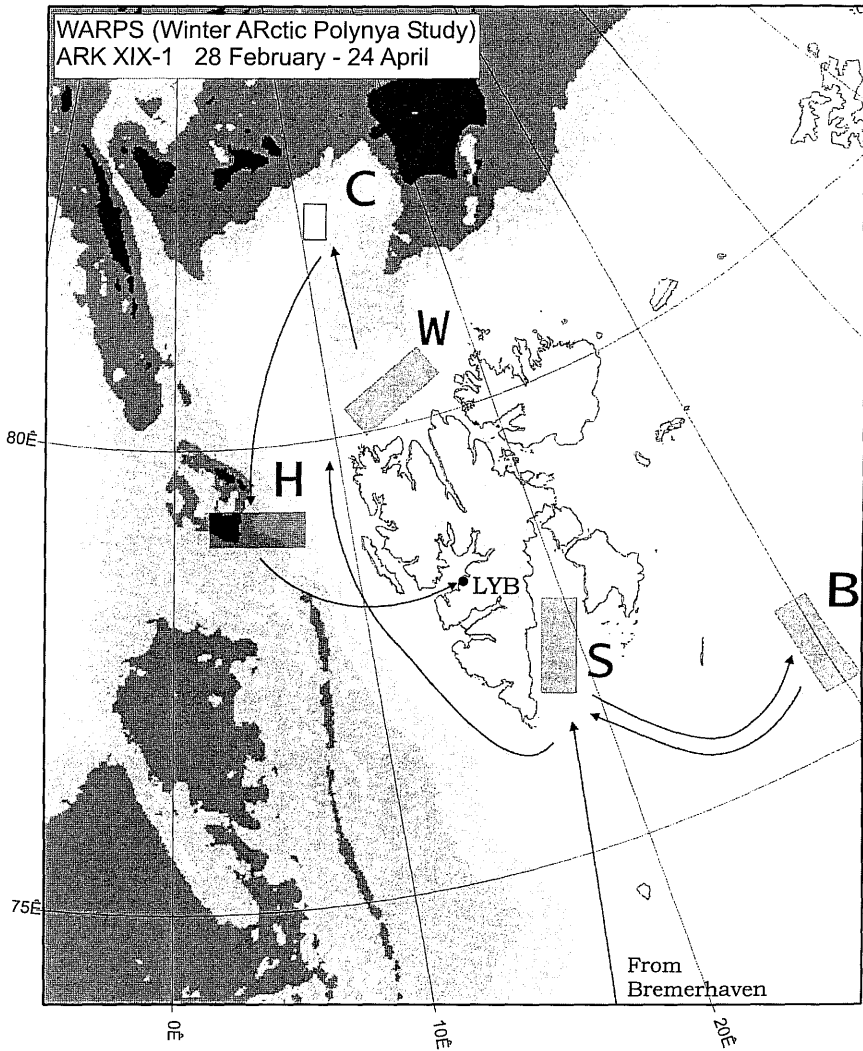
In March and April 2003 the Polarstern will embark on a winter expedition in the Arctic for the first time in 10 years. Winter is the time of Arctic sea ice formation most of which takes place in polynyas. "WARPS" (Winter Arctic Polynya Study) is an interdisciplinary, international study of the exchange between the atmosphere, ice and ocean and the consequences for biological processes in the habitats of ice and water. In five different areas in the Barents Sea and Fram Strait (Fig. 1) combined programs will be carried out to measure heat and momentum transfer between atmosphere and ocean, ice growth and deformation and the development of Arctic ecosystems at the end of winter darkness and at maximum ice cover.

According to present knowledge, the Arctic plays a decisive role in our climate system. The radiation budget of the atmosphere is modified by the high albedo (reflectivity) of the ice. At the same time, sea-ice slows the exchange of heat between the air and the water. Where there is little ice, owing to wind-caused drifting, the heat flow is much stronger because the temperature difference between water and air can be up to 20 or 30°C. The wind drives the

new ice to the edge of the polynya, breaks it and piles it up. This process generates the bulk of the thick pack ice of the Arctic. During freezing, the majority of the salt remains in the surrounding water. The associated increase in water density causes the water to sink. Although this process occurs over very small spatial scales, it is part of the motor of a global current pattern, the thermohaline circulation, which distributes heat and materials over great distances. The different ice cover, together with the low insolation in winter also regulates the atmospheric boundary layer from a stable state with a temperature inversion to vigorous convection over a polynya.

As everywhere, also in the ice and in ice-covered water the biological processes are subject to strong seasonality. Observations in winter are therefore necessary to complete our understanding of the Arctic ecosystems. The colonization of newly formed ice is as poorly understood as the onset of biological activity and reproduction and the reforming of the foodweb in and below the pack ice with the return of sun light.

ARKXIX/1 begins at 28 February in Bremerhaven. After one week transfer we will start with work in the latent heat polynya in Storfjorden south of Svalbard (S in Fig. 1). In order to extend there the period of physical process studies in atmosphere, ice and ocean, we will do inbetween a long meridional section from open water into the pack ice east of Svalbard (B) where the late winter change of zooplankton and benthos activities will be investigated. After exchange of some participants we will continue with biological investigations in the deep-sea long-term station "AWI Hausgarten" (H) in Fram Strait and with physical process studies in the Whaler's Bay north of Svalbard which is a sensible heat polynya. The last part of the leg will be a drift station of more than a week where interactions between atmosphere and pack ice will be investigated. ARKXIX/1 will finish at 24 April in Longyearbyen.



 Working areas and  long station Storffjord,
 Barents Sea, Whalers Bay, Central Arctic, Hausgarten
 Steaming

Abb. 1: Fahrtroute während ARK XIX/1
 Fig.1: Cruise track during ARK XIX/1

2. OZEANISCHE PROZESSE WÄHREND DER EISBILDUNG

Harms, Rudels, Sirevaag, Fer, Pisarev, Schauer (IfM HH, FIMR, GFIB, SIM, AWI)

Das Meereis des Arktischen Ozeans kann als eine isolierende ‚Decke‘ angesehen werden, die den Temperatúraustausch zwischen Ozean und Atmosphäre größtenteils unterbindet. In einigen Gebieten und unter bestimmten Bedingungen kann sich die geschlossene Eisdecke aber öffnen und das Oberflächenwasser ist dem Einfluss der Atmosphäre ausgesetzt. Nur in diesen sogenannten ‚Polynien‘ ist ein intensiver, thermodynamischer Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre möglich. Es wird angenommen, dass trotz ihrer lokalen Begrenztheit die Polynien eine wichtige Rolle im Klimageschehen des Arktischen Ozeans spielen.

Polynien werden durch zwei grundsätzlich unterschiedliche Mechanismen erzeugt (Abb. 2). *Sensible heat polynyas* entstehen wenn warmes Wasser aus tieferen Schichten durch vertikale Vermischung an die Oberfläche gelangt und das Eis von unten schmilzt oder die Eisbildung verhindert. *Latent heat polynyas* entstehen aufgrund von divergenter Eisdrift hervorgerufen durch ablandigen Wind in Lee von Küsten oder Inseln. Sie sind im Gegensatz zu den *sensible heat polynyas* durch starke thermodynamische Eisbildung gekennzeichnet.

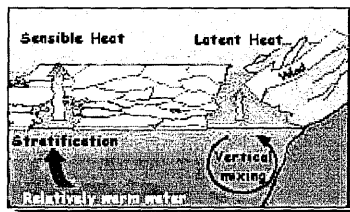


Abb. 2.: Schematische Darstellung der Erzeugung von *sensible* and *latent heat polynyas*
Fig. 2: Sketch showing the different mechanisms which maintain *sensible* and *latent heat polynyas*.

Forschungsziel

Der erste Schwerpunkt des ozeanographischen Programms liegt auf den windinduzierten *latent heat polynyas*, die von ozeanischem Wärmeverlust und Eisbildung geprägt sind. Die Freisetzung von Salz während der Eisbildung (brine release) erhöht die Dichte der oberflächennahen Schicht. Konvektion setzt ein und die daraus resultierende, vertikale Vermischung beeinflusst die Hydrographie im offenen Wasser der Polynja aber auch unter dem Eis. Aufgrund der schwierigen Wetter- und Eisverhältnisse sind diese Strukturen selten beobachtet worden und daher weitgehend unbekannt. Eine häufig zu beobachtende *latent heat polynya* befindet sich in guter Erreichbarkeit im Storfjord, im südlichen Spitzbergen, dem ersten Beprobungsgebiet von WARPS.

Nördlich von Spitzbergen, im zweiten Beprobungsgebiet, befindet sich die sogenannte *Whalers' Bay*, eine Polynja vom ‚*sensible heat*‘ Typ. In dieser Region trifft relativ warmes, atlantisches Wasser aus dem West-Spitzbergen Strom auf den arktischen Eisrand und führt zu Schmelzprozessen. Das Schmelzwasser vermischt sich mit dem atlantischen Wasser und bildet an der Oberfläche eine kalte, salzarme Deckschicht. Diese obere Deckschicht bildet die Keimzelle der arktischen Halokline, die den Kontakt zwischen der Eisdecke und dem wärmeren atlantischen Wasser verhindert. Klimainduzierte Veränderungen in diesem Bereich hätten weitreichende Konsequenzen für den gesamten Arktischen Ozean.

Das übergeordnete Ziel des Winterexperiments WARPS / ARK XIX/1 ist die Bewertung der Relevanz von Polynien für das Klimasystem des Arktischen Ozeans. Das Zeitfenster des Experiments und die gewählten Beprobungsgebiete bieten die einzigartige Möglichkeit, physikalische Prozesse in *latent* und *sensible heat polynyas* unter arktischen Winterbedingungen direkt zu beobachten. Im Einzelnen sollen folgende Beobachtungen durchgeführt werden:

- Erfassung der mesoskaligen, hydrographischen Strukturen in *latent* und *sensible heat polynyas*
- Untersuchung der turbulenten Flüsse von Salz, Temperatur und Impuls an der Grenzschicht Ozean-Eis-Atmosphäre, während der Eisbildung
- Bestimmung der Raum- u. Zeitskalen von Konvektion und Bodenwasserformation
- Beobachtung der Raum- u. Zeitskalen des Ausstroms von Bodenwasser
- Erfassung der Dynamik bei der Ausbreitung und Vermischung von Bodenwasser

Arbeitsprogramm

Der Storfjord bietet günstige Voraussetzungen für die geplanten Beobachtungen in *latent heat polynyas*. Folgende ozeanographischen Messungen sind dort geplant:

- hochauflösende Aufnahme der Fjord-Hydrographie zur Erfassung der Raum- u. Zeitskalen von Bodenwasserbildung und –ausbreitung
- kleinskalige Messungen an der Wasseroberfläche unterhalb des Eises zur Erfassung der turbulenten Flüsse von Salz, Temperatur und Impuls während der Eisbildung
- Verankerungen im Storfjord und am Fjordeingang zur Erfassung der Ausbreitung von dichtem Bodenwasser

Die Vermischungsprozesse in einer *sensible heat polynya* sollen in der *Whaler's Bay*, nördlich von Spitzbergen untersucht werden. Hier ist im Bereich der Eiskante eine horizontal hochauflösende Stationsdichte vorgesehen sowie vertikale, kleinskalige Messungen zur Erfassung der durch Schmelzprozesse gebildeten, kalten und salzarmen Deckschicht. Parallel zu den ozeanographischen Messungen werden von den meteorologischen Gruppen und der Eis-Fernerkundungsgruppe Beobachtungen des atmosphärischen Wärmeflusses und der Variabilität der Eisbedeckung durchgeführt.

OCEANIC PROCESSES DURING ICE FORMATION

Harms, Rudels, Sirevaag, Fer, Pisarev, Schauer (IfM HH, FIMR, GFIB, SIM, AWI)

The sea ice cover of the Arctic Ocean forms an isolating sheet, which inhibits effectively the temperature exchange between the ocean and the atmosphere. In some areas and during certain events, however, the closed ice cover opens and the surface water is exposed to the atmosphere. These open water areas, called polynyas, form a 'window' to the atmosphere where intense thermodynamic exchange can take place.

Polynyas are maintained free of ice by two different physical processes (Fig. 2). Sensible heat polynyas form when relatively warm water upwells towards the surface where it melts the ice cover or prevents ice from forming. Latent heat polynyas form in areas where ice diverges as soon as it is formed due to the wind or current field. This process happens often in the lee of islands or along shorelines in presence of offshore winds.

Objective

The main interest of the oceanographic program is on wind-induced latent heat polynyas which experience strong heat loss to the atmosphere and intense thermodynamic ice production. Brine release and subsequent convection lead to strong vertical mixing which affects the hydrographic structure of the stratified ambient waters below the ice. Latent heat polynyas play an important role for the water mass transformation and the formation of dense bottom water in the Arctic Ocean and its marginal shelf seas.

Due to severe weather conditions or inaccessibility of appropriate areas, the hydrographic structures in and near latent heat polynyas are hardly known. However, one recurrent latent heat polynya exists in Storfjorden in southern Svalbard.

Furthermore, in Whalers' Bay north of Svalbard the other type of polynya is present. Here the warm Atlantic water of the West Spitsbergen Current encounters and melts sea ice formed in the Arctic Ocean and transported towards Fram Strait. The melt water is stirred into the Atlantic water transforming its upper part into a cold, less saline layer above the warm, saline core of the Fram Strait inflow branch. This upper layer is believed to be the embryo of the halocline located above the Atlantic layer in the interior of the Arctic Ocean, which inhibits the vertical transport of heat from the Atlantic layer to the ice cover and the atmosphere.

The ARK XIX cruise to the Svalbard waters offers a unique opportunity to perform in situ winter observations of latent as well as sensible heat polynyas and the physical processes related to them.

The primary aim of the oceanography program is to investigate especially latent heat polynyas and to evaluate their relevance for the climate of the Arctic Ocean. In more detail, the purpose of the oceanographic work is to

- *capture the mesoscale hydrographic structure in a latent and a sensible heat polynya*
- *investigate turbulent salt, momentum and heat fluxes during ice formation*
- *determine temporal and spatial scales of convection and dense plume formation*
- *observe the temporal and spatial scales of outflow of dense bottom water*
- *determine the dynamics which control bottom plume propagation and mixing*

Working program

Storfjorden is the most appropriate and accessible area for studying latent heat polynyas. The following oceanographic measurements are planned:

- *Multiple fjord-wide hydrography surveys to control ambient conditions and the location and state of dense water formation, accumulation and spreading*
- *small-scale measurements below thin ice in the ocean surface layer to measure turbulent oceanic heat, salt and mass fluxes during ice formation*
- *bottom-mounted moorings in Storfjorden and at its entrance to measure bottom plume spreading).*

In the marginal ice zone north of Svalbard the mixing processes operating in the sensible heat polynya in Whaler's Bay and the formation of the homogenous low-salinity winter mixed layers will be studied with similar small scale measurements and with hydrography surveys across the ice edge.

The oceanographical observations will be carried out parallel to atmospheric heat flux measurements and observations of the variance of the ice cover.

3. PHYSIK UND CHEMIE DES MEEREISES

SEA ICE PHYSICS AND CHEMISTRY

3.1 Meereisbildung in der Umgebung von Küstenpolynjen

Haas, Lieser, Lobach, Pfaffling, Willmes (AWI)

Küstenpolynjen entstehen im Winter entlang der Küsten Sibiriens, Franz-Josef-Lands, Spitzbergens und Grönlands aufgrund ablandiger Winde, die oft katabatisch verstärkt sind. Sie stellen Gebiete hoher winterlicher Eisproduktion dar („Latente-Wärme-Polynja“). In der Umgebung der Polynjen wird der turbulente und latente Wärmefluss sowie die Impulsbilanz maßgeblich verändert. Durch den mit der Eisbildung verbundenen Salzausstoß werden unter den Polynjen liegende Wassermassen stark modifiziert.

Bei anhaltenden ablandigen Winden wird das in der Polynja gebildete Eis an den leeseitigen Rand der Polynja getrieben, wo es sich weiter verdickt und dem geschlossenen Packeis zugefügt wird. Dieser Prozess ist der dominierende Eisbildungsmechanismus des Eises in der Transpolardrift. Aufgrund dieser Vorgänge bilden sich am Rand der Polynjen starke laterale Eisdickengradienten aus, wobei die Gefrierate mit zunehmendem Abstand von der Polynja (zunehmender Eisdicke) abnimmt, bis ein Gleichgewicht zwischen ozeanischem und atmosphärischem Wärmestrom eintritt.

Während Ark 19/1 soll das in einer Polynja gebildete Eis sowie der Dickengradienten am Rande der Polynja quantifiziert werden. Dazu kommen neue Methoden zur Eisdickenmessung zum Einsatz. Vergleichbare Daten konnten bislang aufgrund fehlender Eisdickenmessmethoden nicht gewonnen werden. Sie dienen zur Validierung klein- und mesoskaliger meteorologischer und ozeanographischer Modelle. Mit Hilfe von Salzgehalts- und Temperaturmessungen im Eis in Abhängigkeit von der Eisdicke bzw. der Entfernung von der Polynja sollen die Salz- und Energieflüsse bestimmt werden.

Ferner sollen Daten gewonnen werden, die zur Entwicklung von Algorithmen zur Ableitung der relevanten Eisparameter (Temperatur/Eisdicke, Rauigkeit) aus Satellitendaten (NOAA AVHRR, Envisat AATSR und ASAR) dienen können.

Es sind mehrere Schnitte vom Zentrum der Polynja bis außerhalb des Einflussbereichs der Polynja im abwindigen Packeis geplant, um die Dickengradienten vollständig zu erfassen. Entlang dieser Schnitte sollen die Messungen im Abstand von wenigen Meilen durchgeführt werden.

Die Arbeiten dienen unter Anderem der Weiterentwicklung der hubschraubergestützten Eisdickensonde "EM-Bird", die erstmalig unter Winterbedingungen eingesetzt wird. Die gewonnenen Daten werden für die EU-Projekte GreenICE (Greenlandic Shelf Ice and Climate Experiment), SITHOS (Sea Ice Thickness Observation System) und IRIS (Ice Ridging Information for Decision Making in Shipping Operations) benötigt, durch die die Expedition teilweise gefördert wird. Darüber hinaus werden umfangreiche Bodendaten für die erste CryoSat-Validierungskampagne der Europäischen Raumfahrtagentur ESA gewonnen, die zeitgleich mit deutschen, dänischen und US-amerikanischen Flugzeugen im Arbeitsgebiet der Polarstern durchgeführt werden.

Folgende Arbeiten sind geplant:

- Kontinuierliche Messung der Eisdicke entlang der Fahrtroute mit dem Sea Ice Monitoring System (SIMS) am Bugkran der Polarstern. Dabei wird auch die Oberflächentemperatur mit Hilfe eines KT15 Infrarotthermometers bestimmt.
- Flüge mit dem EM-Bird und Laser-Altimeter einschließlich Nadir-Digitalkamera, täglich 1 bis 2 h. Diese Flüge werden mit Einsätzen des Scatterometers des IfM Hamburg "HeliScat" koordiniert. Außerdem wird eine Temperatursonde mitgeführt.
- Bodenmessungen der Eisdicke mit einem Geonics EM31, bei kurzen Hubschrauberlandungen auf dem Eis ("Floe hopping").

- Eiskernbohrungen zur Bestimmung von Salzgehalt und Temperatur.
- Empfang von NOAA-AVHRR Satellitenbildern.
- Stündliche, standardisierte visuelle Eisbeobachtungen.

Zusammen mit den ozeanographischen und meteorologischen Messungen (Radiosondenaufstiege) ergibt sich daraus ein umfassender Datensatz zur Beschreibung der Salz-, Impuls- und Energieflüsse im Gebiet der Polynjen.

Während der langen Driftstation in der zweiten Hälfte der Expedition sollen wiederholte Eisdickenmessungen entlang derselben Profile durchgeführt werden, um zeitliche Änderungen der Eisdickenverteilung in Abhängigkeit von der Eisdynamik zu beobachten. Außerdem soll die Eignung von Bodenradarmessungen zur Eisdickenbestimmung untersucht werden.

Sea ice production in coastal polynyas

Haas, Lieser, Lobach, Pfaffling, Willmes (AWI)

Coastal polynyas often occur leewards of land or islands due to persistent offshore winds moving ice away from the coast. Consequently, as open water is exposed to the cold atmosphere, large amounts of new ice are formed and exported downwind into the closed pack ice. These so-called latent heat polynyas are therefore regions of extensive dense water formation due to the rejection of brine during sea ice formation. Much ice in the Transpolar Drift is originating from coastal polynyas along the Siberian coasts.

As ice is continuously exported from the polynya into the closed pack ice and advected away, large age and thickness gradients exist along the main drift direction. With increasing ice age and thickness, growth becomes weaker with increasing distance to the polynya.

During Ark 19/1 we want to determine ice growth and export rates to complement oceanographic and meteorological observations of salt and energy fluxes. Such measurements are only possible since the advent of new ship- and airborne electromagnetic (EM) sensors for accurate ice thickness sounding. The measurements will be performed along extended transects parallel to the main ice drift direction to observe thickness gradients. The thickness measurements are complemented by measurements of vertical profiles of ice salinity and temperature.

Another aim of the measurements is to gather ground-truth data for the development of algorithms to retrieve the relevant sea-ice parameters (surface temperature and roughness, thickness) from satellite data (NOAA AVHRR, Envisat AATSR and ASAR). As this is the first operation of the helicopter EM probe ("EM bird") during winter, we will obtain important insights about drift and noise behaviour and overall performance to further improve the system.

Our measurements are important contributions to recently funded EC projects GreenICE (Greenlandic Shelf Ice and Climate Experiment), SITHOS (Sea Ice Thickness Observation System) and IRIS (Ice Ridging Information for Decision Making in Shipping Operations) involving partners from Finland, Norway, the UK, and Denmark. Funding of the expedition is partially supported by these projects. Finally, Ark 19/1 is integrated into the first CryoSat calibration and validation experiment of the European Space Agency ESA, providing ground-truth data for airborne measurements performed by US American, Danish, and German aircrafts operating in the same region.

In detail, the planned work comprises

- *Continuous thickness sounding along the cruise track by means of the Sea Ice Monitoring System SIMS mounted on the bow crane of Polarstern. The measurements are complemented by continuous observations of ice surface temperature using a KT15 infrared thermometer.*
- *Daily flights of 1 to 2 hours duration with the EM bird and laser profiler, along with a nadir-looking digital video camera. The flights will be closely co-ordinated with*

operations of the IfM Hamburg Scatterometer HeliScat. A temperature sensor will be mounted on the bird for meteorological observations.

- Ground-based thickness sounding using a Geonics EM31 thickness probe during short ice stations using helicopters ("Floe hopping").
- Ice core analyses for temperature and salinity profiles.
- Reception of NOAA AVHRR imagery.
- Hourly standardized, visual ice observations.

Along with the oceanographic and meteorological observations (radio-sonde profiles) a complete data set will be gathered to describe salt, energy, and momentum fluxes in the region of the polynya.

During the long drift station in the second half of the cruise repeated thickness surveys will be flown along the same profiles to observe temporal changes of the ice thickness distribution as a function of regional ice dynamics. On the station floe, the suitability of new-generation radio echosounders for ice thickness measurements will be investigated.

3.2. Tiltmeter-based wave dispersion measurements

Doble, Mercer, Wadhams (SAMS)

The main objective of the SAMS team is the deployment and testing of tiltmeter-based wave-buoys in the central Arctic, during Polarstern's ten-day drift with the pack ice. The instruments will investigate the use of long-period flexural gravity waves to determine area-averaged ice thickness. Extensive ground-truthing campaigns around the deployment sites, using the SAMS hot-water drill, coring equipment and AWI sledge/heli-based EM methods will help to determine the scale over which the ice thickness is averaged by the technique. Extensive testing and optimisation of the units will be performed, together with an evaluation of competing low-Earth-orbit satellite transmission systems. Experience gained with these prototype systems will be incorporated into devices to be deployed onto the pack ice north of Greenland in the following year, as part of a larger EU programme (GreenICE) to determine the response of sea ice in this area to changes in the Arctic atmospheric circulation.

3.3 Sea ice thickness observation System (SITHOS)

Alexandrov (NERSC)

The overall objective of SITHOS is to develop European monitoring systems for sea ice thickness and related parameters for climate change detection, support to sea transport, offshore operations as well as environmental protection in polar regions. SITHOS will include pre-launch validation experiments for CRYOSAT, a European Satellite to be launched in 2004 with global sea ice thickness observation as a key objective.

Among its specific objectives is deployment of automatic ice stations (AIS) for observation of ice thickness and related parameters. The deployment will be implemented on a solid MY ice floe during the expedition. This station will transmit data in real time via satellite and operate for several years, similar to IABP. The measurement principle for ice thickness, use of wave spectra obtained from a tilt-meter, has been well documented in Russian Arctic expeditions, but it needs to be validated by independent observations. Collection of in situ ice measurements in the area where the AIS is deployed is necessary in order to analyse the AIS data in combination with field observation. The area surrounding the AIS will be observed by SAR imagery in regular intervals.

Development of interpretation techniques for retrieval of sea ice parameters from SAR images need implementation of sub-satellite experiments. The Polarstern experiment will

allow us to implement a set of such observations and measurements, including observations from the ship and during ice stations. Co-ordination of SAR acquisition with vessel route should provide a significant amount of field data for such studies. Ice drilling in the areas of different ice types will also support such analysis.

Helicopter flights will be required for obtaining estimates of sea ice conditions in the areas, comparable with SAR images and for searching areas for deployment automatic ice station.

3.4 Reaktive Spurenstoffe im Meereis

Jacobi (AWI)

Der Austausch von reaktiven Spurenstoffen zwischen dem Oberflächenschnee und der Atmosphäre führt zu Veränderungen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Grenzschicht in schneebedeckten Gebieten. Reaktive Spurenstoffe wie z.B. Wasserstoffperoxyd (H_2O_2), Formaldehyd (HCHO) und Nitrat (NO_3^-) werden durch den Neuschnee eingetragen. Jedoch werden sie in den oberen Schneeschichten nicht vollständig konserviert. H_2O_2 und HCHO können sowohl vom Schnee an die darüber liegende atmosphärische Grenzschicht abgegeben als auch von der Atmosphäre im Schnee deponiert werden. Treibende Kraft sind hierbei hauptsächlich temperaturabhängige Gleichgewichte zwischen den Konzentrationen im Schnee und in der Grenzschicht. Auch das Nitrat kann wieder mobilisiert werden, allerdings erst nachdem es durch photochemische Reaktionen in die leichter flüchtigen Stickoxide (NO und NO_2) oder salpetrige Säure (HONO) umgewandelt wurde. Dadurch wird im Oberflächenschnee eine interessante Photochemie initiiert, die auch die Konzentrationen weiterer wichtiger Spurengase wie das Hydroxyradikal (OH) oder Ozon (O_3) beeinflusst.

Ob all diese Prozesse auch im Meereis ablaufen, ist bisher ungeklärt. Meereis entsteht durch das Gefrieren von Meerwasser und wird damit durch einen vollständig anderen Prozess als Schnee gebildet. Daher kann man davon ausgehen, dass die Konzentrationen der reaktiven Spurenstoffe im Meereis unterschiedlich zu typischen Konzentrationen im Oberflächenschnee in den Polargebieten sind. Älteres Meereis kann durch eine Schneedecke bedeckt sein. Diese Schneedecke wird jedoch durch Schmelz- und Gefrierprozesse gegenüber dem ungestörten Oberflächenschnee ebenfalls verändert. Diese Unterschiede sind jedoch von größter Bedeutung, da gerade in der Arktis große Gebiete teilweise oder permanent mit Meereis bedeckt sind.

Das Forschungsprogramm umfasst die folgenden Punkte und Ziele:

1. Permanente Messungen der Gasphasenkonzentrationen von H_2O_2 , HCHO , O_3 und CO in der Arktis an Bord
⇒ Untersuchung der Auswirkung des Spurenstoffaustauschs zwischen der Atmosphäre und dem Eis auf die Zusammensetzung der Atmosphäre
2. Messung von Spurenstoffprofilen im Meereis
⇒ Charakterisierung und Vergleich der Zusammensetzung des Meereises und der aufliegenden Schneedecke; Bestimmung der Dicke des Meereises und der aufliegenden Schneedecke
3. Messung von H_2O_2^- , HCHO -, O_3 - und CO -Gradienten über dem Meereis
⇒ Bestimmung von H_2O_2^- , HCHO -, O_3 - und CO -Flüssen über dem Meereis; Charakterisierung des Austauschs von H_2O_2 , HCHO , O_3 und CO zwischen der Atmosphäre und dem Meereis

Reactive trace compounds in sea ice

Jacobi (AWI)

The exchange of reactive compounds between surface snow and the atmosphere causes changes in the composition of the atmospheric boundary layer above snow-covered areas. Reactive trace compounds like hydrogen peroxide (H₂O₂), formaldehyde (HCHO), and nitrate (NO₃⁻) are deposited with fresh snow. However, they are not fully preserved in the surface layers of the snow. H₂O₂ and HCHO can be transferred from the snow to the atmosphere as well as from the atmosphere to the snow. Driving force are temperature dependent equilibria between concentrations in the snow and in the atmosphere. Nitrate can also be re-mobilized, although only after it has been photochemically transformed into volatile nitrogen oxides (NO and NO₂) or nitrous acid (HONO). Consequently, surface snow acts like a photochemical reactor influencing also concentrations of further reactive trace gases like hydroxy radicals (OH) or ozone (O₃).

If the same processes also occur in sea ice is currently unknown. Since sea ice is formed by the freezing of seawater, its formation is governed by completely different mechanisms compared to surface snow. Thus, it can be assumed that the concentrations of reactive trace compounds in sea ice are also different compared to typical concentrations in surface snow in polar regions. Multi-year sea ice can be covered by snow. Nevertheless, this snow cover is probably also unlike undisturbed surface snow due to melting and freezing processes. These differences are of great concern, since large areas in the Arctic are permanently or temporarily covered with sea ice.

The research program includes the following issues and goals:

1. *Continuous measurements of gas phase concentrations of H₂O₂, HCHO, O₃, and CO in the Arctic on board*
⇒ *Investigation of the effect of the trace compound exchange between sea ice and the atmosphere upon the composition of the atmosphere*
2. *Measurements of trace compound profiles in sea ice*
⇒ *Determination and comparison of the composition of sea ice and its snow cover; determination of the thickness of the sea ice and its snow cover*
3. *Measurements of H₂O₂, HCHO, O₃, and CO gradients over sea ice*
⇒ *Determination of H₂O₂, HCHO, O₃ and CO fluxes over sea ice; determination of the exchange of H₂O₂, HCHO, O₃, and CO between sea ice and the atmosphere*

4. DIE ARKTISCHE ATMOSPHERE IM WINTER

THE ARCTIC ATMOSPHERE IN WINTER

4.1 Energieaustausch zwischen Atmosphäre und eisbedeckten Ozean im arktischen Winter

Lüpkes, Hartmann, Yelland, Pascal (AWI, SOC, TUB)

In arktischen Regionen, die mit von Rinnen und Polynjas unterbrochenem Meereis bedeckt sind, ist die Oberflächentemperatur durch große Differenzen von bis zu 30 Grad zwischen offenem Wasser und Meereis geprägt. Dadurch kann sich eine starke atmosphärische

Konvektion über Polynjas und Rinnen entwickeln, die in die schwach oder auch stark stabil geschichtete Umgebungsluft eindringt. Hierdurch wird der Austausch von Energie, Feuchte und Impuls zwischen Atmosphäre, Ozean und Meereis beeinflusst. Auf Grund der Oberflächenabkühlung kann sich neues Eis bilden. Parametrisierungen der turbulenten Transporte in der Grenzschicht, die üblicherweise in globalen und regionalen Klima- und Wettervorhersagemodellen benutzt werden, können diese Prozesse nicht angemessen berücksichtigen.

Unser Messprogramm, das in das deutsche ACSYS eingebettet ist, soll einen Beitrag dazu liefern, die komplexen Wechselwirkungsprozesse zwischen Konvektion und stabil geschichteter polarer Grenzschicht und deren Auswirkung auf den mittleren Energie- und Impulstransport über Meereis besser zu verstehen. Die gesammelten Daten werden zum Test und zur Weiterentwicklung von Parameterisierungen der Transportprozesse in Atmosphärenmodellen unterschiedlicher Auflösung benutzt.

Es ist geplant, verschiedene Systeme zur Messung der turbulenten Flüsse zu nutzen. So kommen auf Polarstern zwei Masten zum Einsatz, die mit Ultraschallanemometern zur Beobachtung der turbulenten Flüsse bestückt sind. Einer der Masten kann permanent betrieben werden, während der andere nur während Schiffsstationen in der Umgebung von Polynjas und Rinnen benutzt wird. Die Struktur der oberen Grenzschicht wird mit Hilfe des vom Hubschrauber geschleppten Turbulenzmesssystems HELIPOD untersucht. Während der in der Framstraße geplanten festen Station, sollen ferner einige Messungen auf dem Eis zur Untersuchung des Eistrückeneinflusses auf die Grenzschichtströmung durchgeführt werden.

Energy exchange between the atmosphere and the sea ice covered ocean during Arctic winter

Lüpkes, Hartmann, Yelland, Pascal (AWI, SOC, TUB)

In Arctic sea ice covered regions with leads and polynyas the surface temperature is characterized by strong differences of up to 30 degrees between open water and sea ice. Strong atmospheric convection occurs over polynyas and leads. Convective plumes from areas with open water penetrate into the slightly or strongly stable stratified atmospheric boundary layer (ABL) and influence the exchange of energy, humidity and momentum between the atmosphere, ocean and sea ice. Due to the surface cooling of open water new ice can be formed. With standard parameterization schemes as used in global and regional climate and weather prediction models these processes cannot be taken into account adequately.

Our measurement program which is embedded in the german ACSYS project will contribute to improve our understanding of the complicated interaction processes between convection and the stably stratified polar ABL as well as their influence on the area averaged transport of energy and momentum. The data will be used to test and further develop parameterizations of the transport processes suitable for atmospheric models of different resolution.

Different systems will be run to measure the turbulent fluxes. On Polarstern, two masts will be equipped with sonic anemometers for the observation of surface fluxes. One of the masts is used permanently, the other one only during ship stations in the environment of polynyas or leads. The structure of the upper boundary layer and fluxes over sea ice are measured with the aid of the helicopter borne turbulence measuring system HELIPOD. During the station, planned in the FRAM strait area, some measurements will be carried out on ice floes which will address the influence of ice ridges on the atmospheric flow.

4.2 Aerosol und Ozonmessungen

Debatin (AWI)

Für die Abschätzung der globalen Aerosolverteilung liegen wenige Messungen für ungestörte Bedingungen über dem Ozean vor. Mit Hilfe der geplanten Photometer-Messungen ist es möglich das vorhandene Wissen über die breitenabhängige Variation des Aerosols über dem Atlantik und dem Arktischen Ozean zu verbessern. Die Messungen der optischen Dicke des Aerosols, mit einem Sonnenphotometer durchgeführt, stellen eine Fortführung der Messungen während der Reise ANT XX/IV dar. Gleichzeitig werden Messungen an der deutschen Arktisstation Koldewey in Ny-Ålesund (Spitzbergen) durchgeführt. Mit Hilfe der Aerosoldaten vom Satellitenprojekt SAGE III wird eine Trennung von troposphärischer und stratosphärischer Aerosolkonzentration vorgenommen. Die bodengebundenen Daten von der Polarstern werden benutzt zur Bestimmung der troposphärischen Aerosolbelastung über dem Atlantik und dem Arktischen Ozean (Breitenbereich von 50°S bis 80°N). Das Ziel der Messungen besteht in einer realistischen Abschätzung der Meridionalverteilung über dem Ozean. Die Messungen sollen dann separiert werden in gestörte und ungestörte Marine Bedingungen, dazu sollen auch Berechnung der Trajektorien vom DWD genutzt werden.

Während der Reise sind auch Ozonsondierungen geplant, dabei kommen Sonden vom Typ ECC zum Einsatz. Die Ozonmessungen stellen ein Beitrag für die internationale Match – Kampagne dar. Koordinierung der Ozonsondierungen während der Reise sind notwendig. Die Koordinierung der Ozonsondierung in der gesamten Arktis erfolgt durch das AWI Potsdam. Die gemessenen Daten ermöglichen eine Bestimmung des chemischen Ozonverlustes im arktischen Winter und Frühjahr 2002/2003. Dies ist möglich durch die Trennung von dynamisch bedingten Ozonvariationen und chemischen Ozonabbau.

Aerosol and ozone measurements

Debatin (AWI)

For the estimation of the global aerosol distribution the measurements of the undisturbed marine aerosols are sparse. By means of planned measurements it will be possible to improve the present knowledge about the latitudinal distribution of atmospheric aerosols over the Atlantic and Arctic Ocean. The measurements of the aerosol optical depth will be performed with a sun photometer, during the transects and this is a continuation of the activity of the measurements during ANT XX/IV. Simultaneously measurements will be performed at the Koldewey station (Ny-Ålesund, Spitsbergen). The using of satellite measurements (SAGE III) will allow the separation of tropospheric and stratospheric aerosol distribution. The data obtained from ground-based measurements on board of the research vessel "POLARSTERN" will be used to estimate tropospheric aerosol loading over the Atlantic and Arctic ocean in the latitude range from 50°S to 80°N. The aim of these activities is to give a realistic estimation on the meridional aerosol distribution in the undisturbed marine area. The measured aerosol signal should be separated in perturbed and marine background situation. Conditions, for that the analysis data from DWD (trajectories) will be used.

During the transect also ozone soundings are planned, whereby the sonde type ECC will be used. The measurements of ozone during the transect is a contribution of the international Match campaign. Coordinated activities during the whole transect is needed. The coordination of the ozone sounding program for the whole Arctic is realized by AWI Potsdam. The data will be used to determine the chemical ozone loss during the Arctic winter and spring 2002/2003. This is possible by separation of ozone variation due to dynamics and chemical ozone loss.

4.3 Arktische Inversionen über Meereis

Offermann (MIH)

Die Atmosphäre über dem arktischen Meereis ist durch eine nahezu permanente Temperaturinversion gekennzeichnet. Sie reguliert den Austausch zwischen der arktischen Grenzschicht und der freien Atmosphäre und beeinflusst die turbulenten Strahlungs- und Wolkenbildungsprozesse innerhalb der Grenzschicht und damit die Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und dem Meereis. Wetter- und Klimamodelle zeigen erhebliche Unsicherheiten bei der zuverlässigen Vorhersage der atmosphärischen Bedingungen über dem arktischen Meereis. Klimamodelle sagen einerseits für diese Region die größte Temperaturzunahme voraus, andererseits zeigen sie aber auch die größten Abweichungen untereinander. Eine mögliche Ursache könnte die unzureichende Simulation der arktischen Grenzschicht und der mit ihr wechselwirkenden Grenzschichtprozesse sein.

Während des internationalen Feldexperimentes ACSYS-ABSIS (Artic Climate System Study: Atmospheric Boundary layer and Sea ice Interaction Study) im April 2003 soll im Gebiet nördlich von Spitzbergen ein umfangreicher Datensatz zur Analyse und Quantifizierung der komplexen Wechselwirkung zwischen arktischer Inversion und Grenzschichtprozessen gesammelt werden. Innerhalb eines etwa 200 km x 200 km großen Areal werden die mittleren atmosphärischen Bedingungen sowie die turbulenten Flüsse, die Strahlungsflüsse und die Wolkeneigenschaften unter Nutzung folgender Plattformen gemessen werden (Abb. 3):

- Forschungsschiffe Polarstern und Aranda (Finnland) (zeitliche Variabilität)
- Forschungsflugzeug Falcon (horizontale und vertikale Strukturen)
- zehn automatische Argos-Eisbojen (synoptische Skala und Meereisdrift)
- Satelliten NOAA-AVHRR, Radarsat und andere (Wolken- und Meereisbedingungen)

Der Datensatz soll auch zur Validierung operationeller Modellanalysen (EZMW, DWD, HIRLAM) und Modellsimulationen mit dem Regionalmodell REMO genutzt werden.

Die Polarstern-Fahrt ist Teil des ACSYS-ABSIS-Experimentes. Polarstern wird etwa 150 km weit ins Packeis eindringen und dann mit dem Packeis mitdriften. Während dieser etwa zweiwöchigen Driftstation werden Messungen sowohl von Bord des Schiffes aus (3-stündliche Radiosondenaufstiege, kontinuierliche Ceilometerprofile, automatische Wetterstation) als auch auf dem Meereis (vollständiger Strahlungshaushalt, turbulenter Impuls- und Wärmefluss in der bodennahen Grenzschicht mit Hilfe von zwei Sonic-Instrumenten und einem 10 m hohen Profilmast, Lufttemperatur und -feuchte, Infrarotstrahlungstemperatur und Temperaturprofile innerhalb der Schnee- und Eisschicht) vorgenommen.

Zur gleichen Zeit sollen ähnliche Messungen auf dem Forschungsschiff Aranda des Finnish Institute of Marine Research, Helsinki, durchgeführt werden. Zwischen beiden Schiffen wird das deutsche Forschungsflugzeug Falcon, welches vom Flugplatz Longyearbyen aus operiert, die mittlere Vertikalstruktur und die turbulenten Vertikaltransporte vermessen. Die Schiffs- und Flugzeugmessungen werden innerhalb eines von zehn Argos-Eisbojen gebildeten Messfeldes stattfinden, welches die Berechnung der synoptisch-skaligen horizontalen Druck- und Temperaturgradienten und der Eisdrift erlaubt.

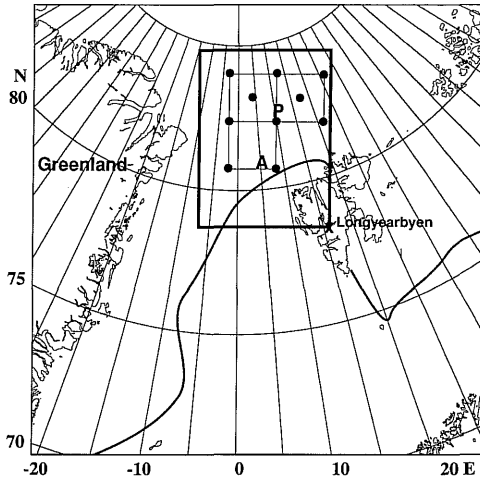


Abb. 3: Das ACSYS-ABSIS-Experimentgebiet im April 2003. P und A bezeichnen die geplanten Positionen der Forschungsschiffe Polarstern und Aranda. Die zehn Argos-Eisbojen sind durch Punkte gekennzeichnet. Das Rechteck gibt das mögliche Fluggebiet des Forschungsflugzeuges Falcon an. Basis der Flugoperationen sowie die ABSIS-Experimentzentrale wird Longyearbyen auf Spitzbergen sein.

Fig. 3: The experimental area of the ACSYS-ABSIS field experiment in April 2003. P and A show the planned positions of the research vessels Polarstern and Aranda, respectively. Ten Argos buoys will be deployed as the sea ice (dots). The large rectangle shows the area of the Falcon research aircraft operations. Air base and the ABSIS operation center are at Longyearbyen.

Arctic Inversions over sea ice

Offermann (MIH)

The atmosphere over the Arctic sea ice is characterized by a nearly permanent temperature inversion. It regulates the exchange between the Arctic boundary layer and the free atmosphere and influences the turbulent, radiation and cloud processes within the boundary layer and thus the interaction between atmosphere and sea ice. Weather and climate models face large difficulties in forecasting reliably the atmospheric conditions over Arctic sea ice. On one hand climate models show the largest temperature increase there, but on the other hand the largest differences between each other. The insufficient simulation of the Arctic inversion and the boundary layer processes interacting with it may be a possible reason.

During the international field experiment ACSYS-ABSIS (Arctic Climate System Study: Atmospheric Boundary layer and Sea ice Interaction Study) in the region north of Spitsbergen in April 2003 a comprehensive data set will be collected in order to analyse and quantify the complex interaction between Arctic inversion and boundary layer processes. Within an area of about 200 km x 200 km the mean atmospheric conditions and the turbulent

fluxes, radiation fluxes and cloud properties will be sampled applying the following platforms (Fig. 3):

- *research vessels Polarstern and Aranda (Finland) (temporal variability)*
- *research aircraft Falcon (horizontal and vertical structure)*
- *ten automatic Argos ice buoys (synoptic scale and sea ice drift)*
- *satellites NOAA-AVHRR, Radarsat and others (cloud and ice conditions).*

The data set will be used to validate the operational model analyses (ECMWF, German Met Office, HIRLAM) as well as the simulations by the regional model REMO.

The Polarstern cruise is part of the ACSYS-ABSIS 2003 experiment. RV Polarstern will move about 150 km into the pack ice and drift with the drifting sea ice. During the about two weeks drift station, measurements will be made on board the ship (3-hourly radiosounding, continuous ceilometer profiles, automatic weather station) and on the sea ice (complete radiation budget, turbulent momentum and heat fluxes in the near-surface layer measured by two sonic instruments and at a 10 m profile mast, air temperature and humidity, infrared surface temperature, and temperature profile through the snow and ice layer).

Similar measurements as on Polarstern will be made simultaneously at RV Aranda from the Finnish Institute of Marine Research, Helsinki. The German research aircraft Falcon will operate from the airfield at Longyearbyen and monitor the mean vertical structure and the turbulent fluxes between both research vessels. Ships and aircraft measurements will take place within an array of ten Argos ice buoys from which the synoptic-scale horizontal pressure and temperature gradients and the sea ice drift will be derived.

5. BIOLOGIE IM MEEREIS, IN DER WASSERSÄULE UND AM MEERESBODEN

BIOLOGY IN THE SEA-ICE, IN THE WATER COLUMN AND AT THE SEA FLOOR

5.1 Bio-optische Messungen und optische Fernerkundung Schwarz (AWI)

Unter optimalen Bedingungen ergibt optische Fernerkundung eine bessere räumliche und zeitliche Überdeckung der Messung der Biomasse an der Ozeanoberfläche als jedes andere Beobachtungssystem. Die Algorithmen, mit denen die Konzentration von Pigmenten aus der gemessenen Strahlungsdichte abgeleitet werden, basieren jedoch auf in-situ-Messungen in mittleren Breiten-Gewässern, die leicht zugänglich sind. In arktischen Gewässern, sowie im Südlichen Ozean sind kaum Messungen durchgeführt worden, mit der Folge, dass aus Fernerkundung geschätzte Biomasse und Primärproduktion unter uncharakterisierten Fehlern leiden. Als Treiber der Biologischen Kohlenstoffpumpe, ist Phytoplankton z. B. von großem Interesse in Kohlestoffkreislaufstudien. Karten von Biomasse und Primärproduktionsraten im großen Rahmen sind jedoch auch in anderen Bereichen, zum Beispiel Ökosystemstudien und Fischereistudien, wichtig.

Seit dem Start der neuen Fernerkundungsgruppe im Februar 2000 haben wir als Ziel, POLARSTERN für das Sammeln von Validierungsdaten in Polargebieten zu nutzen. Während ARK XIX, werden zwei von drei Klassen von optischen Messungen durchgeführt, nämlich Konzentrationen von Stoffen, die optisch aktiv sind, und deren optische

Eigenschaften. Messungen aus der dritten Klasse – radiometrische Messungen – werden während ARKXIX/2 durchgeführt.

1. Konzentrationen von optisch aktiven Stoffen

Optisch aktive Stoffe, die im Seewasser vorkommen, sind Bakterien und Viren, Phytoplankton, Detritus, Gelbstoffe und Mineralpartikel. Auf dieser Reise werden mit dem Kranzwasserschöpfer oberflächennahe Wasserproben genommen und nach Filtrierung folgende Parameter gemessen:

- a. Konzentration von Phytoplanktonpigmenten, mit (HPLC-Messung),
- b. Konzentration und Taxonomie von Phytoplanktonzellen,
- c. Konzentration von organischen und anorganischen Partikeln, gravimetrisch gemessen,
- d. Konzentration von partikulären organischen Kohlenstoff,
- e. Konzentration und Größenverteilung von Partikeln > 0.5 mm.

Man erwartet, dass während des Winters an das Eis angepasste Phytoplanktonarten im Meereis überleben. Wenn das Eis schmilzt und die Oberflächentemperaturen im Frühling steigen, ändert sich die Population von Phytoplankton. Dieser Übergang wird durch unsere Messungen dokumentiert, die durch Messungen an Eiskernen in Kombination mit der Gruppe der Meereisbiologen ergänzt werden.

Proben aus dem offenen Wasser werden den Beginn einer im AWI installierten Optischen Datenbank markieren. Diese Datenbank wird aufgebaut, um unsere Kenntnis der optischen Variabilität zu ergänzen. Falls die Wetterbedingungen während der Überflüge der NASA Satellitensensoren SeaWiFS und MoDIS es zulassen, wird ein direkter Vergleich von in situ Konzentrationsmessungen von Pigmenten und der Abschätzung dieser Konzentrationen aus Satellitendaten durchgeführt. Aus Messungen von Partikelgrößenverteilungen werden Streuungsparameter berechnet.

2. Optische Eigenschaften.

Unter optischen Eigenschaften werden Absorptions- und Streuungskoeffizienten verstanden. Diese Parameter werden normalerweise mit einem Spektrophotometer gemessen. Während ARKXIX, werden für folgende Messungen Proben genommen:

- a. Absorption und Streuung von Phytoplanktonpigmenten und Detritus, und
- b. Absorption von Gelbstoffen, die spektrophotometrisch nach Filtrierung durch einen 0.2 mm Filters gemessen werden.

Aus Messungen von Konzentrationen und optischen Eigenschaften der Stoffe im Wasser, kann die Reflektanz des Sonnenlichts aus dem Wasser mit Hilfe der Strahlungstransfertheorie berechnet werden. Danach können die berechneten Werte mit in situ radiometrischen Messungen sowie mit Fernerkundungsdaten verglichen werden, um den optischen Datensatz, sowie die Atmosphärenkorrektur der Satellitendaten zu überprüfen.

Bio-optical measurements and optical remote sensing

Schwarz (AWI)

Under optimal conditions, optical remote sensing yields better temporal and spatial coverage of biomass in the surface ocean than any other sampling platform. However, the statistically-based algorithms for calculating pigment concentrations from measured radiances are based largely on in situ measurements from the mid-latitudes – waters which are easily accessible. Both the Arctic and the Southern Ocean are severely undersampled, which means that

remotely-sensed biomass estimates for these regions are subject to unquantified errors. Since phytoplankton, using energy from the sun, drives the biological pump, surface biomass and primary productivity estimates are of great importance to carbon cycle studies. However, large-scale biomass maps are also of interest in many other contexts, including ecosystem dynamics and fisheries monitoring.

Since starting a new remote sensing group at AWI last year (2002), we aim to make opportunistic use of the Polarstern to gather data for validation of remote-sensing products in the Polar regions. During ARKXIX, two out of three desirable classes of optical measurements will be made, namely concentrations of optically active constituents (OAC) in the water, and inherent optical properties (IOP) of these substances. The third class of measurement – radiometry – will feature in ARKXIX/2.

1. Concentrations of OAC

Optically active substances commonly found in seawater include viruses and bacteria, phytoplankton, detrital particles, coloured, dissolved organic matter (CDOM) and minerogenic particles. Subject to restricted manpower, measurements on this cruise will be limited to:

- a. concentration of phytoplankton pigments, measured using high performance liquid chromatography,
- b. concentration and taxonomy of phytoplankton cells,
- c. concentration of inorganic and organic particulates, measured gravimetrically,
- d. concentration of particulate organic carbon, and
- e. concentration and size distribution of particles > 0.5 mm.

During winter, it is expected that specially adapted phytoplankton species survive in the sea ice. As the ice melts and surface temperatures increase with the onset of spring, species succession should occur. This transition will be captured by the measurements made here if we are able to supplement our dataset with a series of ice cores. This will depend on logistics and collaboration with the sea-ice group.

Samples from open water will provide input to an AWI database of optical parameters, which will gradually be built up to improve our knowledge of optical variability in Arctic waters. Direct comparison of HPLC-measured pigment concentration with satellite-derived biomass estimates will also be carried out if we are blessed with blue skies during overpasses of the NASA optical sensors SeaWiFS and MoDIS. Measurement of particle size distributions will be used to calculate one of the second class of parameters – scattering – which is notoriously difficult to measure *in situ*.

2. Inherent Optical Properties (IOP)

The term IOP refers to absorption and scattering characteristics of a substance, typically measured using a spectrophotometer. During ARKXIX, samples will be taken for:-

- a. absorption and scattering by phytoplankton pigments and detritus, and
- b. absorption by CDOM, also measured spectrophotometrically after filtration through 0.2mm pore-size filters.

Given measurements of concentrations and optical properties of substances in the water, the reflectance of sunlight out of the water can be modelled using radiative transfer theory. This allows comparison with *in situ* radiometric measurements as well as satellite measurements, so that the completeness of the optical dataset and the efficacy of the satellite atmospheric correction can be checked.

5.2 Methane plumes in the marginal Arctic Ocean - pathways in the water column and documentation in specific biota

Damm (AWI)

Methane is an important greenhouse gas as well as an important component of the global carbon cycle. Methane plumes in the water column and methane enrichments in the sediments are detected on the continental shelf and slope off western Spitsbergen and western Barents Sea. Hence the present marine methane cycle is directly influenced by fossil methane released at gas venting sites in the marginal Arctic Ocean. Since the polar water is supersaturated with respect to the atmospheric methane level this region may act as a source for atmospheric methane as well. However, up to now the methane plumes have been observed only during summer seasons. The role of seasonal ice coverage and formation of winter-polynyas with respect to the methane pathways in the water column and the water-atmosphere exchange are virtually unknown.

Furthermore a detailed process study at submarine gas vents in the Storfjorden area is planned to investigate a possible impact on the marine inorganic carbon system and its documentation in specific biota. The results of this study will help to detect new proxy parameters of submarine methane release in the geological past. The specific goals are:

- *To estimate differences of methane super-saturations and carbon isotopic fractionations in the surface ocean in ice covered and ice free areas*
- *To estimate the methane budget of different water masses*
- *To detect further potential submarine methane sources (Whalers Bay, Vestnessa ridge, eastern Barents Sea) and to trace the fate of released methane by the carbon isotopic signature*
- *To investigate $d18O$ and $d13C$ depletions in water and in calcareous benthic foraminifera related to gas vent extrusions*
- *To prove a potential symbioses between bacteria and benthic foraminiferal species*

The planned investigations contribute to a better understanding of (1) the potential sources of the detected methane plume in the water column, (2) the different pathways of methane in the hydrosphere, (3) the influence of seasonal ice coverage and a winter polynya to the exchange of methane at the ocean atmosphere boundary (5). The role of the seasonal ice covered marginal Arctic Ocean as a sink or source for atmospheric methane and (6) the influence of methane released at submarine gas vents on the living benthic fauna and the incorporation of fossil methane into the recent marine carbon cycle in general.

5.3 Meereisbiologische Arbeiten

Werner, Scheltz, Schünemann, Auel, Niehoff (IPÖ, UB, AWI)

Während dieser Expedition sollen physikalische, chemische und biologische Untersuchungen im und unter dem arktischen Meereis im Winter durchgeführt werden. Diese Daten sollen unsere bereits vorhandenen Datensätzen aus den anderen Jahreszeiten ergänzen. Über die abiotischen und biotischen Bedingungen, z.B. über die Nahrungsverfügbarkeit (Detritus, Eisalgen) im winterlichen Meereis der Arktis aus dieser Region ist so gut wie nichts bekannt, obwohl die meisten sympagischen Arten das ganze Jahr über im und am Eis leben sollen. Unsere Messungen werden die physikalischen Bedingungen, z.B. Temperatur, Salzgehalt und Licht, beschreiben, als chemische Parameter

sollen anorganische Nährstoffe (PO₄, NH₄, SiO₂) sowie der Gehalt an partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) und Stickstoff (PON) im Eis und Untereiswasser gemessen werden. Die biologischen Untersuchungen beschäftigen sich mit der Verteilung, Abundanz und Biomasse von sympagischen (=eisassoziierten) Organismen. Im Storfjorden erwarten wir v.a. lokal gebildetes, einjähriges (Fest-)Eis, nördlich von Spitzbergen eher mehrjähriges Packeis. Lebensbedingungen und Gemeinschaften in diesen beiden Eistypen sind vermutlich stark unterschiedlich. Mehrere Prozess orientierte Experimente mit Lebendkulturen an Bord von "Polarstern" werden neue Einsichten in das sympagische Nahrungsnetz, den Energiehaushalt der sympagischen Organismen sowie in die Kopplungsprozesse mit der unterliegenden Wassersäule liefern.

Untersuchungen der arktischen Lebensgemeinschaften im Packeis

Das Meereis wird von einer diversen Gemeinschaft aus Bakterien, Pilzen, Algen sowie Proto- und Metazoen (Meiofauna) besiedelt. Ziel unser Untersuchungen ist die Beschreibung von Artenzusammensetzung, Vertikalverteilung, Umweltbedingungen und Gemeinschaftsstrukturen im arktischen Packeis im Winter im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten sowie die Erfassung der Rolle des Meiofauna-Nahrungsnetzes für den Kohlenstofffluss in diesem Lebensraum.

Dazu werden während der Eisstationen Eiskerne gebohrt und diese für Temperatur- und Salinitätsmessungen, sowie für die Bestimmung von Chlorophyll a und Nährstoffmessungen genutzt. Die Untersuchungen zur faunistischen Vergesellschaftung konzentrieren sich auf die qualitative und quantitative Erfassung der Meereislebensgemeinschaften. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf der Untersuchung der sympagischen Meiofauna (hier Metazoen > 20µm), die sich im wesentlichen aus harpacticoiden und cyclopoiden Copepoden, Nematoden, Turbellarien und Rotatorien zusammensetzt. Die vertikale Verteilung der Meiofaunaorganismen im Eis und die Abhängigkeit dieser Verteilungsmuster von anderen biotischen und abiotischen Parametern sollen ermittelt werden. Weiterhin sollen während der Expedition Experimente zur Bestimmung von Ingestionsraten durchgeführt werden, um Erkenntnisse über die Dynamik des Nahrungsnetzes der sympagischen Metazoen im Winter zu gewinnen.

Untereis-Studien

Die Grenzschicht zwischen dem arktischen Meereis und dem Pelagial ist ein eigener Lebensraum mit speziellen abiotischen (z.B. Temperatur, Salzgehalt) und biotischen Faktoren (z.B. Nahrungsangebot), die saisonal und regional variieren. Besiedelt wird dieser Lebensraum (1) von autochthonen Untereis-Amphipoden (*Apherusa glacialis*, *Onisimus* spp., *Gammarus wilkitzkii*), die direkt an der Eisunterseite leben und dort ihren gesamten Lebenszyklus durchlaufen und (2) von allochthoner Sub-Eis Fauna, also Organismen, die entweder aus dem Eisinneren oder dem Pelagial stammen und sich zeitweise, z.B. zum Fressen oder in bestimmten Lebensstadien, in der Grenzschicht aufhalten.

Neben den Standardmessungen zu Artenvielfalt, Abundanz und Biomasse der Untereis-Fauna sollen im Laufe dieser Winterexpedition auch Untersuchungen zur kleinräumigen Verteilung (in vertikaler Feinauflösung im Meterbereich von der Eisunterseite bis in 5 m Tiefe) in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltparametern (Temperatur, Salzgehalt, Algenbiomasse, organischer Kohlenstoff) durchgeführt werden. Diese Untersuchungen knüpfen an Messungen aus den anderen Jahreszeiten an sollen wichtige Lücken im Verständnis der saisonalen Entwicklung schließen. Dazu werden ein Untereis-Video, ein Untereis-Pumpsystem und verschiedene Netze und Messsonden zum Einsatz kommen. Die Gewinnung von Lebendmaterial (z.B. aus Köderfallen, die von Eisschollen ausgebracht werden) für Experimente (z.B. Ingestions-, Respirations-, Exkretionsmessungen) soll ebenfalls versucht werden. Biochemische Analysen von Lipidgehalt und -zusammensetzung bei dominanten Vertretern der Untereisfauna sollen Aufschluss über die Überwinterungsstrategien liefern.

Sea ice biology

Werner, Scheltz, Schünemann, Auel, Niehoff (IPÖ, UB, AWI)

During this cruise measurements of chemical, physical and biological properties in and under the Arctic sea ice in winter will be conducted. These data will complement our already available data from other seasons. Virtually nothing is known yet about the abiotic and biotic conditions, e.g. the availability of food sources, in Arctic sea ice of this region in winter, although most of the sympagic species are believed to live in the ice year-round. Our investigations will characterize the physical properties in respect to e.g. salinity, temperature and light, chemical properties like inorganic nutrients (PO₄, NH₄, SiO₂) as well as organic carbon (POC) and organic nitrogen (PON) will be measured in the ice and the under-ice water layer. Biological investigations will include measurements of the distribution, abundance and biomass of sympagic (=ice-associated) organisms. In Storfjorden, we expect mainly locally grown first-year (fast) ice, north of Spitsbergen we rather expect thicker multi-year pack ice. Properties and communities in these two ice classes will probably be very much different. Several process-related experiments with live cultures onboard "Polarstern" will deliver new insights into the sympagic food web, the energy budgets of sympagic organisms as well as into coupling processes with the underlying water column.

Studies on Arctic pack ice communities)

Sea ice is colonized by a diverse sympagic community, including bacteria, fungi, algae and proto- and metazoans (meiofauna). The aim of this study is to describe the species composition, vertical distribution, living conditions (temperature, salinity, nutrients) and community structures in Arctic pack ice in winter compared to the other seasons as well as the role of metazoan grazing for the carbon flow in this environment.

Our investigations will be carried out with drilled ice cores, characterizing the physical properties in respect to salinity, temperature and inorganic nutrients. Biological investigations will include measurements of algal biomass as well as organism abundances and biomass. Major emphasis is on the examination of the sympagic (ice-associated) meiofauna (metazoans $\geq 20 \mu\text{m}$) which consists basically of harpacticoid and cyclopoid Copepoda, Nematoda, Turbellaria and Rotatoria. We examine the vertical distribution of special groups of the sympagic meiofauna in relation to other biotic and abiotic parameters. In addition ingestion rate experiments are planned to identify trophic interactions within the sea ice food web in winter.

Under-ice studies

*The boundary layer between sea ice and the water column is a unique habitat with special abiotic (e.g. temperature, salinity) and biotic (e.g. food resources) factors, which also vary with season and region. This habitat is colonized by (1) autochthonous under-ice amphipods (*Apherusa glacialis*, *Onisimus* spp., *Gammarus wilkitzkii*), which live directly at the ice underside and complete their entire life-cycle here, and (2) allochthonous sub-ice fauna, means organisms originating either from the ice interior or the pelagic realm, which are found in this boundary layer temporarily, e.g. for feeding or during certain life stages. There is some evidence that the first metres below the ice are strongly stratified, particularly during the melt period in summer, so that barriers can be built up of certain organisms.*

Beside the standard measurements of diversity, abundance and biomass of the under-ice fauna, this winter expedition will be used for studies on the small-scale distribution (in vertical resolution of metres from the underside of the ice down to 5 m depth) in relation to several environmental factors (temperature, salinity, algal biomass, organic carbon). These investigations add to already available data sets from other seasons and are meant to close important gaps in our knowledge of seasonal dynamics. For this purpose, under-ice video, under-ice pumps, and several nets and probes will be deployed. The collection of sufficient life material (e.g. in baited traps deployed from an ice floe) for experiments (e.g. ingestion-

respiration-, excretion-rates) will be tried as well. Biochemical analysis of lipid content and lipid classes in dominant species of the under-ice fauna should give insights in the overwintering strategies. These experiments will be conducted in close cooperation with the Marine Zoology, University of Bremen (H. Auel).

5.4. Meereismikrobiologie

Gerdes (AWI)

Die pelagischen Bakteriengemeinschaften des arktischen Ozeans einschließlich der Meereisflora wurden in den letzten Jahren zunehmend häufiger untersucht, dennoch ist unser Wissen über die mikrobiellen Abläufe im Nordpolarmeer noch sehr begrenzt und ausschließlich auf die Sommersaison beschränkt. Im Antarktischen Ozean wurden bereits Winteruntersuchungen durchgeführt, die gezeigt haben, dass die bakteriellen Aktivitäten im Wasser fast auf null absinken, während sie im Meereis vergleichsweise hoch bleiben. Das arktische Winterexperiment bietet nun die Möglichkeit ebenfalls Daten über die bakteriellen Gemeinschaften des Meereises und der angrenzende Wassersäule des Nordpolarmeeres im Winter zu sammeln. Im Vergleich mit unseren Sommerergebnissen kann nun Aufschluß erhalten werden, ob strukturelle Unterschiede zwischen Sommer- und Winterflora bestehen und welche Bakterien-Komponenten besonders wichtig für die mikrobiellen Prozesse im Winter sind. Molekularbiologische Methoden wie DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) und FISH (Fluorescence In Situ Hybridisation) sind ideale Werkzeuge für die Auffindung struktureller Unterschiede, darüber hinaus kann mit Variationen dieser Methoden der aktive Teil der Bakteriengemeinschaften im Winter differenziert werden.

Neben den grundlegenden Untersuchungen zur Struktur der winterlichen Meereisgemeinschaften sollen Versuchsansätze im Rahmen des ARKOP-Projektes, welches auf die vorbeugende Entwicklung neuer Technologien zur biologischen Ölbekämpfung im Arktischen Ozean ausgerichtet ist, durchgeführt werden. Experimente mit künstlich kontaminiertem Eis sollen sowohl Aufschluß über die Toxizität des Öls auf die unterschiedlichen Komponenten der Meereisflora geben als auch das Potential der überlebenden Bakterien hinsichtlich des Ölbindens, -dispersierens und -abbauens unter eiskalten Temperaturen ergründen. Die an der Beseitigung von Öl Schadstoffen beteiligten Mikroorganismen sollen angereichert und für eingehendere Untersuchungen isoliert werden.

Sea-ice Microbiology

Gerdes (AWI)

Investigations on the pelagic bacterial assemblages including sea-ice communities of the Arctic Ocean have increased over the last years. However, our knowledge is still limited and only restricted to the summer season. Winter studies were already conducted in the Southern Ocean which showed inactive water column assemblages but considerably active sea-ice communities. The ARK XIX will provide for the first time Arctic winter data of bacterial sea ice communities which in comparison with our summer results should give information if the structure of winter and summer communities differ and which bacterial groups are important for the microbial processes during winter. Molecular biological methods like DGGE and FISH as well as variations of these methods will be applied for structure analysis and the differentiation of the active bacterial part.

Beside these basic studies on the bacterial community structure experiments with artificially contaminated sea ice will be conducted. Form these investigations in the scope of the ARKOP-project we will learn more about the toxicity of hydrocarbons on Arctic sea ice and pelagic bacteria as well as about the potential of bacteria to bind, disperse and degrade oil under extreme temperature conditions. Bacteria involved in hydrocarbon degradation will be isolated for more detailed studies.

5.5 Wechselwirkungen mit dem Pelagial im Spätwinter / Vorfrühling

Auel, Niehoff (AWI, UB)

Kryopelagische Kopplungsprozesse in der winterlichen Packeiszone

Während der Expedition ARK XIX/1 soll der Einfluß dominanter Zooplanktonorganismen und mariner Wirbeltiere auf den Energiefluß in eisbedeckten Gebieten der nördlichen Grönlandsee und Framstraße quantifiziert werden, um deren Bedeutung für kryopelagische Kopplungsprozesse in der arktischen Eisrandzone zu entschlüsseln. Die Untersuchungen an Bord werden in enger Kooperation mit Kollegen des Instituts für Polarökologie der Universität Kiel durchgeführt werden, die sich intensiv mit den Lebensgemeinschaften innerhalb des arktischen Meereises beschäftigen. Die Forschungsreise bietet die einzigartige Gelegenheit, sowohl physiologische Prozesse als auch die Entwicklung der Planktongemeinschaft während der kritischen Übergangsphase vom Winter in das Frühjahr zu untersuchen. Im Hinblick auf polare Anpassungsstrategien ist dieser Zeitraum äußerst wichtig, da viele Zooplanktonarten ihren Stoffwechsel von einer inaktiven Überwinterung auf die nun beginnende Reproduktionsphase umstellen. Verbunden mit diesem Prozeß sind u.a. ausgeprägte Vertikalwanderungen und Änderungen in der Ernährungsweise und Nahrungszusammensetzung.

In der Arktis nutzen herbivore Copepoden, vor allem der Gattung *Calanus*, die Primärproduktion des Phytoplanktons und nach neuen Erkenntnissen auch einen großen Teil des von Eisalgen produzierten partikulären organischen Materials, während sympagische Amphipoden der Gattungen *Apherusa* und *Onisimus* den Algenrasen an der Unterseite des Eises beweidet. Copepoden und herbivore Amphipoden bilden ihrerseits die Nahrungsgrundlage für die carnivoren Amphipoden *Themisto libellula* und *Gammarus wilkitzkii* sowie für die kryopelagischen Fischarten *Boreogadus saida* (Polar-dorsch) und *Arctogadus glacialis*. Über diese Nahrungsbeziehungen ist die pelagische Gemeinschaft unter dem Eis an die Primär- und Sekundärproduktion der Meereisgemeinschaft angebunden.

Als Endkonsumenten spielen vor allem Seevögel und Robben in den Polargebieten eine bedeutende Rolle. Insbesondere Krabbentaucher (Alle alle), Ringel- und Sattelrobben profitieren von den Makrozooplankton- und Fischbeständen in der Eisrandzone. Der gegenwärtige Stand der Forschung belegt also eine direkte Kopplung eisassoziiertes pelagischer Organismen (Zooplankton, Fische, Seevögel und Robben) an die Primär- und Sekundärproduktion der Meereisgemeinschaft. Eine quantitative Abschätzung der Bedeutung des Zooplanktons- und höherer trophischer Ebenen für kryo-pelagische Kopplungsprozesse zu verschiedenen Jahreszeiten in der Arktis steht jedoch noch aus. Das Winterexperiment ARK XIX/1 bietet hier die einzigartige Gelegenheit, saisonale Vergleiche zu den in den Vorjahren untersuchten Frühjahrs- (ARK XIII/1), Sommer- (ARK XVI/2) und Herbstsituationen (ARK XVIII/2) zu ziehen.

Während der Expedition ARK XIX/1 sollen Untersuchungen zum Bestand und zum Energiestoffwechsel von eisassoziierten pelagischen Organismen durchgeführt werden. Um die Bedeutung der Zooplankton- und Fischarten für das Nahrungsnetz und den Energiefluß in eisbedeckten Gebieten zu quantifizieren, sollen außerdem die Bestände dominanter Topkonsumenten, wie Seevögel und Robben, im Untersuchungsgebiet erfaßt werden.

Zur Abschätzung des Einflusses der Meereisbedeckung auf die pelagische Gemeinschaft sollen die Untersuchungen auf Transekten vom offenen Wasser, über die Eisrandzone, hinein in Bereiche mit permanenter Eisbedeckung durchgeführt werden. Entlang der Transekte wird der Bestand des Zooplanktons mit Hilfe von stratifizierten Netzfängen untersucht. Hoch mobile Makrozooplankton-Organismen, wie Amphipoden, und kryopelagische Fische sollen mit einem Rectangular Midwater Trawl (RMT 8) mit 8 m² Netzöffnung gefangen werden. Darüber hinaus werden stratifizierte Zooplanktonfänge an allen Eisstationen, die von den Kieler Kollegen bearbeitet werden, durchgeführt, um

Gradienten und Austauschprozesse zwischen dem Meereis und dem darunter liegenden Wasserkörper zu untersuchen.

Mit den aus den verschiedenen Netzfängen gewonnenen Tieren werden an Bord Respirationsmessungen und Freßexperimente durchgeführt, um den individuellen Energiebedarf zu bestimmen. Weitere biochemische Analysen, wie die Untersuchung von trophischen Markerfettsäuren, sollen anschließend im heimischen Labor in Bremen vorangetrieben werden. Basierend auf diesen Daten soll der Energiebedarf der Populationen bilanziert und ihre Bedeutung für kryopelagische Kopplungsprozesse in der Packeiszone diskutiert werden.

Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie von Calanus

In den Zooplanktongemeinschaften der nördlichen Polarmeere dominieren die drei Calanus-Arten, *C. finmarchicus*, *C. glacialis* und *C. hyperboreus* (Copepoda, Calanoida). Diese Copepoden überwintern in einer Diapause in größeren Tiefen und kommen erst mit dem Ende des Winters wieder an die Meeresoberfläche, um dort zu fressen und sich zu reproduzieren. Die drei Arten unterscheiden sich deutlich in ihrer Reproduktionsstrategie. Während *C. finmarchicus* nur dann Eier legt, wenn Nahrung vorhanden ist, kann sich *C. glacialis* unter Nutzung seiner internen Lipidreserven auch ohne Nahrungsaufnahme reproduzieren. Maximale Eiproduktionsraten allerdings erreichen beide Arten nur bei hohem Nahrungsangebot während der Phytoplanktonblüte. Bei *C. hyperboreus* hingegen liegt die aktive Reproduktionsphase deutlich vor der Entwicklung der Phytoplanktonblüte, und diese Art ist damit unabhängig von den herrschenden Nahrungsbedingungen.

Daten zur Reproduktionsbiologie dieser Arten liegen bislang vorwiegend aus den Frühjahr- und Sommermonaten vor, Informationen über den Übergang von der Überwinterung zur aktiven Reproduktion fehlen. Daher ist das Ziel der Arbeiten an Bord, die Gonadenentwicklung und damit verbunden den Lipidstoffwechsel der drei Arten vergleichend zu untersuchen. Mit einem Bongonetz (300 µm Maschenweite) sollen Zooplanktonfänge gesammelt werden, aus denen Weibchen der drei Copepodenarten direkt aussortiert werden. Ein Teil der Weibchen soll für die Elektronenmikroskopie fixiert werden, um die Reifungsvorgänge in den Oocyten detailliert zu untersuchen. Außerdem werden Tiere für die Analyse der Lipidmenge und -zusammensetzung und für die Bestimmung des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes bei -80°C tiefgefroren. Zusätzlich sollen an Bord Inkubationsexperimente durchgeführt werden, um die Reproduktion hungernder und gefütterter Weibchen vergleichen zu können.

Arctic Pack Ice: Biological Processes and Interactions with the Pelagial during Late Winter/Early Spring

Auel, Niehoff (AWI, UB)

Cryo-pelagic Coupling in the Pack-Ice Zone during Winter

During the expedition ARK XIX/1 studies in biological oceanography will focus on quantifying the influence of dominant zooplankton organisms and marine vertebrates on the energy flow in the ice-covered northern Greenland Sea and Fram Strait in order to understand cryo-pelagic coupling processes in Arctic regions. Investigations on board will be conducted in close co-operation with colleagues from the Institute for Polar Ecology of the University of Kiel working on the sympagic community within the sea ice. This research cruise offers the unique opportunity to study both, physiological processes and the plankton succession, during the critical transition from winter to spring. During this period many zooplankton species undergo important metabolic changes from a dormant overwintering phase to the onset of the reproduction season. These transformations are often associated with vertical migrations and modifications in the feeding behaviour and diet composition.

In Arctic seas herbivorous copepods, mainly of the genus Calanus, utilise phytoplankton production and according to recent results also consume a substantial fraction of the particulate organic material produced by ice algae, whereas sympagic amphipods of the genera Apherusa and Onisimus graze on ice algae at the underside of the ice. In turn, copepods and herbivorous amphipods are preyed upon by the carnivorous amphipods Themisto libellula and Gammarus wilkitzkii as well as by cryo-pelagic fish species, such as Boreogadus saida and Arctogadus glacialis (polar and Arctic cod). Via these trophic pathways the pelagic community beneath the ice is linked to the primary and secondary production of the sea ice community.

In polar regions seabirds and seals play an important role as top-consumers. Especially little auks (Alle alle) as well as ringed and harp seals benefit from the macrozooplankton and fish stocks in the marginal ice zone. Our current knowledge shows a direct linkage of ice-associated pelagic organisms (zooplankton, fish, seabirds and seals) to the primary and secondary production of the sea-ice community. However, a quantitative estimate of the influence of zooplankton and higher trophic levels on cryo-pelagic coupling processes during different seasons in the Greenland Sea is still lacking. The winter experiment ARK XIX/1 provides the unique opportunity for a comparison of the winter situation with conditions in spring, summer and autumn studied during the previous expeditions ARK XIII/1, ARK XVI/2 and ARK XVIII/2.

During the expedition ARK XIX/1 investigations will focus on abundance, distribution and metabolism of ice-associated pelagic organisms. In order to quantify the influence of zooplankton and fish species on trophic relations and energy flux in ice-covered regions, the stock size of dominant top-consumers such as seabirds and seals will also be assessed.

The vertical and regional distribution of zooplankton below the ice will be studied by stratified Multinet hauls on transects from the open water, across the ice edge, into areas permanently covered by sea ice. Mobile macrozooplankton species, such as amphipods, and cryo-pelagic fish will be sampled by Rectangular Midwater Trawl (RMT 8) with 8 m² mouth opening. In addition, stratified zooplankton samples will be collected at all ice stations, in order to study gradients and exchange processes between sea ice and water column.

Individuals of the dominant zooplankton and fish species will be used for measurements of respiration and ingestion rates on board as well as for biochemical analyses of trophic markers at the home lab. Based on these data, we will estimate the energy demands of zooplankton and higher trophic levels and discuss their effect on cryo-pelagic coupling processes in the Arctic pack ice zone.

Studies on the reproductive biology of Calanus

Three calanoid copepod species, Calanus finmarchicus, C. glacialis, and C. hyperboreus, dominate the zooplankton communities in the northern polar seas. Their life cycles and strategies differ with regard to reproduction, growth and overwintering. All species overwinter in a diapause mainly as copepodite stages at greater depths. In late winter, they return to the surface, moult and start reproduction. While C. finmarchicus matures and reproduces only when food is available, C. glacialis is able to produce eggs based on internal lipid reserves, however, at low rates. High reproductive activity only occurs when the food concentration is high as during phytoplankton blooms. C. hyperboreus, in contrast, matures and spawns well in advance of the spring bloom relying on its internal reserves only.

Data on the reproduction of these three species are mainly available from spring and summer, whereas our knowledge on the onset of reproduction is limited. This study therefore aims to compare the mechanisms of gonad maturation and lipid metabolism during the winter-spring transition. Live copepods will be collected by Bongo net hauls (300 µm mesh size) and sorted immediately after capture. Females will be preserved for electron

microscopy of the gonads in order to describe in detail the maturation processes such as oocyte growth and vitellogenesis. In addition, females of different gonad development stages will be frozen at -80°C to analyse their lipid content and fatty acid composition, and to measure carbon and nitrogen content. To study the influence of food availability, incubation experiments will be conducted which will allow to compare maturation processes and egg production in starving and feeding females.

5.6 Interdisziplinäre Forschungen an einer Tiefsee-Langzeitstation

Schewe, Kolar (AWI, IFÖN)

Die Tiefsee stellt den weitaus größten Lebensraum der Erde dar. Wegen seiner schweren Zugänglichkeit für Beobachtungen, vor allem aber wegen seiner ungeheuren Ausdehnung, bleibt die Tiefsee weiterhin der am wenigsten bekannte Lebensraum der Erde. Viele Prozesse in der Tiefsee und deren Bedeutung für das globale Klima- und Ökosystem konnten bis heute noch nicht ausreichend erklärt werden.

Bis vor wenigen Jahren bedeutete Tiefseeforschung primär die Bestimmung eines momentanen Zustandes in einer ausgewählten, bislang unerforschten Region des Weltozeans. Einmalige Probenahmen oder Messungen liefern allerdings nur eine Momentaufnahme, ohne eine Einschätzung zeitlicher Variabilitäten zuzulassen. Ökologische Untersuchungen sind dadurch in ihrer Aussagekraft stark eingeschränkt. Erst Langzeituntersuchungen an ausgewählten Standorten eröffnen die Möglichkeit aufzuklären, welche Umweltbedingungen die Lebensgemeinschaften der Tiefsee in ihrer Entwicklung, Struktur und Komplexität beeinflussen. Mit der fortschreitenden Industrialisierung steht der Lebensraum Tiefsee zunehmend auch unter anthropogenem Einfluss. Aus der Notwendigkeit einer Beurteilung von Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf das Ökosystem der Tiefsee besteht ein hoher Bedarf an Basisdaten. Langzeituntersuchungen an ausgewählten Standorten können hier Grundlagen zur Darstellung und Bewertung des momentanen Zustandes bzw. zur Beschreibung von Veränderungen in der Folge anthropogener Eingriffe liefern. Erst die Möglichkeit temporäre Variabilitäten über ausreichend lange Zeiträume erfassen zu können, erlaubt die Unterscheidung saisonaler und interannueller Variabilitäten von (natürlichen) Langzeittrends.

Nach einer Vorerkundung mit Hilfe des französischen ferngesteuerten Tiefseesystems (Remotely Operated Vehicle, ROV) "VICTOR 6000" wurde im Sommer 1999 in der Framstraße westlich von Spitzbergen (79°N, 4°E) die erste Langzeitstation in einer polaren Tiefseeregion eingerichtet (siehe Abbildung). Neben einem zentralen Experimentierfeld in 2500 m Wassertiefe (AWI-"Hausgarten") wurden entlang eines Tiefentranssektes insgesamt 9 Stationen in 1000 - 5500 m Tiefe bestimmt, die in den nächsten Jahren wiederholt aufgesucht werden sollen, um in biologischen, geochemischen und sedimentologischen Untersuchungen saisonale und interannuelle Veränderungen identifizieren zu können. Bislang war es uns lediglich während der Sommermonate möglich die Besiedlung des Benthals zu erfassen. Diese Expedition bietet uns nun die einmalige Möglichkeit Aktivitäten, Abundanzen und Biomassen benthischer Tiefseeorganismen dieser Region auch im Winter bzw. Frühjahr zu erforschen und somit für diese Parameter auch jahreszeitlich bedingte Besonderheiten zu erfassen.

Wichtigste Nahrungsquelle für Tiefseelebewesen sind organische Partikel, die aus den oberen Wasserschichten und von Land heran transportiert werden. Zu deren Charakterisierung und Quantifizierung werden trichterartige Sinkstofffallen eingesetzt. Sie sollen während ihres Einsatzes bis zum Sommer in hoher Auflösung Sedimentationsereignisse, wie etwa Planktonblüten im Frühjahr, erfassen. Zur Gewinnung von Sedimentproben wird ein Multicorer eingesetzt. Analysen biogener

Sedimentkomponenten zur Abschätzung benthischer Aktivitäten (z.B. mikrobieller Umsatzprozesse) und Biomassen kleinster sedimentbewohnender Organismen liefern wertvolle Informationen über die ökologischen Verhältnisse im Benthos des Arktischen Ozeans. Ein wesentlicher Bestandteil der biologischen Untersuchungen stellt die Erfassung benthischer Organismen aller Größenklassen (Bakterien bis Megafauna) dar.

Erstmals werden von uns auf dieser Reise sogenannte Besiedlungsgestelle für Weichbodenfauna eingesetzt. Diese Gestelle sind mit künstlichen Sedimenten (Glaskugeln) bestückt, die unterschiedlich hohe Konzentrationen partikulärer Nahrung enthalten. Abgestellt über verschieden lange Zeiträume, von drei Wochen bis zu einem viertel Jahr, soll dieses Experiment darüber Aufschluss geben welche Bedeutung das Nahrungsangebot für die Besiedlung von Tiefseeböden durch Bakterien, Meio- und Makrofaunaorganismen hat. In einem weiteren Experiment werden Algenmatten direkt auf dem Sediment abgelegt um der Frage nachzugehen, inwieweit die Diversität der bereits angesiedelten Weichbodenfauna durch pulsartigen Nahrungseintrag beeinflusst wird.

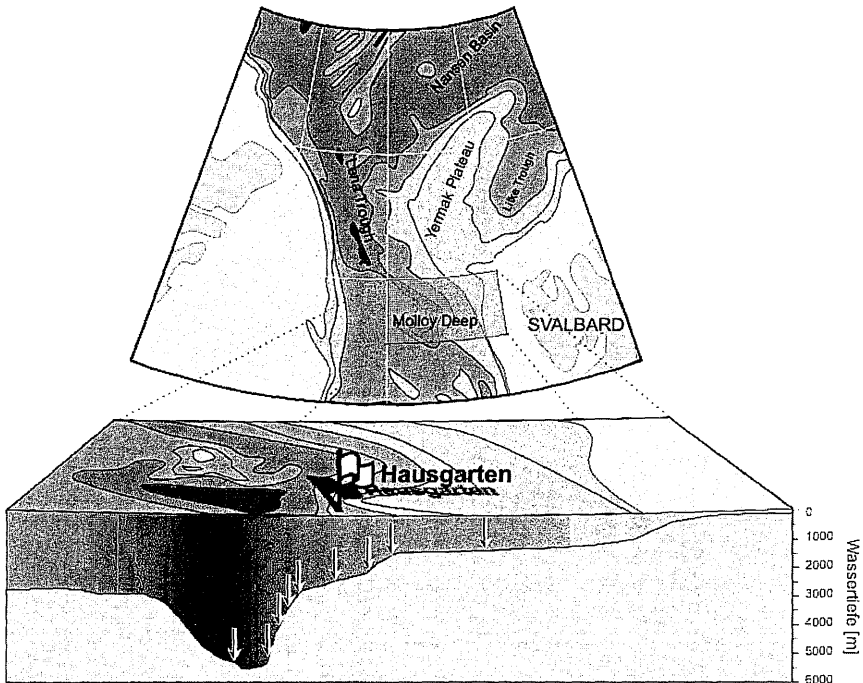


Abb. 4: Lageplan und Skizze der Hausgartenstationen
 Fig. 4: Map and sketch of Hausgarten stations

Interdisciplinary research at a deep-sea long-term station

Schewe, Kolar (AWI, IFÖN)

Due to its enormous dimensions and inaccessibility, the deep-sea realm remains the world's least known habitat. Even today, numerous of deep ocean processes and their relevance to global climate and ecosystem issues are not sufficiently understood.

Until a few years ago, deep-sea research simply meant the assessment of the present status in a distinct, unexplored region of the worlds oceans. Single sampling campaigns or measurements, however, generate only snap shots, not allowing extrapolation on temporal variabilities. Consequently, ecological assessments are largely confined. Only long-term investigations at selected sites offer the opportunity to identify environmental settings determining the structure, complexity and the development of deep-sea communities. There is strong evidence that ongoing industrialisation affects the marine environment, including the deep sea. Hence, basic data are urgently needed to assess anthropogenic impacts on the deep-sea ecosystem. Long-term investigations at selected sites provide the information necessary to assess the present status, and to describe changes due to anthropogenic impacts. The opportunity to measure processes on sufficiently long time scales will finally help to differentiate spatial and temporal variability from (natural) long-term trends.

Following a pre-site study using the French Remotely Operated Vehicle (ROV) "VICTOR 6000" in summer 1999, we established the first long-term station in polar deep-sea regions in the eastern Framstrait off Spitsbergen (Fig. 1). Beside a central experimental area at 2500 m water depth (AWI-"Hausgarten"), we defined 9 stations along a depth transect between 1000 - 5500 m, which will be revisited yearly to analyse seasonal and interannual variations in biological, geochemical and sedimentological parameters.

Up to now we were only able to examine the special distribution of benthic organisms during the summer months. This expedition gives the unique opportunity to study benthic activities, abundances, and biomasses of this regions organisms in winter or rather spring time. Thus we are able to identify seasonal features for these parameters.

Organic matter produced in the upper water layers or introduced from land is the main food source for deep-sea organisms. To characterise and quantify organic matter fluxes to the seafloor, we use moorings carrying sediment traps. They will record in high resolution sedimentation events like plankton blooms during the springtime. Virtually undisturbed sediment samples were taken using a multiple corer. Various biogenic compounds from the sediments will be analysed to estimate activities (e.g. bacterial exoenzymatic activity) and total biomass of the smallest sediment-inhabiting organisms. Results will help to describe the eco-status of the benthic system. The quantification of benthic organisms from bacteria to megafauna will be a major goal in biological investigations.

So called colonisation trays for soft bottom fauna will be employed for the first time. These trays are filled with artificial sediments (glass beads) enriched with various concentrations of particulate food. Deployed for different periods of time (three weeks and three month) these experiments will help to understand the relevance of food availability for the colonisation of deep sea softbottom habitats by bacteria, meio- and macrofauna organisms. In a further experiment we will deploy algal mats directly on the deep-sea floor to investigate the impact of pulsed food on the diversity of benthic organisms.

5.7 Arktisches Zooplankton

Hirche (AWI)

Unsere Zooplanktonarbeiten in der Barentssee, im Storfjord und in der Grönlandsee konzentrieren sich auf die Beschreibung des Entwicklungszustandes der winterlichen Zooplanktongemeinschaft. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, daß gerade unter einjährigem Eis Wachstum und Fortpflanzung der Copepoden schon früh im Jahr beginnen. Für uns ist die Frage spannend, ob es bereits im März Anzeichen für eine Entwicklung gibt. Die Daten sollen verglichen werden mit 2 Schnitten in der Barentssee im Mai/Juni 1997 auf ARK 13. Parameter für Wachstum und Reproduktion sind Stadienzusammensetzung, Gonadenreife und Eiproduktion aller Copepodenarten. Dazu werden feinmaschige Netze verwendet, um Eier und Nauplien in der Wassersäule zu erfassen, und Eiproduktionsexperimente angesetzt, um die Eiablage direkt zu messen. Gleichzeitig soll die Chlorophyllverteilung in der Wassersäule aus Wassers schöpferproben gemessen werden, um das Nahrungsangebot für das Zooplankton zu bestimmen. Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt sowie Lipide sollen Aufschluß geben über den physiologischen Zustand der dominanten Copepodenarten. Da in den verschiedenen Arbeitgebieten jeweils unterschiedliche Zooplanktongemeinschaften leben, ist ein Vergleich der Wintersituation in den unterschiedlichen Wassermassen angestrebt.

Da Copepoden häufig in der Form von Dauereiern auf dem Meeresboden überwintern, werden aus Kastengreiferproben bzw. aus dem Multicorer Sedimentproben aus der Barentssee und dem Storfjord inkubiert, um die Entwicklung von Dauereiern zu verfolgen.

Arctic Zooplankton

Hirche (AWI)

The zooplankton investigations in the Barents Sea, Storfjord and Greenland Sea focus on the description of the developmental state of the zooplankton community in winter. Previous studies have revealed early growth and reproduction of several copepod species under the single year ice of the Barents Sea. Thus it is an interesting question, whether development has started already in March, or whether the community is still in an hibernating condition. The data will be compared with observations on two transects across the ice covered northern Barents Sea in May and June during ARK 13. Developmental stage composition, gonad maturity and egg production of all dominant copepods will be used as parameters of growth and reproduction. Fine mesh will be used to collect eggs and young larvae in the water column. Egg production will be measured directly in incubation experiments in the laboratory. Concurrent measurements of chlorophyll a in the water column will describe the food environment for the zooplankton. Carbon and nitrogen content together with lipids will indicate the physiological condition of dominant copepods. As the zooplankton communities in the three working areas differ according to the water masses, comparison of the respective communities will help to reveal the existence of different life cycle strategies. Copepods often overwinter as resting eggs on the sea floor. Therefore sediment samples from box corer and multicorer will be incubated on board ship to follow the development of resting eggs, if present.

5.8 Temperaturphysiologie von arktischen Invertebraten und Fischen

Sartoris (AWI)

Die Temperatur kann als einer der wichtigsten abiotischen Faktoren in marinen Ökosystemen betrachtet werden, da alle biologischen Prozesse eine starke Temperaturabhängigkeit aufweisen. Hohe und niedrige Temperaturextreme charakterisieren daher die geographischen Verbreitungsgrenzen vieler Tierarten. Unsere Arbeiten an Organismen der Polargebiete beschäftigen sich mit den physiologischen Auswirkungen von Grenzbedingungen, d.h. mit der Frage, welche physiologischen und biochemischen Prozesse für die verminderte Überlebensfähigkeit verantwortlich sind. Die Schlüsselprozesse könnten Sauerstoffaufnahme und -transport, die Bereitstellung von Energie oder die Aufrechterhaltung des Ionen- und Säure-Basen-Gleichgewichts einschließen. Wir werden die grundlegenden Mechanismen untersuchen, die es arktischen Fischen ermöglichen in der Kälte zu wachsen, sich fortzupflanzen und ihre aerobe Kapazität zu erhalten. Untersuchungsobjekt wird die Arktische Aalmutter (Zoarcidae) sein. Zoarcidea sind weit verbreitet und kommen auch in unseren Breitengraden vor. Damit eignet sie sich als Modellorganismus zur Untersuchung saisonaler und latitudinaler Kälteanpassung. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Erhöhung der aeroben Kapazität mit einem Anstieg der Mitochondriendichte einhergeht. Wir werden untersuchen, ob dies auch für die arktische Aalmutter zutrifft und inwieweit die Mitochondrien in der Kälte modifiziert werden. Dazu bestimmen wir die Enzymaktivität von Schlüsselenzymen der oxidativen Phosphorylierung, wie der Cytochrome C Oxidase und die aerobe Kapazität der Mitochondrien. Diese Daten vergleichen wir mit den Daten von eurythermen Aalmuttern aus der Nordsee bzw. stenothermen Aalmuttern aus der Antarktis. Für die vergleichenden Untersuchungen zur temperaturabhängigen Ionenregulation und der Säure-Basen Regulation werden die Fische mit Reusen gefangen und zum AWI transportiert.

Kürzlich haben wir die Hypothese aufgestellt, dass die Biogeographie von marinen Krebsen durch den synergistischen Effekt von hohen extrazellulären Magnesiumkonzentrationen ($[Mg^{2+}]_e$) und niedrigen Temperaturen bestimmt wird. Innerhalb der Decapoden ist das Aktivitätsniveau eng mit der $[Mg^{2+}]_e$ verknüpft, je höher die Mg^{2+} -Konzentration in der Hämolymphe, desto niedriger ist die Aktivität der Tiere. Darüber hinaus nimmt die $[Mg^{2+}]_e$ in den meisten Crustacean mit abnehmender Temperatur zu, zudem gibt es Hinweise, die eine Zunahme der narkotisierenden Wirkung von Magnesium mit sinkenden Temperaturen zeigen. Zur Zeit ist nur wenig über die Magnesiumregulation arktischer Crustacean bekannt. Wir werden deshalb die verfügbaren Krebse sammeln und die Magnesiumkonzentration in der Haemolymphe bestimmen. Die Fähigkeit zur Magnesiumregulation und der Einfluss unterschiedlicher externer Magnesiumkonzentrationen auf die Aktivität und den Sauerstoffverbrauch wird untersucht.

Temperature physiology of Arctic invertebrates and fish

Sartoris (AWI)

Temperature is considered to be one of the most important abiotic factors shaping marine ecosystems due to its major impact on all biological processes. Focusing on life in cold oceans, our research addresses the question of how boundary conditions are defined from a physiological point of view and which physiological or biochemical characteristics or processes are responsible for limiting survival. Those key processes may comprise oxygen uptake and transportation, energy provision or maintenance of ionic and acid-base balance. Our work onboard will deal with the basic mechanisms that allow Arctic fish to maintain a high aerobic capacity and the capacity for growth and reproduction in the cold. Our studies

will be carried out on Arctic eelpout (Zoarcidae). Zoarcids are widely distributed and are very abundant at our latitudes as well. Thus, these species may serve as a model to investigate the differences between seasonal and latitudinal cold adaptation. Previous investigations suggest that an increase of aerobic capacity in the cold is achieved by increasing the number of mitochondria in the tissues. We will investigate if indeed the number of mitochondria does change during cold adaptation and if the characteristics of the individual mitochondrion are altered. We will determine the activity of the key enzyme of the oxidative phosphorylation (cytochrome c oxidase) and the aerobic capacity of the mitochondria. We will compare these data to seasonally cold adapted eelpout from the North Sea and stenothermal eelpout from the Antarctic. For comparative analyses of the temperature dependence of ion regulatory capacities and acid-base regulation Arctic eelpout will be collected using suitable traps and transported to the AWI for further physiological investigations.

Recently we have proposed that the biogeography of marine crustaceans in cold oceans is related to the combined effects of $[Mg^{2+}]_e$ and low temperature. Activity levels in decapod crustaceans are related to $[Mg^{2+}]_e$ while $[Mg^{2+}]_e$ increases with falling temperatures in most crustaceans and, in addition, available evidence suggests that the anaesthetic potency of magnesium increases with decreasing temperature. Up to now little is known about magnesium regulation in Arctic crustacea. We will therefore collect available crustacean species and determine the extracellular magnesium concentration. The capability to regulate $[Mg^{2+}]_e$ will be investigated and in addition the influence of different magnesium concentrations on activity and oxygen consumption.

5.9 Winterliche Benthosaktivitäten

Rachor (AWI)

Da im dunklen Winter keine frischen pflanzlichen Nahrungsressourcen am Boden arktischer Meeresgebiete verfügbar sind, wird angenommen, dass die Aktivitäten des Benthos dann möglicherweise geringer als im Sommer sind.

Um dieser Frage nachzugehen, sollen anhand von Multicorer-Bodenproben im Bereich Barentssee – Svalbard Aktivitätsmessungen durchgeführt werden, vor allen Dingen zum Sauerstoffverbrauch insgesamt und zur enzymatischen Aktivität von Mikroorganismen. Die Multicorer-Kerne werden an Bord bei Temperaturen um 0° C 24 bis 48 Stunden inkubiert; und die Sauerstoffkonzentrationen im bodennahen Wasser werden zumindest am Anfang und Ende des Versuchs gemessen. Nach Versuchsende wird die in den Kernen vorhandene Fauna extrahiert, so dass der Sauerstoffverbrauch rechnerisch auf die Anteile der Fauna und anderer Organismen bezogen werden kann. Zur Erfassung bakterieller Prozesse sollen extrazelluläre Enzymaktivitäten (z.B. FDA Esterasen) bestimmt werden (s. Beitrag I. Schewe).

Soweit möglich, sollen zusätzliche Informationen über die Aktivität und den Reproduktionsstatus des Makrozoobenthos aus Trawl- und Greiferproben gewonnen werden (s. auch Beitrag F. Sartoris).

Die während der Wintersaison gefundenen Daten werden mit Sommer-Messwerten aus Barentssee, Karasee und dem Weißen Meer sowie mit Winterdaten aus anderen (temperierten) Meeresgebieten verglichen.

Benthos activities during winter

Rachor (AWI)

As there are no fresh plant food resources available at the floor of Arctic seas during the dark winter season, it is anticipated that benthos activities may be lower than in summer.

To investigate this, multicorer bottom samples will be taken in the Barents Sea and Svalbard waters and used for activity measurements, especially for total oxygen uptake rates and for enzymatic activities of micro-organisms. The bottom cores will be incubated on board at temperatures around 0° C (for 24 to up to 48 hours); oxygen concentrations in the near-bottom water will be measured at least before beginning and after finishing the experiments. Thereafter, the fauna within the cores will be extracted, to allow calculations of the shares of the oxygen uptake rates by the fauna and by other organisms.

For the estimation of bacterial processes extra-cellular esterase enzyme (like FDA) activities will be measured (s. contribution I. Schewe).

If possible, additional information about macro-zoobenthos activity and reproduction conditions will be obtained from other bottom samples (trawls and grabs, s. contribution F. Sartoris).

The measured winter activity data will be compared with results of measurements in the Barents, Kara and White Seas in summer as well as with winter data from other (temperate) marine areas.

6. BEITRÄGE FÜR MEDIEN

Schmitz-Köster (RB,) Bäsemann

Das geplante Feature für Radio Bremen wird sich inhaltlich und akustisch auf die Spur heutiger Polarforscher begeben, alte Expeditionsberichte (Barents, Nansen, Amundsen) und literarische Texte (Andersch, Ransmeyer, Nadolny) dagegensetzen, um die Wahrnehmung eines Lebens in Dunkelheit und Kälte zu vertiefen, historische O-Töne und Atmosphären einbeziehen und aus diesem "Material" ein radiophones Panorama entwerfen, in dem Eindrücke von einer archaischen Natur und moderne High Tech-Forschung, historischer Entdeckertrieb und die gegenwärtige Sorge um das Überleben unseres Ökosystems aufeinandertreffen.

Zweiter Schwerpunkt ist eine photographische Dokumentation der wissenschaftlichen Arbeiten an Bord und auf dem Eis. Die Bilder gehen u.a. an verschiedene Agenturen im In- und Ausland (Deutschland, Norwegen, Japan). Mit der Firma Leica ist der Test einer Kamera unter arktischen Bedingungen geplant, mit anschließender Veröffentlichung. Außerdem ist eine Arktis-Photoausstellung sowie einen Arktis-Kalender geplant. Ein besonderer Schwerpunkt soll die Fotografie von Eisbären sein, die im Bereich des ersten Fahrtabschnittes südöstlich von Spitzbergen besonders häufig vorkommen. Weiterhin wird ein kleines ornithologisches Programm mit täglichen Zählungen durchgeführt

7. BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES ARK XIX/1

	Adresse Address
AWI Bremerhaven	Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft Postfach 12 01 61 27515 Bremerhaven
AWI Potsdam	Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft Telegrafenberg A43 D-14473 Potsdam
DWD	Deutscher Wetterdienst Jenfelder Allee 70A 22043 Hamburg
FIMR	Finnish Institute of Marine Research P.O. Box 33 Lyypekinkuja 3A FIN-00931 Helsinki, Finland
GIUB	Geophysical Institute, University of Bergen Allegaten 70 N-5007 Bergen, Norway
HSW	Helicopter Service Wasserthal GmbH Flughafen Hamburg 22335 Hamburg
IfMH	Institut für Meereskunde Universität Hamburg Tropowitzstrasse 7 22529 Hamburg
IFÖN	Institut für Ökologie und Naturschutz Abt. für Meeresbiologie Althanstr. 14 A-1090 Wien Austria

IPÖ Institut für Polarökologie
Wischhofstr. 1-3
Geb. 12
24148 Kiel

MIH Meteorologisches Institut
Universität Hamburg
Bundesstrasse 55
20146 Hamburg

MMBI Murmansk Marine Biology Institute
RAS 17 Vladimirskaia St.
Murmansk
183010 Russia

NERSC Nansen Environmental and Remote Sensing Center
Edv. Griegsvei 3a
N-5059 Bergen, Norway

RAS P.P. Shirshov Institute of Oceanology
36, Nachimovsky prosp
Moscow
117851 Russia

RB Radio Bremen Hörfunk
Bürgermeister-Spitta-Allee 45
28329 Bremen

SAMS Scottish Association for Marine Science
Dunstaffnage Marine Laboratory
Oban, Argyll, PA37 1QA
Great Britain

TUB Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme
Technische Universität Braunschweig
Hermann-Blenk-Strasse 23
38108 Braunschweig
GERMANY

UB Marine Zoology (FB2)
University of Bremen
P.O. Box 330 440
D-28334 Bremen

8. FAHRTTEILNEHMER/-INNEN / PARTICIPANTS ARK XIX/1

Name	First Name	Institute	Profession
Albert	Stefanie	MIH	Student
Alexandrov	Vitaly	NERSC	Oceanographer
Alm	Peter	HSW	
Auel	Holger	UB	Biologist
Bäsemann	Hinrich		Geologist/Journalist
Beeken	Andreas	MIH	Student
Birnbaum	Gerit	AWI	Meteorologist
Bothe	Oliver	MIH	Student
Buschmann	Marco	TUB	Engineer
Cohrs	Wolfgang	AWI	IT Technician
Damm	Ellen	AWI	Geologist
Debatin	Siegrid	AWI	Technician
Deubel	Hendrik	AWI	Biologist
Doble	Martin	SAMS	Scientist
Eriksson	Patrick	FIMR	Oceanographer
Fer	Ilker	GIUB	Scientist
Fetzer	Ingo	AWI	Biologist
Gerdes	Birte	AWI	Ph.D. Student
Graf	Sabine	AWI	Student
Haas	Christian	AWI	Geophysician
Harms	Ingo	IfMH	Oceanographer
Hartmann	Jörg	AWI	Scientist
Herrmann	Regine	AWI	Student
Hirche	Hans-Jürgen	AWI	Biologist
Hollmann	Beate	AWI	Technician
Jacobi	Hans-Werner	AWI	Chemist
Karcher	Michael	AWI	Oceanographer
Kern	Stefan	IfMH	Scientist
Kiko	Rainer	IPÖ	Student
Kirchgäßner	Amelie		
Klein	Boris	AWI	Technician
Kolar	Ingrid	IFÖN	Student
Kukina	Natalja	MMBI	Geologist
Lahrmann	Uwe	HSW	
Lannig	Gisela	AWI	Scientist
Lieser	Jan	AWI	Meteorologist
Lobach	John	AWI	Geophysicist
Lüpkes	Christof	AWI	Meteorologist
Martin	Torge	AWI	Student
Max	Thomas	AWI	Technician
May	Philipp	AWI	Student
Mercer	Duncan	SAMS	Engineer
Niehoff	Barbara	AWI	Scientist

Name	First Name	Institute	Profession
Offermann	Michael	MIH	Technician
Olbers	Dirk	AWI	Physicist
Pascal	Robin	SAMS	Scientist
Pfaffling	Andreas	AWI	Geophysicist
Pisarev	Sergey	RAS	Oceanographer
Rudels	Bert	FIMR	Oceanographer
Sartoris	Franz Josef	AWI	Biologist
Schauer	Ursula	AWI	Chief Scientist
Scheltz	Annette	IPO	Technician
Schewe	Ingo	AWI	Biologist
Schmitz-Köster	Dorothee	RB	Journalist
Schünemann	Henrike	IPO	Scientific. employee
Schwarz	Jill Nicola	AWI	Scientist
Seidler	Kai	HSW	
Seiffert	Rita	MIH	Student
Sirevaag	Anders	GIUB	Student
Spieß	Thomas	TUB	Meteorologist
Wadhams	Peter	SAMS	Physicist
Wegner	Jan	AWI	Technician
Welsch	Andreas	IfMH	Technician
Werner	Iris	IPO	Biologist
Willmes	Sascha	AWI	Student
Wolfahrt	Frederike	AWI	Student
Wollenburg	Jutta	AWI	scientific employee
Yelland	Margaret	SAMS	Scientist

9. SCHIFFSBESATZUNG / SHIP'S CREW ARK XIX/1

Reederei F.Laeisz G.m.b.H.
Name of Ship : POLARSTERN
Nationality : GERMAN

Reise **ARK XIX / 1**
28.02.2003 - 24.04.2003
Bremerhaven - Longyearbyen

No.	NAME	RANK	NATION
01.	Pahl, Uwe	Master	German
02.	Grundmann, Uwe	1.Offc.	German
03.	Schulz, Volker	Ch.Eng.	German
04.	Fallei, Holger	2.Offc.	German
05.	Peine, Lutz	2.Offc.	German
06.	Hartung, René	2.Offc.	German
07.	Grigoleit, Urte	Doctor	German
08.	Hecht, Andreas	R.Offc.	German
09.	Erreth, Gyula	1.Eng.	German
10.	Richter, Frank	2.Eng.	German
11.	Simon, Wolfgang	2.Eng.	German
12.	Dimmler, Werner	Electr.Technician	German
13.	Fröb, Martin	Electr.Technician	German
14.	Gerchow, Peter	Electr.Technician	German
15.	Piskorzynski, Andreas	Electr.Technician	German
16.	Verhoeven, Roger	Electr.Technician	German
17.	Holtz, Hartmut	Electr.	German
18.	Loidl, Reiner	Boatsw.	German
19.	Neisner, Winfried	Carpenter	German
20.	Bäcker, Andreas	A.B.	German
21.	Schmidt, Uwe	A.B.	German
22.	Winkler, Michael	A.B.	German
23.	Schröder, Norbert	A.B.	German
24.	Bastigkeit, Kai	A.B.	German
25.	Guse, Hartmut	A.B.	German
26.	Hagemann, Manfred	A.B.	German
27.	Niehusen, Arne	Apprent.	German
28.	Beth, Detlef	Storekeep.	German
29.	Arias Iglesias, Enr.	Mot-man	Chile
30.	Fritz, Günter	Mot-man	Austria
31.	Krösche, Eckard	Mot-man	German
32.	Dinse, Horst	Mot-man	German
33.	Scholl, Christoph	Apprent.	German
34.	Fischer, Matthias	Cook	German
35.	Tupy, Mario	Cooksmate	German
36.	Martens, Michael	Cooksmate	German
37.	Dinse, Petra	1.Stwdess	German
38.	Schöndorfer, Ottilie	Stwdss/KS	German
39.	Streit, Christina	2.Stwdess	German
40.	Schmidt, Maria	2.Stwdess	German
41.	Deuß, Stefanie	2.Stwdess	German
42.	Tu, Jian Min	2.Steward	China
43.	Wu, Chi Lung	2.Steward	German
44.	Yu, Chung Leung	Laundrym.	Hongk.

FAHRTABSCHNITT ARK XIX/2 LONGYEARBYEN - BREMERHAVEN (24.04.-14.05.2003)

CRUISE LEG ARK XIX/2 LONGYEARBYEN - BREMERHAVEN

1. ZUSAMMENFASSUNG UND FAHRTVERLAUF

Der 2. Fahrtabschnitt der 19. Polarstern-Expedition in die Arktis wird in Longyearbyen auf Spitzbergen am 24. April 2003 beginnen. Von dort wird es zunächst in Richtung Bäreninsel gehen, wo die ozeanographischen Untersuchungen mit einem Schnitt entlang 75°N beginnen werden, der bis zum grönländischen Schelfgebiet führt (Fig.1). Dieser Schnitt wird jährlich wiederholt, um Veränderungen der Wassermassen insbesondere der Tiefen- und Bodenwassermassen der Grönlandsee langfristig untersuchen zu können. Es soll möglichst unmittelbar nach den Konvektionsereignissen im Winter die großräumige hydrographische Struktur erfasst werden, um den Einfluss von Modifikationen, im wesentlichen durch lateralen Austausch, zwischen Frühjahr und Sommer auszuschließen aber dennoch die maximalen Ventilationstiefen angeben zu können. Die sehr komplexen Vorgänge sollen zum einen durch die Untersuchungen während der 75° Schnittfahrten und zum anderen durch autonome Jojo-Verankerungen geklärt werden. Die Verankerungen ermöglichen die detaillierte Aufzeichnung der Prozesse während des ganzen Jahres.

Neben den hydrographischen Untersuchungen werden während des 75° Schnitts sowie auf dem grönländischen Schelf und am Hang weiter nördlich und südlich die Nährsalzkonzentrationen gemessen, um im Vergleich zu früheren Fahrten die saisonalen und jährlichen Veränderungen zu bestimmen. Nitrat und Phosphat, deren Verhältnis sowie Silicat haben sich als gute Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers, das zum Teil auch pazifischen Ursprung hat, erwiesen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Erfassung von Fluoreszenzprofilen im Ostgrönlandstrom und die Korrelation der Fluoreszenzsignale mit den hydrographischen und chemischen Daten (Nährsalze, gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und Ligninphenole). Die zum Einsatz kommende CTD-gestützte Fluoreszenzsonde besitzt eine hohe Spezifität für gelöstes Material terrestrischen Ursprungs, das über die großen Flüsse in den Arktischen Ozean eingetragen wird. Mit diesen Untersuchungen soll eine bessere Abschätzung des Volumentransports an terrigenem Material im Ostgrönlandstrom erzielt werden.

Die optischen Eigenschaften des Meerwassers werden bestimmt, um eine direkte Validierung von Fernerkundungsdaten vornehmen zu können. Dazu gehört die Messung der Strahlungsdichte über dem Wasser und der Konzentration von Stoffen, die optisch aktiv sind sowie die Bestimmung der optischen Eigenschaften. Ziel der Untersuchungen ist es, das Verständnis der Variabilität von optischen Eigenschaften zu verbessern und Daten für der Entwicklung und Verbesserung von Fernerkundungsalgorithmen zu sammeln. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Algorithmen zur Abschätzung von Pigmenten und partikulärem organischem Kohlenstoff (POC). Die bisherigen Algorithmen basieren auf *in situ* Messungen in mittleren Breiten. In Arktischen Gewässern sowie im südlichen Ozean sind bisher kaum Messungen durchgeführt worden, so dass die aus Fernerkundung abgeschätzte Biomasse und Primärproduktion möglicherweise fehlerhaft ist.

Ziel der biologischen Arbeiten ist die Untersuchung der Vertikalverteilung des Zooplanktons in der Grönlandsee in Fortsetzung der Arbeiten auf dem vorherigen Fahrtabschnitt. Den Winter verbringen ältere Stadien in tiefem Wasser. Es soll der Zeitpunkt des Aufstiegs in die euphotische Zone und der Gonadenreife möglichst genau bestimmt werden, um bessere Informationen über den zeitlichen Verlauf der Reproduktionsbiologie zu erhalten.

Nach Beendigung der Arbeiten auf dem grönländischen Schelf wird Polarstern dann Richtung Bremerhaven aufbrechen, um nach ca. 4 tägiger Fahrt am 14. Mai 2003 in Bremerhaven einzulaufen.

ITINERARY AND SUMMARY

The second leg of the Polarstern expedition ARK XIX to the Arctic starts in Longyearbyen on Spitsbergen on the 24th of April 2003. We will steam towards Bear Island to the eastern end of the transect along 75°N across the Greenland Sea (Fig. 1). The hydrographic observations are repeated for many years to investigate the variability and changes of the Greenland Sea water masses with respect to deep and bottom water formation. During the expedition the large scale hydrographic structure shall be assessed immediately after the winter cooling period to avoid the inclusion of modifications induced by lateral exchanges during spring and summer, but nevertheless to get correct data about maximum ventilation levels. The complex conditions will be studied by oceanographic measurements during the Greenland Sea transect and by autonomous Jojo-moorings. These moorings allow detailed records of a complete yearly cycle.

Along the 75°N transect and in addition north and south on the Greenland shelf nutrient concentrations will be determined to monitor interannual and spatial variability. Nitrate and phosphate and its ratio as well as silicate are good tracers for the outflow of upper halocline Arctic surface water flowing along the Greenland continental slope. Part of this water mass is probably of Pacific origin. Another topic is the determination of fluorescence profiles in the East Greenland Current (EGC) and their correlation with hydrographic and chemical data (inorganic nutrients, dissolved organic carbon (DOC) and lignin phenols). The CTD-mounted fluorescence probe has a high specificity for material of terrestrial origin, which is discharged by the huge rivers entering the Arctic Ocean. These studies will allow a better estimate on the amount of terrigenous carbon transported from the Arctic Ocean via the EGC to the North Atlantic.

The optical properties of seawater will be determined for direct validation of optical remotely-sensed data. The radiance above the water will be measured, which mimic the satellite-borne sensors. Concentrations of optically active constituents in the water and optical properties of these constituents will be determined. Our primary objective will be to acquire data for improving our understanding of the ocean optical properties and for developing/refining ocean colour algorithms for the investigated polar waters. Our efforts will be focused on algorithms for retrieving pigment and particulate organic carbon (POC) concentrations. The available data are mostly restricted to in situ measurements in temperate regions. The Arctic and the Southern Ocean are severely undersampled, which means that remotely-sensed biomass estimates for these regions are subject to unquantified errors.

Biological work will focus on the seasonal ontogenetic migrations of zooplankton continuing work started on the previous cruise leg. This time series will allow to determine the timing of developmental ascent after overwintering and gonad maturation and will reveal better information of the reproduction biology of zooplankton species.

After finishing our research in the Greenland shelf area Polarstern will steam back to Bremerhaven, where she will arrive after about 4 days travelling on the 14th of May 2003.

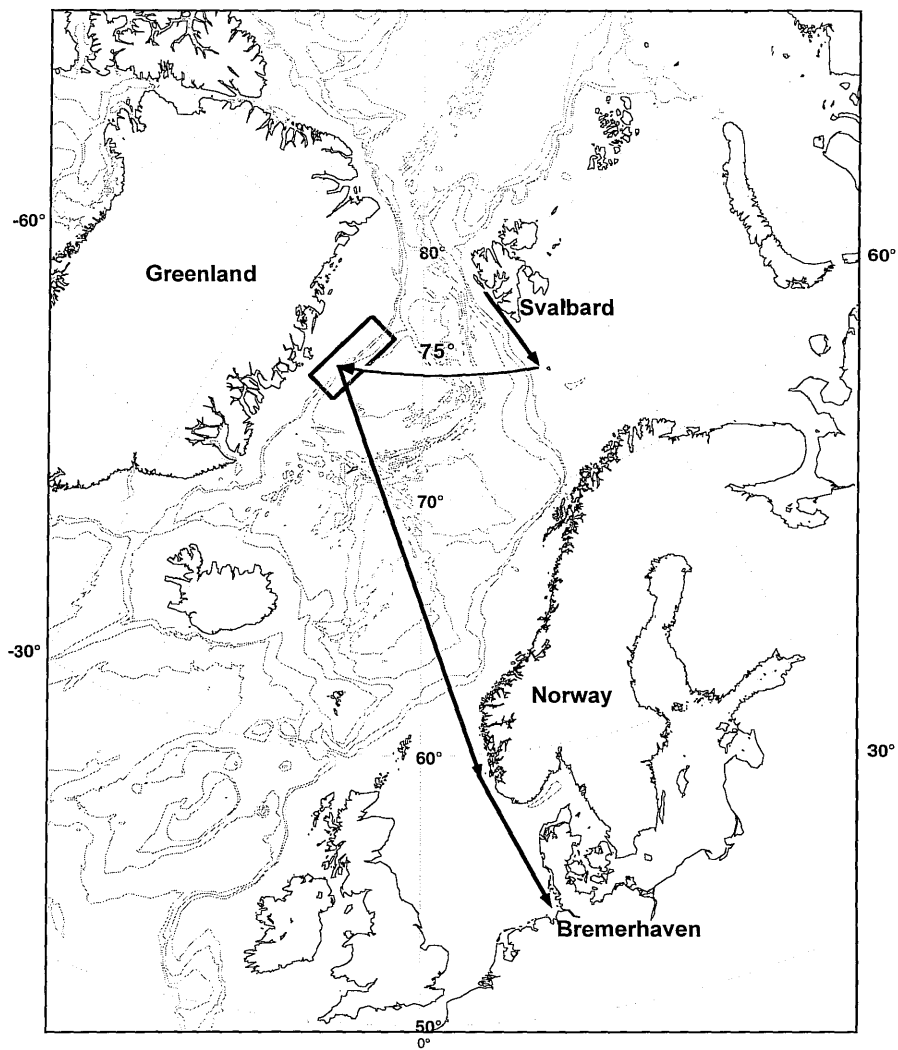


Abb 1. Fahrtroute der POLARSTERN während der ARK XIX/2 Expedition
 Fig. 1. Cruise track of POLARSTERN during the ARK XIX/2 expedition

2. ENTWICKLUNG DER HYDROGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE IN DER GRÖNLANDSEE

(G. Budéus, S. Breitenbach, E. Falk, L. Gerull, J. Otto, R. Plugge, S. Ronski, AWI)

Den physikalischen Prozessen in den Polarmeen wird aufgrund ihrer hohen Sensibilität gegenüber klimatischen Veränderungen erhöhte Aufmerksamkeit zuteil. Dies gilt auch für die ozeanographischen Abläufe in der Grönlandsee, die eines der weni-gen Gebiete weltweit ist, in denen durch atmosphärischen Antrieb oberflächennahes Wasser zu so hoher Dichte modifiziert werden kann, dass es in große Tiefen absinkt und damit die thermohaline Zirkulation im Ozean antreibt. Es ist heute klar, dass die einfache Vorstellung regelmäßiger, jährlich wiederkehrender winterlicher Bodenwassererneuerung nicht zutrifft und die bisherigen Konzepte für tiefe Konvektion die Vorgänge in der Grönlandsee nicht beschreiben. Seit vom Ende der 80er Jahre an regelmäßige Felduntersuchungen stattfinden, wurde das Bodenwasser in keinem Jahr durch winterliche Konvektion erneuert. In dieser Situation verändern sich dessen Eigenschaften hin zu höheren Temperaturen und Salzgehalten. Diese können zum großen Teil durch vertikale Verlagerung der Wassersäule zusammen mit Export von Bodenwasser erklärt werden, gleichzeitig existieren jedoch auch Einflüsse durch laterale Einträge. Um die Veränderungen richtig interpretieren zu können, benötigt man lange Zeitreihen konsistenter Qualität.

Die Arbeiten der vergangenen Jahre zeigten u.a., dass selbst die für einfach gehaltene Identifizierung stattgefundenener winterlicher Ventilation nicht mit feststehenden Einzelkriterien gelingt. So können z.B. nach der Ventilationsphase nicht nur wie bisher hypothesiert niedrigere, sondern auch höhere Temperaturen im ventilierten Bereich auftreten; ebenso gibt es keine feste Regel für Salzgehaltsänderungen. Bei Anwendung eines umfangreicheren Kriterienkatalogs zeigt sich, dass die Winterkonvektion in den meisten Jahren bis zu einem in mittlerer Tiefe gelegenen Dichtesprung vordrang. Auch dieser ändert seine Tiefenlage, so dass zunehmend größere Konvektionstiefen auftreten, was jedoch nicht gleich bedeutend mit der Belüftung älterer Wassermassen ist. Dieser zweigeteilte Schichtungsaufbau unterscheidet sich grundsätzlich von der rotations-symmetrischen Domstruktur der frühen 80er Jahre.

In jüngster Zeit wurden überraschend langlebige submesoskalige antizyklonale Wirbel entdeckt (Durchmesser 10 bis 20 km), in denen die Konvektion etwa 1000 m tiefer als in der Umgebung reicht, nämlich bis etwa 2600 m. Diese Wirbel scheinen mehrere Jahre überdauern zu können, und in deren Zentrum wird die Winterkonvektion als erstes wieder bis zum Ozeanboden vordringen. Um deren Bedeutung abschätzen zu können wird versucht, die Entwicklung eines solchen Wirbels, der sich als relativ stationär erweist, in Kooperation mit anderen Partnern über mehrere Jahre zu verfolgen.

Nach wie vor wird wegen der kleinen räumlichen und zeitlichen Skalen nicht versucht, die Konvektionsprozesse im Winter direkt zu untersuchen. Der detaillierte Ablauf der winterlichen Prozesse wird durch unsere autonomen Jojo-Verankerungen erfasst. Die Expedition in 2003 soll dagegen möglichst unmittelbar nach den Konvektionsereignissen die großräumige hydrographische Struktur erfassen, um den Einfluss von Modifikationen, im wesentlichen durch lateralen Austausch, zwischen Frühjahr und Sommer auszuschließen aber dennoch die maximalen Ventilationstiefen angeben zu können.

Auf der Expedition 2003 werden die drei Jojo-Verankerungen ausgewechselt, und es wird ein zonaler Schnitt auf 75° N mit etwa 60 CTD-Stationen durchgeführt. Darüber hinaus ist die Vermessung eines submesoskaligen Wirbels geplant.

DEVELOPMENT OF THE HYDROGRAPHIC STRUCTURE IN THE GREENLAND SEA

(G. Budéus, S. Breitenbach, E. Falk, L. Gerull, J. Otto, R. Plugge, S. Ronski, AWI)

Physical processes in the polar oceans are regarded with increased attention because of their high sensibility against climatic changes. This is also true for the hydrographic development in the Greenland Sea, which is one of the few regions worldwide where surface waters can gain by atmospheric forcing such high densities that they sink to great depths and drive hereby the thermohaline circulation. Today it is clear that the straightforward idea of regular, repeated bottom water renewal in winter is not correct and that the proposed concepts for deep convection do not adequately describe the processes in the Greenland Sea. Since regular field expeditions have been started during the end of the 1980s, there was not a single year during which bottom water has been ventilated by winter convection. In this situation, bottom water properties change towards higher temperatures and salinities. This can to a large part be explained by vertical displacement of the water column together with bottom water export. At the same time lateral inputs do also modify deep water as well as shallow water properties. For a correct interpretation of these changes long term time series with consistent quality are indispensable.

Work during the recent years showed a.o. that even the seemingly simple identification of winter convection fails when using single criterions. In contrast to present knowledge, temperatures in a ventilated volume can be higher as well as lower after a convection phase. The same is true for salinities. The application of a more complex criterion catalogue shows that in the last decade winter convection penetrated to a density step in mid depth during most years. This density step is also observed in increasing depths levels which leads to increasing convection depths. Consequently, these increasing depths are not synonymous with the ventilation of older water masses. The described two layered density structure is principally different from the dome structure with rotation symmetry of the early 1980s.

Most recently, surprisingly long lived sub-mesoscale vortices (SCVs) have been detected in the Greenland Sea (diameter about 10 to 20 km). In the centre of these features convection reaches depths that are about 1000 m greater than in the background (some 2600 m). These eddies seem to survive a number of years by a repeated homogenisation during winter. It is in the centres of these eddies where winter convection will meet the ocean bottom first. In order to assess the importance of the SCVs a cooperative effort is made to follow the development of a single, relatively stationary SCV over some years.

As before, no attempt will be made to investigate the convection processes directly by shipborne measurements because of the inherent small time and space scales. The detailed development of winter ventilation is instead measured by our autonomous Jojo-moorings. The main task of the expedition in 2003 is to assess the large scale hydrographic structure immediately after the cooling period to avoid the inclusion of modifications induced by lateral exchanges during spring and summer, but nevertheless get a correct idea about maximum ventilation levels.

During the 2003 expedition, three Jojo-moorings will be replaced, and a zonal transect on 75°N will be performed which contains approximately 60 stations. The investigation of an SCV is also scheduled.

3. NÄHRSA LZUNTERSUCHUNGEN IN DER GRÖNLANDSEE

(C. Hartmann, G. Kattner, M. Stürcken, NN, AWI)

Die meereschemischen Arbeiten stehen in engem Zusammenhang mit den hydrographischen und planktologischen Untersuchungen. Zum einen spiegeln die Nährsalzkonzentrationen die Entwicklung des Phytoplanktons wieder und zum anderen

eignen sie sich als Tracer für die Identifizierung und Verfolgung von Wassermassen. Während des 75° Grönlandsee-Schnitts und auf dem grönländischen Schelf und am Hang werden die Nährsalzkonzentrationen gemessen, um im Vergleich zu früheren Fahrten die saisonalen und jährlichen Veränderungen zu bestimmen. Während der Expedition sollen die Untersuchungen in Richtung Norden und Süden entlang des grönländischen Schelfhangs ausgedehnt werden. Die verschiedenen Wassermassen mit ihren unterschiedlichen Nährsalzkonzentrationen können z.B. die Entwicklung des Phytoplanktons und die Entstehung von Phytoplanktonblüten beeinflussen.

Nitrat und Phosphat sowie deren Verhältnis haben sich als gute Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers, das zum Teil auch pazifischen Ursprung hat, erwiesen. Außerdem treten im Ostgrönlandstrom sehr hohe Konzentrationen insbesondere an Silicat auf, die deutlich höher als im Atlantischen Wasser sind. Um diese nährsalzreichen Wassermassen verfolgen zu können, sind weitere Schnitte entlang des grönländischen Hangs geplant.

Die Wasserproben werden aus verschiedenen Tiefen mit den Schöpfnern des CTD-Systems genommen. Sofort an Bord werden die Nährsalze Nitrat, Nitrit, Phosphat und Silicat mit einem Autoanalyser-System bestimmt. Die Bestimmung erfolgt nach Standardmethoden der Nährsalzanalytik.

NUTRIENTS IN THE GREENLAND SEA

(C. Hartmann, G. Kattner, M. Stürcken, NN, AWI)

The determinations of nutrients are closely connected with the physical and planktological investigations. The development of phytoplankton blooms is especially dependent on the available nutrients. On the other hand nutrients are good tracers for the identification of water masses. The change in nutrient concentrations will be followed during the 75°N Greenland Sea transect and across the Greenland shelf and slope. In comparison with similar transects in former years, the seasonal and interannual variability will be determined. During this cruise the investigations will be expanded further north and south along the continental slope of Greenland. The different water masses with its different nutrient concentrations influence, for example, the development of phytoplankton blooms.

In view of the water mass identification and determination nitrate and phosphate as well as its ratio are good tracers for the outflow of upper halocline Arctic surface water flowing along the Greenland continental slope. Part of this water mass is probably of Pacific origin. In addition high concentrations of silicate are typical for water masses in the East Greenland Current. To determine the structure of this outflow as well as its nutrient concentrations and distributions transects with high spatial resolution are planned along the Greenland coast.

From water samples taken with the CTD rosette sampler at different depth, the nutrients - nitrate, nitrite, phosphate and silicate - are determined immediately on board with an Autoanalyser-system according to standard methods.

4. FLUORESCENZMESSUNGEN IM OSTGRÖNLANDSTROM ZUR ERFASSUNG VON GELÖSTEM ORGANISCHEN KOHLENSTOFF TERRIGENEN URSPRUNGS

(B. Meon, AWI)

Der Schwerpunkt unserer Forschungsaktivität ist die Erfassung von Fluoreszenzprofilen im Ostgrönlandstrom und die Korrelation der Fluoreszenzsignale mit hydrographischen Daten, Nährstoffdaten, gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) und Ligninphenolen. Die zum Einsatz kommende CTD-gestützte Fluoreszenzsonde besitzt eine hohe Spezifität für gelöstes Material terrestrischen Ursprungs und gewährleistet eine hohe räumliche Auflösung

im Tiefenprofil. Aktuelle Forschungsergebnisse (Opsahl et. al., 1999) deuten darauf hin, dass große Mengen des in den Arktischen Ozean eingetragenen terrestrischen Kohlenstoffs im Ostgrönlandstrom in den Nordatlantik transportiert werden. Die bisherigen Abschätzungen des Volumentransports an terrigenem Material im Ostgrönlandstrom basieren auf Ligninphenolmessungen (Marker für Kohlenstoff, welcher von Gefäßpflanzen stammt) und neuerdings Fluoreszenzmessungen (Amon et al.; JGR, in revision). Quellen des in den Arktischen Ozean eingetragenen terrigenen Kohlenstoffs bilden die eurasischen und nordamerikanischen Flüsse. Allerdings erlaubt die alleinige Erfassung von hydrographischen Daten oder organischen Komponenten im Ostgrönlandstrom keine Differenzierung der Herkunft der Wassermassen. Der Vergleich von Fluoreszenz und hydrographischen Daten stellt die gängigen Vorstellungen von der Herkunft der Wassermassen im Ostgrönlandstrom in Frage. Die geplante gleichzeitige Erfassung von hydrographischen Parametern (Budeus, Meon), Nährstoffen (G. Kattner und Mitarbeiter), Fluoreszenz (Budeus, Meon) und Ligninphenolen (R. Amon) bietet hingegen gute Voraussetzungen zur Abgrenzung der unterschiedlichen Wassermassen und somit zur Identifizierung und Quantifizierung der verschiedenen Quellen des terrigenen Materials.

In einem weiteren Versuchsansatz beabsichtigen wir die Messung eines hoch aufgelösten DOC Vertikalprofils in der zentralen Grönlandsee, um den Transport und den Abbau von labilem und semi-labilem DOC während der Tiefenwasserbildung zu erfassen. Zusätzlich erfolgen Probenahmen zur Bestimmung der gelösten Kohlenhydrate (Anteil an „frischem DOC-Material“) und die Messung der bakterielle Respiration (Abbau von DOC). Diese Messungen sind von Bedeutung in Hinblick auf den vertikalen Export von DOC, und somit der langfristigen Bindung von atmosphärischem CO₂.

Literatur

- Opsahl, S., R. Benner, and R.M.W. Amon, 1999. Major flux of terrigenous dissolved organic matter through the Arctic Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 44, 2017-2023.
- Amon, R.M.W., G. Budeus, and B. Meon. Dissolved organic carbon distribution and origin in the Nordic Seas: Exchanges with the Arctic Ocean and the North Atlantic. *J. Geophys. Res. – Oceans* (in press).

FLUORESCENCE MEASUREMENTS IN THE EAST GREENLAND CURRENT (EGC) TO DETERMINE DISSOLVED ORGANIC CARBON OF TERRIGENOUS ORIGIN

(B. Meon, AWI)

The focus of our research activity is the measurement of fluorescence profiles in the East Greenland Current (EGC) and to correlate these data with hydrographic data, inorganic nutrients, dissolved organic carbon (DOC), and lignin phenols. The CTD-mounted fluorescence probe used in our study has a high specificity for material of terrestrial origin and guarantees a high spatial resolution in depth profiles. In a recent study Opsahl et al. (1999) report that a significant amount of terrigenous carbon in the Arctic Ocean is transported via the EGC to the North Atlantic. So far estimates on the volume transport of terrestrial carbon in the EGC are based on the measurement of lignin phenols (markers for vascular plant organic carbon) and more recently fluorescence (Amon et al., in revision). Sources of terrigenous carbon in the Arctic Ocean are Eurasian and North American rivers. However, it is not possible to separate water masses by simply collecting hydrographic data or measuring specific components of DOM. In fact, the distribution of fluorescence signals and their correlation with hydrographic data is challenging the current picture of the origin of water masses in the EGC. Thus, the combined measurement of hydrographic parameters (Budeus, Meon), inorganic nutrients (Kattner and coworkers), fluorescence (Budeus, Meon) and lignin phenols (Amon) appears to be a prerequisite for the separation of water masses

and allows for the identification and quantification of the different sources of the terrestrial material in the EGC.

In a second experiment we plan to measure a high-resolution DOC depth profile in the central Greenland Sea in order to estimate transport and degradation of labile and semi-labile DOC during deep-water formation. In addition samples will be taken for the determination of dissolved carbohydrates (contribution of „fresh“ material to DOC-pool) and bacterial respiration (degradation of DOC). These parameters are important with regard to vertical export of DOC and thus longterm sequestration of atmospheric CO₂.

References

- Opsahl, S., R. Benner, and R.M.W. Amon, 1999. Major flux of terrigenous dissolved organic matter through the Arctic Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 44, 2017-2023.
- Amon, R.M.W., G. Budeus, and B. Meon. Dissolved organic carbon distribution and origin in the Nordic Seas: Exchanges with the Arctic Ocean and the North Atlantic. *J. Geophys. Res. – Oceans* (in press).

5. BIO-OPTISCHE MESSUNGEN UND OPTISCHE FERNERKUNDUNG

(J. Schwarz, L. Dransfeld, AWI)

Unter optimalen Bedingungen ergibt die optische Fernerkundung eine bessere räumliche und zeitliche Bestimmung der Biomasse an der Ozeanoberfläche als jedes andere Beobachtungssystem. Die Algorithmen, mit denen die Konzentration von Pigmenten aus der gemessenen Strahlungsdichte abgeleitet werden, basieren jedoch auf *in situ* Messungen in mittleren Breiten, die leicht zugänglich sind. In Arktischen Gewässern, sowie im Südlichen Ozean sind kaum Messungen durchgeführt worden, mit der Folge, dass die aus Fernerkundung abgeschätzte Biomasse und Primärproduktion unter uncharakterisierten Fehlern leiden. Als Antrieb für die biologische Pumpe ist das Phytoplankton, charakterisiert durch Biomasse und Primärproduktionsrate, von großem Interesse in Kohlenstoffkreislaufstudien. Diese Daten sind jedoch auch für andere Bereiche, z.B. Ökosystemstudien und Fischereistudien, wichtig.

Auf dem zweiten Abschnitt von ARK XIX arbeiten wir mit der optische Gruppe von Scripps zusammen, um Daten von allen Parametern, die für eine direkte Validierung der Fernerkundungsdaten nötig sind, zu sammeln. Das sind Strahlungsdichten über dem Wasser, die die Satellitensensoren nachahmen, Konzentrationen von Stoffen, die optisch aktiv sind, und deren optische Eigenschaften. Der Gruppe von Scripps wird auch optische Eigenschaften *in situ* messen (siehe Beitrag in diesem Heft).

Konzentrationen von optisch aktiven Stoffen

(für weitere Informationen siehe auch Beitrag für Fahrabschnitt 1)

Auf diesem Abschnitt erwarten wir eine Frühjahrsblüte in der Eisrandzone. Satellitenbilder zeigen, dass die Dynamik der Oberflächenschicht in diesem Gebiet hohe kleinskalige Variabilitäten (1 bis 50 km) z.B. in der Chlorophyllkonzentration verursacht. Deshalb nehmen wir Proben von der Oberfläche in dichtem Abstand zusätzlich zu Proben von den CTD Stationen.

Messungen:

- Konzentration von Phytoplanktonpigmenten, gemessen mit HPLC
- Konzentration und Taxonomie von Phytoplanktonarten
- Konzentration von organischen und anorganischen Partikeln, gravimetrisch gemessen
- Konzentration von partikulärem organischem Kohlenstoff
- Konzentration und Größenverteilung von Partikeln > 0.5 µm.

Optische Eigenschaften

Proben werden genommen für die Bestimmung von:

- a. Absorption und Streuung von Phytoplanktonpigmenten und Detritus
- b. Absorption von Gelbstoffen, die spektrophotometrisch nach Filtrierung durch einen 0.2 µm Filter gemessen werden.

Radiometrie

Wir hoffen, einen Satz von optischen Radiometern auf Polarstern installieren zu können, die die Strahlungsdichte, die von der Wasseroberfläche reflektiert wird, sowie die Energie, die von der Sonne geliefert wird, misst. Die Verhältnis zwischen diesen zwei Parametern heißt ‚remotely sensed reflectance‘, weil es das, was ein Satellitensensor sieht, nachahmt. Diese Sensoren sind hoch spektral aufgelöst und können fast kontinuierlich (sehr kurze Aufnahmezeit) messen. Das wird uns erlauben, viele Fragen zu untersuchen, zum Beispiel:

- sind unsere Konzentrationsbestimmungen mit Hilfe der Strahlungstransfertheorie, mit unseren gemessenen Strahlungsdichten konsistent?
- Wieviel der Variabilität verpasst ein Satellitensensor mit einer räumlichen Auflösung von 1 km; hat das einen Einfluss auf der statistische Verteilung von z.B. der Chlorophyllkonzentration, und was sind die Folgerungen für Vergleiche zwischen Schiffsmessdaten (Punkt) und Satellitendaten (1 km² integriert)?
- Können wir mit Hilfe der spektral hoch aufgelösten Radiometerdaten die Hauptpigmente von den Phytoplanktonzellen ausmachen und damit auch den Anteil von verschiedenen Phytoplanktonarten abschätzen?
- Wie gut ist die Atmosphärenkorrektur der Satellitendaten in diesem Gebiet und zu dieser Jahreszeit?

BIO-OPTICAL MEASUREMENTS AND OPTICAL REMOTE SENSING

(J. Schwarz, L. Dransfeld, AWI)

Under optimal conditions, optical remote sensing yields better temporal and spatial coverage of biomass in the surface ocean than any other sampling platform. However, the statistically-based algorithms for calculating pigment concentrations from measured radiances are based largely on in situ measurements from the mid-latitudes – waters which are easily accessible. Both the Arctic and the Southern Ocean are severely undersampled, which means that remotely-sensed biomass estimates for these regions are subject to unquantified errors. Since phytoplankton, using energy from the sun, drives the biological pump, surface biomass and primary productivity estimates are of great importance to carbon cycle studies. However, large-scale biomass maps are also of interest in many other contexts, including ecosystem dynamics and fisheries monitoring.

On the second leg of ARK XIX, we will work together with the optics group from Scripps to gather data of all types necessary for direct validation of optical remotely-sensed data. That is: radiance measurements above the water, which mimic the satellite-borne sensors, concentrations of optically active constituents in the water and optical properties of these constituents. The group from Scripps will also measure in situ optical properties (see their section for details).

Concentrations of OAC

(See 'Bio-optical measurements and optical remote sensing' in the previous section (ARK XIX, Leg 1) for background details)

On this section of the cruise, we expect to observe spring bloom conditions at the ice edge. The surface dynamics of this region can be seen in satellite imagery to cause high variability

in concentrations of, for example, chlorophyll, on small spatial scales (1 to 50 km), so we will take samples from the surface flow-through supply (ca. 10 m depth) at frequent intervals along the 75° transect as well as from Niskin bottles at CTD stations.

Measurements:

- a. concentration of phytoplankton pigments, measured using high performance liquid chromatography
- b. concentration and taxonomy of phytoplankton cells
- c. concentration of inorganic and organic particulates, measured gravimetrically
- d. concentration of particulate organic carbon
- e. concentration and size distribution of particles > 0.5 μm .

Inherent Optical Properties (IOP)

Samples will be taken for measurement of:

- a. absorption and scattering by phytoplankton pigments and detritus
- b. absorption by CDOM, also measured spectrophotometrically after filtration through 0.2 μm pore-size filters.

Radiometry

All being well, a suite of optical radiometers will be mounted on Polarstern to measure upwelling radiance from the sea-surface, along with downwelling irradiance. The ratio of these measurements is termed 'remote-sensing reflectance', since it mimics what a satellite-borne sensor sees. The sensors have high-spectral resolution (3.3 nm), and can measure quasi-continuously (very short exposure time), and this will allow us to tackle many questions, such as:

- are our measurements of the concentrations and optical properties of substances in the water (note that we can not measure all OAC in this cruise, nor can we directly measure the full scattering phase function) consistent, through radiative transfer theory, with our measurements of reflectance? More simply, have we missed anything important?

- How much in situ variability does a satellite with spatial resolution of 1 km miss; does this affect the statistics of, for example, chlorophyll frequency distribution, and what are the implications for comparisons of ship (point) data with satellite (1 km² integrated) data?

- Using the high spectral resolution radiometric data, can we distinguish the major accessory pigments of phytoplankton cells in the water, and, in consequence, estimate the proportion of different phytoplankton taxa making up the community?

- How well does the atmospheric correction applied to satellite data in this region perform?

6. OPTISCHE MESSUNGEN

(M. Stramska, D. Stramski, D.B. Allison, S. Kaczmarek, USCLA/Scripps)

Optische Messungen werden während Abschnitt 2 der ARK XIX Expedition zusammen mit Jill Schwarz vom AWI durchgeführt. In der Vergangenheit sind nur wenige optische Daten in nördlichen Gewässern gesammelt worden, was unser Verständnis über die optische Variabilität sowie unsere Fähigkeit, vertrauenswürdige bio-optische Verhältnisse für Fernerkundungsdaten in diesen Gebieten zu erstellen, begrenzt. Die wenigen Daten, die in der Literatur zu finden sind, deuten daraufhin, dass sich die bio-optischen Daten und Fernerkundungsalgorithmen in Polargewässern stark von denen in niedrigeren Breiten unterscheiden können (z.B. Mitchell, 1992). Unsere neuesten Daten, die auf einen Schnitt zwischen dem nördlichen Norwegen und Spitzbergen und im Westspitzbergenstrom gesammelt worden sind, zeigen signifikante bio-optische Unterschiede im Vergleich mit Gewässer in niedrigeren Breiten (Stramska et al., JGR, akzeptiert).

Unser Hauptziel ist es, das Verständnis der Variabilität von optischen Eigenschaften zu verbessern und Daten für der Entwicklung und Verbesserung von Fernerkundungsalgorithmen zu sammeln. Unsere Arbeiten sind auf Algorithmen zur Abschätzung von Pigmenten und partikulärem organischen Kohlenstoff (particulate organic carbon, POC) im Wasser fokussiert. Obwohl Pigmentalgorithmen schon lange Teil der routinemäßigen Fernerkundungsanwendungen sind, stellt die Möglichkeit, POC von optischen Fernerkundungsdaten abschätzen zu können, eine relativ neue Idee dar. Weil Kohlenstoff, und nicht Chlorophyll, ein wichtiger Teil in Studien von biogeochemischen Kreisläufen und der biologischen Pumpe im Ozean ist, glauben wir, dass unser Versuch, Fernerkundungsmöglichkeiten für die Abschätzung des POC-Reservoirs im Oberflächlichenwasser des Ozeans zu entwickeln, sehr wichtig für der Förderung unseres Verständnisses von der Rolle des Ozeans in globalen Klimaveränderungen ist.

Messungen

Wir möchten *in situ* optische Messungen in Tiefen bis 100 oder 200 m durchführen.

Folgende Instrumente sollen benutzt werden:

(i) SeaWiFS Profiling Multichannel Radiometer (SPMR, Satlantic): für Messungen von einfallender und rückgestreuter Strahlungsdichte in 13 spektralen Kanälen im freiem Fall Modus, unbeeinflusst vom Schiff. Dieses Gerät wird normalerweise per Hand, kann aber auch mittels Winde eingesetzt werden, damit das Gerät die Möglichkeit hat, vom Schiff weg zu driften. Vertikalprofile werden aufgenommen, wenn das Gerät weit genug vom Schiff entfernt ist. Die Vertikalgeschwindigkeit beträgt etwa 0,5 m/s. Daten werden nur gesammelt, wenn sich Gerät abwärts bewegt, damit Störungen des Lichtfelds durch das Schiff vermieden werden. SPMR kann vom Achterschiff oder von der Seite des Schiffs, die gegenüber der Driftrichtung liegt, eingesetzt werden. Damit wird sicher gestellt, dass das Gerät nicht unter das Schiff läuft. Zwei Profile mit einer maximalen Tiefe von 100-200 m können in 20 bis 30 min durchgeführt werden.

(ii) Multisensor Datalogger System (MDS): für Messungen von Vertikalprofilen von physikalischen Parametern und inhärenten optischen Eigenschaften des Wassers in den oberen 100-200 m der Wassersäule. Dieses System besteht aus einem SeaBird Sealogger 25 (SB25) mit Temperatur-, Leitfähigkeit- und Drucksensoren, zwei Wellenlängen (488 und 660 nm) Transmissometer (WetLabs), einem Chlorophyll Fluorometer (Wetlabs) und einem PAR Sensor (Biospherical). Hydroscat-6 Sensoren (HobiLabs) für Messungen der Rückstreuung bei 6 Wellenlängen und zwei α -beta Geräten (HobiLabs) für Messungen des gesamten Absorptionskoeffizienten (beide bei nur einer Wellenlänge) gehören dazu. Alle Geräte können die Daten intern speichern, damit die Geräte ohne Datenkabel eingesetzt werden können. Das MDS Paket wird normalerweise mit einer Geschwindigkeit von 0,5 – 1 m/s gefiert. Wir rechnen mit maximalen Tiefen von 200 m, die meisten Profile werden jedoch nur bis 100 m Tiefe aufgenommen. Ein Profil wird 30-40 Minuten oder weniger dauern, was die Initialisierung des Rechners an Deck direkt vor den Messungen beinhaltet.

Das Sammeln und Bearbeiten verschiedener Wasserproben werden wir zusammen mit Jill Schwarz, wie in Ihrem Text beschrieben, durchführen.

Literatur

- Mitchell, B. G., 1992. Predictive bio-optical relationships for polar oceans and marginal ice zones, *J. Mar. Syst.*, 3, 91-105.
- Stramska, M., D. Stramski, R. Hapter, S. Kaczmarek, and J. Ston. Bio-optical relationships and ocean color algorithms for the north polar region of the Atlantic, *J. Geophys. Res.*, accepted.
- Stramski, D., R. A. Reynolds, M. Kahru, and B. G. Mitchell. 1999. Estimation of particulate organic carbon in the ocean from satellite remote sensing. *Science*, 285, 239-242.

OPTICAL MEASUREMENTS

(M. Stramska, D. Stramski, D.B. Allison, S. Kaczmarek, USCLA/Scripps)

We propose to make optical measurements in collaboration with Dr. Jill Schwarz from AWI. In the past, relatively few optical measurements were made in the north polar waters, which limits our understanding of optical variability and our capabilities to develop sound bio-optical relationships for ocean color remote sensing in these waters. The scarce data in the literature indicate that bio-optical data and ocean color algorithms in polar waters can differ significantly from those at low and mid latitudes (e.g., Mitchell, 1992). Our recent data collected on the transect between the northern Norway and Svalbard and in the waters of the West Spitsbergen Current support significant bio-optical differences compared to lower latitude waters (Stramska et al., JGR, accepted).

Our primary objective will be to acquire data for improving our understanding of the ocean optical properties and for developing/refining ocean color algorithms for the investigated polar waters. Our efforts will be focused on algorithms for retrieving pigment and particulate organic carbon (POC) concentrations. While pigment algorithms have long been part of routine applications of ocean color remote sensing, the potential capability to estimate POC from optical remote sensing represents a relatively new idea (Stramski et al., 1999). Because carbon (rather than chlorophyll) is a major 'currency' in the study of biogeochemical cycles and biological pump in the ocean, we believe that our proposal to develop remote sensing capabilities for estimating the POC reservoir in the surface ocean is of major significance to advancing our understanding of the role of oceans in global climate change. An important portion of our efforts will be focused on acquiring data for examining the relationship between optics and POC.

Measurements

We propose to carry out in-water optical measurements down to a depth of 100 – 200 m. We wish to use two underwater sensor packages:

(i) SeaWiFS Profiling Multichannel Radiometer (SPMR, Satlantic) for measuring downwelling irradiance and upwelling radiance at 13 spectral wavebands in free fall mode away from ship perturbations. This instrument is normally deployed by hand, but it can also be deployed using the winch in such a way to allow the instrument drift away from the ship. The vertical profiling with the instrument (at a speed of about 0.5 m/s) can start when the instrument is several tens of meters from the ship. The data are acquired only during the down-cast. This type of deployment is required to avoid ship perturbations to the underwater light field. SPMR can be deployed from the stern or from the side of the ship near the stern, which is opposite to the direction of the vessel's drift. This ensures that the instrument, while in water, is going away from the ship rather than underneath the ship. Two repetitive profiles (we expect that the maximum depth will be about 100 - 120 m) can usually be accomplished within 20-30 min.

(ii) Multisensor Datalogger System (MDS) for measuring vertical profiles of physical properties and inherent optical properties of seawater within the upper 100-200 m layer. The system includes SeaBird Sealogger 25 (SB25) with temperature, conductivity, and pressure sensors, two single wavelength (488 and 660 nm) beam transmissometers (WetLabs), chlorophyll fluorometer (WetLabs), and PAR sensor (Biospherical). Hydrosat-6 sensor (HobiLabs) for measurements of light backscattering at six wavelengths and two a-beta instruments (HobiLabs) for measuring the total absorption coefficient, each at a single wavelength, are also integrated with this system. All these instruments have a capability to acquire and store data internally, so the deployment can be accomplished using the winch with no special requirement for electrical cables. The MDS package is normally deployed in a vertical profiling mode at a speed of 0.5-1 m/s. We expect that the maximum depth will be about 200 m, but typically the down-casts will end at 100 m or so. The time required to complete the MDS cast is expected to be 30-40 min or less, which includes some time

necessary for computer initialization of the sensors on the deck just before deployment into water.

We will collaborate with Jill Schwarz in the acquisition of discrete water samples and various analyses of these samples, as described in her proposal.

References

- Mitchell, B. G., 1992. Predictive bio-optical relationships for polar oceans and marginal ice zones, *J. Mar. Syst.*, 3, 91-105.
- Stramska, M., D. Stramski, R. Hapter, S. Kaczmarek, and J. Ston. Bio-optical relationships and ocean color algorithms for the north polar region of the Atlantic, *J. Geophys. Res.*, accepted.
- Stramski, D., R. A. Reynolds, M. Kahru, and B. G. Mitchell. 1999. Estimation of particulate organic carbon in the ocean from satellite remote sensing. *Science*, 285, 239-242.

7. ARKTISCHES ZOOPLANKTON

(R. Alheit, U. Babst, AWI)

In hohen Breiten unternimmt das herbivore Zooplankton saisonale ontogenetische Vertikalwanderungen. Den Winter verbringen ältere Stadien in tiefem Wasser bei reduziertem Stoffwechsel, im Frühjahr beginnt die Gonadenreife und die Eiproduktion in der euphotischen Zone, wo die jungen Larven während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons heranwachsen. Auf diesem Fahrtabschnitt soll die Vertikalverteilung des Zooplanktons in der Grönlandsee untersucht werden in Fortsetzung der Arbeiten auf dem vorherigen Abschnitt. Damit soll der Zeitpunkt des Aufstiegs und der Gonadenreife möglichst genau bestimmt werden. Untersuchungen der Gonadenreife und Eiproduktionsmessungen an den wichtigsten Arten sollen nähere Auskunft geben über den zeitlichen Verlauf der Reproduktionsbiologie in Bezug zu Umweltfaktoren, besonders der Nahrung. Wegen des unterschiedlichen Temperaturregimes in arktischem und atlantischem Wasser ist ein Vergleich der Populationen in den beiden Wassermassen besonders interessant.

ARCTIC ZOOPLANKTON

(R. Alheit, U. Babst, AWI)

In high latitudes herbivorous copepods often undergo seasonal ontogenetic migrations. Older stages overwinter in great depth at reduced metabolism to save energy. In spring gonad maturation starts and eggs are produced in the euphotic zone, where the young larvae grow utilizing the spring phytoplankton bloom. During this cruise vertical distribution of zooplankton will be studied, continuing work started on the previous cruise leg. This time series will allow to determine the timing of developmental ascent and gonad maturation. Investigation of gonad maturity and egg production experiments will help to describe the seasonal development of reproduction of dominant copepods in relation to environmental conditions, especially the food availability. Due to different temperature regimes in the Arctic and Atlantic hydrographic domains, comparison of the developmental state of copepod populations will be very interesting.

8. BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES ARK XIX/2

Germany

AWI Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Columbus-Str., 27568 Bremerhaven

BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin

DWD Deutscher Wetterdienst
Bernhard-Nocht Straße
20359 Hamburg

FIELAX FIELAX Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH
Schifferstrasse 10-14, 27568 Bremerhaven, Germany

LAEISZ Reederei F. Laeisz, Bremerhaven
Barkhausen-Str.37, 27568 Bremerhaven

SBG See-Berufsgenossenschaft
Reimerstwiete 2
20457 Hamburg

Ireland

MI DUBLIN Marine Insitute
Abbotstown Lab Complex
Snugboro Road
Dublin 15

USA

SCRIPPS Marine Physical Laboratory
Scripps Institute of Oceanography
La Jolla, CA 92093 - 0238

USCLA University of Southern California
Mancock Insitute for Marine Studies
Los Angeles, CA 90089 0371
USA

9. FAHRTTEILNEHMER/-INNEN / PARTICIPANTS ARK XIX/2

Name	First Name	Institute
Alheit	Ruth	AWI
Allison	David Ben	Scripps
Babst	Ulrike	AWI
Brauer	Irene	SBG
Breitenbach	Sebastian	AWI
Budéus	Gereon	AWI
Dransfeld	Leonie	AWI, MI Dublin
Falck	Eva	AWI
Gerull	Linda	AWI
Hartmann	Carmen	AWI
Kaczmarek	Slawomir	Scripps
Kattner	Gerhard	AWI
Kolk	Annette	BIA
Meon	Benedikt	AWI
Otto	Juliane	AWI
Plugge	Rainer	AWI
Ronski	Stephanie	AWI
Schwarz	Jill Nicola	AWI
Stramska	Malgorzata	USCLA
Stramski	Dariusz	USCLA
Stürcken	Marthi	AWI
NN		AWI
NN		DWD
NN		DWD

10. SCHIFFSBESATZUNG / SHIP'S CREW ARK XIX/2

Reederei F.Laeisz G.m.b.H.
Name of Ship : POLARSTERN
Nationality : GERMAN

Reise ARK XIX / 2
24.04.2003 - 14.05.2003
Longyearbyen - Bremerhaven

No.	NAME	RANK	NATION
01.	Pahl, Uwe	Master	German
02.	Schwarze, Stefan	1.Offc.	German
03.	Schulz, Volker	Ch.Eng.	German
04.	Fallei, Holger	2.Offc.	German
05.	Szepanski, Nico	2.Offc.	German
06.	Hartung, René	2.Offc.	German
07.	Kohlberg, Eberhard	Doctor	German
08.	Hecht, Andreas	R.Offc.	German
09.	Erreth, Gyula	1.Eng.	German
10.	Richter, Frank	2.Eng.	German
11.	Simon, Wolfgang	2.Eng.	German
12.	Holtz, Hartmut	Electr.	German
13.	Baier, Ulrich	Electr.Technician	German
14.	Dimmler, Werner	Electr.Technician	German
15.	Fröb, Martin	Electr.Technician	German
16.	Piskorzynski, Andreas	Electr.Technician	German
17.	Clasen, Burkhard	Boatsw.	German
18.	Neisner, Winfried	Carpenter	German
19.	Kreis, Reinhard	A.B.	German
20.	Schmidt, Uwe	A.B.	German
21.	Schultz, Ottomar	A.B.	German
22.	Schröder, Norbert	A.B.	German
23.	Burzan, G.-Ekkehard	A.B.	German
24.	Guse, Hartmut	A.B.	German
25.	Moser, Siegfried	A.B.	German
26.	Niehusen, Arne	Apprent.	German
27.	Beth, Detlef	Storekeep.	German
28.	Arias Iglesias, Enr.	Mot-man	Chile
29.	Fritz, Günter	Mot-man	Austria
30.	Krösche, Eckard	Mot-man	German
31.	Dinse, Horst	Mot-man	German
32.	Scholl, Christoph	Apprent.	German
33.	Fischer, Matthias	Cook	German
34.	Tupy, Mario	Cooksmate	German
35.	Martens, Michael	Cooksmate	German
36.	Dinse, Petra	1.Stwdess	German
37.	Schöndorfer, Ottilie	Stwdss/KS	German
38.	Streit, Christina	2.Stwdess	German
39.	Schmidt, Maria	2.Stwdess	German
40.	Deuß, Stefanie	2.Stwdess	German
41.	Tu, Jian Min	2.Steward	China
42.	Wu, Chi Lung	2.Steward	German
43.	Yu, Chung Leung	Laundrym.	Hongk.

