

**Die Expedition ARKTIS X/1  
des Forschungsschiffes „Polarstern“  
1994**

**The Expedition ARKTIS X/1  
of the Research Vessel “Polarstern“  
in 1994**

---

**Herausgegeben von / Edited by  
Eberhard Fahrbach  
unter Mitarbeit der Fahrtteilnehmer  
with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. 181 (1995)  
ISSN 0176 - 5027**



# **ARKTIS X/1**

6. Juli 1994 - 15. August 1994

Bremerhaven - Tromsø

**KOORDINATOR**

Hans-Wolfgang Hubberten

**FAHRTLEITER**

Eberhard Fahrbach



## Inhalt

1	Zusammenfassung .....	1
1	Summary .....	6
2	Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme .....	10
2.1	Untersuchungen der Atmosphäre .....	10
2.1.2	Die meteorologischen Bedingungen..... E. Röd (DWD)	10
2.1.3	Messung turbulenter Flüsse in der Grenzschicht mit der Hubschrauber- schleppsonde HELIPOD .....	13
	L. Gödecke (AED), J. Hartmann (AWI), M. Schürmann (AED) und Chr. Wode (IMH)	
2.1.4	Ozonsondierung und Verteilung von H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NO, NO <sub>3</sub> - und SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> in der marinen arktischen Atmosphäre .....	15
	M. D. Andrés Hernández, R. Weller und U. Wieschollek (AWI)	
2.2	Meereisuntersuchungen .....	17
2.2.1	Meereisfernerkundung .....	17
	Th. Martin und A. Li (AWI)	
2.2.2	Meereisbiologische Untersuchungen.....	23
	M. Carstens, C. Friedrich, R. Gradinger, I. Werner (IPÖ)	
2.3	Physikalische Ozeanographie .....	31
2.3.1	Schichtung und Zirkulation der Grönlandsee .....	31
	G. Budéus, R. Plugge, S. Ronski und M. Zwierz (AWI)	
2.3.2	Der Massen-, Wärme- und Süßwassertransport des Ostgrönlandstromes 33 C. Darnall (APL), E. Fahrbach (AWI), N. Nordlund (NPI) und R. Wood- gate (AWI)	
2.4	Meereschemie.....	39
2.4.2	Spurenmoleküle und Nährstoffe im Europäischen Nordmeer.....	39
	M. Kriews, H. Giese, A. Michel und B. Hollmann (AWI)	
2.4.3	Biogene Produktion neutraler und ionischer Methylschwermetallspe- zies in polaren Gewässern .....	47
	R. Pongratz (IAC)	
2.5	Meeresbiologische Untersuchungen.....	50
2.5.1	Pelagische Prozesse und vertikaler Partikelfluß im Europäischen Nordmeer .....	50
	E. Bauerfeind, K. v. Bröckel, G. Donner, O. Haupt, S. Wächter und Th. Wiedemann (SFB)	
2.5.2	Die Verteilung, Häufigkeit und Freßraten des Zooplanktons und die Rolle ihrer Kotballen im vertikalen Partikelfluß in der Grönlandsee .....	56
	H. González(AWI) und S. Lofnes (IMR)	
2.5.3.	Mikrobieller Abbau von Phytodetritus-Aggregaten im Pelagial: Rolltankexperimente mit Melosira .....	59
	S. Burkhardt (AWI)	
2.5.4	Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) in marinen Mikroalgen .....	61
	D. Meyerdierks und N. Ziebarth (FBB)	
2.5.5	Benthosuntersuchungen am Grönländischen Kontinentalabhang.....	63
	D. Barthel, A. Brandt, Y. Göbel, M. Mayer, W. Ritzrau, A. Scheltz und K. Schnack (SFB)	

2.6	Geowissenschaftliche Untersuchungen	
2.6.1	Geochemische Untersuchungen zum Abbau von organischem Material und PCBs in der Wassersäule und im Sediment.....	73
	J. Maaßen, E. Sauter und M. Schlüter (SFB)	
2.6.2	Planktonuntersuchungen zur Palökologie des Pelagials im Europäischen Nordmeer.....	74
	A. Kohly (SFB)	
3	Teilnehmerliste ARK X/1.....	76
4	Beteiligte Institute.....	77
5	Besatzung .....	79
6	Stationsliste .....	80

## 1 Zusammenfassung

Der Fahrtabschnitt ARK X/1 begann am 6. Juli 1994 in Bremerhaven. Um 11.00 legte "Polarstern" von der Erzpier ab und wurde ausgeschleust. Im Laufe des Nachmittags erreichten wir die offene Nordsee, nachdem in Sichtweite von Helgoland noch schiffstechnische Arbeiten abgeschlossen worden waren. Bei sommerlichem Wetter dampften wir nach Norden in Richtung Norwegische See, wo wir am 9. Juli um 06.00 bei 66° 30' N, 00° 00' die Forschungsarbeiten aufnahmen. Zu Beginn der Station wurden mit dem MERCOS-Wasserschöpfer Oberflächenwasserproben genommen, um den Gehalt an Spurenmetallen zu bestimmen. Es folgte ein Vertikalprofil mit der CTD-Sonde (Conductivity, Temperature, Depth) zur Messung der Temperatur und des Salzgehaltes sowie zur Wasserprobenahme mit dem Kranzwasserschöpfer für chemische und biologische Untersuchungen. Nach mehreren Netzfängen und der ersten Erprobung des HELIPOD, eines vom Hubschrauber geschleppten Turbulenzmeßsystems zur Untersuchung der atmosphärischen Grenzschicht, wurden die Stationsarbeiten abgeschlossen.

An der nächsten Station in der Norwegischen See bei 70° N, 04°E wurde die CTD-Sonde, das Multi- und das Planktonnetz eingesetzt und die ersten Sedimentkerne mit dem Multicorer genommen. Ferner wurde die Verankerung NB8 ausgelegt. Weitere Stationen mit der CTD-Sonde und den Netzen folgten beim Überqueren des Mohnrückens auf dem Kamm und an der nördlichen Flanke. Am 11. Juli erreichten wir in der südlichen Grönlandsee die Position der Verankerung OG6 bei 72° 22' N, 07° 36' W, deren Aufnahme im Vorjahr nicht gelungen war. Da sie akustisch nicht geortet werden konnte, wurde auf einen Dredgeversuch verzichtet. Das sommerliche Wetter hatten wir inzwischen hinter uns gelassen, und nachdem im Laufe des Tages die Sicht stark abgenommen hatte, setzte abends Nieselregen ein. Von nun an war mit wenigen kurzen Ausnahmen der Nebel unser ständiger Begleiter. Am 12. Juli um 17.30 Uhr kam bei 74° 43' N, 11° 08' W das erste Eis in Sicht.

Am 12. Juli gegen 20.00 Uhr begannen die Arbeiten am ostgrönländischen Kontinentalabhang mit einer Biologiestation bei 74° 57' N, 11° 06' W und 2800 m Wassertiefe. Nach der CTD-Sonde, dem Multi-, dem Ring- und dem Planktonnetz wurden die Fotoschaukel, der Bodenwasserschöpfer und der Großkastengreifer zur Benthos- und Sedimentuntersuchung eingesetzt. Es folgten 7 weitere Biologiestationen, die einen hangsenkrechten Schnitt zwischen 200 und 2800 m Tiefe und einen hangparallelen bei 800 m Tiefe bildeten. Zusätzlich wurden 6 ozeanographische Verankerungen ausgelegt und 5 aufgenommen.

Das Ziel der multidisziplinären Arbeiten war es, einen Beitrag zum besseren Verständnis der physikalischen, chemischen, biologischen und geologischen Bedingungen in der Grönlandsee und der sie bestimmenden Prozesse zu liefern, die im Hauptarbeitsgebiet bei 75° N besonders durch den Eisrand und den Kontinentalabhang beeinflusst werden. Mit den Untersuchungen soll einerseits das gegenwärtige Ökosystem erfaßt und dessen Verständnis vertieft werden, andererseits soll aber auch die Möglichkeit geschaffen werden, aus dem Sediment Informationen über frühere Bedingungen abzuleiten.

In der atmosphärischen Grenzschicht fanden Untersuchungen mit der Hubschrauber-Schleppsonde HELIPOD statt, wobei die technische Erprobung dieses Systems

im Vordergrund stand. Während die ersten Einsätze vielversprechend verliefen, wurden die Arbeiten in der Grönlandsee durch den häufigen Nebel stark behindert. Eine Wasserberührung des HELIPOD am 19. Juli verursachte Beschädigungen, die erst mit Ersatzteilen behoben werden konnte, die mit dem Helikopter am 3. August von Spitzbergen eingeflogen wurden.

Die Arbeitsgruppe der Meereisfernerkundung führte Untersuchungen zur Verbesserung der Interpretation von Satellitendaten aus und stellte Informationen über die aktuelle Eissituation zur Planung der weiteren Arbeiten bereit. Zur Erfassung der groß- und kleinräumigen Meereisverteilung im Ostgrönlandstrom wurden an Bord NOAA-AVHRR-Satellitenbilder in kurzer zeitlicher Abfolge empfangen. In-situ-Messungen vom Helikopter aus mit einem Laseraltimeter und einer Videokamera lieferten Daten über die Verteilung von Presseisrücken und Schmelzwassertümpeln. Aus den Satellitendaten sollen die Eiskonzentration und die Eisdrift errechnet werden. Die Kombination mit den Messungen der Eisdicke ermöglicht die Abschätzung der Massenbilanz des Meereises im Ostgrönlandstrom.

Luft- und meereschemische Aspekte wurden in einer Reihe von Programmen verbunden. Die horizontale und vertikale Verteilung von Ozon und mehrerer Photooxidantien wurde entlang der Fahrtroute gemessen. Die Messungen zeigten eine geringe anthropogene Belastung der arktischen marinen Troposphäre durch Stickoxide und Aerosole, die repräsentativ für den Sommer sein sollte. Dies steht im deutlichen Gegensatz zur Situation im Spätwinter und Frühling, wenn die Bedingungen des "arctic haze" herrschen. Die extrem niedrigen NO-Konzentrationen ( $\leq 15$  pptv) schließen eine photochemische Ozonbildung aus und legen den Eintrag ozonreicher stratosphärischer Luftmassen und Advektion aus anthropogen belasteten Gebieten nahe.

Die Konzentrationen mehrerer Schwermetalle und ihrer organischen Verbindungen wie den methylierten Schwermetallverbindungen wurden gemessen, um den biogeochemischen Kreislauf dieser Stoffe aufzuklären. Dabei steht die Untersuchung der Transportwege und der biogenen Produktion im Vordergrund. Zur Analyse der Spurenmetalle wurden Beprobungen verschiedenster Kompartimente wie Oberflächenwasser, Tiefenwasser, Schnee, Schmelzwassertümpel, Meereis und Aerosole durchgeführt, sowie Depositionsproben genommen. Die Biomethylierung von Quecksilber, Blei und Cadmium in arktischen Meeresgebieten konnte nachgewiesen werden. Nährstoffe wurden zur Unterstützung der biologischen Programme und zur Wassermassenanalyse gemessen. Insbesondere Silikat diente dabei als Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers am ostgrönländischen Hang.

Die biologischen Programme hatten Untersuchungen im Meereis, in der Wasseräule und am Meeresboden zum Inhalt. Ziel der meereisbiologischen Arbeiten war es, den Beitrag der speziellen Meereislebensgemeinschaft zur partikulären Gesamtproduktion zu ermitteln. Die Planktologen befassten sich mit der Bildung und der Modifikation von Partikeln in den oberen Wasserschichten, mit dem vertikalen Partikelfluß, der stark von der Produktion und dem Abbau von Kotballen und Aggregaten abhängt, und dem Schicksal der Partikel vor ihrer Ablagerung auf dem Tiefseeboden. Eine besondere Rolle spielt dabei der vertikale Partikelexport in der Eisrandregion. Pelagische und eisassoziierte Produktionsregime, die sich in Menge und Zusammensetzung der Partikelexporte unterscheiden, konnten charakterisiert



werden. Die Untersuchungen sollen bestehende Lücken bei der Dokumentation regionaler Quellen für die sedimentierende Substanz im Europäischen Nordmeer schließen.

Die Verteilung des Dimethylsulfoniumpropionats (DMSP) entsprach im wesentlichen derjenigen des Chlorophyll *a* mit maximalen Konzentrationen in der Oberflächenschicht (0-20 m). Auf dem zonalen Schnitt bei 75°N wurden die höchsten DMSP-Gehalte in den chlorophyllreicheren Regionen des östlichen "Return Atlantic Waters", des westlichen Arktischen Oberflächenwassers und des Barentssee-Schelfwassers quantifiziert, geringere Konzentrationen im Polaren Wasser und im östlichen Arktischen Oberflächenwasser. Das daraus resultierende DMSP zu Chlorophyll-Verhältnis zeigte eine zunehmende Tendenz in östlicher Richtung.

Um die Phyto- und Zooplanktongemeinschaften und ihre Umwelt zu charakterisieren, wurden in drei Regionen, nämlich auf dem ostgrönländischen Schelf und Kontinentalabhang, auf einem Schnitt durch die Grönlandsee entlang 75° N und in der Framstraße, Proben genommen. Zur Erfassung des vertikalen Partikeltransportes wurde am ostgrönländischen Kontinentalabhang eine Kurzzeitverankerung mit Sinkstoffallen ausgebracht. Mehrere Experimente zur Adaptation von Eisalgen und zur Modifikation biogener Partikel durch das Zooplankton wurden durchgeführt oder sind mit dem gewonnenen Material geplant. Erste Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in den Phytoplanktonpopulationen und Chlorophyll-Konzentrationen der verschiedenen Gebiete, die durch unterschiedliche Wassermassen und Eisverhältnisse bedingt sind. Im Verlauf der weiteren Analyse der Proben werden spezifische Aussagen über die pelagischen Prozesse und den vertikalen Partikelfluß erwartet. Dies besonders im Hinblick auf die Produktion biogener Partikel und ihre Modifikation durch das Zooplankton.

Bei der Ablagerung der Partikel spielt der Austausch zwischen der Bodennepheloidenschicht (BNL) und der obersten Sedimentschicht eine besondere Rolle. Da physikalische Resuspension sowie Bioentrainment zu erhöhter Partikelkonzentration im bodennahen Wasserkörper führen können, ist der laterale advective Partikelfluß für eine Benthosgemeinschaft unter Umständen wichtiger als die Menge der vertikal sedimentierenden Partikel. Dadurch hängt die endgültige Ablagerung nicht nur von der am Meeresboden eintreffenden Partikelmenge, sondern neben der groß- und kleinräumigen Bodenunebenheit besonders von der Biodepositionsleistung der vorherrschenden Benthosgemeinschaften ab. Die Biodeposition wird durch die Dichte und Zusammensetzung der Benthosgemeinschaft sowie der Fähigkeit der Benthosorganismen, vorbeidriftende Partikel aktiv zu fangen, bestimmt.

Zur Untersuchung der Benthosgemeinschaft wurden entlang des hangnormalen Schnittes bei 75°N 5 Stationen in 200, 400, 800, 1500 und 2800 m Tiefe mit Agassiztrawl (AGT), Bodenwasserschöpfer (BWS), Epibenthoschlitten (EBS), Großkastengreifer (GKG) und Multicorer (MUC) beprobt. Zusätzlich wurde eine Unterwasserkamera an diesen Stationen eingesetzt. Von 200 bis 800 m waren Besiedlungsdichte, Nahrungsgehalt im Sediment und biochemische Sedimentaktivität am höchsten, in größeren Tiefen nahmen die Werte deutlich ab. Ein hangparalleler Schnitt, der mit zwei weiteren Stationen bei 800 m Tiefe aufgenommen wurde, ließ keinen Nordsüdgradienten erkennen. Die benthischen Gemeinschaften sind fleckenhaft verteilt.

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

Geologische Untersuchungen wurden durchgeführt, um die rezente Planktonverteilung im Wasser und das Artenspektrum in den unterlagernden Sedimenten zu vergleichen. Während in den oberflächennahen Wassermassen (100 m) vorwiegend kleine und leicht verkieselte Diatomeenarten (meist *Chaetoceros*) vorherrschten, wurden in den Oberflächensedimenten nur wenige, kräftig verkieselte Arten (*Thalassiosira* und *Coscinodiscus*) neben Sporen von *Chaetoceros* festgestellt. Dies zeigt, daß nicht alle an der Blüte beteiligten Arten im Sediment überliefert werden. Die gefundenen kräftig verkieselten Arten lassen sich jedoch mit den überlagernden Wassermassen korrelieren.

Nach Abschluß der Untersuchungen im Ostgrönlandstrom wurde vom 28. Juli bis zum 3. August ein quasisynoptischer hydrographischer Schnitt mit 59 Stationen hochauflösend von 74° 59' N, 13° 57' W nach 75° 00' N, 16° 28' E vermessen. Dabei wurde die Verankerung GSM 04 bei 75° 00' N, 02° 54' W aufgenommen und GSM05 ausgelegt. Bei 75° 00' N, 00° 13' E fand eine weitere Biologiestation statt. Die ozeanographischen Messungen lieferten weitere Kenntnisse über die Grönlandsee als Bildungsgebiet von Wassermassen, die über die regionalen Verhältnisse hinaus für die großräumige Wassermassenverteilung von entscheidender Bedeutung sind. In diesem Zusammenhang spielt der Ostgrönlandstrom eine besondere Rolle, da er die Transporte von Masse, Wärme und Süßwasser aus dem Nordpolarmeer in die Grönlandsee und diejenigen aus der Grönlandsee hinaus nach Süden bestimmt. Zur Süßwasserbilanz dieses Meeresgebietes trägt der Meereistransport entscheidend bei. Die Zunahme der potentiellen Temperatur im Grönlandsee-Tiefenwasser seit dem letzten Jahr, die den Trend der vergangenen Jahre fortsetzt, weist darauf hin, daß auch im vergangenen Winter keine tiefreichende Konvektion stattgefunden hat.

Am 5. August erreichten wir die Framstraße, wo wir weitere Verankerungsarbeiten durchführten, die in 6 Auslegungen und 5 Aufnahmen bestanden. Die Aufnahmen wurden durch die dichte Eisdecke behindert. Eine Verankerung konnte nicht vollständig geborgen werden, da sie sich derart unter einer Scholle verhakt hatte, daß sie trotz längerem Eisbrechen nicht aufschwamm. Drei weitere Verankerungen mußten wegen der Eisverhältnisse zurückgelassen werden. Die Verankerungsarbeiten gestalteten sich sehr zeitaufwendig, da die ungünstigen Eisverhältnisse immer wieder Wartezeiten erforderten, die allerdings zum größten Teil mit biologischen Arbeiten und einem hochauflösenden hydrographischen Schnitt über die östliche Framstraße ausgefüllt werden konnten. Die Arbeiten in der Framstraße wurden am 11. August gegen 21.00 abgeschlossen und die Heimreise wurde angetreten. Am 12. August gegen 02.00 Uhr wurde bei 78° 14,9' N, 01° 45,2' W das letzte Eis gesichtet. Die Reise endete am 15. August 1994 um 08.00 in Tromsø.

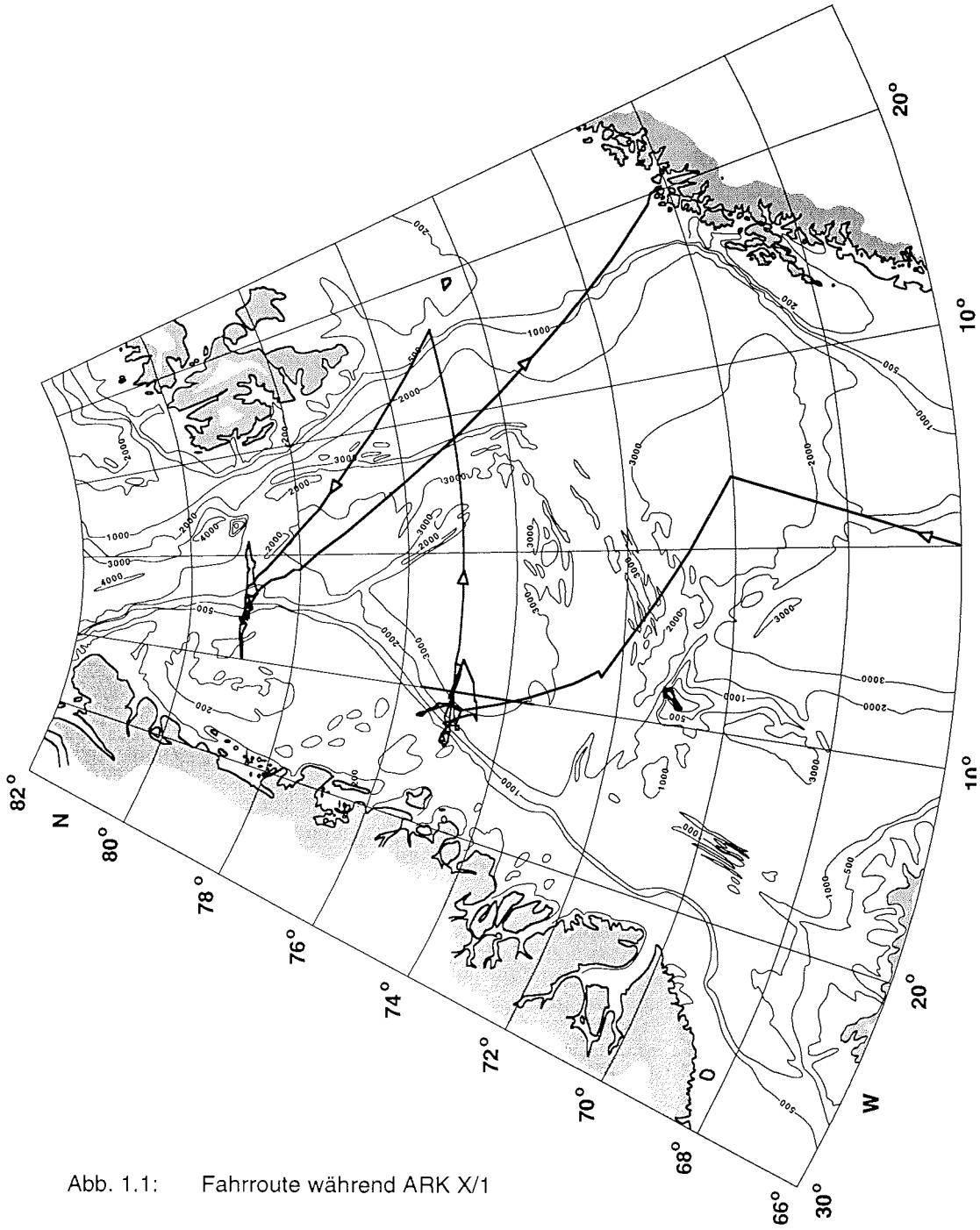


Abb. 1.1: Fahrroute während ARK X/1

## 1 Summary

Leg ARK X/1 began on 6. July 1994 in Bremerhaven, with "Polarstern" steaming towards the Norwegian Sea. The first stationwork occurred on 9. July at 06.00h at 66° 30'N, 00° 00'. Surface water was collected with a MERCOS water sampler to measure trace metals. A vertical profile of the water column was recorded with the CTD sonde (conductivity, temperature, depth). Water samples were taken on 24 levels with a rosette sampler for chemical and biological purposes. Various biological net hauls and a first trial with the HELIPOD, a helicopterborne meteorological instrument, concluded the operations. Next we steamed on to position 70° 00' N, 04° 00'E where mooring NB8, which contains several sediment traps, was deployed. The mooring is intended to be in place for one year. Stationwork at that location included a CTD profile and net hauls. The first sediment cores were sampled with the multicorer. Afterwards we proceeded to the location of mooring OG6 at 72° 22' N, 07° 36'W which had failed to be recovered the year before. However, as it could no longer be acoustically located, no time was taken to dredge for it. Two further stations were carried out when crossing the Mohns Ridge, one on top of the ridge and another one on the northern slope. The main operation area on the continental slope of East Greenland (Fig. 1.1) was reached on 12. July at 20.00h at 74° 57' N, 11° 06'W. At 17.30h on the same day, we had encountered the first ice at 74° 43' N, 11° 08'W. During the day the weather had deteriorated to drizzle and fog, which prevailed during most of the cruise.

The aim of the multidisciplinary investigations in the Greenland Sea was to gain a better understanding of the physical, chemical, biological and geological conditions and the relevant processes affecting them. In the western Greenland Sea at 75° N these conditions are determined to a large extent by the marginal ice zone and the continental slope. With the planned investigations, we intended to improve our knowledge on the present ecosystem and to provide the possibility of deriving information about past conditions from the sediment.

The physical investigations included studies of the atmospheric boundary layer by means of the HELIPOD, a new helicopter-borne system to measure turbulent fluxes. Technical tests dominated the programme. However, due to the frequent fog progress was seriously hindered. Additionally the HELIPOD touched the sea surface during a test flight and was damaged to an extent that it could only be repaired after having spare parts flown in. This was only possible when we were sufficiently close to Spitzbergen on 3. August.

A programme of remote sensing of sea ice aimed to improve the interpretation of satellite data as well as provide information for operational purposes on board. The programme was focussed on monitoring the sea ice distribution at different length scales in the area of the East Greenland Current. Thus NOAA AVHRR satellite images were received on board of "Polarstern" at a high temporal frequency. A helicopter mounted Laser altimeter and a Video camera provided in-situ measurements of the distribution of the pressure ridges and melt ponds. Sea-ice concentration and drift will be estimated from the satellite data obtained. In combination with ice thickness measurements, this will result in an improved understanding of the sea-ice mass balance in the East Greenland Current.

The oceanographic measurements aimed at a better understanding of the

Greenland Sea as an area of significant intermediate and deep water formation. A better knowledge of the water mass properties and the current system in that area is of great interest as the characteristics of the water masses in the Greenland Sea are not only of local importance, but also significantly influence the North Atlantic and the Arctic Ocean. In this context, the East Greenland Current plays a special role because it determines to a large extent the transport of mass, heat and freshwater into and out of the Greenland Sea. The freshwater transport occurs mainly through the transport of sea ice. To determine the structure and the transports of the East Greenland Current, a set of 6 oceanographic moorings were deployed and 5 recovered in the main operation area. On some of the moorings, upward-looking sonars were mounted to measure time series of the ice draft.

A quasi-synoptic hydrographic transect with high resolution was run across the Greenland Sea from 74° 59' N, 13° 57' W to 75° 00' N, 16° 28' E to determine the water mass characteristics. Compared to a section performed in 1993 the measurements showed a further increase of the deep water potential temperature, indicating that no deep convection happened during the last winter. The salinity stayed constant within the accuracy of the preliminary data. On this section the mooring GSM04 at 75° 00' N, 02° 54' W was recovered and redeployed as GSM05.

The chemical programme combined atmospheric and oceanic aspects. The horizontal and vertical distribution of ozone and several photo-oxidants was measured along the ship's track. The measurements indicated only little anthropogenic impact in the arctic marine troposphere, for summer conditions. This is in contrast to the period of arctic haze in late winter and early spring. The extremely low concentration of NO excludes photochemical generation of ozone and suggests intrusions of stratospheric air masses rich in ozone or advection of air emanating from anthropogenically more polluted areas.

Another aim of the chemistry programme was to quantify the trace metal flux in the Nordic Seas. Thus samples of open ocean surface water, deep water, snow, melt ponds, sea-ice, aerosols, total and wet deposition were taken. Measurements of the concentration of various heavy metals and their organic compounds will elucidate the biogeochemical cycle of those substances where transport paths and biogenic production in polar oceans will be of primary importance. In particular the measurements of methylated heavy metal compounds gave important information for the precise set-up of the biogeochemical cycle. It was shown that methyl heavy metal species play an important role within this cycle. Moreover, it was possible to prove biomethylation for the metals mercury, lead and cadmium for arctic waters.

Analysis of nutrients was performed on board, to be used as additional water mass tracers and to support the biological groups. Silicate especially is a valuable tracer for the outflow from the Arctic Ocean along the Greenland slope. Approximately 7000 samples were processed during the cruise.

The biological investigations included studies of sea ice, pelagic and benthic biota. The investigations of the sea-ice biota aimed to estimate the contribution of this special component to the total primary production. The investigations comprised of the description of the physical and chemical conditions, i.e. the ice thickness, temperature, salinity and nutrient concentrations, and also the living communities in the melt ponds, in the ice itself and in the boundary layer between ice and water.

To investigate the living communities in the melt pond samples were taken from 12 ponds. The salinities varied from fresh to brackish water. The ponds were mainly populated by bacteria and protists, dominated by auto- and heterotrophic flagellates. Life in the ice was studied by drilling 65 ice cores of 2 to 3.5 m thickness. Algal life was concentrated in the lower few centimetres of the cores and in brine channels where chlorophyll *a* values of 450 µg/l brine were measured. This represents a sound basis for herbivore life. Meiofauna organisms were found in the lower part of the cores as well. They were dominated by ciliates, nematodes, turbellarians and harpacticoid copepods. The under-ice fauna was studied by pumping water through a hole in the ice, by under-water video records and by traps lowered over the side of the floes. On the underside of the ice various species of amphipods were found. In the ice/ocean boundary layer ctenophores, copepods and appendicularia were found. Special interest was concentrated on an ice floe which was marked with an ARGOS transmitter, so that it could be instrumented and revisited after 10 days.

Plankton studies concentrated on recent processes which lead to the formation and modification of particles in the upper layers of the water column of the Nordic Seas, the vertical flux of particulate matter and the fate of particles before they are deposited on the sea floor. For that purpose pelagic processes and the vertical export of particles in the marginal ice zone were studied. Pelagic and ice-associated production regimes, which differ by the amount and the composition of exported particles were described. The investigations were aimed to close gaps in our knowledge of regional sources of sedimentary substances in the Nordic Seas. The vertical flux of particles is highly determined by the production and the decomposition of faecal pellets. Samples were taken from three different regions of the Nordic Seas, off the East Greenland coast, on a transect across the Greenland Sea along the 75° N and in the western part of Fram Strait, to characterize phyto- and zooplankton communities and their environments.

A short-term mooring with sediment traps was deployed on the upper East Greenland continental slope to monitor vertical particle transport. Experiments concerning the adaption of ice-algae and the modification of biogenic particles through zooplankton were performed and more are planned with the collected material. Initial results show distinct differences within the phytoplankton communities and the concentration of chlorophyll *a* of the different regions conditioned by different water bodies and ice conditions. Further analyses of samples will provide knowledge about pelagic processes and vertical particle flux, especially with regard to the production of biogenic particles and their modification through zooplankton activities.

Algal dimethylsulfoniopropionate (DMSP) concentrations were mostly found to follow the chlorophyll *a* distribution with maximum values occurring near the surface within the upper 20 m. Along the transect at 75°N, the highest amounts were measured at biomass-rich stations within the eastern Return Atlantic Water, the western Arctic Surface Water, and the Barent Sea Shelf Water. Lower DMSP values were encountered for both the Polar Water and the eastern Arctic Surface Water. In general, DMSP to chlorophyll *a* ratio showed an increase towards the east.

To understand the deposition of particles, interactions between the bottom nepheloid layer (BNL) and the upper sediment layer have to be taken into account, because

biological and physical resuspension can result in elevated particle concentrations in the BNL. Even at low flow velocities, the lateral advective particle flux exceeds the vertical flux arriving at the sea floor. For this reason, the final sedimentation of particles depends not only on the arriving particle flux, but also on bottom topography as well as the density and composition of the benthic community, which actively intercepts particles and incorporates them into the sediment by biodeposition. The studies focussed on the interaction of the amount, the composition and the flux of particles in the BNL and the dispersion patterns and activity of the benthic communities. On 5 stations in 200, 400, 800, 1500 and 2800 m water depth along a transect at 75 °N perpendicular to the continental slope, samples were taken using Agassiz trawl (AGT), bottom water sampler (BWS), epibenthos sledge (EBS), box corer (GKG) and multicorer (MUC). Additionally, an underwater camera was employed at these stations. Community density, nutrient content in the sediment and biochemical sediment activity were highest between 200 and 800 m, the values decreasing below 800 m. A slope parallel transect was performed with two further stations at 800 m, which from preliminary results does not show any north-south gradient in benthic community structure. Benthic communities show a patchy distribution.

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

Geological investigations were aimed to describe the spatial and temporal occurrence of plankton organisms in the watercolumn and underlying sediments. In the upper 100 m of the water column there were mostly light silicified *Chaetoceros*-species. This contrasts with the diatom species composition at the surface sediments where mostly heavy silicified species (*Thalassiosira* and *Coscinodiscus*) as well as spores of *Chaetoceros* were found, indicating that the investigated sediments do not exhibit the typical assemblages of plankton blooming organisms. However, the species composition of the heavy silicified diatoms showed a good correlation to the overlying water masses.

The last phase of the cruise began on 5. August in the Fram Strait. The main project in that region consisted of the recovery of 6 moorings and the deployment of 5 new ones. The heavy ice conditions seriously hampered the mooring recovery to an extent that one mooring was partially lost and 3 others were left in position due to a too heavy ice cover. Additionally a high resolution CTD transect across the western Fram Strait and some further biological stations were performed. The station work ended on 11. August 02.00 and we steamed back to Norway. The cruise ended at 15. August 1994 08.00h in Tromsø.

## **2 Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme**

### **2.1 Untersuchungen der Atmosphäre**

#### **2.1.2 Die meteorologischen Bedingungen** Erhard Röd (DWD)

Die Windverhältnisse waren der hochsommerlichen Jahreszeit entsprechend während der ersten vier Wochen relativ ruhig. Die bei weitem am häufigsten zu beobachtenden Windstärken waren 3 und 4 Bft, Windstärke 8 wurde nur zweimal kurz in Bøen erreicht. Im Hauptarbeitsgebiet vor Ostgrönland trat nur an zwei Tagen im Strömungsbereich von Zyklonen bei Island Windstärke 7 auf. Eine markantere Starkwindlage entwickelte sich während der Anfahrt zur Framstraße durch ein im Lee der Küste von Nordostgrönland entstandenes und von dort nach Svalbard ziehendes Tief. Seine Vorderseite brachte SW 7, die Rückseite aber nur NW 6.

Eine von den numerischen Prognosen für den 7. August angesetzte Sturmlage blieb aus, da sich das auslösende Tief entscheidend weiter von "Polarstern" entfernte und merklich schwächer ausbildete, als von den Modellen errechnet worden war. Die bei großräumiger Westströmung im Lee der Ostküste von Nordgrönland durch orographische Effekte entstehenden kleinen Tiefdruckwirbel waren kaum vorhersehbar und daher auch in anderen Fällen der Grund für unerwartete Entwicklungen.

In der Windrichtung war eine deutliche Dominanz südlicher Strömungskomponenten zu erkennen, die besonders während der lang anhaltenden Nebelperiode ausgeprägt war. Dies erklärt sich aus dem Überwiegen hohen Luftdrucks über Mittel- und Nordosteuropa bei gleichzeitig relativ niedrigem Druckniveau über dem grönländisch-isländischen Raum. Diese Konstellation erfuhr nur episodische Unterbrechungen durch kurzlebige antizyklonale Phasen und stellte sich erst in der letzten Woche grundlegend um.

In den Gebieten mit tiefem Druck war auch die Lufttemperatur unterdurchschnittlich, während in den antizyklonal beeinflussten anhaltend wesentlich zu hohe Temperaturen registriert wurden, woraus ein im Mittel von Südost nach Nordwest orientierter Druckgradient resultierte. Bei "Polarstern" war die Temperatur der Luft nach meist langem Überströmungsweg weitgehend der des Wassers angeglichen.

Die skizzierte Konstellation war auch Grund für die sehr hohe Nebelhäufigkeit. Während des Aufenthalts im Arbeitsgebiet zwischen dem 11. Juli und dem 10. August wurde nur an acht Tagen überhaupt kein Nebel, an sechs Tagen Nebel mit einer Andauer von weniger als sechs Stunden beobachtet. An den restlichen 17 Tagen hielt der Nebel mit nur kurzen Aufhellungen rund um die Uhr an. Die Sichtweite lag in fast der Hälfte der stündlichen Meßwerte unter 1000 m. Die fünf sonnigen Tage (drei davon waren Sonntage) waren Luftzufuhr vom grönländischen Eisschild zu verdanken. Die an Kondensationskernen arme Luft war zusätzlich föhnig erwärmt, abgetrocknet und ohne wesentlichen Kontakt mit offenem Wasser herangekommen.



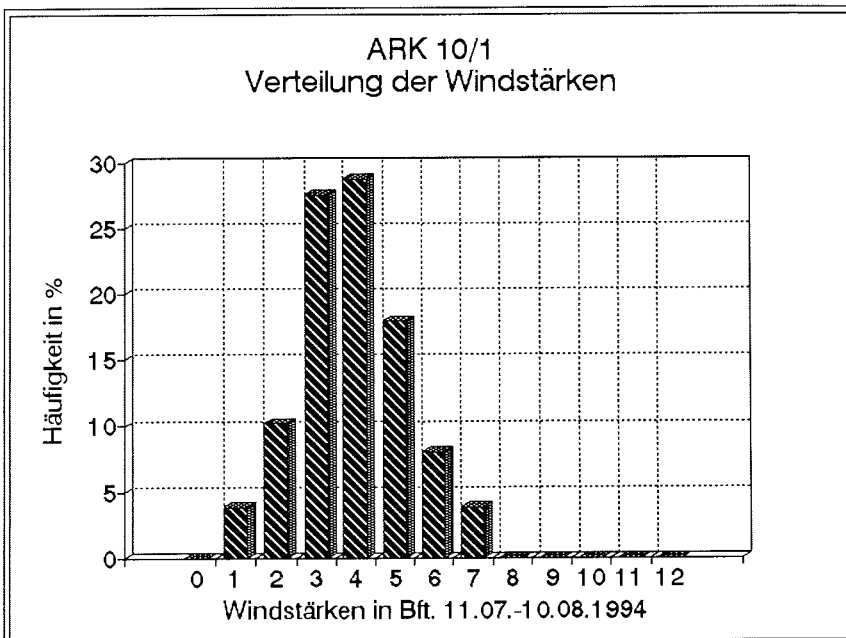
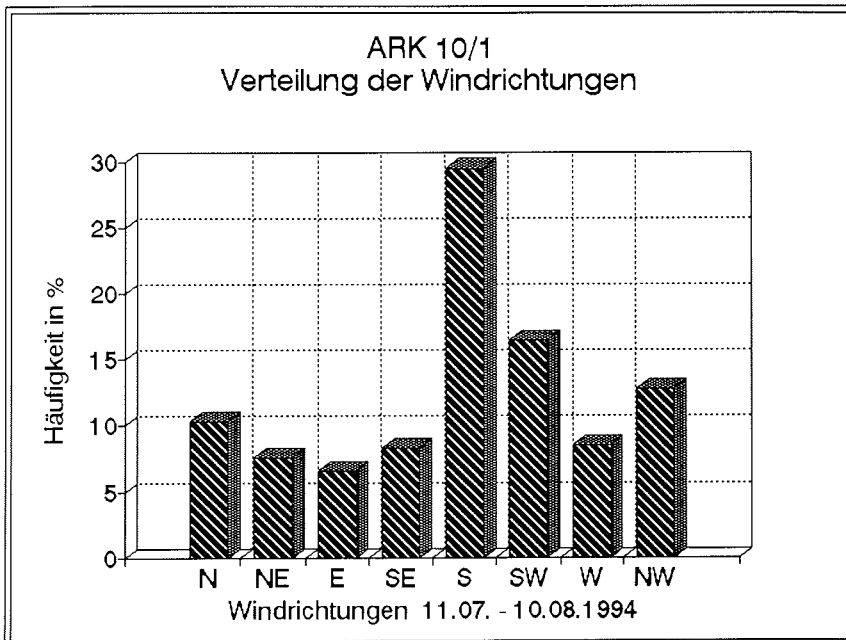


Abb. 2.1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und der Windstärke

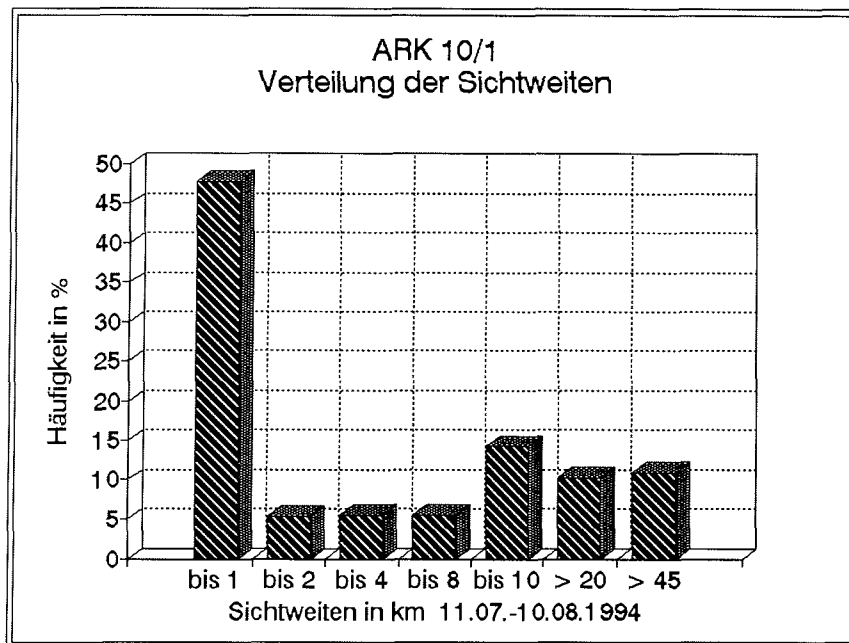


Abb. 2.2: Häufigkeitsverteilung der Sichtweiten

Kurz vor Beendigung der Arbeiten in der Framstraße drang an der Rückseite eines umfangreichen Tiefs in Polnähe mit NW 7 frische, deutlich trockenere Kaltluft ins Einsatzgebiet, die weitere Nebelereignisse verhinderte.

Eine klare Korrelation zwischen Windrichtung und Sichtverhältnissen ließ sich nicht ableiten und prognostisch verwerten. Entscheidend für den Einfall oder das Fehlen von Nebel war nicht die aktuelle Windrichtung, sondern die Vorgeschichte der herangeführten Luft. Die Rückwärts-Trajektorien konnten anhand der zwei eigenen täglichen Analysen des Bodendruckfeldes nur in erster Näherung approximiert werden, gaben aber doch sinnvolle und meist eindeutige Hinweise auf die Quellgebiete der Luftmassen. Während der Nebelperioden lagen sie meist im Südwestquadranten zwischen 50 und 60 Grad Nordbreite, während der nebefreien Abschnitte hingegen auf dem grönländischen Eisschild oder über dem Nordpolarmeer.

Abgesehen von der erhöhten Nebelhäufigkeit zeigten die anderen meteorologischen Parameter keine signifikanten Abweichungen von den Erfahrungen vorhergehender Arktisreisen.

### **2.1.3 Messung turbulenter Flüsse in der Grenzschicht mit der Hubschrauberschleppsonde HELIPOD**

Lothar Gödecke (AED), Jörg Hartmann (AWI), Mathias Schürmann (AED) und Christian Wode (IMH)

Klimauntersuchungen erfordern die Kenntnis der Energieflüsse an der Erdoberfläche mit einer Genauigkeit, die die bisherigen Meßgenauigkeiten um eine Größenordnung übertrifft. Durch die Bildung des klimawirksamen kalten Tiefenwassers kommt dabei dem ozeanisch-atmosphärischen Wärmeaustausch in den Polarregionen eine besondere Bedeutung zu. Infolge der relativ schwierigen Meßbedingungen sind aber gerade hier die relevanten Kopplungsparameter bislang besonders unzureichend bekannt.

Zur hochauflösenden in-situ Messung der bodennahen turbulenten Flüsse von Masse, Impuls, sensibler und latenter Wärme sowie Wasserdampf ist deshalb erstmals die Hubschrauber-Schleppsonde HELIPOD eingesetzt worden. HELIPOD ist ein sensorisch, navigatorisch und energetisch autonomer Meßbehälter, der an einem ca. 15 m langen Seil aerodynamisch selbststabilisierend unter einem Hubschrauber geschleppt werden kann. Gegenüber herkömmlichen Flugmeßsystemen weist HELIPOD mehrere Vorteile auf, so z.B. geringere Anforderungen an die Operationsbasis, geringe Überführungs- und Einsatzkosten, Einsatzfähigkeit vom Schiff aus, geringe Störungen durch das Trägerluftfahrzeug, minimale Mindestflughöhe und Schleppgeschwindigkeit, daher auch geringere statistische Fehler, ein eigenständiges Navigationssystem zur hochgenauen Bestimmung von Position und Lage und nicht zuletzt modernste hochauflösende und dennoch kompakte Sensorik mit geringen Signallaufzeiten. Im Gegensatz zu bisherigen Flugmeßsystemen kann HELIPOD unabhängig vom Trägerfahrzeug im Labor kalibriert werden.

Die meteorologische Ausstattung des HELIPOD umfaßt eine 5-Loch-Sonde zur Messung des statischen Druckes und des Windvektors, zwei Temperatursensoren mit unterschiedlichem Trägheitsverhalten, einen Feuchtekanal mit Humicap, Taupunktspiegel und Lyman-alpha-Hygrometer und ein Strahlungsthermometer. Das Navigationssystem besteht aus einem barometrischen und einem Radaraltimeter, einer kreiselstabilisierten Trägheitsplattform und zwei GPS-Empfängern zur Positionsbestimmung und driftfreien Stützung des Inertialsystems. Die gemessenen Daten werden in bis zu 160 Kanälen auf magneto-optischen Platten aufgezeichnet mit Speicherkapazitäten von jeweils 300 MByte pro Plattenseite, entsprechend 3 Flugstunden oder ca. 450 km Flugweg.

Bei dem ersten Polareinsatz des HELIPOD wurde neben der Systemerprobung in polaren Regionen das folgende wissenschaftliche Programm verfolgt:

- Bestimmung relativ kleinräumiger Flächenmittelwerte (über ca.  $10 \times 10 \text{ km}^2$ ) der turbulenten Flüsse über Eis- und Wasserregionen,
- Aufnahme lokaler Vertikalprofile der turbulenten Flüsse,
- Flußmessungen entlang oberflächennaher Quer- und Längsschnitte über Bereichen mit unterschiedlichen Eis- und Wasserbedeckungen,
- Vermessung organisierter Strukturen konvektiver Bewölkung,
- Messungen an abgehobenen Inversionen über Eisgebieten.

Hierzu waren zunächst einige kürzere Kalibrations- und Erprobungsflüge geplant; anschließend sollten in den beiden Hauptarbeitsgebieten (im Ostgrönlandstrom bei 75° N, 13° W und in der Framstraße bei 79° N, 5° W) je nach Wetterbedingungen insgesamt etwa 10 bis 15 jeweils ca. zweistündige Meßflüge erfolgen.

Durch eine Berührung mit der Wasseroberfläche im Rahmen eines Testfluges für Start- und Landemanöver wurde HELIPOD jedoch bereits kurz nach Erreichen des ersten Hauptarbeitsgebietes so beschädigt, daß Teile der Elektronik mit Bordmitteln nicht wiederhergestellt werden konnten. Zwar konnten die zur Reparatur benötigten Ersatzteile nach Spitzbergen eingeflogen und - nachdem sich "Polarstern" in Flugreichweite der Insel befand - von dort per Bordhubschrauber abgeholt werden, HELIPOD konnte durch diesen Zwischenfall aber dennoch über eine Zeitspanne von 22 Tagen hinweg nicht eingesetzt werden. Ungünstiges Flugwetter beschränkte die Operationszeit des HELIPOD darüberhinaus weiter so, daß während der gesamten Kampagne neben drei Testflügen nur insgesamt sechs Meßflüge durchgeführt werden konnten, die sich auf vier Flugtage verteilen. Die letzten beiden Punkte des geplanten wissenschaftlichen Programms konnten deshalb nicht bearbeitet werden.

Die dennoch durchgeführten Meßeinsätze wurden mit möglichst konstanter "true air speed" in der Größenordnung von 40 m/s und in konstanten Höhen zwischen 20 und 50 m geflogen. Dabei wurden teils windparallele, teils windsenkrechte Kurse gewählt, entlang derer für jeweils mindestens 10 bis 45 min die Flugparameter möglichst konstant gehalten wurden. Durch Flüge mit Steigraten von etwa 1000 ft/min wurden zu Beginn und Ende einzelner Flugabschnitte jeweils Vertikalprofile der aufgezeichneten meteorologischen Parameter erfolgen. Während eines zweistündigen Meßfluges wurden außerdem vom Bugausleger der ruhenden "Polarstern" aus stationäre Turbulenzmessungen durchgeführt. Hierzu wurde ein in ca. 15 m Höhe über dem Wasserspiegel montiertes USAT (Ultraschall-Anemometer und -Thermometer der Fa. Kajodenki) eingesetzt. Die dabei gemessenen Daten können bei der Auswertung der Flugmeßdaten als Turbulenz-Referenz dienen. Bei einem anderen Flug wurde der HELIPOD unmittelbar von dem zweiten Bordhubschrauber verfolgt, der während dieses Fluges mit einer Line-Scan-Kamera ausgerüstet war und aus einer Höhe von ca. 3000 ft Oberflächenstruktur und Eisbedeckung entlang des Flugweges aufzeichnete. Die entsprechenden Daten ermöglichen später eine Zuordnung der gemessenen turbulenten Wärmeflüsse zu der jeweiligen Eissituation.

Ergänzt werden die Flugmeßergebnisse darüberhinaus noch durch Radiosondendaten aus der Bordwetterwarte, durch Stationsmeldungen und Wetterkarten aus der Meßregion, durch an Bord der "Polarstern" empfangene Satellitenbilder der Fluggebiete, aus denen Information über Bewölkung und Eis entnommen werden kann, und durch meteorologische und ozeanographische Daten des schiffsfesten Multikanal-Meßsystems POLDAT der "Polarstern".

Bei der Auswertung sollen die von HELIPOD gesammelten Meßdaten auf die in der Zeitreihenanalyse gewohnte Weise weiterverarbeitet werden. Hierzu gehören Plausibilitätstest, Behandlung von Ausreißern und verlorenen Zeitscheiben, Eliminierung von Trends, Zerlegung der Flugmuster in geeignete homogene Abschnitte, Zeitsynchronisationen, Spektralzerlegung, Bandpaßfilterung und anschließend Berechnung der turbulenten Flüsse.

Während der Expedition konnten noch keine Ergebnisse gewonnen werden. Es ist jedoch geplant, aus den gemessenen Daten detaillierte Schlüsse zu ziehen über die bodennahe atmosphärische Energiebilanz und Transportprozesse, über bislang unzureichend erklärte Unterschiede zwischen den Meßwerten verschiedener herkömmlicher Flugzeug- und Bodenmessungen und über Eigenarten der atmosphärischen Schichtung. Langfristig sollen die mit HELIPOD ermittelten turbulenten Flüsse als Eingabeparameter für globale Klimamodelle Verwendung finden.

Die während der Kampagne gesammelten Erfahrungen der Arbeitsgruppe HELIPOD erstrecken sich insbesondere auch wegen des zwischenzeitlichen Schadensfalles im wesentlichen auf die Bereiche Hardware, Software, Sensorik, Meßtechnik, Sicherheit, Wartung und schiffsgestützter Einsatz des HELIPOD. Unter anderem hat sich auch gezeigt, daß einzelne Teile sowohl der Hardware als auch der Software des HELIPOD noch einiger Modifikationen bedürfen, bevor HELIPOD die an ihn gestellten Erwartungen vollständig erfüllen kann. Es ist zu hoffen, daß diese notwendigen Verbesserungen des neuen Meßsystems in der nächsten Zeit ohne größere Hemmnisse durchgeführt werden können.

#### **2.1.4 Ozonsondierung und Verteilung von $H_2O_2$ , NO, $NO_3^-$ und $SO_4^{2-}$ in der marinen arktischen Atmosphäre**

Maria Dolores Andrés Hernández, Rolf Weller und Ursula Wieschollek (AWI)

Die luftchemischen Untersuchungen befaßten sich mit dem sogenannten Oxidationspotential der nordpolaren marinen Atmosphäre im Sommer. Die Verteilung von Ozon, Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) und NO, deren Konzentrationenmuster das Oxidationspotential der Troposphäre charakterisieren, sowie die Bilanzen der Atmosphäre von Nitrat ( $NO_3^-$ ) und Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) umfaßten das eigentliche Meßprogramm. Zusammen mit den Ergebnissen aus früheren "Polarstern"-Überfahrten tragen die Resultate dieser Fahrt dazu bei, ein möglichst lückenloses Datenprofil von hohen nördlichen bis zu hohen südlichen Breiten zu erstellen. Die Daten sind eine Basis für die modellgestützte Berechnung globaler anthropogener Veränderungen der troposphärischen Photochemie.

##### **Die vertikale Schichtung des Ozons**

Die täglich gestarteten ballongetragenen Ozonsonden (Elektrochemische Konzentrationszellen) lieferten in Kombination mit meteorologischen Radiosonden Höhenprofile des Ozonpartialdrucks, der Temperatur und der relativen Feuchte mit einer Höhengauflösung von ca. 100 m bei einer durchschnittlich erreichten Gipfelhöhe von 34-36 km. Die Auswertung und Interpretation der Daten, die im wesentlichen nach der Fahrt am AWI erfolgt, teilt sich in drei Bereiche:

- a) Ein meridionaler Schnitt von  $58^\circ N$  bis  $79^\circ N$  ergibt eine Kartierung der  $O_3$ -Verteilung hoher nördlicher Breiten und soll im Zusammenhang mit den Daten aus den "Polarstern"-Überfahrten ANT X/8, ANT XI/1 und ANT XI/5 untersucht werden.
- b) Zeitliche Entwicklung der  $O_3$ -Höhenprofile im Einsatzgebiet um  $75^\circ N, 10^\circ W$ .
- c) Zonaler Schnitt von  $13^\circ W$  bis  $14^\circ E$  bei  $75^\circ N$ .

Bei einer vorläufigen Analyse der einzelnen Aufstiege zeigten sich folgende auffallende Charakteristika: Generell beobachtete man ein ausgeprägtes Maximum kurz oberhalb der Tropopause (8-10 km Höhe, ca. 8-10 mPa Ozonpartialdruck), gefolgt vom typischen  $O_3$ -Maximum in ca. 20-22 km Höhe mit Ozonpartialdrücken um 15 mPa. In der Troposphäre wurden bei einigen Aufstiegen deutliche Maxima oberhalb der planetaren Grenzschicht und zwischen 4-5 km und 7-8 km Höhe beobachtet. Eine Trajektorienanalyse der entsprechenden Druckniveaus soll Aufschluß darüber geben, ob in diesen Fällen anthropogen belastete Luftmassen, z. B. vom nordamerikanischen Kontinent, in der freien Troposphäre bis zum Expeditionsgebiet transportiert wurden. Solche Luftmassen, die mit Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen aus technischen Verbrennungsprozessen angereichert sind, tragen ein hohes photochemisches Ozonbildungspotential. Einige der troposphärischen Maxima, insbesondere in der oberen Troposphäre (> 5 km Höhe) können allerdings mit großer Sicherheit auf Intrusionen ozonreicher stratosphärischer Luftmassen in die Troposphäre zurückgeführt werden. Da Luft stratosphärischen Ursprungs extrem trocken ist, läßt sich die stratosphärische Herkunft an dem in gleicher Höhe auftretenden drastischen Abfall der Luftfeuchtigkeit erkennen.

### **Das bodennahe Ozon**

Bodennahe Ozon wurde während der gesamten Fahrt kontinuierlich mittels UV-Absorption bei 253,7 nm gemessen. Die Daten ließen sich mit der Herkunft der Luftmassen in Beziehung setzen. Auf der Grundlage der von den Bordmeteorologen berechneten bodennahen Trajektorien können die Luftmassen grob in 4 Kategorien eingeteilt werden. Luftmassen vom Atlantik nördlich der Azoren lieferten relativ niedrige  $O_3$ -Werte um  $29 \pm 1$  ppbv. Ein deutlicher Anstieg auf  $32 \pm 2$  ppbv wurde in Luftmassen vom Atlantik südwestlich von Island registriert. Auffallend war der markante Abfall des Ozonmischungsverhältnisses auf  $25 \pm 2$  ppbv bei Trajektorien arktischen Ursprungs oder vom Inlandeis Grönlands. Die höchsten Werte von  $40 \pm 4$  ppbv, episodisch bis zu 60 ppbv, stellten sich ein, wenn Trajektorien ausgehend vom Nordatlantik westlich von Island über die Nordsee zum Meßort führten.

### **Das bodennahe NO**

Das Meßprinzip des kontinuierlich arbeitenden NO-Analysators basiert auf Chemolumineszenz. Dabei wird das zu bestimmende atmosphärische NO in einem Strömungsreaktor mit ozonangereichertem Sauerstoff umgesetzt und die Emission des entstehenden elektronisch angeregten  $NO_2^*$  mittels eines Sekundärelektronenvervielfachers detektiert. Die erzielte Nachweisgrenze liegt bei 3 pptv. Die gemessenen Werte unterstreichen den äußerst geringen NO-Gehalt der freien marinen Atmosphäre, der typischerweise um 5-15 pptv lag, mit Ausnahme der deutschen Bucht, wo Werte um 50-100 pptv registriert wurden. Ungefähr 20-30% der aufgezeichneten NO-Konzentrationsmessungen lagen bei der Nachweisgrenze von 3 pptv.

### **Das bodennahe $H_2O_2$**

Wasserstoffperoxid wurde kontinuierlich mittels der sogenannten "Lazrus Methode", einem enzymkatalysierten, fluorimetrischen Verfahren gemessen. Eine detaillierte Analyse der Aufzeichnung, insbesondere die Differenzierung zwischen  $H_2O_2$  und

organischen Peroxiden, soll im Anschluß an die Expedition erfolgen. Vorab läßt sich festhalten, daß die Konzentration des gut wasserlöslichen  $\text{H}_2\text{O}_2$  sehr stark von der lokalen meteorologischen Situation bestimmt wurde: bei Nebel fielen die  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Mischungsverhältnisse deutlich ab (typischerweise von ca. 500 pptv auf 150-250 pptv). Wasserstoffperoxid löst sich leicht in Nebeltröpfchen und wird so aus der Gasphase ausgewaschen. Die organischen Peroxide zeigten aufgrund ihrer um mehr als eine Größenordnung niedrigeren Henrykonstanten keinen so ausgeprägten Gang. Deshalb war der Anteil organischer Peroxide am Gesamtperoxidgehalt der Luft während Nebelperioden und nasser Deposition signifikant höher.

## **$\text{SO}_4^{2-}$ und $\text{NO}_3^-$ in Aerosolen**

Die Beprobung der Luft erfolgte durch Sammeln der Aerosole auf Teflonfilter, (1,0  $\mu\text{m}$  Porenweite) kombiniert mit Nylonfiltern (Porenweite 0,5  $\mu\text{m}$ ). Die Größe der Partikel wurde zum Teil zusätzlich mittels eines Dichotomous Samplers in zwei Klassen aufgetrennt: Partikel mit einem Durchmesser  $< 2,5 \mu\text{m}$  und  $> 2,5 \mu\text{m}$ , letzteres typisch für Meersalzaerosole. Der Einsatz eines Wet- und Anulardenduders erlaubte eine Unterscheidung des aerosolgebundenen Sulfats und Nitrats gegenüber gasförmiger  $\text{HNO}_3$ , Peroxyacetylnitrat (PAN) und  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , die auf Filtern prinzipiell zusammen mit den Aerosolen festgehalten werden. Die ionenchromatographische Analyse erforderte eine Aerosolanreicherung aus mehreren Kubikmetern Luft, so daß diese diskontinuierliche Meßmethode mit Minimalsammelzeiten von 8 h arbeitete. Die Nitratwerte lagen zwischen 0,002-0,005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1,6-4,0 pptm). Da Nitrat praktisch das Endprodukt der atmosphärischen Stickoxidchemie ist, sind die beobachteten Nitratkonzentrationen konsistent mit den gemessenen NO-Mischungsverhältnissen. Eine Differenzierung zwischen Meersalz- und Nichtmeersalzsulfat kann erst im Heimatlabor am AWI erfolgen.

## **2.2 Meereisuntersuchungen**

### **2.2.1 Meereisfernerkundung** Thomas Martin und Aining Li (AWI)

Der Export von Meereis aus der zentralen Arktis durch den Ostgrönlandstrom stellt einen wichtigen Teil der Süßwasserbilanz der Grönlandsee und des Nordatlantiks dar. Die Ergebnisse von Modellrechnungen deuten darauf hin, daß die Stabilität der Zirkulation in dieser Region stark von dem Süßwasser- bzw. dem Salzeintrag an der Ozeanoberfläche abhängt.

Unter der Anwendung unterschiedlicher Meß- und Auswertetechniken sollen die gesammelten Daten zum Verständnis der Massenbilanz des Meereises im Ostgrönlandstrom beitragen. Dazu werden die horizontale Ausdehnung, die Konzentration, die Driftgeschwindigkeit und die Eisdicke benötigt.

### **Das AVHRR**

An Bord von "Polarstern" befindet sich eine Satellitenempfangsanlage, die der Auf-

zeichnung der Daten des "Advanced Very High Resolution Radiometers" (AVHRR) des Wettersatelliten der "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA) für die sichtbaren und infraroten Spektralkanäle mit einer horizontalen Auflösung von 1,1 km dient. Mehrmals täglich wurden die Daten der Satellitenüberflüge aus dem Arbeitsgebiet an Bord aufgezeichnet, kalibriert und auf ein polarstereographisches Gitter projiziert. Während der Fahrt entstand ein umfangreiches Archiv aus den Schwarzweißausdrucken des sichtbaren Kanals 1. Für wolkenfreie Gebiete läßt sich daraus die großräumige Eisverteilung ableiten. Die zeitliche Variabilität der Eisausdehnung und der Eiskonzentration erlaubt Aussagen über die Eisdrift.

Während der Reise wurde eine mit zwei ARGOS-Sendern versehene Eisdriftstation ausgebracht und in den AVHRR-Bildern verfolgt. Die Trajektorie ist in Abb. 2.3 dargestellt, die Eissituation aus den AVHRR-Bildern zu Beginn der Eisdrift in Abb. 2.4.

Die Driftstation befand sich südlich einer Eisscholle, die sich durch ihre Größe und Form in den Satellitenbildern deutlich hervorhebt. Das Schollenfeld läßt sich bis zum 10. Juni 1994 auf Satellitenbildern zurückverfolgen. Im Zeitraum vom 10. Juni bis zum 10. Juli ist das Schollenfeld von  $78^{\circ} 30' N$  um 275 km nach Süden verdriftet. Nach dem Ausbringen der Eisdriftstation hat sich die markierte Scholle aus dem Schollenfeld herausgelöst und wurde durch einen Wirbel am Eisrand stark nach Süden beschleunigt. Abb. 2.5 zeigt die Position der Eisdriftstation am 24. Juli am Rand des eisbedeckten Ostgrönlandstroms in einem Gebiet mit geringer Eiskonzentration.

Die Driftdaten der Eisstation werden verwendet, um bestehende Auswerteverfahren für Satellitendaten hinsichtlich der groß- und der kleinräumigen Eisdrift zu überprüfen und zu verbessern.

#### **Das ERS-1 SAR**

Die Verwendung von AVHRR Bilder bei Feldmessungen wird durch zwei Faktoren beschränkt. Zum einen liefern die Bilder durch die grobe Auflösung ein recht unvollkommenes Bild der kleinräumigen Eisverteilung, zum anderen kommt es sehr häufig vor, daß durch starke und meist länger anhaltende Bewölkung die Meereisverteilung nicht erkennbar ist.

Seit 1991 wird auf dem ersten europäischen Fernerkundungssatellit ERS-1 ein "Synthetic Apertur Radar" (SAR) betrieben, welches sich für die Fernerkundung von Meereis nutzen läßt. Dieses Radar liefert, bei einer Auflösung von 20 m, abgebildete Streifen mit einer Breite von 100 km. Das Radar arbeitet im Mikrowellenspektralbereich, bei dem die atmosphärischen Einflüsse auf die Messungen gering sind. Die Daten dieses Satelliten können auf "Polarstern" nicht direkt empfangen werden.

Seit Anfang 1994 ist es möglich, über einen Telekommunikationssatelliten auch digitale Daten auf "Polarstern" zu übertragen. Während der Reise ist diese Einrichtung genutzt worden, um digitale ERS-1-SAR-Bilddaten auf dem Schiff zu erhalten.



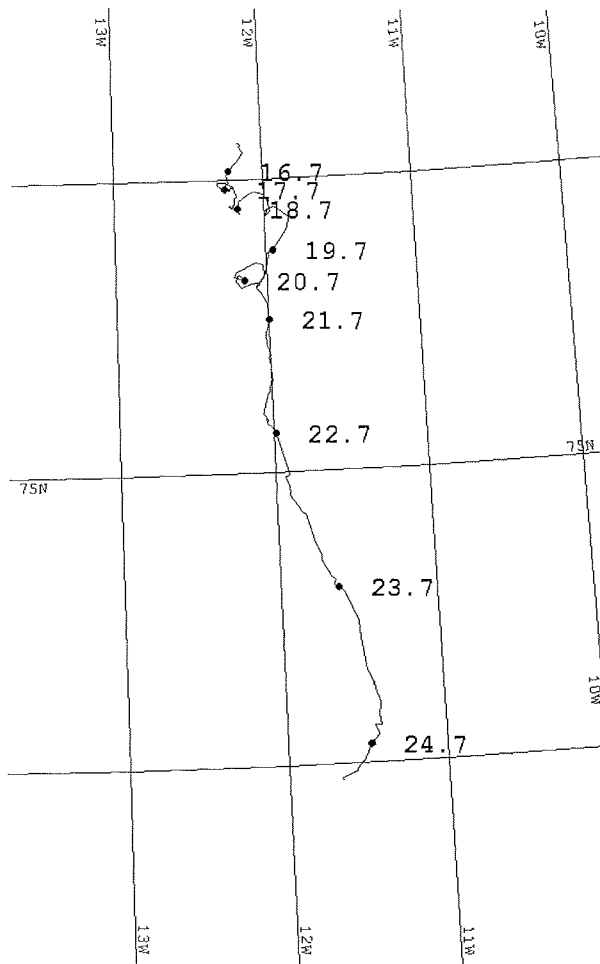


Abb. 2.3: Trajektorie der Eisdriftstation nach Meldungen des ARGOS-Senders 7861 vom 15. Juli bis 24. Juli 1994 (durchgezogene Linie), sowie die Positionen um 0:00 UTC (Punkte).



Abb. 2.4: NOAA-11-AVHRR-Satellitenbild vom 18. Juli 1994 um 9:12 UTC, Kanal 1 mit der Trajektorie der Eisdriftstation (weiße Linie) und der Position der Station am 18. Juli (weißer Punkt).

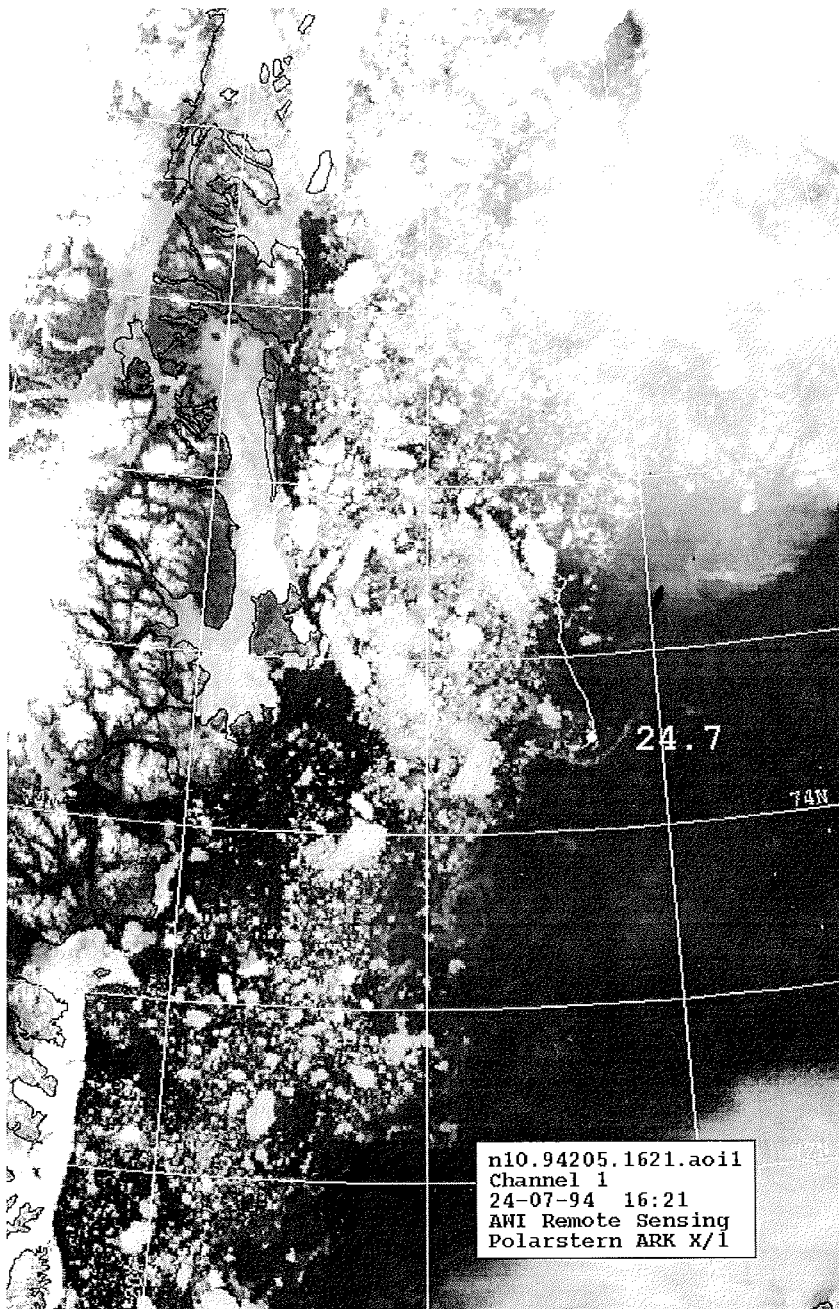


Abb. 2.5: NOAA-10-AVHRR-Satellitenbild vom 24. Juli 1994 um 16:21 UTC, Kanal 1 mit der Trajektorie der Eisdriftstation (weiße Linie) und der Position der Station am 24. Juli (weißer Punkt).

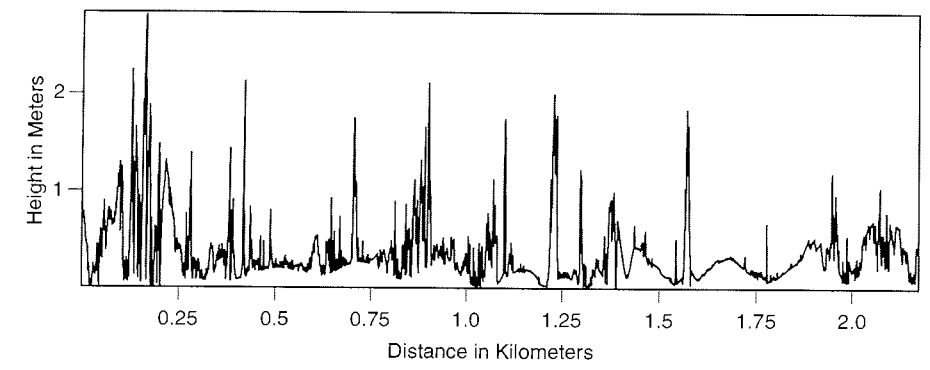
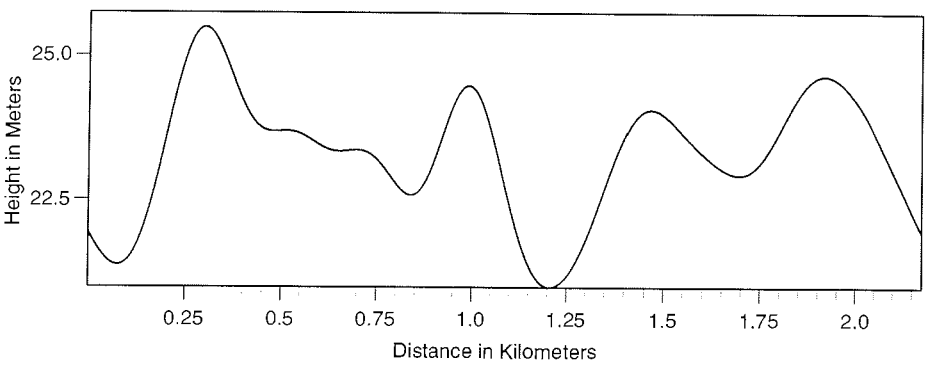
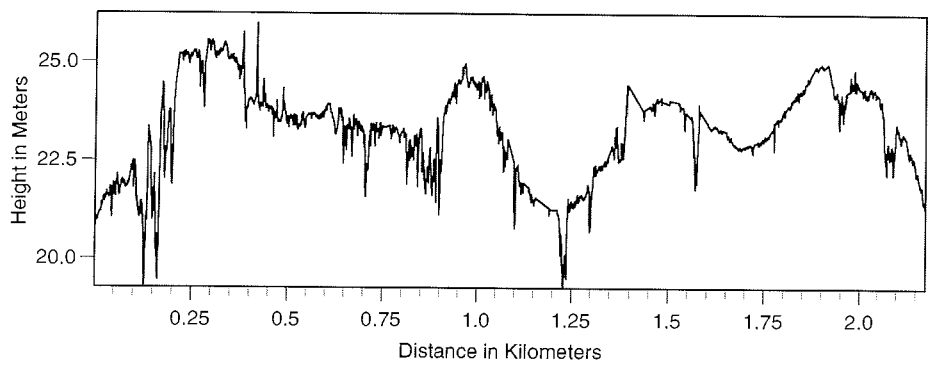


Abb. 2.6: Beispiel der Laseraltimeter-Daten, aufgenommen am 15. Juli 1994 bei 75°N, 13° W.

Hierfür wurde vor der Reise die Datenaufzeichnung von Überflügen des Arbeitsgebietes bei der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) bestellt. Für 7 dieser Überläufe wurden je 1 bis 2 Ausschnitte bei der Satellitenempfangsstation in Tromsø zur Verarbeitung als FD-Daten (Fast Delivery) in Auftrag gegeben. Die verarbeiteten Bilder standen wenige Stunden nach ihrer Aufnahme in Tromsø auf einem Rechner zur Verfügung. Über eine Internet-Verbindung gelangten die Daten auf einen AWI-Rechner in Bremerhaven. Einmal am Tag stellte der Systemadministrator auf "Polarstern" eine Verbindung zu den AWI-Rechnern in Bremerhaven her, um alle bereitgestellten Daten zu übertragen. Etwa 12 bis 24 Stunden nach Aufnahme in Tromsø lagen die Daten an Bord von "Polarstern" vor.

### **Laseraltimeter und Videoflüge**

Zur Messung der Oberflächenrauigkeit von Schollen und der Eisbedeckung sowie der statistischen Analyse der Presseisrücken wurde ein helikoptergestütztes Laseraltimeter benutzt. Die überflogenen Gebiete wurden zur Abschätzung der kleinräumigen Meereiskonzentration und der Verteilung der Schmelztümpel auf den Schollen mit einer Videoaufzeichnung dokumentiert. Vier Meßflüge wurden bei 75° N und 6 bei 79° N durchgeführt. Die Fluglänge variiert zwischen 37 und 55 km. Die vertikale Auflösung der Laseraltimeter-Daten beträgt 0,2 cm. Mit einer Flugeschwindigkeit von ca. 50 Knoten und einer Abtastfrequenz von 100 Hz ergibt sich eine horizontale Auflösung von ca. 25 cm. Als Beispiel wird in Abb. 2.6 ein Ausschnitt der am 15. Juli bei 75° N, 13° W gemessenen Laseraltimeter-Daten gezeigt. In der oberen Abbildung sind die Rohdaten dargestellt. In der Mitte die tiefpaßgefilterten Daten, die die Flughöhe des Helikopters wiedergeben. Die untere Abbildung zeigt die nach Hochpaßfilterung gewonnene Höhenänderung der Eisoberfläche. Aus den Daten sollen statistischen Größen der Presseisrücken abgeschätzt werden. Durch Kombination mit Daten von in diesem Gebiet verankerten Eisecholoten (Upward-Looking-Sonars, ULS) läßt sich die mittlere Eisdicke abschätzen.

### **2.2.2 Meereisbiologische Untersuchungen**

Marina Carstens, Christine Friedrich, Rolf Gradinger und Iris Werner (IPÖ)

Das Meereis der Arktis bedeckt zwischen 7 (Sommer) und 14 (Winter) Millionen km<sup>2</sup> des Arktischen Mittelmeeres. Es besteht zumeist aus mehrjährigen Eisschollen mit über 2 m Dicke. Unsere Untersuchungen konzentrierten sich auf die eisassoziierten Lebensgemeinschaften, wobei wir folgende Ziele verfolgten:

- eine allgemeine Charakteristik der Eiseigenschaften (Dicke, Temperatur, Salzgehalt, anorganische Nährstoffkonzentrationen)
- Beschreibung der Lebensgemeinschaften in Schmelzwassertümpeln, im Eis und an der Grenzschicht Eis/Pelagial.

### **Ökologische Untersuchungen an Schmelzwassertümpeln (M. Carstens)**

Im arktischen Sommer entstehen aufgrund von Schmelzprozessen an der Grenzfläche zwischen Meereis und Luft Schmelzwassertümpel, deren Größe von kleinen Pfützen bis zu seenartigen Tümpeln von mehreren hundert Metern Länge variieren kann. Die Schmelzwassertümpel sind eine Besonderheit des arktischen Meereises. Sie treten in großer Zahl auf und können bis über 60 % der Meereisoberfläche be-

decken.

Über die Ökologie der Schmelztümpel ist bislang nur wenig bekannt. Sie stellen einen extremen Lebensraum dar, dessen Milieubedingungen sich von denen der anderen Meereishabitate (Solekanälchen, Grenzfläche Eis/Pelagial) deutlich unterscheiden. Den größten Teil des Jahres ist dieses Habitat zugefroren, so daß dort lebende Organismen einem starken Temperaturstreß ausgesetzt sind und spezielle Überwinterungsstrategien entwickelt haben müssen. Weiterhin sind die Organismen starken Salzgehaltsschwankungen ausgesetzt, da je nach Art und Geschichte des Tümpels reines Süßwasser oder Brackwasser bis hin zum voll marinen Milieu vorliegen kann. Die Nährstoffgehalte sind gering. Aufgrund der niedrigen Albedo der Tümpel sind deren Bewohner hohen Lichtintensitäten im gesamten Lichtspektrum ausgesetzt. Es stellt sich einerseits die Frage nach den Anpassungen der Tümpelbewohner an diese extremen Bedingungen, andererseits nach ihrer Herkunft, da das Eis aus Meerwasser entsteht.

Das Ziel unserer Untersuchungen war in erster Linie die Beschreibung der Lebensgemeinschaften in den Schmelzwassertümpeln und der dort vorherrschenden Milieubedingungen. Zusätzlich sollen experimentelle Untersuchungen Aufschluß über Anpassungen der Organismen an ihren Lebensraum geben.

### **Probennahme**

Es wurden insgesamt 12 Tümpel an 10 Stationen beprobt. Zwei dieser Tümpel befanden sich bei der Eisdriftstation, einer Scholle, die mit Instrumenten bestückt wurde, und konnten daher nach einem Zeitraum von 10 Tagen ein zweites Mal beprobt werden.

Zur Beschreibung der Milieubedingungen in Schmelzwassertümpeln wurden folgende abiotische Parameter bestimmt: Wassertemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Lichtbedingungen und Nährstoffgehalt (Nitrat, Nitrit, Phosphat, Silikat). Als Biomasseparameter wurden Chlorophyllgehalt und organischer Kohlenstoffgehalt (über CHN-Analysen) herangezogen. Für die Messung dieser beiden Parameter, die im Heimatlabor erfolgen wird, wurden Wasserproben auf Glasfaserfiltern konzentriert und tiefgefroren. Weiterhin wurden die beprobten Tümpel vermessen (Länge, Breite, Umfang und Tiefe).

Aus allen untersuchten Tümpeln wurden Wasserproben entnommen, von denen ein Teil zum Anlegen von Kulturen eingesetzt wurde, während der Rest fixiert wurde. Zusätzlich zur Fixierung mit Formaldehydlösung (1-1,5 % Endkonzentration) wurde Material in Bouin'scher Lösung fixiert. Letztere empfiehlt sich für die Untersuchung von Ciliaten. Zur Bestimmung der Abundanzen von Bakterien und kleinen Protisten wurden DAPI-gefärbte Epifluoreszenzpräparate hergestellt und tiefgefroren gelagert. Die Analyse der Präparate soll auf dem zweiten Fahrtabschnitt begonnen und in Kiel fortgeführt werden. Zusätzlich wird nach der Rückkehr die Bestimmung der Häufigkeiten größerer Organismen durchgeführt werden. Anhand mikroskopischer Messungen wird eine Abschätzung der Biomasse möglich sein. Das Kulturmaterial wird auf dem zweiten Fahrtabschnitt zu experimentellen Untersuchungen und Lebendbeobachtungen herangezogen werden.

An ausgewählten Stationen wurden aus den Tümpeln und ihrer Umgebung Ober-

flächenkerne erbohrt, um die Besiedlung des Tümpelbodens und die Verbreitung bzw. Herkunft der Tümpelbewohner zu untersuchen. Zusätzlich wurden Schneeproben genommen. Dieses Material wurde ebenfalls teils für Kulturzwecke, teils für Zählungen (Fixierung in Formaldehydlösung) verwendet.

Weiterhin wurde die Eisdriftstation genutzt, um ein in-situ-Experiment zur Entwicklung der Schmelztümpel-Lebensgemeinschaft unter verschiedenen Lichtregimes durchzuführen. Die Versuchsbedingungen umfaßten die natürliche Sonneneinstrahlung, die Sonneneinstrahlung unter Ausschluß von UV-B und die Sonneneinstrahlung unter Ausschluß von UV-A und UV-B. Die Auswertung des Experiments wird in Kiel erfolgen.

### **Erste Ergebnisse**

Während des gesamten Aufenthalts in der Eisregion wurden Schmelztümpel auf den Eisschollen angetroffen. Tümpel von blauer und grüner Färbung dominierten (95-98 % aller beobachteten Tümpel), wobei grüne Tümpel erst auf 79° N ab Anfang August in größerer Zahl zu beobachten waren. Aufgrund des selteneren Auftretens dieses Tümpeltyps wurde nur ein grüner Tümpel beprobt, der Salzgehalte zwischen 17 und 20 aufwies. Alle übrigen untersuchten Tümpel waren Süßwassertümpel. Gegen Ende der Arbeiten in der Eisregion begannen die Tümpel zuzufrieren. Die Stärke der Eisdecke betrug zwischen 1 und 5 cm.

Die mittleren Tiefen der Tümpel lagen zwischen 15 und 25 cm. Die Tümpel wiesen Wassertemperaturen zwischen 0 und 1° C und im allgemeinen pH-Werte zwischen 5,5 und 7,1 auf. Die Nährstoffgehalte des Tümpelwassers bewegten sich häufig an der Nachweisgrenze. Im umgebenden Schnee wurden z.T. deutlich höhere Nitratwerte als in den Tümpeln gefunden wurden (Beispiel Tümpel Nr. 50: Tümpelwasser 0,12 µmol/l, Schnee 0,42 µmol/l).

Die Tümpelbewohner setzen sich in erster Linie aus Bakterien und Protisten zusammen, wobei auto- und heterotrophe Flagellaten offenbar dominieren. Vielzeller wurden bislang nicht beobachtet. Detailliertere Aussagen werden erst nach Auswertung des umfangreichen Daten- und Probenmaterials möglich sein.

### **Untersuchungen zur Besiedlung des Meereises (C. Friedrich, R. Gradinger)**

#### **Probennahme**

Die Beprobung der Eisschollen erfolgte mit einem Eiskernbohrer von etwa 10 cm Innendurchmesser. Im Untersuchungsgebiet bei 75°N wurden insgesamt 23 Kerne an 6 Stationen, in der Framstraße 42 Kerne an 5 Stationen gebohrt. Die Eiskerntemperaturen wurden mit 10 cm Vertikalauflösung direkt nach der Probennahme gemessen. Die Bestimmung des Salz- und Nährstoffgehaltes erfolgte an aufgetauten Eiskernsegmenten von zumeist 10 cm Länge. Ein weiterer Kern wurde für die Ermittlung der Eisorganismenzahlen in Segmente von 20, 10 und 2 cm zersägt. Diese Segmente wurden in einem Überschuß an 0,2 µm filtriertem Meerwasser schonend bei 4° C aufgetaut, um osmotischen Stress für die Organismen zu vermeiden. Nach dem Schmelzen der Eissegmente wurde eine Unterprobe von 100 ml mit Formalin fixiert (1% Endkonzentration) und ein Epifluoreszenzmikro-

skopiepräparat mit DAPI-Färbung hergestellt. Der Rest der geschmolzenen Probe wurde über eine 20- $\mu\text{m}$ -Gaze konzentriert, und die Organismen wurden lebend unter dem Binokular gezählt und sortiert. Für spätere taxonomische Untersuchungen wurden die Proben in Formalin bzw. die Ciliaten und Turbellarien in Bouin'scher Lösung (jeweils 1% Endkonzentration) fixiert. Daneben wurden Kulturen von lebenden Organismen für spätere Experimente zur Temperatur- und Salzgehaltstoleranz sowie zu trophischen Beziehungen zwischen Meereisalgen und Meiofaunaorganismen angelegt. Zum Vergleich mit dem Artenspektrum der Meereisfauna wurden zusätzlich 9 Planktonhols mit einem 20- $\mu\text{m}$ -Handnetz direkt von der Eiskante oder, falls dies nicht möglich war, von der Bordwand aus gefahren.

### **Allgemeine Charakteristik der Eiskerne**

Die Dicke der Eisschollen betrug 192 bis 346 cm. Innerhalb der einzelnen Eiskerne traten starke vertikale Gradienten der gemessenen Parameter auf, die für Eistemperatur und -salzgehalt beispielhaft in Abb. 2.7 dargestellt sind. Die obersten Dezimeter der Eisschollen waren in der Regel warm ( $T > 0\text{ }^\circ\text{C}$ ) und salzarm ( $S < 1$ ), bedingt durch die sommerliche Erwärmung und das damit gekoppelte Schmelzen an der Eisoberseite. Im Bereich der Eisunterseite waren die niedrigsten Temperaturen (minimal  $-1,8\text{ }^\circ\text{C}$ ) und höchsten Salzgehalte (maximal 3,9) vorzufinden. Die Nährstoffkonzentrationen waren in allen untersuchten Kernen niedrig. Die Maximalwerte für die einzelnen Komponenten waren: für Nitrat  $0,30\text{ }\mu\text{mol/l}$ , für Phosphat  $0,65\text{ }\mu\text{mol/l}$  und für Silikat  $3,29\text{ }\mu\text{mol/l}$ . Interessanterweise wiesen die einzelnen Nährstoffe unterschiedliche Gradienten auf. Während Nitrat und Phosphat ihre höchsten Werte immer in den untersten Dezimetern der Eisschollen erreichten, war für Silikat in jedem Kern ein internes Maximum etwa in der Mitte des Kerns anzutreffen.

Basierend auf den gemessenen Temperatur- und Salzgehaltswerten konnte anhand der Formel von Frankenstein und Garner (1967) das Solevolumen im Eis ( $V_S$ ) berechnet werden:  $V_S = Sx(52,56/T - 2,28)$ ;  $S$ =Salzgehalt,  $T$ =Temperatur. Hierbei zeigte sich, daß im sommerlichen Packeis des Ostgrönlandstromes die Sole etwa 20% des gesamten Eisvolumens einnimmt.

### **Vertikale Verteilung der Eisorganismen**

Das Vorkommen von Organismen im Eis wurde mit unterschiedlichen Methoden untersucht. Zur schnellen Erfassung der Verteilung wurde der Parameter Chlorophyll als Maß für das Vorkommen von Algen ermittelt. In den untersten 2 cm der Eisschollen wurden die höchsten Werte ermittelt. Die Ausprägung des Maximums variierte stark. Die 5 Kerne im ersten Untersuchungsgebiet bei  $75\text{ }^\circ\text{N}$  wiesen Maxima von  $0,9$  bis  $13,1\text{ }\mu\text{g Chl/l Eis}$  auf, die 4 Kerne bei  $79\text{ }^\circ\text{N}$  zwischen  $5,1$  und  $56,0\text{ }\mu\text{g Chl/l Eis}$ . Diese im Vergleich zu den Messungen im Pelagial sehr hohen Werte waren allerdings auf eine sehr dünne Eislage begrenzt. Mit zunehmendem Abstand von der Eisunterseite kam es zu einer drastischen Verringerung der Algenbiomasse, wie sie beispielhaft in Abb. 2.8 dargestellt ist. Bereits ab etwa 50 cm Abstand von der Eisunterseite lag die Algenbiomasse bei lediglich  $0$  bis  $0,03\text{ }\mu\text{g Chl/l Eis}$ . Berechnet man die Chlorophyllgehalte nicht in bezug auf das Eis- sondern auf das Solevolu-



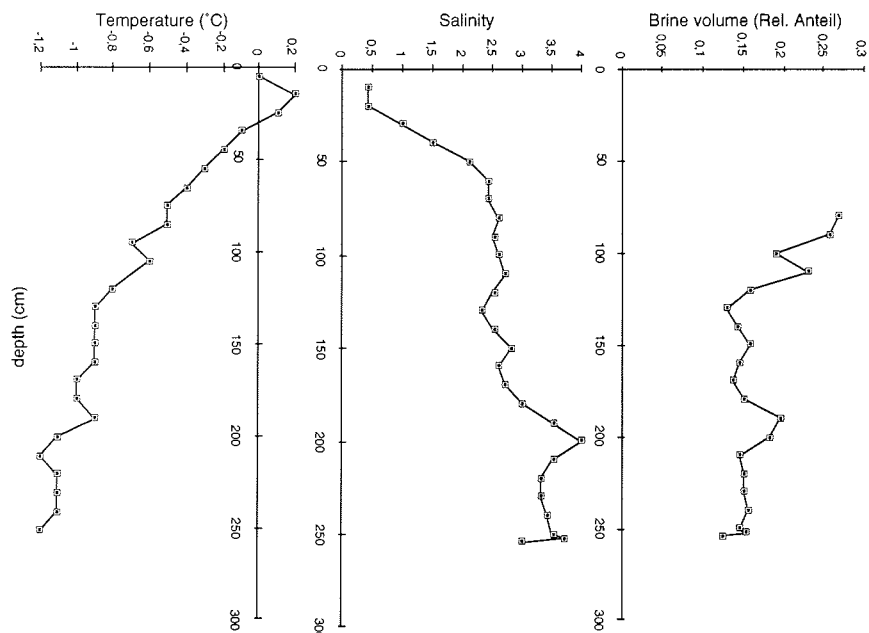


Abb. 2.7: Temperatur, Salzgehalt und Solevolumen in Kern AR101218.

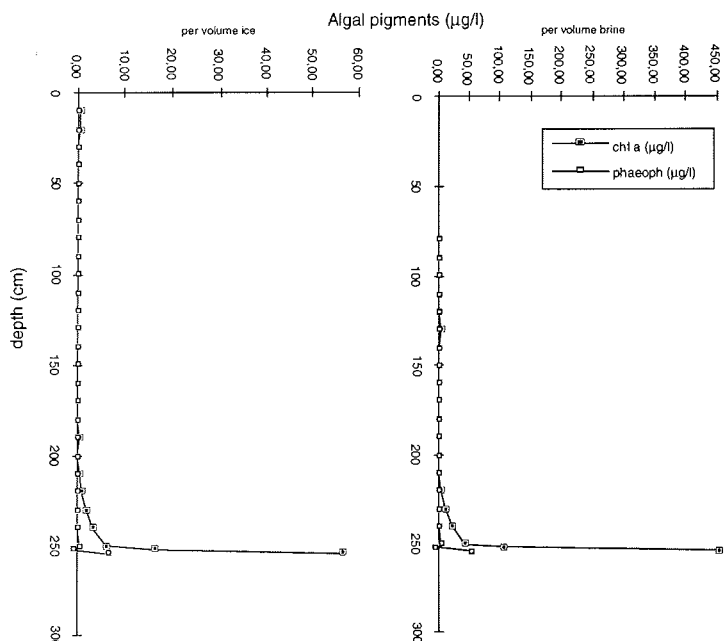


Abb. 2.8: Algenpigmente im Eis bzw. in der Sole in Kern AR101218.

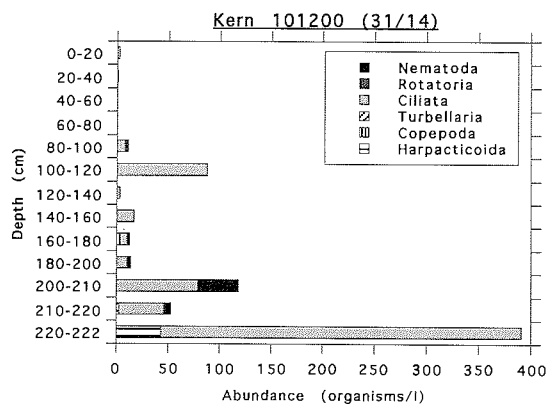
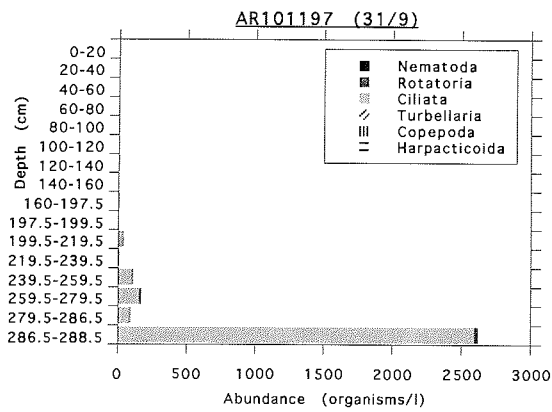
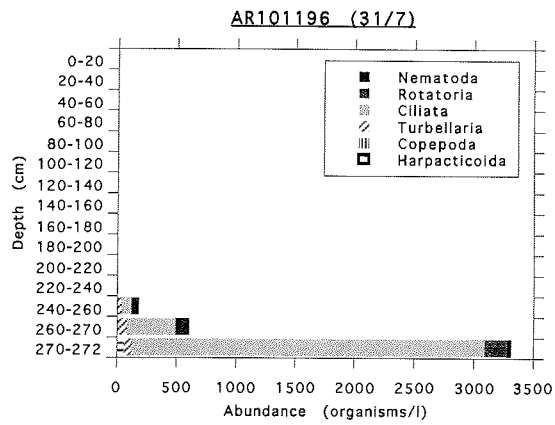


Abb. 2.9: Abundanz der Meiofaunaorganismen in Kern AR101196 (oben), AR101197 (Mitte) und AR101200 (unten).

men, so ergeben sich noch wesentlich höhere Konzentrationen, wobei in den Kernen AR101218 und AR101220 die Maximalwerte von 450 µg Chl/l Sole erreicht wurden. Der Lebensraum Packeis bietet folglich eine ausgezeichnete Nahrungsbasis für herbivore Tiere.

Die Erfassung der Anzahl von Bakterien, Algen und tierischen Einzellern wird durch Epifluoreszenzmikroskopie mit gekoppelter Bildanalyse erst am Institut für Polarökologie in Kiel durchgeführt werden. In Abb. 2.9 sind die Ergebnisse von Lebendzählungen der Meiofaunaorganismen beispielhaft für drei der an Bord lebend sortierten Eiskerne aus der Grönlandsee dargestellt. Die höchsten Organismenkonzentrationen wurden in den untersten 30 cm der Kerne beobachtet, während in den obersten Dezimetern nur vereinzelt Ciliaten auftraten. Der Eiskern AR101200 stellt eine Ausnahme dar, da hier bereits in einem Horizont 1 m über der Eisunterseite hohe Ciliatenabundanzen auftraten.

Die Diversität der Organismen nahm mit zunehmender Tiefe zu. In allen Kernen dominierten Ciliaten die Meiofauna, weitere wichtige Vertreter waren Nematoden, Turbellarien und harpacticoides Copepoden, vereinzelt wurden auch Rotatorien gefunden. Dies steht in Gegensatz zu Untersuchungen in der Barents- und Lapteewsee, wo auch von Rotatorien und Nematoden dominierte Gemeinschaften auftraten.

Von den wichtigsten Vertretern der Meiofaunaorganismen wurden Videoaufnahmen mit Mikroskop bzw. Binokular gemacht. Diese Aufnahmen sollen die Bestimmung der Arten erleichtern, da durch die Fixierung der Organismen Informationen verloren gehen, wie z. B. ihre charakteristische Bewegung und Färbung. Außerdem geben die Aufnahmen lebender Organismen Aufschluß über ihr Verhalten, so konnten z. B. Turbellarien beim Fressen von Diatomeen sowie beim Umherwandern in den Solekanälen von aufgesägten Eiskernen gefilmt werden. Durch Bildanalyseverfahren am Institut für Polarökologie sollen die gefilmten Organismen schließlich für Biomasseabschätzungen vermessen werden.

### **Untersuchung der Untereisfauna (I. Werner)**

Der Lebensraum Untereis stellt ein Habitat mit besonderen Bedingungen dar. Die Unterseite des Eises ist keineswegs immer eben und homogen strukturiert, sondern vielmehr eine von Rissen, Wölbungen und Vorsprüngen gezeichnete Landschaft. Sie bietet ihren Bewohnern Substrat, Nahrung, Schutz vor Räubern und die Möglichkeit, sich durch Festheften der unter dem Eis herrschenden Strömung zu widersetzen. Diese günstigen Bedingungen haben dazu geführt, daß die Unterseite des Eises von einigen Organismen besiedelt wurde, die sonst in keinem anderen Lebensraum vorkommen (autochthon). Es gibt aber auch Bewohner des Pelagials, die zeitweise die Unterseite des Eises nutzen (allochthon), z.B. als Weidegrund oder als Kinderstube.

Die diesjährigen Untersuchungen an der Untereisfauna im Ostgrönlandstrom drehen sich hauptsächlich um drei Themenkomplexe:

1. Bestandsanalyse: Als Basis sollte eine qualitative und quantitative Erfassung der Fauna, eine Beschreibung der dominanten Arten und eine Trennung der au-

tochthonen von den allochthonen Vertretern durchgeführt werden.

2. Nahrungsbeziehungen: Es ist zu vermuten, daß sowohl innerhalb der Untereisgemeinschaft als auch zwischen den Besiedlern der Untereisregion und des Pelagials Nahrungsbeziehungen (kryopelagische Kopplung) bestehen, die aufgezeigt werden sollen.

3. Partikelproduktion: Von besonderem Interesse ist die Frage, ob die Untereisfauna besondere Partikel produziert, und ob sich diese gegebenenfalls in der Wassersäule oder gar im Benthal wiederfinden lassen.

Zur Probengewinnung kamen folgende Geräte an mehreren Stationen zum Einsatz:

1. Eine Untereispumpe, die durch ein Eisbohrloch ein definiertes Wasservolumen aus der Grenzschicht Eis/Wasser durch ein Filtersystem pumpt und die im Wasser vorhandenen Organismen anreichert.
2. Ein Unterwasservideosystem, mit dem die Unterseite des Eises und die Grenzschicht Eis/Wasser gefilmt werden konnte.
3. Köderfallen, die über die Kante von Eisschollen ausgebracht wurden.

Weiterhin wurden Temperatur- und Salzgehaltsprofile vom obersten Meter der Wassersäule unter dem Eis aufgenommen. Auf einer Eisscholle ergab sich die Möglichkeit, mit einem Wasserschöpfer Wasserproben aus der Untereisschicht zu gewinnen, sowie die Unterseite des Eises in Form von Eiskernen zu beproben.

Das so gewonnene Material wurde entweder fixiert, tiefgefroren oder in Hälterung genommen. Genaue Untersuchungen der vorkommenden Arten und Stadien werden die Gemeinschaften beschreiben, biochemische Analysen mit bestimmten Fettsäuren als Markersubstanzen sollen Aufschluß über die Nahrungsbeziehungen geben. Experimente und Lebendbeobachtungen zur Reproduktion, zum Verhalten und zur Partikelproduktion sollen das Bild von der Stellung der Untereisfauna vervollständigen.

Als Bewohner der Eisunterseite wurden mehrere Arten Amphipoden gefunden. In der Grenzschicht Pelagial/Eis kamen typische Planktonorganismen wie Ctenophoren, Copepoden und Appendicularien vor. Als erste grobe Abschätzungen können die folgenden, aus dem von der Pumpe geförderten Wasservolumen ermittelten, Abundanzen gelten:

Amphipoden:	<i>Apherusa glacialis</i>	1-3/m <sup>3</sup>
	<i>Gammarus wilkitzkii</i>	0,2-0,3/m <sup>3</sup>
	<i>Onisimus</i> spp.	0,2-0,3/m <sup>3</sup>
Copepoden:	<i>Calanus hyperboreus</i>	2-4/m <sup>3</sup>
	<i>Pseudocalanus</i> sp.	2-3/m <sup>3</sup>

An einer Station wurde ein Schwarm von *C. hyperboreus* mit etwa 250 Tieren/m<sup>3</sup>, an einer anderen ein Schwarm des pelagischen Amphipoden *Parathemisto libellula* mit etwa 30 Tieren/m<sup>3</sup> angetroffen. Die Bestimmung der Abundanzen der an der Eisunterseite lebenden Amphipoden anhand der Pumpproben liefert methodisch bedingt Unterschätzungen. Genauere Werte soll die Analyse der Untereisvideos ergeben.

## 2.3 Physikalische Ozeanographie

### 2.3.1 Schichtung und Zirkulation der Grönlandsee

Gereon Budéus, Rainer Plugge, Stephanie Ronski und Marek Zwierz (AWI)

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

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

Tiefe Konvektionsprozesse wurden bisher nicht direkt beobachtet, weshalb die verschiedenen Modellvorstellungen zur Tiefenwasserbildung nicht durch Messungen geprüft werden konnten. Schiffsgestützte Versuche, tiefe winterliche Konvektion direkt zu beobachten, besitzen eingeschränkte Erfolgsaussichten, da die Konvektionsereignisse kleine räumliche Strukturen aufweisen und nur kurze Zeit dauern. Demgegenüber ermöglichen Messungen außerhalb des Winters in aufeinanderfolgenden Jahren, die Vorbedingungen und Ergebnisse der Wassermassenmodifikationen im Laufe des dazwischenliegenden Winters zu untersuchen und Bildungsraten von Tiefen- und Zwischenwasser abzuschätzen sowie Wärmeinhalts- und Salzgehaltsänderungen dieser Wassermassen zu bestimmen.

Die hydrographischen Verhältnisse in der Grönlandsee weisen sowohl vertikal als auch horizontal beträchtliche Inhomogenitäten auf. Die räumlichen Skalen betragen horizontal etwa 20 km, vertikal nach Konvektionsereignissen im Winter um 10 m. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit eines engabständigen Stationsnetzes, wie es auf dem zonalen Schnitt durch die zentrale Grönlandsee bei 75° N mit einem CTD-Stationsabstand von 10 nm realisiert worden ist. Im Bereich des Ostgrönlandstroms, wo verschiedene Wasserkörper dicht nebeneinander vorkommen, und an der Arktischen Front wurde die Auflösung noch erhöht. Um die Wassermassen der zentralen Grönlandsee mit den aus dem Arktischen Becken einströmenden in Verbindung bringen zu können, wurde auf 79° N ein Schnitt über den östlichen Teil der Framstraße vermessen.

#### **Instrumente**

Zum Einsatz kamen folgende Instrumente:

- CTD : "Seabird 911 plus" mit doppelten T- und C-Sensoren. Zur Vorauswertung an Bord wurden die Zweitsensoren verwendet. Proben für Wasseruntersuchungen wurden mit einem 24-Flaschen-Kranzwasserschöpfer von General Oceanic gewonnen, der mit 12-l-Schöpfern bestückt wurde. Für ausgewählte Stationen wurden an Bord Salzgehaltsbestimmungen zur Überprüfung der Sensorenstabilität durchgeführt. Temperaturvergleichsmessungen wurden dort, wo es die Zeit erlaubte, mit Gohla Quecksilber-Kippthermometern vorgenommen. Bei der

schnellen Stationsfolge auf den zonalen Schnitten wurden mit den Quecksilberthermometern verglichene elektronische SIS Kippthermometer verwendet.

Insgesamt wurden an 101 Stationen CTD-Messungen durchgeführt.

- Zusatzsensoren: "Dr. Haardt 180° Fluorometer für Chl a" und "Dr. Haardt 180° Fluorometer für Gelbstoff". Beide Instrumente waren bis Station 021 im Einsatz. Danach wurden sie wegen einer fehlerhaften Steckerdurchführung entfernt und erst nach dem 75°N-Schnitt repariert ab Station 085 wieder eingesetzt .
- COMED: Die Anlage zur kontinuierlichen Erfassung von Daten auf dem Schiffskurs wurde von Bremerhaven bis zur Eisgrenze sowie während des 75°N-Schnitts eingesetzt. Gemessen wurden während des gesamten Einsatzes Temperatur, Leitfähigkeit (ME-CTD) und Chl a (Dr. Haardt, wie CTD). Auf dem 75°N-Schnitt wurde der Gelbstoffsensor, der an der CTD nicht eingesetzt werden konnte, an COMED angeschlossen.
- ADCP: Ein RDI-150-kHz-ADCP wurde eisgeschützt betrieben und wird Strömungsdaten für die Zeiträume auf den Stationen liefern.

## **Erste Ergebnisse**

### **Oberflächennahe Schicht**

Auf dem gesamten 75°N-Schnitt findet man eine homogene Deckschicht, die meist bis 20 oder 30 m Tiefe reicht. Die geringen Windgeschwindigkeiten während des Fahrtabschnitts verursachen keine tiefere Vermischung. Darunter liegt eine Sprungschicht mit erhöhter Stabilität. Bei einigen Stationen liegen fehlerhafte Salzgehaltmessungen an Oberflächennähe vor, die wahrscheinlich durch Planktonakkumulation in den Sensoren verursacht sind. Die Rosette zeigte an diesen Orten ebenfalls Algenbeschichtung. Auf den ersten Stationen des Schnitts (026 und 027) liegt Polarwasser (PW) an der Oberfläche, das sich bis in etwa 150 m Tiefe erstreckt. Eine kleinere Linse findet sich auch auf den Stationen 029 und 030 bis in 50 m Tiefe ( $T < 1.0^{\circ}\text{C}$ ). Ab Station 032 findet sich kein PW mehr in der Wassersäule. "Return Atlantic Water" (RAW) liegt gewöhnlich in Tiefen von etwa 200 bis 250 m. Auf diesem Schnitt scheint sich aber eine Schicht RAW von dieser Tiefe (St. 029) nach Osten hin in bis in geringere Tiefen zu erstrecken ( $T > 2^{\circ}\text{C}$  bis St. 037). Hier ist eine genauere Analyse notwendig. Die Oberfläche zwischen Station 040 bis 062 ist mit Arktischem Oberflächenwasser (Arctic Surface Water) bedeckt. Mit St. 062 beginnt das Atlantische Wasser (AW,  $S > 34,9$  bzw.  $35,0$ ) östlich der Arktischen Front. Auf den Stationen 071 und 072 ist kaum AW zu finden: tiefer als 100 m liegt Grönlandsee-Zwischenwasser und kein AW. Dies ist wahrscheinlich auf einen Wirbel oder Mäander der Arktischen Front zurückzuführen. Bis St. 082 kann man AW in der oberen Wassersäule beobachten, östlich davon deuten die geringeren Salzgehalte auf einen Einfluß von Barentssee-Schelfwasser (Barents Sea Shelf Water) hin.

Der Framstraßenschnitt verläuft im Westen etwa 60 km über das grönländische Schelf. Dort befindet sich meist, wie auch beim vorliegenden Schnitt, Polarwasser (PW) mit Temperaturen dicht am Gefrierpunkt und Salzgehalten unter  $34,0$  (bis St.

094). Die Sammelbezeichnung PW umfaßt jedoch durchaus Wasserkörper verschiedener Herkunft. So besteht der untere Teil der PW-Schicht dort, wo bei Gefrierpunkttemperaturen der Salzgehalt größer als 34,0 ist, aus einem Wasserkörper, der im Europäischen Nordmeer an der Oberfläche abgekühlt und von dort in das Untersuchungsgebiet advektiert wurde. Etliche westliche Stationen des Schnitts zeigen dieses Wasser. Andere Teile der PW-Schicht werden lokal auf dem Grönlandshelf erzeugt.

St. 095 und 096 und alle Stationen östlich von St. 104 sind von RAW beeinflusst. Ein Kern dieses Wassers liegt bei St. 106 und 107 in 50 m Tiefe ( $T > 3^{\circ}\text{C}$ ). Das auf den Stationen 098 bis 104 liegende PW (z.T. bis in über 100 m Tiefe) ist von der PW-Schicht auf dem grönländischen Shelf getrennt. Diese Situation ist typisch für Mäander oder Wirbel an der Polarfront.

Alle Stationen des Schnitts weisen eine außerordentlich stabile Schichtung in der Deckschicht auf.

### **Grönlandseetiefenwasser**

Das tiefe Wasser in der Grönlandsee zeigt aufgrund weiterhin ausbleibender tiefer Konvektion ansteigende Temperaturen. Daher nimmt das Tiefenwasser der Grönlandsee zunehmend Eigenschaften des Arktischen Tiefenwassers an, welches am grönländischen Kontinentalabhang gefunden werden kann. Die kältesten Bereiche im zentralen Grönlandseebecken weisen zum Zeitpunkt der Untersuchung potentielle Temperaturen von etwa  $-1.18^{\circ}\text{C}$  auf (vorläufiger, nicht endkalibrierter Wert, Abb. 2.10). Dies liegt um etwa 20 mK über der 1993 beobachteten Temperatur. Der Salzgehalt scheint sich dagegen seit 1993 nur wenig erhöht zu haben. Damit gilt weiterhin, daß sich seit den frühen 70er Jahren die Bodenwasserschicht der Grönlandsee nicht konvektiv erneuert hat.

Für die Konvektionsereignisse des vorangegangenen Winters sind kaum Indizien auszumachen. Sie können höchstens einige hundert Meter der oberen Wassersäule in der westlichen Grönlandsee erfaßt haben.

Am Ostgrönlandhang ist der Ausstrom aus dem Kanadischen Becken in etwa 1500 m Tiefe deutlich zu sehen. Das tieferliegende Salzgehaltsmaximum des Ausstroms aus dem Eurasischen Becken ist im Schnitt dagegen nicht erkennbar, da die Salzgehaltsdifferenz zum Grönlandseewasser mittlerweile sehr gering ist.

#### **2.3.2 Der Massen-, Wärme- und Süßwassertransport des Ostgrönlandstromes**

Clark Darnall (APL), Eberhard Fahrbach (AWI), Nina Nordlund (NPI) und Rebecca Woodgate (AWI)

Der Ostgrönlandstrom bestimmt die Zufuhr polarer Wassermassen aus dem Nordpolarmeer in die Grönlandsee und den Ausstrom aus der Grönlandsee in die Islandsee. In der Grönlandsee wird der Ostgrönlandstrom durch den südwärts gerichteten Teil des windgetriebenen Grönlandseewirbels verstärkt. Das Strömungssystem bewirkt Massen-, Wärme- und Süßwassertransporte, die die Wassermassen-

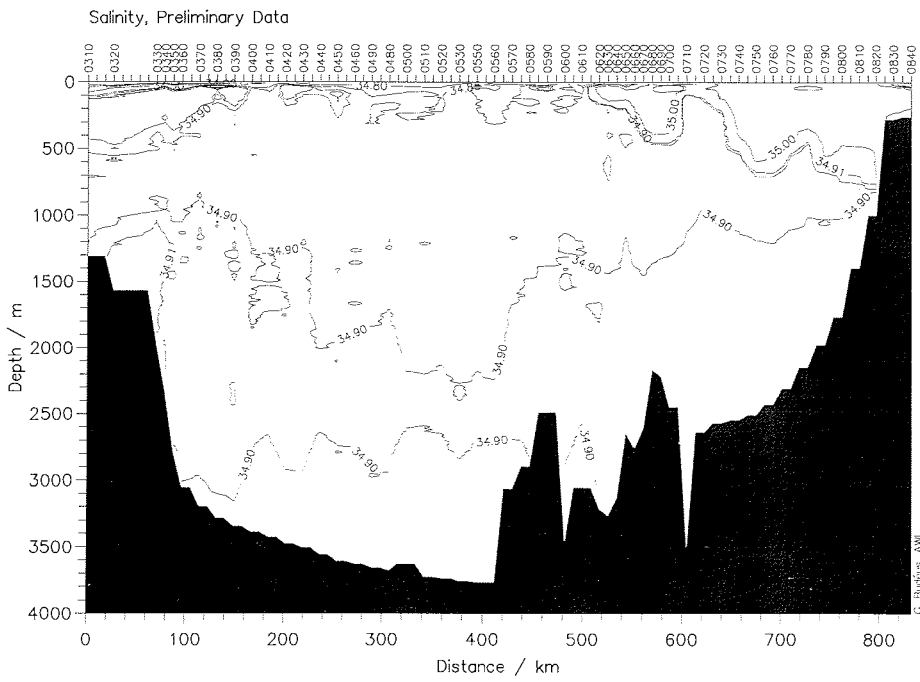
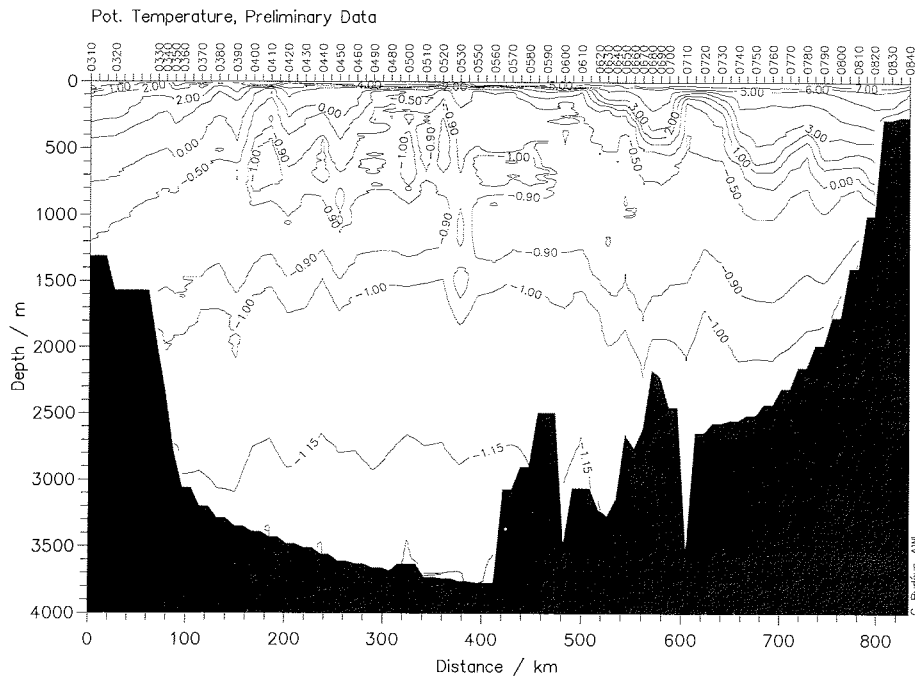


Abb. 2.10: Vertikalschnitt der potentiellen Temperatur (oben) und des Salzgehalts (unten) durch die Grönlandsee bei 75°N.



Tab 2.1: Verankerungen, die während ARK X/1 aufgenommen wurden.

Name	Breite & Länge	Auslegung		Instrument			
		Datum Zeit /UTC /	Tiefe / kor m	Art	Serien Nr	Tiefe /kor m	Meßzeit /Tage
AWI 412-3	74 50.64N 12 31.89W	24.8.1993	1550	CMI-ULS	16/91	54	332
		23:10	(1580	RCM8 VTCP	9195	65	332
		22.7.1994	uk)	RCM8 VT	9179	361	332
		08:37		RCM8 VT	9182	1507	332
AWI 413-3	75 03.49N 10 32.88W	25.8.1993	3000	CMI-ULS	14/91	52	expl
		12:00	(3075	RCM8 VTP	10003	64	327
		18.7.1994	uk)	RCM8 VT	9187	350	327
		14:03		RCM8 VT	9185	1506	327
				RCM8 VT	9184	2957	327
AWI 414-2	74 52.69N 07 37.67W	26.8.1993	3350	APL-ULS	32-45893	57	332
		03:08	(3425	RCM8 VTP	10005	64	332
		24.7.1994	uk)	RCM8 VT	9188	350	332
		16:32		RCM8 VT	9190	1496	332
				RCM8 VT	9191	3307	332
AWI 414	75 00.17N 07 59.58W	20.8.1992	3334	CMI-ULS	24/91	51	unles
		18:55	(3400	RCM7 VTP	10542	58	567
		25.7.1994	uk)	Seacat	630	94	704
		gedregded		TK	992-1462	344-94	633
				Seacat	319	351	704
				RCM8 VTP	9219	352	704
				RCM8 VT	9390	1498	623
				RCM8 VT	9393	3329	verl
OG7a	74 59.87N 10 57.05W	14.7.1994	2826	HDW-S F	7	90	12
			(2880	RCM5 VTC*	7987	100	12
			uk)	HDW-S F	9	120	12
				HDW-S F	23	400	12
				HDW-S F	36	900	12
				RCM8 VT**	9995	1000	12
				HDW-S F	37	2000	0
GSM- 04	74 59.4N 02 53.9W	21.5.1993	3630	Argos Buoy		119	
		21:52		Seacat TC	1306	122	435
		30.7.1994		RCM8	9815	143	435
		12:48		TK	1355/	165-385	435
				Seacat TC	1307	390	435
				TK	1356/	412-812	435
				ADCP oben	460	819	435
				Seacat TC	939	824	435
				RCM8	9876	1026	435
				Seacat TC	940	1437	435
				RCM8	9221	2100?	435

Name	Breite & Länge	Auslegung		Instrument			
		Datum Zeit (UTC) /	Tiefe kor m	Art	Serien Nr	Tiefe /kor m	Meßzeit /Tage
M1-93	78 59.7N 06 0.8W	28.7.1993	533	CMI-ULS	16	64	375
		19:19	(548	RCM8	9835	71	375
		7.8.1994	uk)	RCM8	9877	428	375
		07:32					
FW- A1C-93	78 59.91N 03 11.48W	28.7.1994	2321	APL-ULS	40	70	373
		09:51	(2363	RCM4 VTCP	1926	77	373
		5.8.1994	uk)	Seacat CTP	2	78	373
		07:24		RCM4 VTP	4295	145	373
				Seacat CT	520	146	373
					RCM5 VT	7835	420
FW- A2C-93	78 59.3N 04 39.0W	28.7.1993	1519	APL-ULS	41	59	verl
		14:24	(1550	RCM7 VTP	5086	66	verl
		5.8.1994	uk)	Seacat CTP	3	67	verl
		17:00		RCM4 VT	7833	134	verl
				Seacat CT	748	135	verl
					RCM5 VT	7834	409
NP- 93-V1b	78 48.693N 03 45.213W	5.8.1993	2096	CMI-ULS	20	124	verl
		13:39		RCM7 VTC	9706	136	359
		11.8.1994					
		17:20					
NP- 93-V3	79 04.535N 06 51.615W	7.8.1994	265	CMI-ULS	5	100	und
		13:54		RCM7 VTC	9465	107	358
		11.8.1993		WT Rec	1367	261	369
		07:32					

uk= unkorrigiert; RCM=Aanderaa-Strömungsmesser; ULS=Upward Looking Sonar;  
SF=Sedimentfalle; WT Rec=Pegel; TK=Thermistorkette  
V= Geschwindigkeit; T=Temperatur; C=Leitfähigkeit; P=Druck  
\*= mit Transmissometer; \*\*=ohne Kompass  
expl=explodiert; verl=verloren; unles=unlesbar; und=undicht,

transformation in der Grönlandsee stark beeinflusst, da sie von den Eigenschaften des zuströmenden Wassers abhängt. Besonders der Süßwasserzustrom ist durch seinen Einfluß auf die Stabilität der Wassersäule von entscheidender Bedeutung. Ein erheblicher Teil des Süßwassertransports erfolgt durch den Transport von Meereis.

Zur Untersuchung der Struktur dieses Stromes und seiner Transporte werden schon seit mehreren Jahren Messungen mit verankerten Geräten ausgeführt. Langzeitmessungen sind notwendig, um die Variation der Transporte zu erfassen. Hierbei ist in erster Linie die Bestimmung des jahreszeitlichen Ganges beabsichtigt, aber auch

Tab. 2.2: Verankerungen, die während ARK X/1 ausgelegt wurden.

Name	Breite & Länge	Auslegung		Instrument		
		Datum Zeit (UTC)	Tiefe / kor m	Art	Serien Nr	Meßzeit /kor m
SFB1- NB8	70 00.05N 04 00.47E	10.7.1994	3206	HDW-S F	48	900
		16:47	(3261 uk)	HDW-S F	49	2400
OG7a	74 59.87N 10 57.05W	14.7.1994	2826 (2880 uk)	HDW-S F	7	90
				RCM5	7987	100
				HDW-S F	9	120
				HDW-S F	23	400
				HDW-S F	36	900
				RCM8	9995	1000
HDW-S F	37	2000				
AWI 410-2	74 57.66N 12 58.69W	19.7.1994 20:23	413 (418 uk)	APL-ULS	49-55707	67
				RCM4 VTC	8048	79
				HDW-S F	4	229
				RCM4 VTC	8399	361
AWI 411-2	74 59.80N 12 31.90W	20.7.1994 09:11	985 (1002 uk)	APL-ULS	48-55373	62
				RCM4 VTC	8050	74
				RCM4 VTC	8400	326
				RCM4 VT	8417	933
AWI 412-4	74 57.54N 11 36.93W	19.7.1994 02:14	2240 (2283 uk)	APL-ULS	47-55372	64
				RCM8 VTP	10004	77
				RCM4 VTC	8419	334
				RCM4 VT	8418	1481
				RCM8 VT	10530	2188
AWI 413-4	74 59.51N 10 37.05W	22.7.1994 16:47	3022 (3073 uk)	APL-ULS	31-55702	67
				RCM4 VTCP	8402	85
				RCM4 VTC	8403	352
				HDW-S F	10	506
				ME-FM	38	558
				HDW-S F	14	1008
				RCM4 VTCP	8395	1514
				HDW-S F	8	2014
				RCM8 VT	9769	2971
AWI 414-3	74 52.60N 07 45.60W	24.7.1994 20:55	3342 (3400 uk)	APL-ULS	25-55495	66
				RCM7 VTP	10539	94
				RCM4 VTC	8405	351
				RCM4 VTCP	8396	1498
				RCM8 VT	9180	3281

Name	Breite & Länge	Auslegung		Instrument		
		Datum Zeit (UTC)	Tiefe / kor m	Art	Serien Nr	Meßzeit /kor m
GSM-05	75 02.34N 02 54.85W	30.7.1994 17:58	3616 (3678 uk)	Argos Buoy		
				Seacat TC	941	94
				TK	1923/486	138-538
				Seacat TC	942	291
				Seacat TC	1531	492
				ADCP oben	589	549
				Seacat TC	1532	736
				Seacat TC	1533	1041
			RCM7 VT	11297	1439	
NP- 94-V1	78 59.817N 03 48.261W	5.8.1994 13:39	2054 (2086 uk)	CMI-ULS	29-P6/92	82
				RCM7 VTCP	8468	87
NP- 94-V2	78 55.29N 04 59.48W	6.8.1994 14:38	1220 (1235 uk)	CMI-ULS	13-P12/91	86
				RCM7 VTCP	10303	95
				RCM4 VTC	7718	1105
NP- 94-V3	79 04.84N 07 01.53W	7.8.1994 13:54	249 (244 uk)	CMI-ULS	12-P11/91	84
				RCM7 VTCP	10349	93
M1-94	79 00.24N 06 01.63W	7.8.1994 09:47	542 (547 uk)	CMI-ULS	3-P6/90	78
				RCM7 VT	11295	96
				RCM7 VTP	11286	444
FW- A1-94	78 59.99N 03 15.90W	5.8.1994 10:08	2304 (2345 uk)	APL-ULS	28	70
				RCM7 VTC	11454	77
				Seacat CTP	8	78
				RCM4 VTCP	1923	145
				Seacat CT	538	146
				RCM4 VT	1314	420
FW- A2-94	78 59.35N 04 40.67W	6.8.1994 10:34	1504 (1534 uk)	APL-ULS	29	60
				RCM7 VTC	11455	64
				Seacat CTP	9	65
				RCM4 VTCP	3169	143
				Seacat CT	519	144
				RCM4 VTC	6919	415

uk=unkorrigiert; RCM=Aanderaa-Strömungsmesser; ULS=Upward Looking Sonar;  
S F=Sedimentfalle; TK=Thermistorkette  
V= Geschwindigkeit; T=Temperatur; C=Leitfähigkeit; P=Druck

Veränderungen von Jahr zu Jahr sollen erfasst werden. In diesem Rahmen sind die in Tab. 2.1 und 2.2 aufgeführten Verankerungsarbeiten durchgeführt worden.

## **2.4 Meereschemie**

### **2.4.2 Spurenmetalle und Nährstoffe im Europäischen Nordmeer** Michael Kriews, Heide Giese, Andreas Michel und Beate Hollmann (AWI)

#### **Ziel der Arbeiten**

##### **Spurenmetalle**

Im Rahmen einer bilanzierenden Untersuchung von Spurenmetallen in der Arktis soll die Verteilung ausgewählter Elemente im polaren marinen Ökosystem bestimmt werden. Innerhalb dieses Systems liegt der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Erfassung von Spurenmetallkonzentrationen in der bodennahen Atmosphäre, dem Meereis und dem Oberflächenwasser des Europäischen Nordmeers. Die Meereisbeprobung läßt sich wiederum in drei Untergruppen einteilen. Dabei handelt es sich um Bohrkerne, um Proben aus Schmelzwassertümpeln und aus auf den Eisschollen deponiertem Schnee. Die Beprobung der oben genannten Kompartimente erfolgt, um den Transport und Verbleib von Schwermetallen zu bestimmen. Ein besonderer Aspekt bei dem Vergleich verschiedener Kompartimente insbesondere des Meereises und des Oberflächenwassers ist die Frage, ob Schmelzvorgänge eine wesentliche Quelle für den Schwermetalleintrag in das Oberflächenwasser darstellen.

Die zu bestimmenden Elemente sind zum Teil ökotoxikologisch relevant, wie z.B. As, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, die überwiegend anthropogenen Ursprungs sind. Sie können aber auch als Tracerelemente genutzt werden, wie Al, Si, Ti, die auf terrigene Quellen zurückzuführen sind, oder Na und Mg, die als Tracer für Seaspray ausgewertet werden können.

Aus den verschiedenen Proben wird im Heimatlabor der Gesamtmetallgehalt bestimmt. Daneben nimmt die Chrom-Speziation einen besonderen Schwerpunkt ein. Sie ist aus ökotoxikologischer Sicht interessant, da die Wirkung auf Organismen von den jeweiligen Oxidationsstufen abhängig ist. Cr-III ist essentiell und wird von den Organismen dringend benötigt, während Cr-IV toxisch wirkt.

##### **Nährstoffe**

Die Verteilung der Nährsalzkonzentration wurde während des Grönlandsee- und Framstraßenschnittes sowie auf dem grönländischen Schelf und am Hang bestimmt. Insbesondere Silikat hat sich als besonders guter Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers erwiesen. Um die Struktur und die Nährsalzkonzentrationen dieses Ausstroms bestimmen zu können, ist ein Schnitt mit hoher räumlicher Auflösung über den Hang ausgeführt worden.

#### **Durchführung der Arbeiten an Bord**

Die Arbeiten auf dieser Reise konzentrierten sich auf die möglichst kontaminationsfreie Beprobung verschiedener abiotischer Kompartimente. Die gewonnenen Proben wurden unter kontrollierten Reinraumbedingungen in einem ersten Schritt für die nachfolgende Spurenanalytik mittels atomspektrometrischer Methoden im Heimatlabor vorbereitet. Lediglich die Analysen von Nährstoffen (Autoanalyser),

einigen Anionen (Ionenchromatographie) und Chlorophyll sowie die Messungen von pH-Werten und Leitfähigkeiten konnten in Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen bereits an Bord durchgeführt werden.

Insbesondere die Nährstoffanalytik hatte während der gesamten Reise ein hohes Probenaufkommen zu bewältigen, da neben dem eigenen Programm eine erhebliche Anzahl von Serviceanalysen durchgeführt wurden. Die Gesamtzahl der Analysen betrug ca. 7000.

Die Reise hatte verschiedene Arbeitsschwerpunkte, die sich auf regional unterschiedliche Gebiete verteilten. Hierbei handelt es sich zunächst um die Anreise zur Untersuchung von Süd-Nord-Gradienten. Daran schlossen sich Untersuchungen im Hauptarbeitsgebiet am ostgrönländischen Kontinentalabhang an. In einem quasi-synoptischen Schnitt wurden Probennahmen auf 75° N durchgeführt, gefolgt von Arbeiten in der Framstraße. Den Abschluß der Arbeiten bildeten weitere Aerosolprobennahmen auf der Rückreise nach Tromsø.

### **Beprobung der Eisdriftstation**

Auf der markierten Eisscholle wurden in zwei Schmelztümpeln deren physikalische, biologische und chemische Eigenschaften untersucht. Um die Homogenität der Tümpel abzuschätzen, wurde Wasser an der Oberfläche und in der Tiefe am Tümpelrand und in der Tümpelmitte genommen. Die Beprobung der angrenzenden Schneeflächen soll die Abschätzung des Schwermetalleintrags aus dem Schnee in den Tümpel ermöglichen. Zur Erfassung von atmosphärischen Einträgen wurden einfache Totaldepositionssammler am Tümpel installiert. Nach Ablauf von 10 Tagen wurde die Scholle erneut besucht, um evtl. Veränderungen zu messen.

### **Beprobung von Meereis**

Auf zwei Eisschollen wurde je ein Bohrkern gewonnen. Diese Arbeit erfolgte von Hand, um die Kontamination durch den üblicherweise verwendeten Motor zu vermeiden. Als Bohrwerkzeug kam ein Titanrohrbohrer zum Einsatz. Den Schwerpunkt bildete die Beprobung von Schmelzwassertümpeln und des auf den Schollen abgelagerten Schnees. Insgesamt konnten auf acht Meereisschollen, einem Eisberg und einer Festeisnase vor der grönländischen Küste (am Südrand der Nordostwasser-Polynja) 20 Tümpelproben und 15 Schneeproben genommen werden. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Mehrfachbeprobung einzelner Tümpel gelegt, um die Homogenität der Elementverteilung innerhalb eines Tümpels zu erfassen.

### **Beprobung des Oberflächenwassers**

Mittels eines MERCOS-Wasserschöpfers (Mercury-close-open-sampler) wurden vom Bugausleger Wasserproben aus einer Tiefe von 1,5 bis 2 m genommen. Hierbei reduzierte das Schiff seine Geschwindigkeit auf 1 kn und fuhr zwei Minuten lang gegen den Wind. Diese Art der Probennahme ist im Hauptarbeitsgebiet durchgeführt worden, um durch wiederholte Beprobungen an mehrmals angelaufenen Stationen die zeitliche Variabilität der Spurenmetallkonzentrationen in einem eng begrenzten Gebiet (ca. 150x150 km) zu untersuchen. Die systematische Erfassung der Elementkonzentrationen in Abhängigkeit von der Eisbedeckung und

den unterschiedlichen Wassermassen auf dem Schelf und am Kontinentalabhang (ca. 75° N) und in der Framstraße (79°N) war ein weiterer wesentlicher Aspekt dieser Probenahmen. Neben der Untersuchung der oben erwähnten kleinskaligen Verteilungen ist das Oberflächenwasser auf 75°N und auf 79°N in einem quasi-synoptischen Schnitt von West nach Ost beprobt worden. Insgesamt wurden auf der Reise 93 Oberflächenwasserproben genommen, wobei 36 Proben speziell für die Speziationsuntersuchungen des Elementes Chrom bestimmt waren. Die Oberflächenwasserproben wurden anschließend im Reinraumcontainer über tertierte 0,45-µm-Polycarbonatfilter filtriert. Aus den Filtraten wird im Heimatlabor der gelöste Spurenmetallgehalt bestimmt. Die Filter werden zunächst getrocknet und gewogen, um den Schwebstoffgehalt des Wassers zu erhalten. Dieser Schwebstoff wird ebenfalls im Heimatlabor aufgearbeitet und analysiert werden.

## **Beprobung der Wassersäule**

### **Spurenmetalle**

Während der Reise sollten ergänzend zum Oberflächenwasser auch Tiefenprofile gefahren werden. Dazu war der Einsatz von Go-Flo-Schöpfern (Close-open-close-Schöpfer) der Fa. General Oceanics an der Rosette geplant. Da die Schöpfer nicht ausgelöst werden konnten, mußte relativ häufig das Tiefenprofil unterbrochen werden. Deshalb wurde auf weitere Einsätze verzichtet. Als Ersatzprogramm wurden in der Framstraße bei dichter Eisbedeckung an fünf Positionen zwei MERCOS-Schöpfer in Serie gefahren, um zumindest im ungestörten Wasser vor dem Bug des Schiffes einen Vergleich der Elementkonzentrationen in 10 m und in 1,5 bis 2 m Wassertiefe zu erzielen.

### **Nährstoffe**

Auf der gesamten Reise sind für die Nährstoffanalytik 110 Tiefenprofile beprobt worden. Die Verteilung der 24 eingesetzten Niskin-Schöpfer erstreckte sich über einen Tiefenbereich von der Oberfläche (10 m) bis auf maximale Tiefen von mehr als 3500 m. Zusätzlich konnten Proben aus den MERCOS-Schöpfern genommen werden, die im Tiefenbereich von 1,5 bis 2 m eingesetzt wurden. Der Arbeitsschwerpunkt lag auf dem quasi-synoptischen Grönlandseeschnitt, wobei am Hang mit einer räumlichen Auflösung von ca. 3 nm gearbeitet wurde. Im weiteren Verlauf sind die Proben im 10 nm Abstand genommen worden.

## **Kontinuierliche Aerosol- und Niederschlagsmessungen**

Kurz nach dem Auslaufen in Bremerhaven begann die Aerosolprobennahme auf dem Peildeck. Dazu wurde ein High-Volume-Sampler (DHA 80) der Fa. Digitell eingesetzt. Dieses Gerät war an eine Windsteueranlage angeschlossen, so daß Aerosole nur dann beprobt werden, wenn der Wind aus einem Sektor von 160° nach voraus kam. Unter zusätzlicher Einbeziehung einer Mindestwindgeschwindigkeit von 2,5 m/s sollte der Einfluß der Schiffsabgasfahne während Schwachwindlagen minimiert werden. Mit diesem Sammler wurde das Totalaerosol mit einer Saugleistung von konstant geregelten 400 l/min jeweils über 24 h gesammelt. Während der Reise konnten 25 Einzelproben gewonnen werden. Diese Probennahme ist durch eine Low-Volume-Probennahme ergänzt worden. Hierbei handelt es sich um eine Zusammenarbeit mit dem Institute for References, Materials and Measurements in

Geel/Belgien. Mit einem Stack-In-Impaktor wird das Aerosol in zwei Größenklassen gesammelt. An den erhaltenen 20 Proben werden anschließend einzelne Aerosolpartikel mit der Micro-PIXE hinsichtlich ihrer Elementzusammensetzung analysiert. In zwei zusätzlich durchgeführten Experimenten ist der zweistufige Sammler auf Helikopterflügen eingesetzt worden, um das in der Höhe zwischen 300 und 1000 m transportierte Aerosol zu beproben.

Die Probennahme der totalen und der nassen Deposition stellte einen weiteren Arbeitsschwerpunkt dar. Dazu sind auf dem Peildeck und im Krähennest Depositionssammler installiert worden, mit denen die sowohl trocken als auch naß deponierten Spurenmetallmengen bestimmt werden sollen. Auf Grund der vorherrschenden Witterungsbedingungen erfolgte die Hauptmenge der nassen Deposition durch Nebel. Ergänzend dazu befand sich auf dem Peildeck ein Niederschlagssammler, der nur dann geöffnet wurde, wenn Niederschläge (Regen und Schnee) vorhanden waren, um so den durch Naßdeposition eingetragenen Elementanteil abzuschätzen. Die Depositionsproben sind im Reinraumcontainer filtriert worden, um daran anschließend den gelösten und den ungelösten Elementanteil zu bestimmen.

An Bord durchgeführte Depositionsprobenahmen sind durch das Ausbringen von drei Sammlern an der Eisdriftstation erweitert worden. Hiermit war eine kontaminationsfreie Probennahme, die gerade bei Depositionsmessungen auf dem Schiff nicht sicher gewährleistet ist, möglich. Zusätzlich konnten noch Informationen über die atmosphärischen Einträge während der Driftphase geliefert werden. Dadurch soll untersucht werden, ob sich Veränderungen im Spurenmetallgehalt der erneut beprobten Tümpel am Ende der Driftphase durch atmosphärische Einträge erklären lassen.

### **Gewinnung von Sedimentkernen**

An zwei durch relativ hohe Sedimentationsraten beeinflussten Sedimentkernen, die von Flachwasserstationen auf dem Ostgrönlandschelf (75° N und 79° N) stammen soll das  $^{206}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnis bestimmt werden. Es kann zur Identifizierung der Stoffkreisläufe und der Abschätzung anthropogener und natürlicher Quellbeiträge herangezogen werden.

### **Erste Ergebnisse**

Da an Bord noch keine Elementanalysen durchgeführt werden konnten, sollen erste Ergebnisse an Hand einiger physikalischer Parameter in Verbindung mit Nährstoffdaten dargestellt werden. Die Auswertung der Spurenmetallmessungen soll in ähnlicher Form erfolgen.

Im folgenden werden Daten aus dem Meereis und dem Oberflächenwasser gezeigt. Ergebnisse der Aerosolproben liegen noch nicht vor. Die Auswertung über rückwärtige Trajektorienanalysen für unterschiedliche Druckniveaus wird in Bremerhaven erfolgen. Die Abschätzung der Depositionsraten aus den Aerosol-Konzentrationsmessungen erfolgt mittels Trockendepositionsgeschwindigkeiten und Washout-Faktoren im Vergleich zu den Totaldepositionsdaten. Bisher liegen zur Totaldeposition erste Nährstoffdaten von einer Probennahme auf dem Peildeck und an der Eisdriftstation vor.



Auf Grund des hohen Probenaufkommens war es bisher noch nicht möglich die Nährstoffdaten der Schnitte auf 75° N und auf 79° N auszuwerten. Es werden im folgenden exemplarisch Nährstoffdaten aus den am häufigsten vermessenen Kompartimenten dargestellt.

### Meereis

Tab. 2.3: Variation der Nährstoffkonzentrationen und pH-Werte auf einer ausgewählten Eisscholle. Tümpel 1 hat Verbindung zum Meerwasser, Tümpel 2 ist isoliert. Die Schneeprobe stammt von Tümpel 2. Die Meerwasserprobe wurde in der Nähe von Tümpel 1 genommen. Nicht detektierbare Werte sind mit n. d. vermerkt.

Tümpel	pH-Wert	Nährstoffe $\mu\text{mol/l}$		
		$\text{NO}_3$	Si	$\text{PO}_4$
1	8,13	n.d.	2,18	0,3
1	8,07	1,15	2,04	0,3
2	6,3	1,25	n.d.	n.d.
2	6,2	0,86	n.d.	0,21
Schnee	5,5	n.d.	n.d.	0,84
Meerwasser	8,06	1,62	2,27	0,37

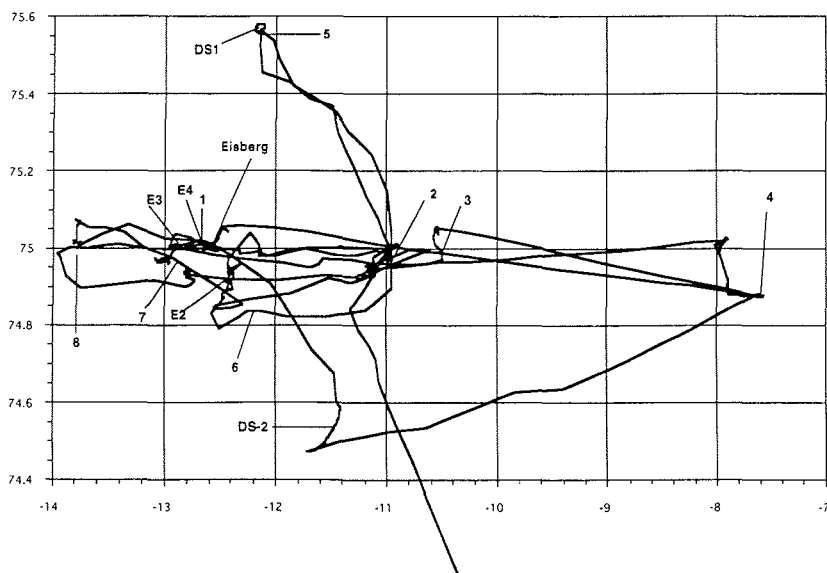


Abb. 2.11: Fahrtverlauf im Hauptarbeitsgebiet bei 75°N. E1-E4: Lage der Eisstationen, DS-1-DS-2: Lage der Eisdriftstation zu Beginn und am Ende der Driftphase, Eisberg: Lage des beprobten Eisberges, 1-8: Oberflächenwasserbeprobungen bei wiederholtem Anlaufen der Stationen.

Die beprobten Tümpel wurden nach unterschiedlichen Kriterien ausgewählt. Sie unterschieden sich in der Größe und waren zwischen 18 und 35 cm tief. Die gemessene Wassertemperatur lag bei ca. 0,1° C. Es wurden Süß- und Brackwassertümpel untersucht. Süßwassertümpel wiesen pH-Werte zwischen 5,6 und 6,6 auf. Einige der untersuchten Tümpel hatten Zugang zum Meerwasser. Hier lagen die pH-Werte zwischen 8,1 und 8,4. Im Meerwasser nahe dem Eisrand wurden pH-Werte von durchschnittlich 8,0-8,1 bestimmt. Innerhalb einiger Tümpel wurden Inhomogenitäten bei der Verteilung der pH-Werte festgestellt. Deponierter Schnee nahe der Tümpel zeigte pH-Werte zwischen 4,8 und 6,0.

In vielen Tümpel- und Schneeproben lagen die Nährstoffkonzentrationen (Nitrat, Silikat und Phosphat) unterhalb der Nachweisgrenze. Es zeigte sich, daß die Nährstoffkonzentrationen von Tümpeln auf einer Scholle stark voneinander abweichen können. In einigen Fällen wurden sogar Unterschiede innerhalb eines Tümpels gemessen. Wasserproben oberhalb von Kryokonithlöchern zeigten oftmals einen höheren Silikatgehalt als Proben desselben Tümpels an Stellen ohne Einschlüsse. Aus dem umliegenden Schnee konnten teilweise vom Tümpel stark abweichende Nährstoffkonzentrationen bestimmt werden. In einigen Fällen wies die Schneeprobe einen höheren Nitrat- und Phosphatgehalt auf als der Tümpel. Es wurde aber auch der entgegengesetzte Fall beobachtet. Tab. 2.3 soll die oben aufgeführten pH-Werte und Nährstoffkonzentrationsänderungen verdeutlichen.

Tab. 2.4: Nährstoffdaten von Schmelzwassertümpeln und Schneeproben im Hauptarbeitsgebiet bei 75°N.

Probennahmeort		Nitrat ( $\mu\text{mol/l}$ )	Silikat ( $\mu\text{mol/l}$ )	Phosphat ( $\mu\text{mol/l}$ )
DS-1	Tümpel	<0,5-2,7	<0,5	<0,1-0,2
	Schnee	0,9-2,5	<0,5	<0,1-0,9
DS-2	Tümpel	0,5	<0,5	0,1
	Schnee			
E2	Tümpel	2,6	<0,5	<0,1-0,9
	Schnee			
E3	Tümpel	0,24-0,64	<0,5	<0,1
	Schnee	0,26-5,3	<0,5	<0,1-0,4
E4	Tümpel	<0,5-1,3	<0,5-2	<0,1-0,3
	Schnee			
Eisberg	Tümpel	0,8-1,7	<0,5	0,15-0,25
	Schnee-Se- diment	11	<0,5	0,1
	Schnee-Top	25	<0,5	1,7

Neben diesen Ergebnissen der Variabilitätsuntersuchungen innerhalb einer Meereisscholle, werden in Tab. 2.4 die gemessenen Konzentrationsbereiche verschiedener Tümpel- und Schneeproben auf verschiedenen Schollen und einem Eisberg gezeigt. Die angegebenen Probennahmeorte befinden sich in dem Hauptarbeitsgebiet bei 75° N und sind in Abb. 2.11 eingezeichnet. Beim Probennahmeort DS-1 handelt es sich um die Position der Eisdriftstation zu Beginn der Driftphase und DS-2 gibt die Lage nach 10 Tagen Drift wieder.

### Oberflächenwasser

Im folgenden wird die Variabilität der Nährstoffkonzentrationen im Hauptarbeitsgebiet dargestellt. Die Lage der wiederholt angelaufenen und mehrfach beprobten Stationen sind an Hand der Positionsnumerierung in Tab. 2.5 und Abb. 2.11 wiederzufinden. Das gesamte Untersuchungsgebiet hatte eine Ausdehnung von ca. 150x150 km. Innerhalb dieser Fläche wurden die Positionen im Laufe von ca. 14 Tagen angefahren. Der maximale Zeitunterschied zwischen den wiederholten Beprobungen betrug 311 Stunden. Die gefundene Variabilität der einzelnen Parameter liegt deutlich über der Meßgenauigkeit. Nach Abschluß der Spurenmetallanalysen wird sich zeigen, ob sie einer vergleichbaren Variabilität unterliegen.

Tab. 2.5: Variabilität der Nährstoffkonzentrationen im Oberflächenwasser des Hauptarbeitsgebietes bei 75°N.

Positionsnr.	Station Nr.	Phosphat µmol/l	Nitrat µmol/l	Silikat µmol/l
1	9	0,28	4,34	2,58
	15	0,31	<0,5	2,33
	16	0,22	<0,5	2,47
	20	0,37	1,62	2,27
2	6	0,17	<0,5	2,83
	24	0,35	1,16	3,52
3	12	0,45	2,41	4,64
	19	0,28	<0,5	0,94
4	11	0,16	2,43	1,46
	22	0,19	<0,5	1,96
5	7	0,38	1,93	2,91
	7,1	0,41	2,21	3,19
6	10	0,27	<0,5	2,31
	18	0,44	<0,5	2,42
7	14	0,51	2,41	3,55
	25	0,22	<0,5	0,89
8	17	0,58	2,63	4,68

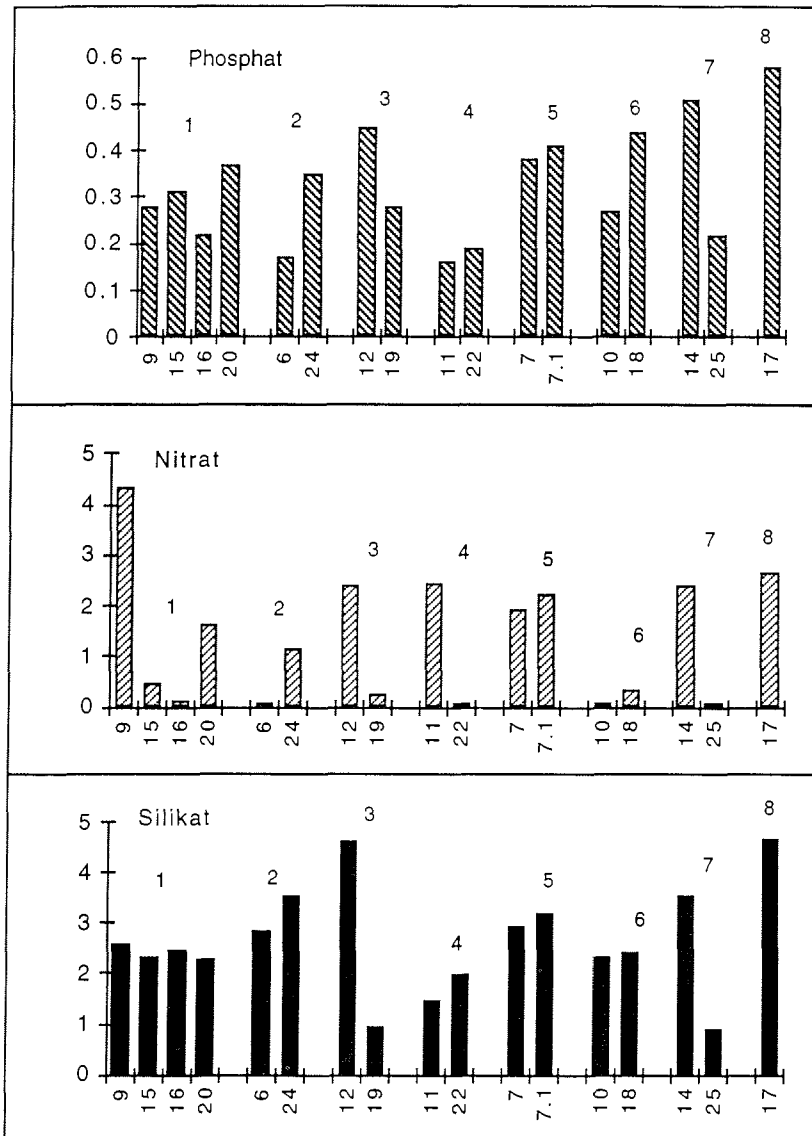


Abb. 2.12: Variabilität der Nährstoffkonzentrationen des Oberflächenwassers im Hauptarbeitsgebiet auf 75° N in µmol/l.

Für die Schnitte auf 75° N und 79° N liegen noch keine Nährstoffdaten vor. Bisher sind Daten für den Salzgehalt und den pH-Wert verfügbar. Beim Salzgehalt zeigt sich deutlich der Einfluß der abschmelzenden Meereisschollen. Im Bereich hoher Eisbedeckung im Ostgrönlandstrom konnten 29-30 gemessen werden, die durch Süßwassereintrag zu erklären sind. Nach Osten steigt der Salzgehalt, bedingt durch den Eintrag salzreichen Atlantikwassers, auf einen Maximalwert von 34,5. Die gemessenen pH-Werte ergeben derzeit noch kein einheitliches Bild. Hier bedarf es

noch einer genaueren Auswertung.

### Depositionsmessungen

Wie schon beim Oberflächenwasser liegen auch hier bisher erst Nährstoffdaten und pH-Werte vor. In Tabelle 2.6 sind am Beispiel des Nitrats erste Abschätzungen der Depositionsraten für ein Sammelintervall auf dem Schiff und an der Eisdriftstation gegeben. Hierbei handelt es sich um eine vorläufige grobe Abschätzung, da die genaue Niederschlagsmenge noch nicht bestimmt werden konnte.

Tab. 2.6: In Niederschlägen an verschiedenen Meßorten gemessene Nitratkonzentrationen angegeben in mg/l und  $\mu\text{mol/l}$  sowie auf der Grundlage der Niederschlagsmengen daraus berechnete Gesamtdepositionen.

	Nitrat mg/l	Nitrat $\mu\text{mol/l}$	Nitrat-Depos. $\mu\text{g/m}^2\text{d}$
Eisdriftstation	0,4	8	370
"Polarstern"	0,9	13	600
Spitzbergen Sommer	1,2-6	20-100	
Spitzbergen Winter	1,2-120	20-2000	
Alpen	0,25-1,5	4,0-24	
Nordsee	0,7-48	11-770	6000-27000

Die an der Eisdriftstation und auf "Polarstern" erfaßten Niederschlagshöhen lagen zwischen 0,7 und 2 mm/d. Sie können als relativ gesichert angesehen werden, da zur Zeit der Niederschlagsereignisse nur geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschten. Bei diesen Niederschlagshöhen, die sich aus Probennahmen von 103-216 h Dauer ergeben, spielt die Deposition von Nebeltropfen eine wesentliche Rolle. Nebelereignisse waren während der Reise sehr häufig, so daß dadurch erhebliche Lösungsmengen zustande kommen können. Die pH-Werte in diesen Depositionsproben lagen bei ca. 4-4,6. Es muß demzufolge ein deutlicher Anteil saurer Bestandteile aus der Atmosphäre ausgewaschen worden sein. Saure Komponenten entstehen während des Transportes durch luftchemische Reaktionen von Schadgasen. Schadgase werden in der Atmosphäre oxidiert und bilden mit dem Wasser entsprechende Säuren. Eine detaillierte Auswertung unter Einbeziehung einer Ionenbilanz kann erst nach Abschluß der Analysen in Bremerhaven vorgenommen werden.

#### 2.4.3 Biogene Produktion neutraler und ionischer Methylschwermetallspezies in polaren Gewässern

Richard Pongratz (IAC)

#### Einleitung

Im Mittelpunkt der Arbeiten stand die Speziation von Schwermetallen. Im allgemeinen stellt die Gesamtkonzentration von Schwermetallen Proben für Umweltuntersuchungen nicht genügend Information zur Verfügung. Verschiedene Metallverbin-

dungen (auch Spezies genannt) sind in der Umwelt vorhanden und besitzen unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Toxizität, Bioverfügbarkeit, geochemisches Transportverhalten, Löslichkeit und Flüchtigkeit. Deshalb ist es notwendig, Metallspezies zu identifizieren und zu quantifizieren, um genauere und detailliertere Informationen über den biogeochemischen Stoffkreislauf, seine Quellen und Senken, den Transportmechanismen und die Flüsse der verschiedenen Spezies zu erhalten.

Die Untersuchungen galten der Speziation von neutralen und ionischen Methylschwermetallspezies der Metalle Quecksilber, Blei und Cadmium. Mit der Identifizierung und der Quantifizierung dieser Spezies ist es möglich die Existenz und die Wichtigkeit der "Biomethylierung" nachzuweisen. Biomethylierung bedeutet, daß Mikroorganismen (sehr wahrscheinlich Plankton und/oder Bakterien) Schwermetalle methylieren. Dies ist zum Beispiel die Transformation von anorganischem Quecksilber zu Dimethylquecksilber ( $\text{Me}_2\text{Hg}$ ). Die Biomethylierung ist ein sehr wichtiger Transportweg innerhalb des biogeochemischen Stoffkreislaufs. Schwermetalle werden durch Biomethylierung mobilisiert, denn die metallorganischen Verbindungen besitzen eine sehr viel höhere Flüchtigkeit verglichen zu den anorganischen Metallen.

Obwohl die Konzentration der methylierten Metalle klein ist gegenüber der Schwermetall-Gesamtkonzentration, sollte der Gesamtfluß an methylierten Schwermetallverbindungen wegen der hohen Flüchtigkeit dieser Verbindungen groß sein.

## Methoden

Methylierte Quecksilberspezies wurden mit purge & trap - GC - CVAFS (Gas Chromatography - Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry) bestimmt. Methylierte Blei- und Cadmium-Spezies wurden mit DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry) analysiert.

## Proben

Es wurden insgesamt 73 Oberflächenwasserproben während der Expedition genommen, bei 13 weiteren Stationen wurden Tiefenprofile mit 5 bis 6 Tiefen ermittelt. Zusätzlich wurde auf 8 verschiedenen Eisschollen Tümpelwasser beprobt. Die Luftprobennahme wurde an 16 verschiedenen Tagen durchgeführt.

## Vorläufige Ergebnisse

Die Quecksilberspezies Monomethylquecksilber ( $\text{MeHg}^+$ ) und Dimethylquecksilber ( $\text{Me}_2\text{Hg}$ ) konnten im Meerwasser, Tümpelwasser und Luftproben detektiert werden. Die Konzentrationen liegen für  $\text{Me}_2\text{Hg}$  im Bereich von  $< 5$  pg/l bis 109 pg/l im Meerwasser, von 7 pg/l bis 38 pg/l im Tümpelwasser und von 3 pg/m<sup>3</sup> bis 29 pg/m<sup>3</sup> in der Luft. Für  $\text{MeHg}^+$  liegen die Konzentrationen im Bereich von  $< 5$  pg/l bis 158 pg/l im Meerwasser, von  $< 5$  pg/l bis 80 pg/l im Tümpelwasser und von 5 pg/m<sup>3</sup> bis 108 pg/m<sup>3</sup> in der Luft.

Bei den Methylbleispezies konnten sowohl Dimethylblei ( $\text{Me}_2\text{Pb}^{2+}$ ) als auch Trimethylblei ( $\text{Me}_3\text{Pb}^+$ ) detektiert werden, jedoch lag die Konzentration von Tetramethylblei ( $\text{Me}_4\text{Pb}$ ), wahrscheinlich aufgrund seiner hohen Flüchtigkeit und Reaktivität, immer unter der Nachweisgrenze. Methylbleispezies konnten im Konzentration

onsbereich von < 500 pg/l bis 3433 pg/l im Meerwasser, von < 500 pg/l bis 1625 pg/l im Tümpelwasser und von 142 pg/m<sup>3</sup> bis 1020 pg/m<sup>3</sup> in der Luft detektiert werden.

Bei den Methylcadmiumspezies konnte Methylcadmium (MeCd<sup>+</sup>) detektiert werden. Dabei lagen die Konzentration im Bereich von < 500 pg/l bis 2847 pg/l im Meerwasser, von 502 pg/l bis 1265 pg/l im Tümpelwasser und von 177 pg/m<sup>3</sup> bis 778 pg/m<sup>3</sup> in der Luft.

Die Konzentrationen der Methylschwermetallspezies sollen mit Biomassenindikatoren korreliert werden, um die biologische Herkunft dieser Verbindungen nachzuweisen. Während dies bei Oberflächenwasser wegen fehlender biologischen Daten noch nicht möglich war, bestand jedoch bei den Tiefenprofile die Möglichkeit die Konzentrationen der detektierten Spezies mit Chlorophyll a Meßwerten zu korrelieren. Im allgemeinen ist die Korrelation gut, das heißt in der Wassertiefe des Chlorophyllmaximums findet man auch meist das Maximum der Konzentration der Methylschwermetallspezies. Abweichungen gibt es jedoch häufiger in 100-200 m Wassertiefe, wo das Chlorophyll ein Minimum aufweist, aber die Konzentration der Methylschwermetallspezies ein zweites Maximum erreicht.

Bei den Tümpelwasserproben konnte noch keine Untersuchung der Korrelation zu biologischen Parametern durchgeführt werden. Es ist aber bemerkenswert, daß in jeder Tümpelwasserprobe Methylcadmium nachgewiesen werden konnte, während im Meerwasser die Methylcadmiumkonzentration nur in ca. 35 % der Proben über der Nachweisgrenze liegt.

Luftproben konnten nur an 16 Tagen genommen werden. Auch hier ist noch keine Auswertung bezüglich biogenen Quellen vorgenommen worden.

Qualitativ können jedoch schon folgende Feststellungen gemacht werden:

- ◇ Die Biomethylierungen von Blei und Quecksilber, welche bereits im Süßwasserbereich und den Küstengewässern bekannt sind, konnten für den arktisch-marinen Bereich bestätigt werden.
- ◇ Die Biomethylierung von Cadmium konnte erstmals im arktisch-marinen Bereich nachgewiesen werden.
- ◇ Methylschwermetallspezies liefern, aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften gegenüber anorganischen Metallverbindungen, einen wichtigen Beitrag zu den Transportvorgängen im biogeochemischen Stoffkreislauf.

## **2.5 Meeresbiologische Untersuchungen**

### **2.5.1 Pelagische Prozesse und vertikaler Partikelfluß im Europäischen Nordmeer**

Eduard Bauerfeind, Klaus von Bröckel, Gabriele Donner, Olaf Haupt, Stefan Wächter und Thomas Wiedemann (SFB)

#### **Probennahme und Stationen**

Das Hauptarbeitsgebiet lag am grönländischen Schelf bei 75° N zwischen 7° und 13° W. Das Gebiet überdeckte einerseits den Kern des Ostgrönlandstromes sowie den Kontinentalabhang und andererseits die Eisrandregion.

In diesem Arbeitsgebiet wurden 10 Stationen hangnormal vom offenen Wasser bis in die Eisrandregion hinein (2800 m bis 400 m Wassertiefe) bzw. hangparallel innerhalb der Eisrandregion (800 m Wassertiefe) beprobt. Wasser aus verschiedenen Tiefenhorizonten wurde mit Hilfe von Wasserschöpfern genommen und für die Messung verschiedener Parameter filtriert (Chlorophyll, HPLC, POC/PON, Seston, POP, P*S*i). Für mikroskopische Untersuchungen wurden Wasserproben genommen und fixiert. Zur Gewinnung von Zooplankton und Kotballen in mehreren Tiefen wurde das Multinetz (Maschenweiten 64 und 200 µm) eingesetzt. Die Beprobung des Phytoplanktons erfolgte mit verschiedenen Planktonnetzen (Maschenweiten 100 und 41 µm). Zooplankton für Versuche wurde mit dem Ringnetz (Maschenweite 200 µm) gefangen. Mit der Secchi-Scheibe wurde die Tiefe der euphotischen Zone bestimmt. Der Chlorophyllgehalt der Partikel im Wasser wurde gemessen.

Außer den Arbeiten im Hauptuntersuchungsgebiet wurde bei 75° N ein Schnitt von 13° W bis 16° E ausgeführt, auf dem an 19 Stationen Wasserproben für die Untersuchung der oben genannten Proben aus 7 Tiefenhorizonten genommen wurden. Nach Beendigung dieses Schnittes wurden in der Framstraße weitere 10 Stationen wie im Hauptarbeitsgebiet beprobt.

#### **Erste Ergebnisse**

##### **Hauptarbeitsgebiet**

Im Hauptarbeitsgebiet wurden Stationen sowohl im offenen Wasser als auch in der Eisrandregion mit ständig wechselnden Eisbedeckungsgraden von 20-70% beprobt.

Erste Ergebnisse der Chlorophyll- und Nährstoffmessungen sind hier am Beispiel einer tiefen (2700 m) und einer flachen (200 m) Station dargestellt (Abb. 2.13 und 2.14). Sie zeigen nährstoffarmes Oberflächenwasser bis 100 m Tiefe und einen starken Chlorophyllgradienten mit zum Teil hohen Konzentrationen in 0-10 m Tiefe. Die vorhandene Nitratkonzentration im Oberflächenwasser von bis zu 4 µmol/l und das an die Lichtkurve im Wasser erinnernde Chlorophyllprofil lassen den Schluß zu, daß das Phytoplanktonwachstum in dieser Region überwiegend vom Licht gesteuert wird. Die Chlorophyllkonzentrationen in Tiefen bis 100 m lassen sich durch chlorophyllhaltige Partikel (Kotballen, Detritus) erklären.



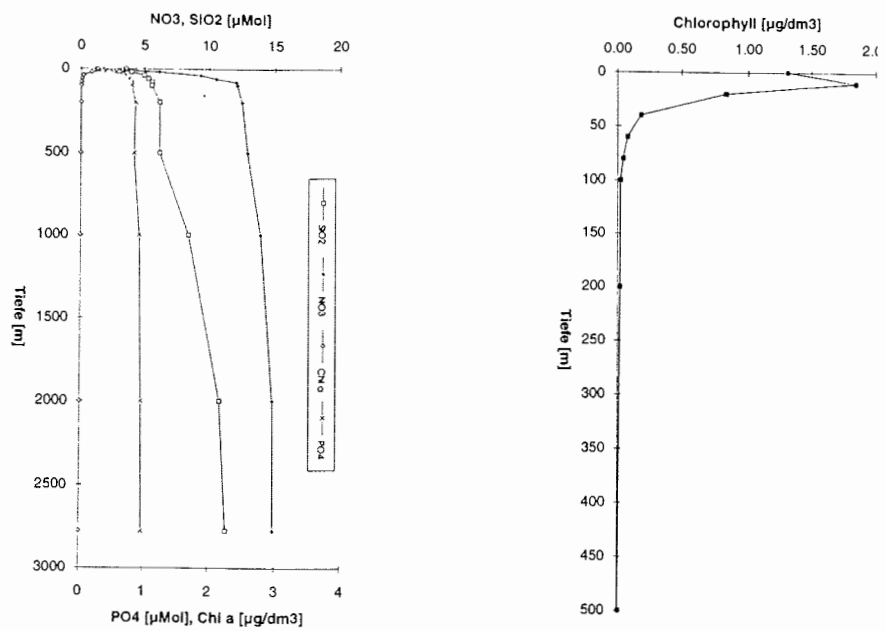


Abb. 2.13: Station 24 (2700m), Vertikalprofile der Nährstoffe und des Chlorophylls.

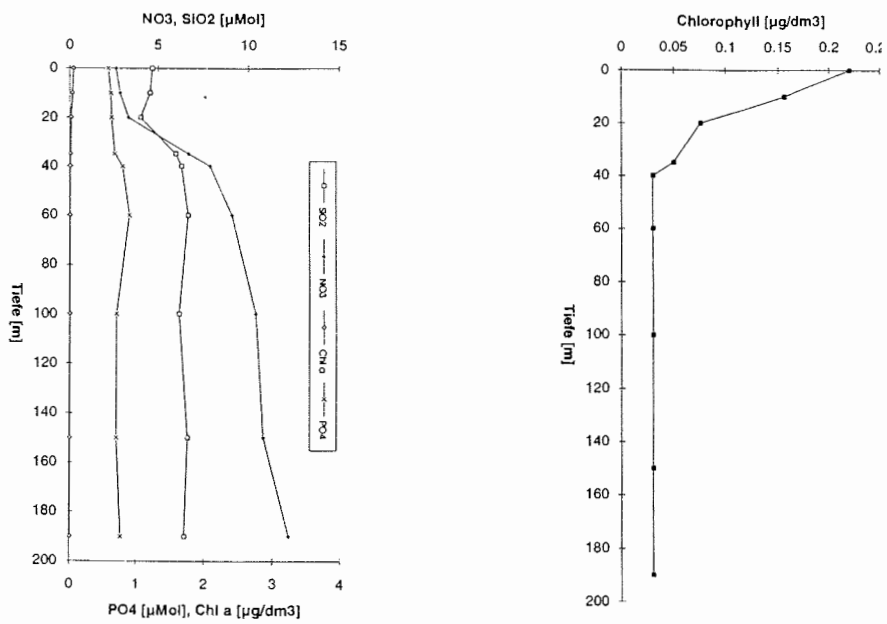


Abb. 2.14: Station 17 (200 m), Vertikalprofile der Nährstoffe und des Chlorophylls.

Tab. 2.7: Die wichtigsten Phytoplanktonarten und -gruppierungen  
(x : vereinzelt bis beständig vorkommend)  
(xx : häufig bis dominant vorkommend)  
(xxx : dominant vorkommend)

Phytoplankton	Ostgrönland	75°-Schnitt			Framstraße
		westl.	Mitte	östl.	
<b>Diatomeen</b>					
Actinocyclus curvatus	x				
Asteromphalus robusta	x	x	x		
Bacteriosira spec.	x				x
Chaetoceros atlanticum		x	x	xx	x
Chaetoceros sociales					xxx
Chaetoceros spec.	x	x	x		x
Coscinodiscus spec.	x		x		x
Corethron hystrix			x	xxx	x
Eucampia groenlandia		x			x
Melosira arctica	x				x
Nitzschia cylindrus	x				x
Nitzschia spec.	x				x
Podosira stelliger	x				
Rhizosolenia alata	x	x	x		x
Rhizosolenia setigera			x		x
Rhizosolenia styliformis			x	xx	
Rhizosolenia hebetata f. semispina	x			x	x
Rhizosolenia hebetata f. hiemalis	x				
Thalassiosira nordenskiöldii	x	x	x		x
Thalassiosira anguste-lineata	x				
Thalassiosira decipiens					x
Thalassiosira gravida	x				x
Thalassiotrix longissima	x	x	x		
<b>Dinoflagellaten</b>					
Ceratium arcticum		x	xx	xx	x
Dinophysis ovum		x	x		
Dinophysis rotundum		x	x		
Dinophysis spec.	x	x	x		
Gymnodinium spec.	x				x
Nematodinium spec.	x	x			
Peridinium spec.	x	x			x
Prorocentrum spec.	x				
Protoperidinium spec.			x		x
<b>andere Flagellaten</b>					
Distephanus spec. (Silicoflagellat)	x	x			x
Dinobryum spec. (Choanofl.)		x	x		
Emiliana huxleyi (Coccolith.)		x	x		
Phaeocystis spec. (Haptophyc.)	x				x

Die verschiedenen Stationen verdeutlichen die Heterogenität des biologischen Systems der Eisrandregion, da die Spannweite der gefundenen Chlorophyllkonzentrationen, unabhängig von der Eisbedeckung, mehr als eine Größenordnung betrug. Zum Teil konnte ein Abfallen der Chlorophyllkonzentration vom Maximum in 10 m Tiefe zur Oberfläche hin beobachtet werden, das sich durch andere Wachstumsbedingungen, z.B verursacht durch überschichtetes Schmelzwasser, erklären läßt.

Die Phytoplanktonverteilung in der euphotischen Zone zeigte ein typisches Sommersystem einer recht artenreichen, aber individuenarmen Diatomeen- und Dinoflagellatengemeinschaft (Tab. 2.7) in überwiegend seneszentem Zustand. Insgesamt

ist die räumliche Verteilung und der zeitliche Entwicklungsstand der beobachteten Arten recht fleckenhaft in dieser Eisrandregion.

Es konnten sowohl für die Nährstoffe und das Chlorophyll, als auch für die Phytoplanktongemeinschaft, keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem offenen Wasser und der Eisrandregion im Untersuchungsgebiet festgestellt werden.

Berechnungen der Primärproduktion, basierend auf dem Nitratverbrauch seit Beginn des Phytoplanktonwachstums im Frühjahr (Neue Produktion), haben ergeben, daß in diesen Zeitraum 30-40 g Kohlenstoff durch Neue Produktion gebildet worden sind.

### 75° N-Schnitt

Die Chlorophyllverteilung entlang des 75° N-Schnittes zeigt mit Konzentrationen bis zu 2 µg/l ein deutliches Maximum im Bereich der Eisrandregion. Die Phytoplanktongemeinschaft setzt sich hier wiederum aus überwiegend seneszenten Diatomeen und Dinoflagellaten zusammen.

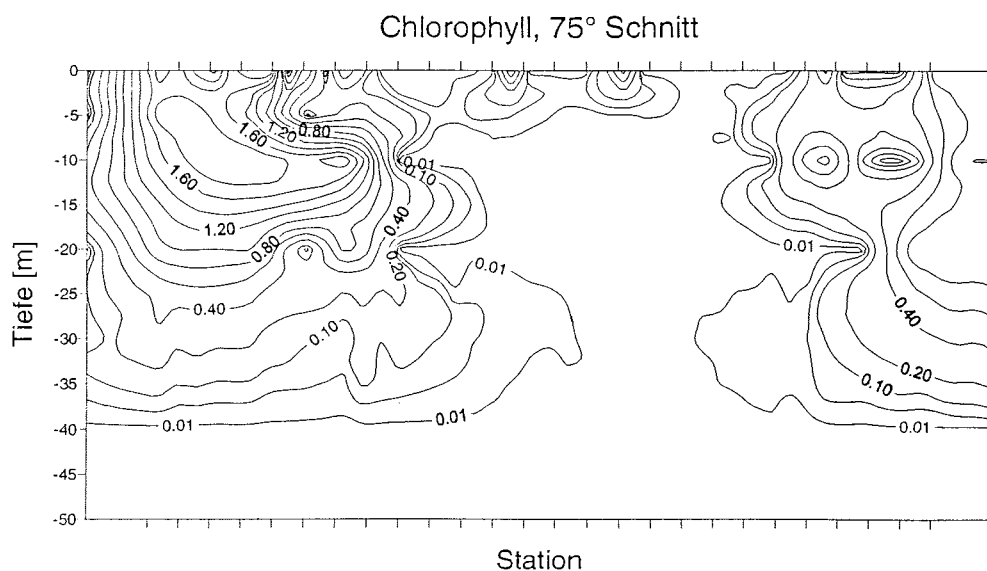


Abb. 2.15. Chlorophyllverteilung in µg/l auf dem 75° N-Schnitt.

Im Osten schließt sich an die Eisrandregion ein Bereich mit niedrigen Chlorophyllkonzentrationen an, dessen Oberflächenwasser durch salzarmes Wasser aus Gebieten nordöstlich Spitzbergs gebildet wird. Die Planktongemeinschaft entspricht in ihrem Zustand und ihrer Zusammensetzung einem wachsenden Sommersystem, dominiert von dem Dinoflagellaten *Ceratium arcticum*.

Zwischen Station 61 und 62 wurde die Arktische Front durchquert, die sich in einer Erhöhung der Chlorophyll-Konzentrationen widerspiegelt. Östlich der Arktischen

Front schloß sich ein Bereich Atlantischen Wassers mit zunächst minimalen Chlorophyllkonzentrationen und Secchi-Tiefen bis zu 17 m an, dies entspricht einer euphotischen Zone von 45 m.

Im weiteren Verlauf stiegen die Chlorophyllkonzentrationen bis zu 1,4 µg/l an und es wurde eine ausgeprägte thermohaline Schichtung der oberen Wassersäule festgestellt. Diese Schichtung konnte auch in der Vertikalverteilung des Chlorophylls nachvollzogen werden. Die Phytoplanktongemeinschaft wurde nun klar dominiert von atlantischen Vertretern (*Chaetoceros atlanticum*, *Corethron hystrix*, *Rhizosolenia styliformis*), die sich im Stadium der Blüte befanden.

### **Framstraße**

In der Framstraße wurden die höchsten Eisbedeckungsgrade gefunden (50-90 %). Die Chlorophyllkonzentrationen erreichten die höchsten während der Fahrt gemessenen Werte von bis zu 5,37 µg/l, was einer klassischen 'Frühjahrsblüte' entspricht. Diese wurde durch mikroskopische Untersuchungen der Phytoplanktongemeinschaft bestätigt, die sich allgemein in einem sehr guten Zustand befand und stark von der arktischen Diatomee *Chaetoceros sociales* dominiert wurde. Daneben wurden einzelne Ketten von *Thalassiosira decipiens* und *Nitzschia* sp. gefunden.

### **Vertikaler Partikelfluß**

Die Messung des vertikalen Partikelflusses und der Zusammensetzung der Sinkstoffe und deren Modifikation ermöglicht Rückschlüsse auf dominierende biologische Prozesse in der produktiven Zone und den Anteil des primär produzierten organischen Kohlenstoffes, der in größere Tiefen exportiert wird.

In der westlichen Grönlandsee wird die Produktion biogener Partikel wesentlich von der Eisbedeckung, deren Variabilität und der Lage des Eisrandes beeinflusst. Zur Ermittlung der jährlichen Sedimentation und deren saisonaler Änderungen wurden Sinkstofffallen in die Verankerungen AWI 413-4 (74°59,51' N, 10°37,05' W) und AWI 410-2 (74°57,66' N, 12°58,69' W) integriert, die in einer Wassertiefe von 3073 m bzw. 418 m ausgelegt wurden. Die Sinkstofffallen befinden sich in einer Tiefe von 500, 1000 und 2000 m (AWI 413-2) bzw. 200 m (AWI 410-2). Die Fangintervalle der Sinkstofffallen sind so gewählt, daß in der Zeit erhöhter Produktion eine hohe zeitliche Auflösung (14 Tage) erreicht wird, wohingegen die Sammelintervalle während des Winters 1-2 Monate betragen.

Mit einer Kurzzeitverankerung, die während der Zeitdauer der Untersuchungen im Hauptarbeitsgebiet (vom 14. bis 26. Juli 1994) in einer Wassertiefe von 2880 m (74°59,87' N, 10°57,05' W) in der Eisrandzone ausgebracht wurde, sollten kurzzeitige Änderungen der Sedimentation erfaßt werden. In dieser Verankerung waren die Sinkstofffallen in 90, 400, 900, und 2000 m Tiefe eingebaut. Eine weitere Falle, in deren Trichter eine Videokamera eingebaut war, befand sich in 120 m Tiefe. Mit dieser Kamera, die Aufnahmen von je 30 Sekunden Dauer in 30-minütigen Intervallen während des Verankerungszeitraumes erlaubte, konnte das Verhalten von Partikeln und das Vorkommen von größeren Organismen (Schwimmern) im Trichter der Sinkstofffalle dokumentiert werden. Sowohl unterhalb der obersten Sinkstofffalle als auch unterhalb der Falle in 900 m befand sich je ein Strömungsmesser.

Erste Auswertungen der Sinkstoffe aus dieser Verankerung zeigen nur eine geringe Sedimentation in 90 m mit geringem biogenen Anteil ( $1-3 \mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). In 400 m Tiefe war in der zweiten Hälfte des Verankerungszeitraumes (ab dem 20. Juli 1994) ein deutlicher Anstieg der Sedimentation zu verzeichnen, es wurden in diesem Zeitraum bis zu  $17 \mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$  registriert. In 900 m Tiefe wurde eine Sedimentation von  $2-3 \mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$  ermittelt. Während des 12-tägigen Verankerungszeitraumes betrug die Sedimentation 13, 40 und  $30 \mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}$  in 90, 400 bzw. 900 m Tiefe.

Das sedimentierte Material in den größeren Tiefen bestand zum überwiegenden Teil aus Phytodetritus, der vermutlich in Form von Aggregaten abgesunken war. In diesem Material waren nur wenige intakte und mit Plasma gefüllte Diatomeenzellen zu erkennen. Kotballen verschiedener Zooplankter (Copepoden, Amphipoden, Ostracoden, Appendicularien) sind in diesen Proben auch in größerer Anzahl vorhanden. Das vermehrte Auftreten der Kotballen in den größeren Tiefen deutet auf eine starke Freßaktivität des Zooplanktons in den mittleren Wassertiefen hin. Die deutlich erhöhte Sedimentation in den größeren Tiefen zeigt, daß biogene Partikel einer vorangegangenen Phytoplanktonblüte bereits aus den oberen Wasserschichten abgesunken waren. Ein erheblicher Anteil lithogenen Materials, auch in größeren Tiefen, verdeutlicht den Beitrag von eistransportiertem Material an der Sedimentation im Bereich des Ostgrönlandstromes.

Aus den vorliegenden Daten der Strömungsmesser kann abgeleitet werden, daß die sedimentierten Partikel aus einer Zone, die sich bis zu 100 km nördlich der Fallenposition erstreckt, stammen können. Detaillierte mikroskopische und biochemische Analysen der gewonnenen Proben werden an Land durchgeführt, mit dem Ziel weitere Einblicke in die Herkunft der sedimentierten Partikel und deren Modifikation während des Absinkens zu erhalten.

## **Experimentelle Studien**

### **Phytoplanktonkulturen und die Modifikation von Pigmenten durch Zooplanktonaktivitäten**

Es wurden in ca. 120 Ansätzen Phytoplankter aus den verschiedenen beschriebenen Produktionsregimen in Kultur genommen. Sie sollen bei späteren Versuchen verwendet werden, um mögliche spezifische Pigmentmuster (HPLC) und deren Abhängigkeiten von den Wachstumsbedingungen, vor allem von Licht und Nährstoffen, der Algen aufzudecken. Weiterhin sind Untersuchungen zur Alterung spezifischer Pigmente geplant.

Zur Bestimmung der Pigmentmodifikation durch Zooplanktonaktivitäten wurden in 10 Versuchen unterschiedlichen Tieren (*Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* und Appendicularien) eine natürliche Algenpopulation angeboten. Die anfallenden Kotballen wurden aufgefangen und werden auf ihren Pigmentgehalt untersucht. Die Versuche werden im Kieler Labor mit den oben erwähnten Algenkulturen fortgesetzt.

### **Einfluß unterschiedlicher Salzgehalte auf Eisalgen**

Eisalgenpopulationen, die im unteren Bereich des Meereises leben, sind bei dessen Auftauen völlig anderen Lebensbedingungen ausgesetzt. Sie müssen im Pelagial

mit anderen Nährstoff-, Salzgehalts- und Lichtbedingungen auskommen. Die Fähigkeit dieser Eisalgen, auf diese Veränderungen zu reagieren, zu überleben und möglicherweise sogar als Saatpopulation die Blüte der pelagischen Population zu bestimmen, wurde in zwei Experimenten untersucht. Einmal wurden aus Bohrkernen gewonnene, natürliche Populationen zusammen mit pelagischen Arten gehältert und zum zweiten wurden sie unterschiedlichen Salzgehalten (von 3,3 bis 31,5) ausgesetzt. Die Versuche gingen über einen Zeitraum von 3 Wochen, die Diskussion der ersten Ergebnisse ist erst nach einer mikroskopischen Analyse der gewachsenen Populationen möglich.

### **2.5.2 Die Verteilung, Häufigkeit und Freßraten des Zooplanktons und die Rolle ihrer Kotballen im vertikalen Partikelfluß in der Grönlandsee**

Humberto González(AWI) und Steffen Lofnes (IMR)

#### **Einleitung**

Im allgemeinen wird ein großer Teil der regionalen und saisonalen Variabilität des Zooplanktons und der Zusammensetzung der sedimentierenden Kotballen und Phytodetritusaggregate durch Prozesse im Pelagial bestimmt. Der vertikale Partikelfluß ist gering verglichen mit der Oberflächenprimärproduktion, wenn durch das starke Vorkommen von Mesozooplankton der Fraßdruck auf das Phytoplankton hoch ist. Der Fraß von Mesozooplankton, das häufig von Copepoden dominiert wird, führt zur Produktion von kompakten Kotballen, die eine sehr viel höhere Sinkgeschwindigkeit haben als einzellige Futterpartikel. Jedoch sinkt nur ein geringer Anteil des in der Oberfläche produzierten Kotmaterials in tiefere Schichten des Ozeans. Gründe dafür werden von mehreren Autoren diskutiert. Ingestion (Koprophagie), Fragmentation (Koprohexie) und Auflockerung (Koprochalie) des Kotmaterials der Copepoden wurden als mögliche Ursachen für ein effizientes Recycling der Kotballen in der Nähe der Oberflächenschicht des Norwegischen Stroms genannt.

Während der Reise wurde ein Beprobungsprogramm durchgeführt, um die allgemeine Verteilung und Häufigkeit des Zooplanktons in der Grönlandsee und des von ihm produzierten Kotmaterials in den oberen 1000 m der Wassersäule zu studieren. Zusätzlich wurden Experimente an Bord durchgeführt, um Freßraten, Kotballenproduktionsraten und Magenleerungsraten des die Zooplankton-Biomasse dominierenden Copepoden *Calanus hyperboreus* abzuschätzen.

#### **Gesammelte Proben**

Zooplankton- und Kotballenproben wurden auf 17 Stationen gesammelt. Eine Station lag auf 70° N im Bereich des Jan-Mayen-Stromes, 9 Stationen befanden sich im Hauptarbeitsgebiet, 2 Stationen auf dem 75° N-Schnitt und 5 Stationen in der Framstraße. Die Proben wurden mit Hilfe von verschiedenen Netzen (Multinetz mit 200 µm und 64 µm, Ringnetz mit 200 µm und ein Planktonnetz mit 41µm Maschenweite), in fünf verschiedenen Tiefen in den oberen 1000 m der Wassersäule genommen. Die Proben wurden für folgenden Analysen verwendet:

- 1) Für die Analyse der vertikalen Verteilung und Häufigkeit der Copepoden und anderer Zooplanktongruppen in der Grönlandsee. Zusätzlich wurde die Biomasse

(Trockengewicht) der unterschiedlichen Größenklassen (>2000 µm, 2000 - 1000 µm und > 180 µm) ermittelt.

- 2) Für genetische Analysen von calanoiden Copepoden. Genetische Analysen am dominanten Zooplankton werden von einer wissenschaftlichen Gruppe des "Institute of Marine Research" in Bergen durchgeführt, um Subpopulationen des Zooplanktons im Europäischen Nordmeer zu identifizieren.
- 3) Für Untersuchungen der Vertikalverteilung und Menge (standing stock) des Kotmaterials.

### **Experimentelle Arbeit**

1) Kotballenproduktionsraten von *Calanus hyperboreus* und *C. finmarchicus*: Individuen dieser Arten wurden mit Hilfe eines Ringnetzes (Maschenweite 200 µm) gesammelt und sofort in eine 2-l-Flasche mit filtriertem Meerwasser eingebracht. Die Copepoden wurden für 2 Stunden bei der in-situ-Temperatur, die durch einen kontinuierlichen Oberflächenwasserfluß erreicht wird, inkubiert. Das Wasser der verschiedenen Flaschen (ca. 14 Replikate) wurde durch ein 10-µm-Sieb filtriert, die Kotballen gezählt und dann auf einen vorgeglühten GF/C-Filter für spätere C und N Analysen aufgetragen. Weitere Copepoden wurden für Trockengewichtsanalysen gesammelt.

2) Magenleerungsrate von *Calanus hyperboreus*: Für diese Untersuchung wurden die Organismen in einen 40-l-Behälter mit filtriertem Meerwasser eingebracht. Nach verschiedenen Beprobungszeiten (1, 5, 15, 30, 45, 60, 90, 150 und 260 min) wurden einige Individuen mittels eines kleinen Siebs gesammelt und in flüssigen Stickstoff getaucht. Die tiefgefrorenen Copepoden wurden für wenige Stunden bei -30°C gelagert und unter dem Stereo-Mikroskop aussortiert. Je 15 Weibchen wurden in Glasröhrchen mit 10 ml 90prozentigem Aceton eingebracht und die Chlorophyll-Konzentration pro Copepode (in relativen Einheiten) am Turner-Fluorometer gemessen.

3) Freßraten von *Calanus hyperboreus* in natürlichen Phytoplanktonlebensgemeinschaften:

Je 5 Weibchen von *C. hyperboreus* wurden in 600 ml Flaschen (insgesamt 42 Flaschen), die eine natürliche Phytoplanktonlebensgemeinschaft enthielten, in ein Planktonrad (1 U/min) eingebracht. Die folgenden Parameter werden später am AWI gemessen: Partikulärer organischer Kohlenstoff und Stickstoff, Chlorophyll, Artenzusammensetzung und -häufigkeit des Phytoplanktons. Mit Hilfe dieser Daten wird dann die Aufnahmerate des Phytoplanktons durch *C. hyperboreus* ermittelt.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Artenzusammensetzung des Zooplanktons: Kleine cyclopoide Copepoden (Gattung: *Oithona*) und calanoiden Copepoden (Gattung: *Microcalanus*) waren die häufigsten Organismen im Zooplankton. Auch *Calanus hyperboreus*, *C. finmarchicus* und *C. glacialis* wurden in hoher Anzahl gefunden (Abb. 2.16). *Calanus hyperboreus* war die bei weitem wichtigste Gruppe bezüglich der Biomasse.

Kotballenproduktionsrate bei *Calanus hyperboreus*: Sie schwankte zwischen 7 und 36 Kotballen Ind<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> (Tab. 2.8). Diese Rate ist stark abhängig vom Ernährungsangebot, genauere Aussagen sind erst nach weitergehenden Untersuchungen an Land möglich.

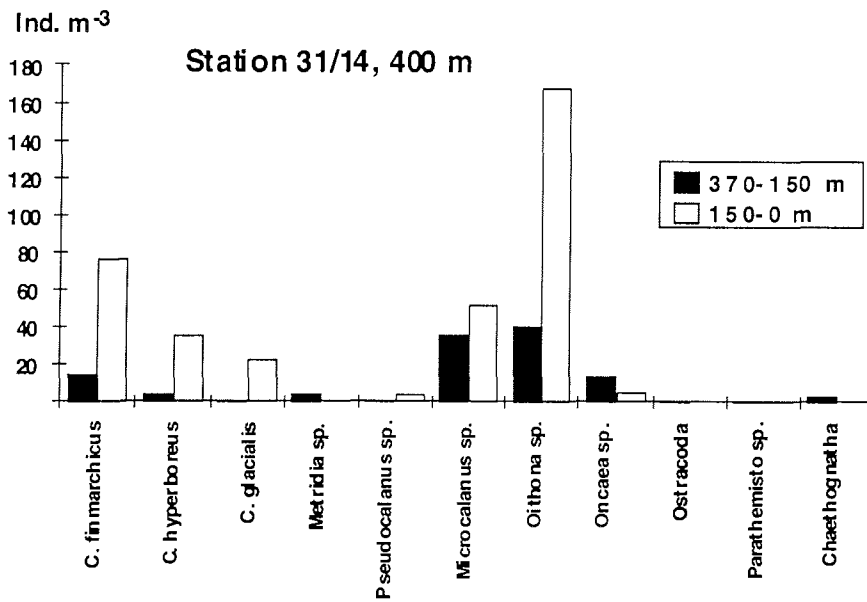


Abb. 2.16: Artenzusammensetzung des Zooplanktons.

Tab. 2.8: Kotballenproduktionsrate bei *Calanus hyperboreus* (CV und CVI)

Station:	(Kotballen Ind. <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )					
	31/14	31/16	31/17	31/20	31/24	31/25
Mittelwert	21,5	25,0	7,4	20,3	35,8	29,5
sd.	7,9	5,0	1,7	4,9	15,9	7,8
Replikate	13	14	9	11	13	12

Magenleerungsrate bei *Calanus hyperboreus*: Die durchschnittliche Chlorophyll-Konzentration pro Copepode nahm während der ersten Stunde des Experiments sehr schnell ab und fiel nach einem Zeitraum von 200 min unter die Nachweisgrenze des Fluorometers. Die hohe Variabilität der Meßergebnisse ist wahrscheinlich auf unterschiedliche Ernährungsbedingungen vor dem Fang zurückzuführen (Abb. 2.17).



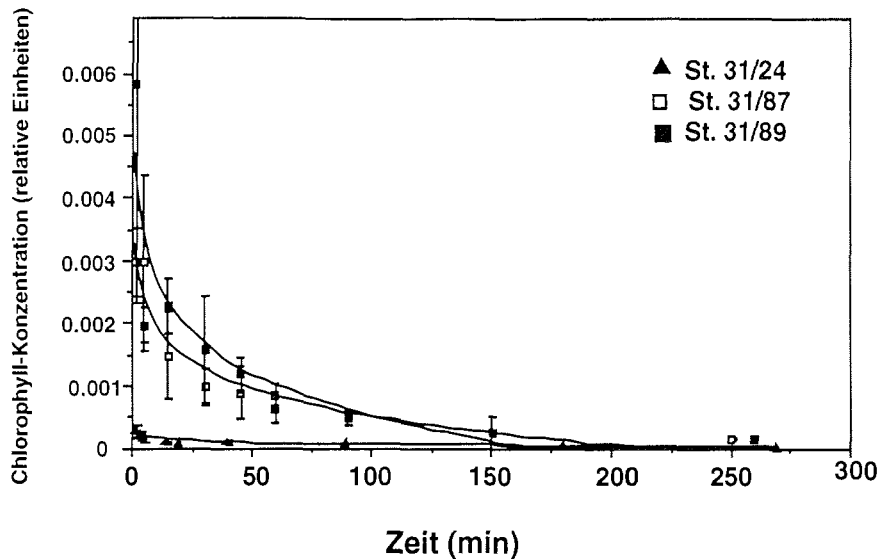


Abb. 2.17: Magenleerungsrate bei *Calanus hyperboreus*.

### 2.5.3. Mikrobieller Abbau von Phytodetritus-Aggregaten im Pelagial: Rolltankexperimente mit *Melosira* Steffen Burkhardt (AWI)

Beim Vertikaltransport von partikulärem organischem Material sind Kotballen und Phytodetritus-Aggregate von entscheidender Bedeutung, da sich mit zunehmender Größe sinkender Partikel zum einen die Sinkgeschwindigkeit vergrößert, zum anderen Habitate geschaffen werden, die einer spezifischen mikrobiellen Gemeinschaft geeignete Lebensbedingungen bieten. Neben der wohl dokumentierten Aggregatbildung am Ende einer Phytoplanktonblüte sind auch andere Mechanismen der Aggregatbildung möglich. Während der Reise wurden im ostgrönländischen Eisrandgebiet (75° N, 12° W) große Mengen an "Melosira-Matten" in einem Größenbereich von wenigen Zentimetern bis mehreren Dezimetern gefunden, die an der Oberfläche trieben. Es ist bekannt, daß *Melosira*, eine kettenbildende Diatomee, an der Eisunterseite große Biomassen ausbilden kann. Wahrscheinlich stellen die beobachteten Matten abgerissene Fragmente dar, die sich an der Unterseite von Eisschollen entwickelt hatten. Diese Aggregate sinken letztendlich ab, wobei durch mikrobielle Abbauprozesse organische Verbindungen zum Teil remineralisiert werden (Recycling anorganischer Nährstoffe) und zum Teil Aufbau bakterieller Biomasse stattfindet, die ihrerseits die Nahrungsgrundlage für Protozoen und letztlich größere Zooplankter (z.B. Copepoden) darstellt. Es ist wenig darüber bekannt, in welchem Ausmaß sich während des Sinkprozesses Quantität und Qualität des partikulären Materials aufgrund mikrobieller Aktivitäten verändern, bevor die abgesunkenen Aggregate benthischen Lebewesen als Nahrungsgrundlage dienen können.

Ziel der experimentellen Untersuchungen war die Quantifizierung der Abbauprozesse von Phytodetritus-Aggregaten und die Korrelation von biologischen (z.B. bakterielle Sekundärproduktion, exoenzymatische Aktivität) und chemischen (z.B.

C/N-Verhältnis, Aminosäuren- und Kohlenhydratkonzentrationen) Parametern während einer dreiwöchigen Inkubation von Melosira-Aggregaten. Zur Inkubation wurden Rolltanks verwendet, zylindrische 2,4-l-Gefäße, die um die horizontale Achse rotieren und dadurch den Sinkprozess von Partikeln in der Wassersäule simulieren.

Große Mengen von Melosira-Gemeinschaften wurden an Station 31/9 bei einer Wassertiefe von 1500 m im Eisrandgebiet mit einem Sieb von der Oberfläche abgeschöpft. Um eine Quantifizierung zu ermöglichen, wurden 200-ml-Aliquots einer homogenisierten Aggregatmasse auf 54 Rolltanks verteilt. Inkubation fand parallel in 5 verschiedenen Versuchsansätzen statt:

- (1) Abbau: Dunkelinkubation in GF/F - filtriertem Seewasser (fSW).
- (2) Licht: Lichtinkubation in GF/F - fSW.
- (3) Protozoen: Dunkelinkubation in 100 mm - fSW.
- (4) Copepoden: Dunkelinkubation in GF/F - fSW + *Calanus hyperboreus*.
- (5) Kontrolle: Dunkelinkubation in GF/F -fSW; HgCl<sub>2</sub> - vergiftet.

In einer Zeitreihe (1, 2, 4, 6, 10, 14, 18, 22 Tage) wurden Rolltanks beprobt und die folgenden Parametern gemessen bzw. für spätere Analysen bereitgestellt:

- Bakterielle Sekundärproduktion (<sup>14</sup>C-Leucin/ <sup>3</sup>H-Thymidin-Doppelmarkierung)
- bakterielle Exoenzyme: Peptidase, a - Glucosidase, b - Glucosidase, Chitinase (fluoreszent markierte Substratanaloga)
- Bakterienzahl und -biomasse (Epifluoreszenzmikroskopie)
- Phytoplankton- und Protozoencharakterisierung (Utermöhlmikroskopie)
- Pigmentanalysen:
  - Chl a/Phaeopigmente (Acetonextraktion, Fluorometer)
  - HPLC - Analyse
- partikuläre organische Verbindungen:
  - POC/ PON - Verhältnis (CHN - Analyser)
  - Aminosäuren (HPLC)
  - Kohlenhydrate (MBTH - Assay)
- gelöste organische Verbindungen:
  - DOC, DON
  - Aminosäuren
  - Kohlenhydrate
  - Huminstoffe
- anorganische Nährstoffe: NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>
- Videoaufnahmen der Rolltanks während der Zeitreihe
- elektronenmikroskopische Aufnahmen (REM).

In den Rolltanks fand nach Befüllung mit homogenisiertem Melosira-Material eine rasche Reaggregation der Planktonmasse statt, bei der die gebildeten Partikel innerhalb weniger Stunden mehrere Zentimeter Größe erreichten. Während der folgenden Inkubation ergaben sich bereits nach einigen Tagen drastische Unterschiede in Partikelgröße und -beschaffenheit zwischen den verschiedenen Versuchsansätzen. Beim Dunkelabbau zerfielen die Aggregate in ca. 150 kleine (1 cm) Partikel, was möglicherweise auf bakteriellen Abbau von Polysacchariden hindeutet, die eine klebrige Matrix bilden. Diese Untersuchung wird unterstützt durch die Beobachtung in Lichttanks, bei denen bis Versuchsende der Großteil von Melosira in einem einzigen großen Aggregat verklumpt blieb. Im "Protozoen-Treatment" (höhere Anzahl an Protozoen bei Rolltankbefüllung, da anstelle von GF/F-Filtern

100-mm-Gaze verwendet wurde) nahmen Partikelgröße (2-3  $\mu\text{m}$ ) und Partikelanzahl (20-30 pro Tank) eine Zwischenstellung ein. In diesem Versuchsansatz waren auch die Enzymaktivitäten (bakteriengebundene Exoenzyme) während der Anfangsphase geringer, was eine Folge des Grazings von Protozoen an Bakterien sein könnte. Copepoden zeigten anfänglich keinen nennenswerten Effekt. Nach ca. einer Woche jedoch fand mechanische Desintegration der Partikel statt und der gefüllte Verdauungstrakt deutete auf verstärkte Fraßaktivität hin. Enzyme in der vergifteten Kontrolle zeigten über einen längeren Zeitraum geringe Restaktivität.

Von besonderem Interesse ist ein Vergleich der biologischen und chemischen Parameter, der Aufschluß über Substratwertbarkeit (mikrobieller Abbau von organischem Material) geben wird und eine Quantifizierung heterotropher Prozesse erlaubt.

#### **2.5.4 Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) in marinen Mikroalgen** Doris Meyerdierks und Nadja Ziebarth (FBB)

##### **Einleitung**

Eine Vielzahl von Phytoplanktonarten und Eisalgen akkumulieren niedermolekulare organische Verbindungen als Osmolyte, wie die Aminosäure Prolin oder die Schwefelverbindung Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP). DMSP zählt zu den sogenannten "compatible solutes", die im Gegensatz zu Ionen auch in höheren Konzentrationen keine hemmende oder toxische Wirkung auf den zellulären Metabolismus haben. DMSP ist der Vorläufer des Dimethylsulfids (DMS), der bedeutendsten flüchtigen Schwefelverbindung in marinen Ökosystemen. Nach photochemischen Oxidationen innerhalb der Atmosphäre tragen dessen Oxidationsprodukte als Wolkenkondensationskerne zur Wolkenbildung bei. Dies ist besonders in den entfernteren Regionen wie der Antarktis von Bedeutung.

Ziel der Reise war die Untersuchung der regionalen und vertikalen Verteilung von zellulären DMSP-Konzentrationen in der oberen Wassersäule in der westlichen Grönlandsee und bei Durchqueren verschiedener pelagischer Regime auf dem West-Ost-Schnitt bei 75° N. Als Parameter für die Phytoplanktonbiomasse wurde parallel Chlorophyll a (Chl.a) bestimmt.

##### **Methoden**

Im Hauptarbeitsgebiet am ostgrönlandischen Kontinentalabhang und auf dem West-Ost-Schnitt bei 75° N wurde die obere Wassersäule (100 bis 200 m Tiefe) mit der CTD-Rosette beprobt. Insgesamt wurden 30 Vertikalprofile mit Wasser aus 6 bzw. 8 verschiedenen Tiefen untersucht. Auf 8 Stationen wurde nach folgenden Größenklassen des Mikrophytoplanktons fraktioniert: gesamt, 5-20  $\mu\text{m}$ , 2-5  $\mu\text{m}$  und < 2  $\mu\text{m}$ . Ein kompletter Eiskern (267 cm) wurde in 13 Segmente mit je 20 cm Länge gesägt und jeweils in 4 l GF/F-filtrierte Meerwasser bei 4°C aufgetaut und analysiert. Darüber hinaus wurden Proben aus Schmelzwassertümpeln auf ihren DMSP-Gehalt hin untersucht.

Nach Vorfiltration (200  $\mu\text{m}$  Netzgaze) wurde sowohl für die DMSP- als auch die Bestimmung des Chl.a das Phytoplankton aus 1 bis 6 l Meer- bzw. Schmelzwasser

auf Glasfaserfilter (Whatman GF/F, 4,7 cm Durchmesser) durch Filtration konzentriert. Die Größenklassen wurden mit Hilfe von 20- $\mu$ m-Netzgaze bzw. Nuclepore-Filtern (2 und 5  $\mu$ m) fraktioniert und ebenfalls auf GF/F-Filter konzentriert.

DMSP wurde über die Freisetzung des flüchtigen DMS bestimmt. DMSP wird unter alkalischen Bedingungen in DMS und Acrylsäure im Verhältnis 1:1 gespalten. Nach Zugabe einer starken Lauge (25%ig NaOH) wurden die Filter in gasdichten Gefäßen für 4 bis 24 h inkubiert und das gasförmige DMS gaschromatographisch analysiert und quantifiziert (Shimadzu 8A mit FPD) und gegen entsprechend behandelte DMSP Standards (Research Plus, Bayonne, New Jersey) kalibriert.

Für die Chlorophyll a-Bestimmung wurden die Filter in 90%igem Aceton homogenisiert, zentrifugiert und der Überstand fluorometrisch gemessen (Chlorophyll-Fluorometer biosens, Hannover) und gegen einen Chl.a-Standard-Lösung kalibriert. Einige Proben wurden für die Interkalibration mit einem Turner-Design-Fluorometer analysiert.

Für spätere taxonomische Untersuchungen wurde jeweils aus dem Oberflächenwasser (0 bzw. 10 m), bei den fraktionierten Profilen aus allen Tiefen 220 ml Meerwasser mit Formaldehyd fixiert.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Insgesamt folgten die algalen DMSP-Konzentrationen mehr oder weniger der Chl.a-Verteilung in der Wassersäule mit Maxima im Bereich der Oberflächenschicht (0-20 m), unterhalb 80 m Tiefe lagen die DMSP- und Chl.a-Gehalte am Rande der Nachweisgrenze.

Im Hauptarbeitsgebiet am ostgrönländischen Kontinentalabhang bei 75°N wurden 6 Stationen im "Return Atlantic Water" in unterschiedlichen Wassertiefen beprobt. Die höchsten Chl.a-Werte in diesem Gebiet wurden auf Station # 31/14 (330 m) mit 2,1  $\mu$ g/l gemessen, höchste DMSP-Konzentrationen auf Station # 31/06 (3000 m) mit 97 nM bei deutlich geringeren Chl.a-Gehalten (0,9  $\mu$ g/l). Das daraus berechnete DMSP zu Chl.a-Verhältnis lag auf dieser Station daher bei >100 DMSP (nmol/ $\mu$ g Chl.a) im Gegensatz zu Station # 14, wo 26 nM DMSP gemessen wurden. Daraus ergibt sich ein deutlich geringeres DMSP zu Chl.a-Verhältnis (12 nmol/ $\mu$ g Chl.a).

Auf dem großen West-Ost-Schnitt auf 75°N (10 m Tiefe, 18 Stationen) wurden höchste DMSP-Gehalte in den chlorophyllreicheren Regionen des östlichen "Return Atlantic Waters" (2-3,4  $\mu$ g Chl.a/l), des westl. Arktischen Oberflächenwassers (1-2  $\mu$ g Chl.a/l) und des Barentssee-Schelfwassers (0,8-1  $\mu$ g Chl.a/l) quantifiziert, geringste Gehalte an DMSP (10 nM) und Chl.a (0,3  $\mu$ g/l) sowohl im Bereich des Polarwassers (Stn # 27) als auch auf der östlichsten Station im Arktischen Oberflächenwasser (Stn # 62, 16 nM DMSP, 0,3  $\mu$ g Chl.a/l). Insgesamt zeigte das DMSP zu Chl.a-Verhältnis auf dem Schnitt zunehmende Tendenz von West in Richtung Ost. Mit 35 nmol/ $\mu$ g Chl.a im Polarwasser gefolgt von 40-50 nmol/ $\mu$ g Chl.a im "Return Atlantic Wasser", 35-60 nmol/ $\mu$ g Chl.a im Arktischen Oberflächenwasser und 45-110 DMSP (nmol/ $\mu$ g Chl.a) und einem etwas geringeren DMSP zu Chl.a-Verhältnis im Barentssee-Schelfwasser (Stn # 84, 60 nmol/ $\mu$ g Chl.a).

Bezüglich der Größenfraktionierung ist die Fraktion 5-20 µm hauptsächlich für die DMSP-Produktion verantwortlich. Auch die Fraktion 2-5 µm leistet einen Beitrag zum algalen DMSP-Gehalt, wohingegen die Produktion der Fraktion < 2µm kaum ins Gewicht fällt. Diese Daten sollen im Zusammenhang mit taxonomischen Untersuchungen klären, welche Organismen innerhalb des Mikrophytoplanktons die DMSP-Produktion in der Arktis beeinflussen.

Der Eiskern zeigte sowohl für DMSP als auch für Chl.<sub>a</sub> keine Unterschiede innerhalb der 13 aufgetauten Segmente. Auch im untersten Bereich des Kerns bewegten sich die Messungen am Rande der Nachweisgrenze. Dies gilt ebenfalls für die Proben aus 2 verschiedenen Schmelzwassertümpeln (blau und grau), die dem Süß- bzw. Brackwasser zugeordnet werden, da die DMSP-Produktion mit wenigen Ausnahmen auf marine Mikroalgen begrenzt ist.

### **2.5.5 Benthosuntersuchungen am Grönländischen Kontinentalabhang**

Dagmar Barthel, Angelika Brandt, Yasmine Göbel, Michaela Mayer, Will Ritzrau, Annette Scheltz und Klaus Schnack (SFB)

Das Hauptuntersuchungsgebiet der benthologischen Untersuchungen befand sich bei ca. 75° N vor der grönländischen Küste. Diese Region liegt im Ostgrönlandstrom, der die Küste entlang nach Süden verläuft. Es wird angenommen, daß ein hoher Anteil organischen Materials aus der pelagischen und sympagischen Produktion dem Benthos zur Verfügung steht. Jüngere Untersuchungen haben gezeigt, daß neben der vertikalen Sedimentation auch laterale Advektion von organischem Material eine besondere Rolle für die Nahrungsversorgung der Benthosgemeinschaften spielt. Physikalische Resuspension und biologische Aktivität der Benthosgemeinschaften, wie Bioresuspension oder Biodeposition beeinflussen Konzentration, Verteilung und Zusammensetzung der Partikel in der bodennahen Nepheloidschicht (BNL), sowie den Eintrag dieser Partikel ins Sediment.

Die Untersuchungen der benthischen Makrofauna beinhalten:

- 1) eine Abschätzung der Abundanz und der Biomasse und eine Beschreibung der Gemeinschaften (Besiedlungsmuster, Substratausnutzung, Diversität, Ernährungsstrategien und -biologie, Größenspektren),
- 2) Untersuchungen zur Populationsdynamik ausgewählter dominanter Arten,
- 3) eine Aufnahme von Verbreitungsmustern epibenthischer Populationen in unterschiedlichen räumlichen Skalen (ca. 100-1000 m sowie zwischen einzelnen Stationen) mit Epibenthoschlitzen (EBS), Agassiztrawl (AGT), Fotoschlitten (FTS),
- 4) Messungen der metabolischen Aktivität (Respiration) ausgewählter Größenklassen makrobenthischer Organismen, und
- 5) Untersuchungen von Nahrungsaufnahme und Bioturbation ausgewählter Individuen in Strömungskanaalexperimenten.

Zur Durchführung der Punkte 4 und 5 werden in einem temperaturkonstanten Hälterungscontainer Organismen, hauptsächlich aus EBS- und AGT-Fängen, nach Deutschland überführt.

Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Beziehungen der benthischen Gemeindef-

ten zu den ökologisch relevanten abiotischen und biotischen Faktoren, wie z.B. Topographie des Meeresbodens, Habitateigenschaften, vertikaler Sedimentation oder lateraler Advektion organischer Partikel, und biologische Interaktionen zwischen Organismen zu erfassen und daraus Erkenntnisse über die pelagisch-benthischen Kopplungsprozesse im Kohlenstoffkreislauf zu gewinnen.

### **Partikelmenge und -zusammensetzung in der Bodennepheloidschicht (BNL)**

Zur Charakterisierung der Menge und Zusammensetzung bodennaher Partikel in der BNL wurde der Bodenwasserschöpfer auf 4 Stationen des hangnormalen und auf beiden Stationen des hangparallelen Schnitts erfolgreich eingesetzt. Auf diesen Stationen wurden Wasserproben aus 7 Tiefen untersucht. Mit dem Bodenwasserschöpfer wurden Wasserproben aus 7, 10, 20 und 40 cm über dem Sediment genommen und mit der CTD-Rosette in 5 und 100 m Abstand über dem Sediment und dem Chlorophyllmaximum, um den Gehalt an Chlorophylläquivalenten, partikulärem Kohlenstoff und Stickstoff, Gesamtpartikelfracht (Seston) sowie bakterielle Aktivitäten und Abundanz zu messen. Bakterielle Aktivitäten in Form  $^{14}\text{C}$ -Aminosäuregesamtaufnahme schienen im bodennahen Bereich (7-40 cm über dem Sediment) vergleichbar hoch wie im Chlorophyllmaximum; beide Bereiche zeigten deutlich höhere Raten als in der mittleren und unteren Wassersäule in 5 und 100 m über dem Sediment. Erstmals konnte auf einigen Stationen eine neuentwickelte Partikelkamera erfolgreich eingesetzt werden.

### **Biologische und biochemische Sedimentparameter**

Im zentralen Arbeitsgebiet wurde der Multicorer auf einem hangnormalen Schnitt auf 5 Stationen zwischen 2800 und 400 m Wassertiefe und auf einem hangparallelen Schnitt in 800 m Wassertiefe auf 2 Stationen für die Beprobung von Tiefenprofilen verschiedener biologischer und biochemischer Parameter erfolgreich eingesetzt. Neben Messungen zum Chlorophyllgehalt, als Tracer für den Eintrag von oberflächenproduziertem Material, wurden Proben zur Bestimmung des Gesamt-DNA und des ATP-Gehaltes genommen. Respirationsmessungen an Sedimentkernen, die an Bord unter in-situ-Temperatur gehältert wurden, ermöglichen Aussagen zur Aktivität und damit zum potentiellen Kohlenstoffbedarf der Sedimentgesamtgemeinschaft. Nur in wenigen Fällen konnten unterhalb von 5 cm Sedimenttiefe Chlorophylläquivalente nachgewiesen werden. Die höchsten Pigmentkonzentrationen in den obersten 10 cm des Sedimentes wurden mit Werten zwischen 13,0 und 24,5  $\text{mg/m}^2$  10 cm auf dem oberen Kontinentalhang bis in 800 m gefunden. Am mittleren und unteren Hang variierten die Werte zwischen 6,9 und 13,6  $\text{mg/m}^2$  10 cm. Der Sauerstoffverbrauch der Sedimentgemeinschaft lag im oberen Hangbereich bis 800 m Wassertiefe zwischen  $20 \pm 0,6$  und  $72 \mu\text{mol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Am mittleren und unteren Hang wurden Zehrungsraten zwischen  $40 \pm 5,0$  und  $221 \mu\text{mol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  beobachtet. In einem 10-tägigen Hälterungsexperiment mit Sedimentkernen aus 1000 m Wassertiefe wurden Luminophoren zur Bestimmung der Bioturbationsleistung der Benthosgemeinschaft eingesetzt. In definierten Zeitabständen wurden Tiefenprofile für die Vertikalverteilung von Luminophoren und Chlorophylläquivalenten beprobt, sowie Messungen zum Sauerstoffverbrauch durchgeführt.

### **Aufnahme der räumlichen Strukturen des Benthos mit Hilfe der Unterwasserfotographie**

Abundanzen und Verteilungsmuster epibenthischer Populationen wurden mit Hilfe der Fotoschaukel (FTS) untersucht. Die FTS besteht aus einer vertikal ausgerichteten Kamera, die zusammen mit einem schrägangebrachten Blitzgerät in ein 230 cm langes und 70 cm breites Gestell eingepasst ist. Mit Hilfe eines Bodenkontakts wird der Abstand der FTS zum Boden konstant gehalten und die FTS "blind" gefahren. Jede Aufnahme zeigt etwa 1 m<sup>2</sup> des Meeresbodens.

An 8 Stationen im Hauptuntersuchungsgebiet und an 2 Stationen in der Framstraße wurde die Kamera jeweils 60 mal ausgelöst. Je nach Drift des Schiffes verteilen sich die Aufnahmen pro Station auf Strecken zwischen ca. 120 m und 720 m. Die hoch auflösenden Farbdias (60x60 mm) wurden zum Großteil schon an Bord entwickelt und erlauben sowohl eine Wiedererkennung einzelner Arten als auch Strukturanalysen ungestörter epibenthischer Gemeinschaften.

Im Gegensatz zu traditionellen Fangmethoden (z.B. AGT) eignet sich die Unterwasserfotographie, um kleinskalig Zusammensetzung und Verteilung der epibenthischen Megafauna zu untersuchen. In Anbetracht der fleckenhaften Verteilung dieser Lebensgemeinschaften ergänzen die Bilder andere Methoden wie AGT oder GKG bei der Abschätzung von Biomasse, absoluten Abundanzen und Artendiversität des Megabenthos.

Die Unterwasseraufnahmen werden erst nach Beendigung der Fahrt ausgewertet werden, so daß nur ein erster Eindruck gegeben werden kann.

Es gibt keine systematischen Unterschiede in der Gemeinschaftszusammensetzung zwischen den Stationen gleicher Tiefe (2x800 m, 2x2700 m) im Hauptuntersuchungsgebiet. Die Variabilität innerhalb der gleichen Station ist jedoch sehr groß. Dabei ist offensichtlich, daß je homogener der Weichboden ist, desto weniger divers ist seine epibenthische Besiedlung (Bsp.: *Ophiocantha* sp., *Ophiura sarsi*). Ändert sich die Habitatstruktur, z.B. durch Vorhandensein von Steinen, nehmen sessile und wenig mobile Suspensionsfresser, z.B. *Porifera*, *Anthozoa*, *Gorgonocephalus* sp., *Heliometra* sp. an Bedeutung zu. Mit zunehmender Tiefe wird das Substrat homogener, die Besiedlungsdichten und Abundanzen epibenthischer Arten nehmen ab.

Die Stationen gleicher Tiefenstufe des Kontinentalhangs und der Framstraße unterscheiden sich sowohl in ihren Substrateigenschaften als auch in der epibenthischen Megafauna.

### **Aufnahme kleinskaliger räumlicher Strukturen und Materialsammlung mit dem Großkastengreifer**

Der Großkastengreifer (GKG) wird zur Probennahme von ungestörtem Sediment mit einer Fläche von 50x50 cm und einer Tiefe von ca. 70 cm eingesetzt. Diese Proben ermöglichen eine quantitative Erfassung des Makrobenthos und die kleinstskalige Analyse der Gemeinschaftsstruktur. Mit einem speziellen Kasteneinsatz mit 4 Plexiglasröhren (Ø 20 cm) können Sedimentkerne für Hälterungsexperimente aus dem Meeresboden ausgestochen werden.

Der GKG wurde an 9 Stationen eingesetzt, 5 davon lagen auf dem hangnormalen Schnitt bei 75° N. Dabei wurde versucht, möglichst 3 GKG pro Station zu fahren, um ein ausreichend genaues Bild der Benthosfauna und ihrer Variabilität zu erhalten. Weitere 3 GKG wurden an verschiedenen Stationen eingesetzt, um Lebendmaterial für Hälterungsexperimente zu gewinnen. Insgesamt wurden 23 erfolgreiche Kasten-greifereinsätze gefahren.

Für die Analyse der Infauna-Gemeinschaften wurden aus den Sedimentblöcken jeweils ein Stechkasten (25x25x6 cm) gezogen und in drei Fraktionen unterteilt: Oberflächenwasser, Sediment 0-1 cm, Sediment 1-6 cm. Die tieferen Sedimentschichten erwiesen sich als nur sehr schwach besiedelt und wurden daher nicht beprobt. Die einzelnen Unterproben wurden an Bord gesiebt und in Formol überführt. Zur Bestimmung verschiedener Sedimentparameter wurden weitere Proben für eine Bearbeitung in Kiel eingefroren.

Eine vorläufige Auswertung der Besiedlung der obersten Sedimentschicht (0-1 cm) von 5 Stationen entlang des Schnittes zwischen 200 m und 2700 m zeigt eine generell arme Infauna, teils aber eine gut ausgeprägte Epifauna (800 m). Es wurden folgende Taxa gefunden: *Porifera*, *Cnidaria*, *Nermertini*, *Nematoda*, *Sipunculida*, *Polychaeta*, *Crustacea*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Scaphopoda*, *Asteroidea* und *Holothuria* (Tab. 2.9). Die Gesamtartenzahl beträgt ca. 45 Arten, die Gesamtabundanz liegt bei Werten zwischen 800 bis 2500 Individuen pro m<sup>2</sup>. Ein deutlicher Trend in der Besiedlungsdichte und Artenzusammensetzung in Abhängigkeit von der Tiefe läßt sich nicht erkennen.

Der Anteil der Polychaeten an der Gesamtabundanz beträgt ungefähr 50% und wird von ca. 20 Arten gestellt. Eine erste Analyse dieser Polychaetenfauna zeigt deutlich getrennte Gemeinschaften entlang des Tiefengradienten. Während die flachen Stationen (200 m) von relativ vagilen *Spionidae* und *Onuphidae* dominiert werden, steigt mit zunehmender Tiefe der Anteil von röhrenbewohnenden *Oweniidae* und *Terebellidae/Ampharetidae*. Die hohe Variabilität der Sedimentbeschaffenheit, die sich an vielen Stationen (z.B. 800 m) zeigte, spiegelt sich in einer fleckenhaften Verteilung der Infauna mit großen Unterschieden zwischen den Parallelproben wieder. Insgesamt ergibt die erste Auswertung das Bild einer vermutlich nahrungslimitierten, armen Infauna mit kleiner Artenzahl, Abundanz und Biomasse, die von depositions-fressenden Polychaeten dominiert wird.

Die Verteilung der Schwämme ist aufgrund ihrer geringen Abundanz mit dem GKG nur unzureichend zu erfassen. Der Vorteil des GKG liegt in der Art der Probenahme, bei der die Proben weitgehend ungestört und mit dem überstehenden Bodenwasser an Deck gelangen. Die in den GKG gefundenen Schwämme eignen sich daher für spätere Experimente zur Partikelaufnahme und wurden im Kühlcontainer gehältert. Insgesamt war die Probennahme auf den 800-m-Stationen am erfolgreichsten, hier traten die höchsten Artenzahlen und Biomassen auf (vgl. Fotoschaukel). Dabei dominierten insbesondere die Geodia-Arten *G. mesotriaena* und *G. phlegraei*. Aus dieser Tiefe konnten 5 Arten in Hälterung genommen werden. An den flacheren Stationen (200 m) nahmen trotz des größeren Hartsubstratanteils Biomasse und Abundanz deutlich ab, so daß vor allem die inkrustierenden *Hymedesmia*-Arten gesammelt wurden. Insgesamt konnten von 5 Stationen Schwämme in ausreichender Anzahl für weitere Untersuchungen in Hälterung gebracht werden.



Tab. 2.9: GKG: Gesamtabundanzen der makrobenthischen Fauna und Abundanzen der Taxa in der obersten Sedimentschicht (0-1 cm). Werte bezogen auf eine Fläche von 0,25 m<sup>2</sup>. Jede Spalte entspricht einem GKG-Einsatz.

Station Tiefe	17 200 m		14 400 m		25 800 m			9 1400 m			6 2700 m		
Taxa													
Porifera	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0
Nematoda	176	136	32	72	24	8	24	8	28	48	40	76	
Sipunculida	0	0	40	12	0	12	4	16	4	0	0	0	
Polychaeta	320	288	128	152	204	140	120	140	76	212	236	340	
Crustacea	36	0	24	244	224	68	144	108	84	112	48	76	
Bivalvia	32	24	0	12	12	24	0	0	0	36	44	120	
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
Holothuria	4	8	0	0	0	4	4	0	0	16	0	0	
Asteroidea	0	12	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
<b>GESAMT</b>	<b>568</b>	<b>468</b>	<b>224</b>	<b>492</b>	<b>468</b>	<b>256</b>	<b>296</b>	<b>294</b>	<b>200</b>	<b>424</b>	<b>368</b>	<b>612</b>	

#### Erfassung von Epi- und Suprabenthos mit dem Epibenthosschlitten

Für die Erfassung der Epi- und Suprafauna, speziell der sehr abundanten makrobenthischen peracariden Crustaceen (Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Mysidacea und Tanaidacea) wurde ein verbesserter Epibenthosschlitten eingesetzt, dessen unteres Netz (Epinetz, 30-63 cm über Grund) dem Modell von Rothlisberg & Percy (1977) nachgebaut ist. Außerdem verfügt der Schlitten über ein Supranetz, dessen Öffnung die gleichen Ausmaße hat wie die des Epinetzes; dieses fängt die Fauna ab 1 m über Grund bis 1,33 m über Grund.

Dieses Gerät wurde in der Regel wie folgt gehandhabt. Es wurde ca. die 1,5-fache Kabellänge der Wassertiefe ausgesteckt. Das Gerät wurde mit 0,5 m/s gefiert und gehievt, dabei wurde das Schiff aufgestoppt. Geschleppt wurde es immer 10 Minuten mit 1 Knoten (GPS).

Am ostgrönländischen Kontinentalhang wurde der Epibenthosschlitten auf einem Schnitt an 5 Stationen eingesetzt. Außerdem wurden in 800 m Tiefe zwei weitere hangparallele Stationen beprobt, um laterale Transportprozesse organischen Materials potentiell erfassen zu können. In ca. 2800 m Tiefe wurde ebenfalls ein weiterer Schlitten gefahren. Von diesen Fängen sind die Supranetzfänge alle quantitativ auswertbar. Da jedoch die Epinetzfänge von 3 Hols aufgrund der Materialfülle nicht quantifizierbar waren, wurden 2 dieser Einsätze wiederholt, d.h. von 10 Einsätzen liegen die 10 Supranetzfänge quantitativ vor, jedoch nur 9 Epinetzfänge (vgl. Stationsliste Tab. 2.12).

Die Abundanzen der jeweiligen Fänge (vorläufige Auswertungen) wurden alle auf 1000 m Schleppstrecke standardisiert (vgl. Tab. 2.11), wobei die Supranetzfänge in der Regel wesentlich weniger Material umfaßten. Dafür konnte jedoch die vagile Suprafauna gezielter erfaßt werden, was sich vor allem in sehr hohen Abundanzen des Copepoden *Calanus hyperboreus* (in Tab. 2.11 nicht aufgenommen) aus-

drückte.

Unter den Amphipoda dominieren die Ampeliscidae, Amphilochidae, Calliopidae, Eusiridae, Iphimediidae, Ischyroceridae, Lysianassidae, Oedicerotidae, Pandaliscidae, Phoxocephalidae, Podoceridae, Stegocephalidae und Senothoidae. Bei den Cumacea vor allem die Familie Leuconidae mit der Gattung *Leucon* häufig sowie die Diastylidae; Campylaspidae und Nannastacidae sind seltener. Die Familien Eurycopidae, Ilyarachnidae, Ischnomesidae und Munnidae dominieren die Isopoda, es kommen jedoch auch die Familien Katianiridae und Haploniscidae mit relativ hohen Abundanzen vor, Gnathiidae zeigen besonders hohe Abundanzen an den Stationen, wo die Agassiztrawl-Fänge hohen Schwammdichten an Deck brachten. Die gefundenen Mysidaceen gehören der Familie Mysidae an, die Tanaidaceen den Tanaidae.

Die Berechnung der Diversitäten der Taxa kann erst nach der exakten Bestimmung der Arten erfolgen.

### **Erfassung der Makrofauna mit dem Agassiznetz**

Zur qualitativen Erfassung des Makrozoobenthos wurde das Agassiznetz an insgesamt 7 Stationen geschleppt. Die Tiefen 200, 400 und 1500 m wurden je einmal, 800 m insgesamt dreimal beprobt. Auf die Beprobung der 2800 m Station wurde verzichtet, da die Fauna der norwegischen und grönländischen Tiefsee recht artenarm und bereits recht gut bekannt ist. Die Großkastengreifer bestätigten dieses Bild.

Das Sediment entlang des Kontinentalhanges bestand bei allen Fängen grundsätzlich aus Weichboden, dem in den oberen Lagen Basalt vulkanischen Ursprungs beigemischt war. Je geringer die Tiefe, desto größer im Mittel die Basaltstücke. In fast allen Fängen waren große Mengen an sand- und kalkschaligen Foraminiferen vorhanden. Die Fauna in 800 m Tiefe war insgesamt die arten- und biomassereichste (s. Bsp. Schwämme, Tabelle 2.11). Neben Schwämmen, die die dominante Faunenkomponente darstellten, waren in 800 m Octokorallen sehr häufig. Sie stellten ein größeres Problem dar, da zartere Organismen von den Korallen wie von einem Stacheldraht aufgespießt wurden. Weitere wichtige Komponenten des Benthos waren verschiedene peracaride Crustaceen (s. dazu auch EBS), Pantopoden, Crinoiden und Anthozoen. Auffällig selten waren Echinodermen, und auch Polychaeten waren mit Ausnahme der 200-m-Station seltener als an vergleichbaren Stationen des nördlichen Nordatlantiks.

An Schwämmen wurden insgesamt etwa 50 Arten gefunden, davon kamen aber nur ca. ein Dutzend in höheren Abundanzen vor. Als besonders wichtig sind hier zwei Arten der Gattung *Geodia* zu nennen, *G. mesotriaena* und *G. phlegraei*, die im nördlichen Nordatlantik weit verbreitet sind. Die meisten der gefundenen Arten sind auf Hartsubstrat angewiesen und siedelten auf den Basaltstücken, toten Korallenskeletten oder anderen Schwämmen, hier besonders auf Geodiiden. Obligatorische Weichbodenbesiedler, wie z.B. *Thenea abyssorum*, wurden vor allem bei 1500 und 2800 m (im GKG) gefunden. Bei einer Reihe von Arten konnten Stadien sexueller und asexueller Reproduktion gefunden werden.

Material zur Analyse der Zusammensetzung des Körpergewebes, die letztendlich

der Bestimmung der Biomasse dient, wurde tiefgefroren.

Tab. 2.10: Anzahl Arten von Poriferen in den einzelnen Tiefen. Die Gesamtartenzahl ist geringer als die Summe der Artenzahl der einzelnen Stationen, da einige Arten an mehreren Stationen gefunden wurden. Während die relativen Verhältnisse des Artenreichtums das richtige Bild widerspiegeln, würden sich die absoluten Artenzahlen bei weiteren Probennahmen mit Sicherheit noch erhöhen.

---

Tiefe (m)	Artenzahl	Geräte
200	18	AGT, EBS, GKG
400	18	AGT, EBS, GKG
800	25	AGT, EBS, GKG
1500	21	AGT, EBS, GKG
2800	6	EBS, GKG

---

Tab. 2.11: Abundanzen der Peracariden-Taxa auf 1000 m Schleppstrecke

\* = nicht quantitativ  
 n.a. = noch auszuwerten  
 S = Supranetz  
 E = Epinetz

70

Station	Amphipoda		Cumacea		Isopoda		Mysidacea		Tanaidacea		Tiefe (m)	Schleppstr. (m)
	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E		
31- 6	601	*	0	*	50	*	58	*	0	*	2680	277.80
31- 9	132	n.a.	0	n.a.	70	n.a.	0	n.a.	0	n.a.	1520	227.09
31-14	196	2430	0	2655	0	3397	29	358	0	74	316	203.72
31-16A	749	*	20	*	361	*	67	*	13	*	770	296.34
31-16B	115	2162	0	147	39	2572	7	118	0	133	770	407.44
31-17	31	1691	0	2336	3	554	0	725	0	6	197	351.89
31-20	18	126	0	48	0	124	0	12	0	6	817	166.70
31-24	0	6	0	0	0	2	0	0	0	2	2687	488.23
31-25A	30	*	3	*	18	*	0	*	6	*	732	333.36
31-25B	571	123	0	8	39	208	0	0	8	8	760	129.64

Tab. 2.12: Stationsliste Benthologie

Stationsnr.	Datum	Breite Länge	Tiefe	Geräte	
St. 31-6	13.7.94	74°55.50'N 11°07.60'W	2794 m	FTS	
	31-6	74°54.70'N 11°09.60'W	2794 m	GKG	3 Parallelen (3/3)
	31-6	74°55.70'N 11°07.70'W	2713 m	EBS	Supran. ca.: 1/2 l
		74°56.86'N 11°07.00'W	2681 m		Epinetz: ca. 20 l
		74°57.01'N 11°06.96'W	2675 m		
St. 31-7	15.7.94	75°33.80'N 12°07.50'W	221 m	FTS	
		75°33.80'N 12°08.50'W	224 m		
	31-7	75°33.83'N 12°08.64'W	229 m	GKG	1/1
St. 31-9	16.7.94	74°57.00'N 12°25.30'W	1362 m	FTS	
		74°56.70'N 12°26.95'W	1416 m		
		74°54.85'N 12°26.95'W	1415 m	GKG	3 Parall. (3/3)+
					1 mit Einsatz
		74°53.52'N 12°25.39'W	1525 m	EBS	Supran.: ca. 1/4 l
		74°53.63'N 12°25.95'W	1509 m		Epinetz: ca. 10 l
		74°53.39'N 12°25.19'W	? m	AGT	Viele Schwämme
		74°52.81'N 12°28.95'W	1485 m		
St. 31-14	19.7.94	74°58.50'N 12°58.30'W	385 m	FTS	
		74°58.20'N 13°01.10'W	366 m		
St. 31-14	19.7.94	74°58.08'N 13°04.58'W	329 m	GKG	3 Parall. (2/3)
		74°58.32'N 13°05.39'W	317 m	EBS	Stein - Schuh blockiert
		74°58.23'N 13°05.45'W	321 m		
		74°58.00'N 13°02.80'W	358 m	AGT	dominant Actinien
		74°57.71'N 13°04.15'W	352 m		
St. 31-16	20.7.94	74°59.69'N 12°38.15'W	815 m	GKG	2 Parallelen
St. 31-16	20.7.94	75°00.40'N 12°37.60'W	775 m	FTS	
		74°00.50'N 12°37.80'W	770 m		
		75°01.00'N 12°37.32'W	723 m	GKG	1 Einsatz
	A	75°00.27'N 12°38.27'W	777 m	EBS A	Supran. 1/2 l; Epin. 30 l
		75°00.43'N 12°37.94'W	754 m		
	B	75°00.42'N 12°37.42'W	774 m	EBS B	Suprn. 1/8 Becher,
		75°00.64'N 12°37.59'W	749 m		Epinetzca. 20 l
		75°00.52'N 12°36.89'W	800 m	AGT	Schwämme,
		75°00.95'N 12°37.24'W	741 m		Octocorallia
St. 31-17	21.7.94	75°00.80'N 13°47.60'W	190 m	FTS	
		74°00.90'N 12°48.10'W	189 m		
	31-17	75°01.11'N 13°00.94'W	196 m	GKG	4 replicates (2/4)
		75°01.04'N 13°47.96'W	197 m	EBS	Supran. 1/8 Becher
		75°00.85'N 13°48.16'W	198 m		Epinetz 1/2 Becher
		75°00.81'N 13°46.70'W	196 m	AGT	Heliometren,
		75°01.15'N 13°46.96'W	199 m		Ophiuriden, etc.
St. 31-20	23.7.94	75°03.20'N 12°28.40'W	806 m	FTS	
		74°02.90'N 12°28.60'W	839 m		
	31-20	75°00.24'N 12°37.73'W	807 m	GKG	3 Parallelen (3/3)
		75°00.16'N 12°37.68'W	817 m	EBS	Supran.ca. 5 ml
		75°00.25'N 12°37.40'W	816 m		Epinetz ca. 20 ml
		75°00.29'N 12°36.20'W	840 m	AGT	Schwämme, einige
		75°00.40'N 12°35.36'W	845 m		Korallen, 2 Umbellulae
St. 31-24	26.7.94	74°56.55'N 11°10.53'W	2664 m	GKG	2 replicates (2/2)
		74°56.75'N 11°07.60'W	2687 m	EBS	Supran.ca. 5 ml
		74°57.01'N 11°07.30'W	2694 m		Epinetz ca. 20 ml;
	31-24	74°57.00'N 11°09.30'W	2720 m	FTS	
		74°57.30'N 11°11.30'W	2682 m		
St. 31-25	27.7.94	74°55.82'N 12°48.43'W	770 m	GKG	4 Parallelen (4/4)
A	27.7.94	74°56.17'N 12°49.20'W	732 m	EBS A	Supran. 1/4 l; Epin. 30 l

Tab. 2.12 Fortsetzung: Stationsliste Benthologie

Stationsnr.	Datum	Breite	Länge	Tiefe	Geräte		
B	27.7.94	74°56.35'N	12°49.10'W	718 m	EBS B	Suprn.1/8	
		74°55.90'N	12°48.56'W	761 m		Epinetzca. 1/4	
	27.7.94	74°55.97'N	12°48.49'W	762 m	AGT	Schwämme,	
		74°56.14'N	12°47.96'W	777 m		Octocorallia	
31-25	28.7.94	74°56.29'N	12°47.60'W	780 m	FTS		
St.	31-89	06.08.94	74°55.80'N	12°47.70'W	801 m		
			74°56.00'N	12°49.90'W	743 m		
St.	31-89	06.08.94	79°00.93'N	05°42.10'W	821 m	AGT	wenig Material,
			79°00.93'N	05°43.47'W	805 m		meist Ophiopleura
St.	31-97	08.08.94	79°01.27'N	05°45.90'W	801 m	FTS	
			79°01.79'N	05°48.10'W	743 m		
31-97	08.08.94	78°59.80'N	06°03.20'W	496 m	FTS		
		79°00.49'N	06°05.29'W	484 m			
		79°01.32'N	06°07.61'W	461 m	EBS	Epinetz 1/2	
		79°01.54'N	06°08.93'W	443 m		Suprn.1/8	

Tab. 2.13: Stationsliste Bodenwasserschöpfer und Multicorer:

#	Datum	Breite [N]	Länge [W]	Tiefe [m]	Gerät	Bemerkungen
31/6	13.07.	74°54`9	11°09`3	2701	BWS	Fehlversuch
		74°56`5	11°06`0	2792	MUC	
31/9	16.07.	74°56`6	12°23`5	1428	BWS	Fehlversuch
	17.07.	74°54`3	12°23`5	1540	MUC	
31/14	19.07.	74°57`9	13°01`3	372	BWS	
		74°54`3	13°05`3	320	MUC	
31/16	20.07.	74°59`8	12°39`3	794	BWS	
		74°59`8	12°38`1	831	MUC	
31/17	21.07.	75°00`9	12°48`2	188	BWS	
		75°01`3	13°47`9	189	MUC	Fehlversuch 31/20
	23.07.	75°02`9	12°29`5	798	BWS	
31/24	26.07.	75°00`1	12°38`0	813	MUC	
	27.07.	74°56`9	11°06`2	2769	MUC	
31/25	27.07.	74°57`5	11°07`8	2729	BWS	
	27.07.	74°55`8	12°48`4	780	MUC	
31/25	28.07.	74°55`9	12°47`4	798	BWS	
	28.07.	74°55`0	12°43`5	1006	MUC	
	28.07.	74°54`4	12°45`7	992	MUC	

## **2.6 Geowissenschaftliche Untersuchungen**

### **2.6.1 Geochemische Untersuchungen zum Abbau von organischem Material und PCBs in der Wassersäule und im Sediment**

Jörg Maaßen, Eberhard Sauter und Michael Schlüter (SFB)

Geochemische Prozesse an der Sediment/Wasser-Grenzfläche sind eng an den Eintrag und Abbau von partikulärem organischem Material (POM) gekoppelt. Dabei wird das organische Material vorwiegend innerhalb der euphotischen Zone des Ozeans gebildet. Während des Transportes von POM durch die Wassersäule und an der Sediment/Wasser-Grenzfläche findet eine deutliche Modifikation dieses primärproduzierten Signals statt.

Die Abbauprozesse von POM in der Wassersäule und im Sediment können über die Veränderungen in der Zusammensetzung der verschiedenen organischen Komponenten, sogenannter Biomarker nachvollzogen werden. Daneben können spezifische Biomarker auch zur Abschätzung des lateralen Eintrags an POM dienen. Nach dem Absinken von POM auf die Sedimentoberfläche wird in der Regel mehr als 90% des Eintrags im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche mineralisiert und in gelöster Form in das Bodenwasser rückgeführt. Dabei ist Sauerstoff das wichtigste Oxidationsmittel beim mikrobiellen Abbau. Die Messung von Sauerstoffprofilen ermöglicht daher eine Berechnung des Eintrags an organischem Kohlenstoff ins Sediment und durch diagenetische Modellierung von Porenwasserprofilen eine Abschätzung mikrobieller Abbauraten.

Zur Betrachtung der verschiedenen Abbau- und Transportprozesse von POM in Wassersäule und Sediment wurden Proben für Biomarkeruntersuchungen genommen und Porenwasseranalysen durchgeführt. An 12 Stationen wurden Proben für Biomarkerstudien mittels In-Situ-Pumpen gewonnen. Die In-Situ-Pumpen filterten auf zwei bis drei Tiefenhorizonten (20 m, 100 m und teilweise 50 m Wassertiefe) jeweils zwischen 150 l bis 450 l Meerwasser über Glasfaserfilter. An einer Station wurde zusätzlich ein 400 l Gerard-Wasserschöpfer auf 700 m eingesetzt. Regionaler Untersuchungsschwerpunkt war das Hauptarbeitsgebiet bei 75° N, in dem an 9 Stationen In-Situ-Pumpeneinsätze stattfanden. Vergleichsproben wurden an zwei Stationen in der Framstraße und an einer Station an der Verankerungsposition 75° N, 0° W erhalten.

Zur Weiterführung der SFB-Langzeitverankerung im Norwegenbecken wurde die Verankerung NB-8 auf 70° N, 4° E ausgebracht. Diese Verankerung besteht aus zwei Sinkstoffallen auf 1000 m und 2500 m Tiefe und soll Mitte 1995 geborgen werden. Die während des Fahrtabschnittes genommenen Proben werden an Land auf den Gehalt an verschiedenen organischen Substanzklassen wie Alkane, Isoprenoide, Alkenone and PCBs untersucht.

Für geochemische Untersuchungen zum Abbau von organischem Kohlenstoff in Oberflächensedimenten wurden insgesamt an 19 Stationen Multicorer eingesetzt. Auch hier lag der regionale Untersuchungsschwerpunkt am Kontinentalhang bei 75° N. Ein weiteres Arbeitsgebiet war ein Schnitt in der Framstraße. An den Oberflächensedimenten wurden Sauerstoffprofile gemessen und Porenwasser-Proben mittels Niederdruck-Pressen gewonnen. Nährstoffanalysen dieser Proben wurden an

Bord durchgeführt. Die vorläufige Interpretation, speziell der Sauerstoffprofile deutet an, daß der Eintrag an organischem Material im Bereich der Framstraße deutlich höher als auf dem 75° N-Schnitt ist. Beispielsweise beträgt in Schelfsedimenten aus 200 m Wassertiefe der Framstraße die Sauerstoffeindringtiefe ca. 2,5 cm, wohingegen die obersten 10 cm der auf 75° N beprobten Schelfsedimente oxisch sind.

Weitere Biomarkeruntersuchungen, Porenwasseranalysen (z.B. auf Mn und Ba) und Sedimentuntersuchungen, beispielsweise des Opal-, Kohlenstoff und Bariumgehalts werden an Land durchgeführt. Diese Arbeiten sollen in Zusammenhang mit den weiteren Arbeitsgruppen des SFB ein detailliertes Bild über die Modifikation von primärproduziertem Material in der Wassersäule und im Oberflächensediment liefern.

### **2.6.2 Planktonuntersuchungen zur Palökologie des Pelagials im Europäischen Nordmeer** Alexander Kohly (SFB)

Um fossile Planktongemeinschaften aus Sedimenten besser zu verstehen, ist es wichtig, die ursprüngliche Lebensgemeinschaft möglichst vollständig zu erkennen und zu quantifizieren, da diese durch verschiedene Prozesse und Faktoren schon während des Absinkens durch die Wassersäule verändert werden (z.B. durch Grazing, lateralen Transport, Lösung von Karbonat und Kieselsäure). Die absinkende Gemeinschaft erreicht demnach schon mehr oder minder unvollständig das Sediment und wird hier weiter verändert, z. B. durch Lösung durch Porenwasser.

An dem gewonnenen Material aus der Wassersäule und dem Sediment werden synoptische Untersuchungen an fossil erhaltungsfähigen Mikroorganismen (Diatomeen, Radiolarien, Dinoflagellaten und deren Zysten, Coccolithophoriden und Foraminiferen) durchgeführt. Sie dienen zum einen dazu, das Vorkommen und die Verbreitung von Arten in Hinblick auf Temperatur, Salzgehalt und Nährstoffgehalt der Wassermasse zu untersuchen, zum anderen die gemeinschaftsverändernden Prozesse und Faktoren beurteilen zu können. Es wurde insbesondere im Hauptarbeitsgebiet auf dem ostgrönländischen Kontinentahang bei 75° N, aber auch auf dem anschließenden hydrographischen Schnitt und in der Framstraße (79° N) ein intensives Beprobungsprogramm der Wassersäule mit verschiedenen feinmaschigen Netzen durchgeführt und diverse Wasserproben entnommen. An Schlüsselpositionen wurde auch das unterlagernde Sediment mit dem Großkastengerät (GKG) und dem Multicorer (MUC) beprobt.

Planktonuntersuchungen mit Netzfängen stellen Momentaufnahmen dar, welche den Entwicklungszustand der Gemeinschaft zu einem bestimmten Zeitpunkt beschreiben. Mit dem ebenfalls eingesetzten Multinetz lassen sich zudem Tiefenhabitats einzelner Zooplanktonarten z.B. der Radiolarien und der Foraminiferen erkennen. Ebenso sollen diese Proben dazu dienen, die Veränderungen der Gemeinschaften im Verlauf des Absinkens festzustellen. Diese werden dann mit den Ergebnissen aus Sinkstofffallenuntersuchungen verglichen. Mit der Untersuchung von Sedimentkernen werden Veränderungen der Planktongemeinschaft innerhalb geologischer Zeiträume rekonstruiert.

Auf insgesamt 20 Stationen wurden Multinetz (64µm) und Planktonnetz (41 µm), auf 10 Stationen zusätzlich ein Handnetz (10 µm) eingesetzt. Während mit dem Hand-



netz nur die Oberflächenschicht bis ca. 10 m Tiefe beprobt wurde, konnten mit dem Multinetz auch die bodennahen Wassermassen bis 2000 m, in Einzelfällen auch tiefer, erfaßt werden. Die flachen Stationen auf dem ostgrönländischen Schelf wurden bis in die Nähe des Meeresbodens beprobt. Das Planktonnetz wurde meist bis 100 m Tiefe eingesetzt.

Auf 22 Stationen wurden insgesamt 160 Wasserproben (2 l) aus dem Kranzwasserschöpfer der CTD durch 0,45- $\mu\text{m}$ -Filter filtriert. Sie dienen i.w. der Untersuchung zu Vorkommen und Verbreitung von Coccolithophoriden und Diatomeen. Auf dem 75° N-Schnitt wurden verschiedene Wassermassen beprobt, wobei besonders die Wassermassenübergänge von Interesse waren.

Auf dem 75° N-Schnitt wurden an 10 Stationen 156 Wasserproben für die Untersuchung stabiler Isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) und 46 Proben für die  $\delta^{14}\text{C}$ -Bestimmung engabständig aus verschiedenen Wasserkörpern gewonnen. Auf 79° N konnten zusätzlich 3 Stationen auf dem ostgrönländischen Schelf (mit 32 bzw. 8  $\delta^{14}\text{C}$ -Proben) beprobt werden.

Die Sedimentbeprobung umfasst 7 Großkastengreifer-/Multicorer- Profile und verschiedene Oberflächenproben.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Die vorläufigen Ergebnisse der Planktonuntersuchungen finden sich im Kapitel 2.5.1 Die Untersuchung der Diatomeenflora wurden mit Material aus dem Planktonnetz fängen durchgeführt. Das Material wurde dazu mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) aufgekocht, in mehreren Durchgängen zentrifugiert und dabei mit  $\text{H}_2\text{O}$  dest. gereinigt. Das verbleibende Material wurde mit dem Kunstharz Mountex eingebettet und mit dem Lichtmikroskop bei 1000-facher Vergrößerung untersucht (Tab. 2.7). Diese Beobachtungen wurden durch die Untersuchung von Lebendmaterial ergänzt. Es wurden keine genauen Quantifizierungen vorgenommen.

Die geologische Beschreibung der Sedimente auf den Schelfstationen zeigt eine deutliche Variabilität insbesondere der Sedimentoberflächen. Variationen in der Besiedlung mit Organismen wie Schwämmen, Bryozoen, Brachiopoden und Korallen wurden bei verschiedenen Großkastengreifern, die an an derselben Position genommen wurden, festgestellt und verdeutlichen, daß auch auf dem Meeresboden die Verteilung der Lebewesen recht fleckhaft ist. Die Sedimente sind meist siltige Tone, die mit unterschiedlich großen Sandanteilen vermengt sind. Die Färbung der Oberflächensedimente ist olivgrau und oft mit einem wechselnd dichten Belag von kleinen mm-cm großen Dropstones bedeckt. Schwämme und deren Nadeln bilden dichte Nadelfilze bis 15 cm Mächtigkeit. Planktische und benthische Foraminiferen sind häufig in der oberflächennahen Schicht. Im Vertikalprofil werden die Farben mit zunehmender Teufe bräunlich und das Sediment wird etwas feinkörniger. Es kommen ebenfalls Lagen mit Dropstones und Schlammgeröllen vor und das Sediment zeigt mehrfach bunte, streifige Horizonte. Häufig ist eine Abnahme der Foraminiferen zu verzeichnen. Inwieweit dieser Fazieswechsel durch klimatologische Ereignisse erzeugt wurde, werden mikropaläontologische Untersuchungen der wichtigsten fossil überlieferten Planktonorganismen und Isotopenuntersuchungen ( $\delta^{16}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) an planktischen Foraminiferen klären.

### 3 Teilnehmerliste ARK X/1

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

Wieschollek, Ursula	AWI
Wode, Christian	IMH
Woodgate, Rebecca	AWI
Ziebarth, Nadja	FBB
Zwierz, Marek	AWI

#### 4 Beteiligte Institute

Adresse	Teilnehmer
<u>Federal Republic of Germany</u>	
AED Aerodata Flugmeßtechnik Abt. Polarflugzeuge Forststraße 33 38108 Braunschweig	2
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 27568 Bremerhaven	18
DWD Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Bernhard-Nocht-Str. 76 W-2000 Hamburg 4	2
FBB Universität Bremen Fachbereich Botanik FB2 Postfach 33 04 40 28334 Bremen	2
GEOMAR GEOMAR Forschungszentrum für marine Geowissenschaften Universität Kiel Wischhofstr. 1-3 24148 Kiel	0
HSW Helicopter-Service Wasserthal GmbH; Kätnerweg 43 22393 Hamburg	4
IAC Institut für Anorganische Chemie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 93040 Regensburg	1

Adresse		Teilnehmer
IMH	Institut für Meteorologie und Klimatologie Universität Hannover Herrenhäuserstraße 2 30419 Hannover	1
PÖ	Institut für Polarökologie Universität Kiel Wischhofstr. 1-3, Geb. 12 24148 Kiel	4
SFB	SFB 313 Universität Kiel Ohlshausenstr. 40 24118 Kiel	18
<u>Norway</u>		
IMR	Institute for Marine Research P.O. Box 1870, Nordness N-5024 Bergen	1
NPI	Norwegian Polar Institute Postboks 5072, Majorstua N-0301 Oslo	1
<u>USA</u>		
APL	Polar Science Center Applied Physics Laboratory University of Washington HN-10 Seattle, WA 98195	1

## 5 Besatzung

Dienstgrad	Name
Kapitän	C. Allers
1. Offizier	M. Müller
Naut. Offizier	U. Grundmann
Naut. Offizier	S. Spielke
Naut. Offizier	H. Pfortner
Arzt	Dr. R. Thoenies
Ltd. Ingenieur	V. Schulz
1. Ingenieur	G. Erreth
2. Ingenieur	R. Fengler
2. Ingenieur	O. Ziemann
Elektriker	G. Schuster
Elektroniker	U. Lembke
Elektroniker	H. Muhle
Elektroniker	A. Roschinsky
Elektroniker	A. Greitemann-Hackl
Funkoffizier	L. Pietsch
Funkoffizier	K.-H. Wanger
Bootsmann	R. Zulauf
Matrose	B. Iglesias Bermudez
Matrose	J. Soage Curra
Matrose	M. Winkler
Matrose	J. Pousada Martinez
Matrose	K. Bindernagel
Matrose	L. Gil Iglesias
Matrose	H. Thiele
Matrose	H. Thillmann
Masch-Wart	E. Arias Iglesias
Masch-Wart	S. Reimann
Masch-Wart	U. Husung
Masch-Wart	E. Heurich
Masch-Wart	G. Dufner
Zimmermann	A. Brunotte
Lagerhalter	K. Müller
Koch	H.-J. Schäfer
Kochsmaat	M. Dutsch
Kochsmaat	M. Yavuz
1. Steward	H. Vollmeyer
Stewardess/Nurse	S. Hoffmann
Stewardess	B. Hildebrandt
Steward	B. Amran
Stewardess	C. Pötschke
2. Steward	J. M. Tu
2. Steward	Ch. L. Yu
Wäscher	Ch. Ch. Chang

06.07.1994 - 15.08.1994

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/001	09.07	06:11-06:18	66°30,1'N	00°00,1'E	3234	MWS
		06:25 -	66°30,2'N	00°00,3'E	3232	CID
		08:11	66°30,0'N	00°00,4'W	3242	CID
		08:22 -	66°30,0'N	00°00,5'W	3237	MN
		11:22	66°30,1'N	00°01,26'W	3236	MN
		09:20 -	66°29,8'N	00°00,4'W	3219	Helipod
		09:52	66°29,7'N	00°00,2'W	3199	Helipod
		10:01-10:08	66°29,7'N	00°00,2'W	3216	HN
		10:13-10:21	66°29,7'N	00°00,3'W	3212	HN
		11:36 -	66°30,2'N	00°01,2'W	3279	CID
		11:51	66°30,3'N	00°01,7'W	3289	CID
		12:01 -	66°30,4'N	00°01,4'W	3286	PLA
		12:17	66°30,4'N	00°01,5'W	3290	PLA
31/002	10.07	06:06-06:10	70°00,2'N	03°59,5'E	3261	MWS
		06:17 -	70°00,0'N	03°59,9'E	3260	CID
		07:45	69°59,4'N	03°59,4'E	3260	CID
		07:55 -	69°59,4'N	03°59,2'E	3260	MUC
		09:34	69°58,8'N	03°57,9'E	3262	MUC
		10:00 -	70°00,1'N	03°59,5'E	3261	MN
		12:41	69°59,4'N	03°59,6'E	3261	MN
		13:06 -	70°00,2'N	03°57,6'E	3262	CID
		13:55	70°00,1'N	03°57,5'E	3261	CID
		14:00 -	70°00,1'N	03°57,6'E	3261	PLA
		14:23	70°00,0'N	03°57,5'E	3261	PLA
		14:46 -	70°00,37'N	03°53,07'E	3260	NB8 depl.
		16:47	70°00,05'N	04°01,53'E	3261	NB8
31/003	11.07	06:08-06:12	71°23,8'N	02°42,5'W	2003	MWS
		06:15 -	71°23,8'N	02°42,3'W	2009	CID
		07:11	71°24,1'N	02°42,5'W	1892	CID
		07:18 -	71°24,1'N	02°42,9'W		MN
		08:44	71°24,5'N	02°43,6'W	1686	MN
		08:50 -	71°24,5'N	02°43,6'W	1687	PLA
		09:19	71°24,7'N	02°43,9'W	1692	PLA
31/004		13:45-13:47	71°52,8'N	05°09,3'W	2248	MWS
		13:53-	71°52,9'N	05°08,9'W	2266	CID
		14:56	71°53,3'N	05°08,2'W	2396	CID
		15:03-	71°53,3'N	05°08,2'W	2404	MN
		16:43	71°53,7'N	05°07,6'W	2646	MN
		16:50-	71°53,7'N	05°07,7'W	2630	PLA
		17:04	71°53,7'N	05°07,6'W	2648	PLA

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/005	11.07	21:29-21:31	72°21,7'N	07°36,2'W	2624	MWS
		21:39 - 22:30	72°21,6'N 72°21,9'N	07°36,1'W 07°38,4'W	2619 /	Int. OG6 Int. OG6
		22:59- 23:53	72°23,7'N 72°23,9'N	07°33,0'W 07°32,9'W	2659 2667	CID CID
	12.07	23:59- 03:24	72°23,9'N 72°24,2'N	07°32,9'W 07°29,1'W	2663 2671	MN MN
		03:31- 03:35	72°24,2'N 72°24,2'N	07°29,0'W 07°28,8'W	2675 2672	PLA PLA
		03:55- 04:43	72°24,2'N 72°24,2'N	07°28,7'W 07°28,0'W	2672 2671	RN RN
31/006		19:58-20:00	74°56,8'N	11°05,5'W	2783	MWS
		20:03 - 21:58	74°56,7'N 74°56,0'N	11°05,5'W 11°09,6'W	2786 2753	CID CID
		20:26-20:29	74°56,5'N	11°06,4'W	2782	SD
	13.07	22:14 - 07:05	74°56,3'N 74°55,8'N	11°06,4'W 11°06,7'W	2792 2728	MN MN
		07:19 - 07:42	74°55,8'N 74°55,7'N	11°06,7'W 11°07,1'W	2727 2722	RN RN
		07:42 - 08:01	74°55,7'N 74°55,6'N	11°07,2'W 11°07,5'W	2719 2714	PLA PLA
		08:11 - 10:45	74°55,5'N 74°54,7'N	11°07,6'W 11°09,6'W	2794 2794	FTS FTS
		11:11 - 12:58	74°54,9'N 74°54,1'N	11°09,3'W 11°12,2'W	2701 2778	BWS BWS
		13:36 - 15:03	74°56,4'N 74°55,8'N	11°06,2'W 11°07,3'W	2793 2798	CID CID
		13:41-13:45	74°56,4'N	11°06,4'W	2791	SD
		13:50-14:10	74°56,3'N	11°06,5'W	2791	HN
		15:17 - 19:15	74°55,7'N 74°56,4'N	11°07,7'W 11°06,1'W	2795 2794	GKG GKG
		19:40 - 21:11	74°56,5'N 74°56,1'N	11°06,0'W 11°06,7'W	2792 2794	MUC MUC
	14.07	21:40 - 03:09	74°55,9'N 74°58,1'N	11°07,2'W 11°06,7'W	2796 2695	EBS EBS
		01:16-01:26	74°57,4'N	11°07,5'W	2739	HN
		03:31 - 07:55	74°58,1'N 74°58,9'N	11°07,0'W 11°06,4'W	2711 2690	ISP ISP
		09:05 - 13:18	75°00,6'N 74°59,8'N	10°54,2'W 10°57,1'W	2806 2790	067a depl. 067a
31/007		18:45-18:48	75°33,8'N	12°06,5'W	225	MWS
		19:09	75°33,4'N	12°08,3'W	220	Begin Ice station
	15.07	08:17 - 08:57	75°34,5'N 75°34,4'N	12°06,6'W 12°06,5'W	228 226	CID CID
		09:04 - 09:58	75°34,3'N 75°34,1'N	12°06,5'W 12°06,6'W	228 223	MN MN
		10:10 - 11:28	75°34,0'N 75°33,8'N	12°06,7'W 12°07,4'W	227 226	RN RN
		11:36 - 12:50	75°33,8'N 75°33,8'N	12°07,5'W 12°08,5'W	221 224	FTS FTS

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	15.07	13:03 -	75°33,8'N	12°08,6'W	226	GKG
		13:12	75°33,8'N	12°08,6'W	228	GKG
		13:38 -	75°33,8'N	12°08,8'W	224	MUC
		14:11	75°33,8'N	12°08,9'W	223	MUC
		15:06	75°34,0'N	12°08,6'W	227	MWS
31/008		21:00-21:10	74°58,3'N	10°56,9'W	2856	HN
		21:17 -	74°58,2'N	10°57,6'W	2849	CTD
		21:36	74°58,1'N	10°58,5'W	2839	CTD
		21:55 -	74°57,8'N	10°59,2'W	2838	MN
		22:05	74°57,7'N	10°59,3'W	2840	MN
31/009	16.07	10:34-10:38	74°57,5'N	12°19,1'W	1475	MWS
		10:43 -	74°57,5'N	12°19,1'W	1477	CTD
		11:37	74°57,2'N	12°19,8'W	1478	CTD
		12:53-14:47	74°56,0'N	12°26,0'W	/	Helipod
		11:43 -	74°57,3'N	12°19,8'W	1480	MN
		15:43	74°56,7'N	12°26,0'W	1363	MN
		15:56 -	74°56,8'N	12°26,1'W	1360	PLA
		16:11	74°56,8'N	12°26,0'W	1384	PLA
		16:22 -	74°56,9'N	12°26,0'W	1356	RN
		17:07	74°57,0'N	12°25,8'W	1353	RN
		17:10 -	74°57,0'N	12°25,7'W	1356	PLA
		17:24	74°57,0'N	12°25,6'W	1355	PLA
		17:38 -	74°57,0'N	12°25,3'W	1362	FTS
		19:26	74°56,7'N	12°23,7'W	1416	FTS
		19:42 -	74°56,6'N	12°23,5'W	1428	BWS
		20:50	74°56,1'N	12°22,7'W	1476	BWS
		21:00 -	74°56,0'N	12°22,7'W	1478	CTD
		21:54	74°55,7'N	12°22,5'W	1509	CTD
		21:42	74°55,8'N	12°22,4'W	1505	End Ice station
31/009	17.07	22:00 -	74°55,6'N	12°22,5'W	1510	ISP
		06:09	74°54,9'N	12°27,3'W	1451	ISP
		06:23 -	74°54,9'N	12°27,0'W	1452	GKG
		09:26	74°54,4'N	12°23,8'W	1577	GKG
		09:43 -	74°54,3'N	12°23,8'W	1540	MUC
		10:19	74°54,0'N	12°23,4'W	1584	MUC
		10:36 -	74°53,4'N	12°22,8'W	1622	EBS
		13:03	74°53,2'N	12°26,4'W	1567	EBS
		13:27	74°54,5'N	12°25,2'W	1515	AGT
		14:07-15:58	74°53,0'N	12°26,0'W	/	Helipod
		15:10	74°52,4'N	12°29,5'W	1531	AGT
		16:35	74°52,1'N	12°28,7'W	1531	BWS
31/010		19:57-20:01	74°50,2'N	12°14,4'W	1953	MWS
31/011	18.07	06:05-06:07	74°52,4'N	07°35,7'W	3285	MWS
31/012		10:26-10:29	75°03,2'N	10°33,5'W	3055	MWS
		10:41 -	75°03,4'N	10°32,6'W	3057	413-3 rec.
		19:19	74°59,5'N	10°32,2'W	3084	413-3
		19:27 -	74°59,3'N	10°30,1'W	2491	CTD
		20:55	74°58,2'N	10°29,5'W	3112	CTD
31/013	19.07	00:15 -	74°58,24'N	11°35,04'W	2300	412-4 depl.
		02:14	74°57,54'N	11°36,9'W	2283	412-4



Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	19.07	02:29 - 03:49	74°57,3'N 74°56,8'N	11°39,7'W 11°42,3'W	2243 2213	CTD CTD
31/014		06:26-6:29	74°59,8'N	12°54,7'W	389	MWS
		06:40 - 07:11	74°59,7'N 74°59,6'N	12°54,7'W 11°55,3'W	392 391	CTD CTD
		06:50-06:52	74°59,7'N	12°55,0'W	390	SD
		07:21 - 08:50	74°59,6'N 74°59,1'N	12°55,4'W 11°56,1'W	387 385	MN MN
		09:04 - 09:56	74°59,0'N 74°58,7'N	12°56,4'W 12°57,0'W	385 394	RN RN
		10:00 - 10:40	74°58,6'N 74°58,3'N	12°57,1'W 12°57,9'W	398 399	PLA PLA
		10:50 - 12:30	74°58,5'N 74°58,2'N	12°58,3'W 13°01,1'W	385 366	FTS FTS
		12:43 - 13:28	74°57,9'N 74°57,8'N	13°01,3'W 13°02,4'W	372 372	BWS BWS
		13:48 - 14:14	74°57,9'N 74°57,9'N	13°03,0'W 13°03,7'W	361 346	CTD CTD
		14:35 - 15:31	74°58,0'N 74°58,3'N	13°04,2'W 13°05,3'W	342 321	GKG GKG
		15:38 - 15:51	74°58,3'N 74°58,3'N	13°05,3'W 13°05,5'W	320 315	MUC MUC
		16:08 - 16:33	74°58,4'N 74°58,3'N	13°05,2'W 13°05,6'W	319 318	EBS EBS
		17:10 - 18:05	74°58,1'N 74°57,7'N	13°03,8'W 13°04,2'W	346 348	AGT AGT
		18:55 - 20:23	74°57,8'N 74°57,66'N	12°57,4'W 12°58,69'W	437 418	410-2 depl. 410-2
		20:38 - 20:53	74°58,3'N 74°58,3'N	12°57,7'W 12°57,7'W	398 401	CTD CTD
	20.07	22:02 - 06:12	75°00,3'N 75°02,2'N	12°53,9'W 12°53,5'W	385 335	ISP ISP
		22:05 - 04:00	75°00,3'N 75°01,4'N	12°53,9'W 12°56,4'W	384 325	Ice station Ice station
31/015		07:00	74°59,8'N	12°36,3'W	875	MWS
		08:11 - 09:11	74°59,6'N 74°59,8'N	12°31,4'W 12°31,9'W	1015 1002	411-2 depl. 411-2
31/016		09:42-09:46	74°59,6'N	12°39,1'W	800	MWS
		09:51 - 10:35	74°59,6'N 74°59,6'N	12°38,9'W 12°38,9'W	810 810	CTD CTD
		09:57-09:58	74°59,6'N	12°38,9'W	810	SD
		10:44 - 13:12	74°59,6'N 74°59,6'N	12°39,1'W 12°39,4'W	805 789	MN MN
		13:24 - 14:08	74°59,6'N 74°59,6'N	12°39,2'W 12°39,3'W	801 797	RN RN
		14:13 - 14:47	74°59,6'N 74°59,6'N	12°39,3'W 12°39,3'W	795 793	PLA PLA
		14:53 - 16:24	74°59,6'N 74°59,7'N	12°39,3'W 12°39,2'W	793 799	FTS FTS
		16:35 - 17:32	74°59,8'N 74°59,8'N	12°39,3'W 12°38,8'W	794 801	BWS BWS

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	20.07	17:43 - 18:26	74°59,8'N 74°59,7'N	12°38,8'W 12°38,3'W	804 828	CID CID
		18:33 - 19:30	74°59,7'N 74°59,8'N	12°38,1'W 12°38,2'W	832 825	GKG GKG
		19:57 - 20:17	74°59,8'N 74°59,7'N	12°38,1'W 12°38,2'W	831 826	MUC MUC
		20:26-20:34	74°59,8'N	12°38,3'W	821	MN
		20:50 - 22:22	74°59,9'N 75°00,5'N	12°38,4'W 12°37,6'W	812 773	EBS EBS
		22:45 - 23:46	75°00,4'N 75°00,5'N	12°37,6'W 12°37,8'W	775 770	FTS FTS
	21.07	00:58 - 01:10	75°00,4'N 75°00,4'N	12°52,8'W 12°53,1'W	391 390	ISP ISP
		06:15 - 06:23	75°00,2'N 75°00,1'N	12°58,0'W 12°58,1'W	344 347	ISP ISP
31/016		07:25 - 08:41	75°00,2'N 75°00,7'N	12°37,5'W 12°37,4'W	829 759	EBS EBS
		09:03 - 09:58	74°59,8'N 75°00,9'N	12°36,0'W 12°37,2'W	870 742	AGT AGT
		10:16 - 10:35	75°01,0'N 75°01,0'N	12°37,3'W 12°37,5'W	730 714	GKG GKG
31/017		13:13-13:15	75°00,9'N	13°44,8'W	192	MWS
		13:25 - 13:51	75°00,9'N 75°00,9'N	13°44,6'W 13°44,7'W	193 191	CID CID
		14:00 - 14:47	75°00,9'N 75°00,8'N	13°44,8'W 13°45,5'W	192 190	MN MN
		14:59- 15:54	75°00,8'N 75°00,8'N	13°45,7'W 13°46,6'W	189 188	RN RN
		15:57 - 16:39	75°00,8'N 75°00,8'N	13°46,8'W 13°47,6'W	188 191	PLA PLA
		16:46 - 17:44	75°00,8'N 75°00,9'N	13°47,6'W 13°48,1'W	190 189	FTS FTS
		17:59 - 18:29	75°00,9'N 75°01,1'N	13°48,2'W 13°48,4'W	188 191	BWS BWS
		18:38 - 19:08	75°01,1'N 75°01,1'N	13°48,4'W 13°48,4'W	188 188	CTD CTD
		19:17 - 20:38	75°01,1'N 75°01,0'N	13°48,5'W 13°48,4'W	189 188	GKG GKG
		20:48 - 21:15	75°01,1'N 75°01,3'N	13°48,2'W 13°47,8'W	189 189	MUC MUC
		21:27 - 21:57	75°01,1'N 75°00,7'N	13°47,9'W 13°48,1'W	188 194	EBS EBS
		22:14 - 22:34	75°00,6'N 75°01,2'N	13°46,4'W 13°46,9'W	186 191	AGT AGT
		23:09 - 23:20	75°03,9'N 75°04,0'N	13°45,6'W 13°45,5'W	210 211	ISP ISP
	22.07	03:52	75°04,4'N	13°47,2'W	201	ISP
31/018		08:14-08:17	74°51,3'N	12°18,0'W	1838	MWS
		09:35 - 10:25	74°50,6'N 74°50,9'N	12°32,9'W 12°33,5'W	1566 1535	412-3 rec. 412-3
31/019		13:40-13:43	74°59,6'N	10°36,4'W	3075	MWS

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	22.07	13:46 - 16:47	74°59,6'N 74°59,51'N	10°36,5'W 10°37,05'W	3075 3073	413-4 depl. 413-4
31/020		19:48	75°03,6'N	12°27,7'W	802	MWS
		20:23	75°03,2'N	12°28,6'W	786	CID
		20:58	75°03,1'N	12°28,6'W	789	CID
		20:25 - 01:03	75°03,2'N 75°02,6'N	12°28,6'W 12°25,6'W	786 786	Ice Station Ice Station
		21:03 - 23:50	75°03,1'N 75°02,8'N	12°28,6'W 12°26,9'W	791 852	MN MN
	23.07	23:58 - 00:27	75°02,8'N 75°02,7'N	12°26,8'W 12°26,3'W	855 896	RN RN
		00:30 - 00:51	75°02,7'N 75°02,6'N	12°26,2'W 12°25,8'W	896 912	PLA PLA
		01:37 - 02:50	75°03,2'N 75°02,9'N	12°28,4'W 12°28,6'W	806 839	FTS FTS
		03:04 - 03:54	75°02,9'N 75°02,6'N	12°29,5'W 12°29,6'W	798 839	BWS BWS
		04:07 - 04:41	75°02,4'N 75°02,2'N	12°30,5'W 12°30,5'W	822 847	CID CID
		04:50 - 09:37	75°02,1'N 75°00,7'N	12°30,6'W 12°34,8'W	850 842	ISP ISP
		09:52 - 11:14	75°00,2'N 75°00,2'N	12°37,7'W 12°38,0'W	817 809	KG KG
		11:23 - 11:47	75°00,1'N 75°00,0'N	12°38,0'W 12°37,9'W	813 821	MUC MUC
		11:57 - 13:15	75°00,1'N 75°00,2'N	12°37,8'W 12°36,9'W	828 843	EBS EBS
		13:25	75°00,2'N	12°36,8'W	848	AGT
		14:22	75°00,5'N	12°35,2'W	849	AGT
31/021	24.07	06:00	74°29,7'N	11°33,8'W	3018	Begin Ice Station
		08:06 - 09:35	74°28,8'N 74°28,4'N	11°37,0'W 11°39,5'W	3011 3002	CID CID
		09:52 - 10:10	74°28,4'N 74°28,4'N	11°40,1'W 11°40,7'W	3001 2999	RN RN
		10:56	74°28,2'N	11°41,7'W	2996	End Ice Station
31/022		16:22-16:24	74°52,9'N	07°37,1'W	3412	MWS
		16:34 - 18:05	74°52,8'N 74°52,4'N	07°37,2'W 07°38,4'W	3412 3411	414-2 rec. 414-2
		18:58 - 20:55	74°52,7'N 74°52,7'N	07°34,4'W 07°45,24'W	3415 3400	414-3 depl. 414-3
	25.07	21:25 - 04:38	74°52,8'N 74°55,4'N	07°53,6'W 07°54,6'W	3390 2812	CID CID
31/23		06:30	74°59,4'N	07°58,6'W	3387	414 rec.
		15:58	75°01,1'N	07°56,3'W	3398	414
31/024		20:48	74°56,8'N	11°06,2'W	2774	MWS
		21:35 - 22:28	74°56,6'N 74°55,8'N	11°06,7'W 11°07,7'W	2711 2789	Ice station Ice Station
	26.07	21:42 - 00:50	74°56,8'N 74°56,3'N	11°06,8'W 11°07,0'W	2715 2787	CID CID

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	26.07	01:04 - 01:24	74°56,2'N 74°56,2'N	11°07,4'W 11°07,8'W	2785 2779	RN RN
		01:28 - 01:41	74°56,2'N 74°56,1'N	11°08,2'W 11°08,6'W	2777 2771	PLA RN
		01:57 - 07:09	74°56,8'N 74°56,5'N	11°06,0'W 11°10,4'W	2780 2719	ISP ISP
		07:46 - 09:54	74°56,6'N 74°56,8'N	11°10,5'W 11°07,2'W	2723 2757	GKG GKG
		10:06 - 11:02	74°56,9'N 74°56,6'8	11°06,2'W 11°07,8'W	2769 2756	MUC MUC
		11:16 - 14:32	74°56,9'N 74°56,9'N	11°07,2'W 11°07,6'W	2756 2750	EBS EBS
		15:09 - 17:09	75°00,1'N 74°59,7'N	10°57,1'W 10°57,7'W	2776 2790	OG7a rec. OG7a
		17:12 - 21:16	74°57,0'N 74°57,0'N	11°05,9'W 11°08,7'W	2769 2730	MN MN
	27.07	21:34 - 00:15	74°57,0'N 74°57,3'8	11°09,3'W 11°11,3'W	2720 2682	FTS FTS
		00:25 - 00:55	74°57,3'N 74°57,2'8	11°11,5'W 11°12,2'W	2678 2678	CTD CTD
		00:37-00:39	74°57,3'N	11°11,8'W	2675	SD
		01:17 - 02:33	74°57,6'N 74°57,5'8	11°06,5'W 11°07,6'W	2742 2733	CTD CTD
		02:47 - 05:07	74°57,5'N 74°57,0'8	11°07,8'W 11°10,5'W	2729 2707	BWS BWS
		05:15 - 05:40	74°57,0'N 74°56,9'N	11°10,4'W 11°10,2'W	2709 2712	CTD CTD
31/025		10:34-11:57	74°55,9'N	12°47,4'W	777	MWS
		10:53 - 12:56	74°55,8'N 74°55,9'N	12°48,5'W 12°48,6'W	781 769	KG KG
		13:07 - 13:29	74°55,8'N 74°55,9'N	12°48,4'W 12°48,7'W	780 768	MUC MUC
		13:55 - 16:41	74°56,0'N 74°55,9'N	12°48,3'W 12°48,5'W	773 768	EBS EBS
		16:30	74°55,9'N	12°48,6'W	771	HN
		16:50 - 17:46	74°56,0'N 74°56,4'N	12°48,3'W 12°47,2'W	784 782	AGT AGT
		18:11 - 18:40	74°57,2'N 74°57,0'N	12°47,2'W 12°47,4'W	711 722	CTD CTD
		18:12-18:14	74°57,2'N	12°47,2'W	711	SD
		18:29-18:53	74°57,1'N	12°47,3'W	718	HN
		18:47 - 21:15	74°57,0'N 74°56,3'N	12°47,5'W 12°47,5'W	718 779	MN MN
		21:26 - 21:48	74°56,2'N 74°56,1'N	12°47,0'W 12°47,5'W	805 783	RN RN
		21:53 - 22:13	74°56,1'N 74°56,0'N	12°47,8'W 12°48,6'W	773 774	PN PN
		22:27	74°55,9'N	12°47,0'W	800	CTD
		22:42	74°55,9'N	12°47,7'W	779	CTD

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	28.07	23:02 - 00:28	74°55,8'N 74°56,0'N	12°47,7'W 12°49,9'W	801 743	FTS FTS
		00:44 - 01:08	74°55,9'N 74°55,7'N	12°47,3'W 12°46,4'W	793 845	ISP ISP
		06:19 - 07:14	74°55,9'N 74°55,8'N	12°47,4'W 12°47,6'W	798 813	BWS BWS
		07:22 - 07:53	74°55,8'N 74°55,7'N	12°47,7'W 12°47,8'W	811 812	CID CID
		07:59 - 08:38	74°55,7'N 74°55,3'N	12°47,8'W 12°48,7'W	815 829	GWS GWS
		08:54 - 09:18	74°55,0'N 74°54,8'N	12°43,5'W 12°44,2'W	1006 1006	MUC MUC
		09:46 - 10:04	74°54,4'N 74°54,3'N	12°45,7'W 12°46,2'W	992 983	MUC MUC
		09:50	74°54,3'N	12°45,7'W	988	HN
		11:04	74°53,8'N	12°49,4'W	187	HN
31/026		13:33-13:35	74°58,8'N	13°56,4'W	187	MWS
		13:35 - 13:54	74°58,8'N 74°58,9'N	13°56,4'W 13°56,7'W	187 183	CID CID
		13:44-13:47	74°58,9'N	13°56,6'W	178	SD
		14:16 - 14:37	74°59,0'N 74°59,1'N	13°57,1'W 13°57,3'W	185 174	CID CID
31/027		15:30 - 15:52	74°59,9'N 74°59,9'N	13°39,9'W 13°40,0'W	192 191	CID CID
31/028		17:50	75°00,0'N	13°02,0'W	301	MWS
		17:50 -	75°00,0'N 74°59,8'N	13°02,0'W 13°01,2'W	301 310	CID CID
31/029		19:01 - 19:34	75°00,0'N 74°59,8'N	12°43,8'W 12°43,2'W	612 650	CID CID
31/030		20:04-20:06	75°00,1'N	12°31,4'W	984	MWS
		20:15 - 20:54	75°00,2'N 74°59,7'N	12°30,3'W 12°30,5'W	1003 1037	CID CID
		20:17-20:21	75°00,2'N	12°30,3'W	1003	MWS
31/031		21:25 - 22:13	74°59,4'N 74°58,9'N	12°19,0'W 12°20,2'W	1320 1364	CID CID
31/032		22:44-22:47	74°59,7'N	12°07,2'W	1592	MWS
		22:49 - 23:47	74°59,6'N 74°58,9'N	12°07,2'W 12°09,7'W	1590 1583	CID CID
31/033	29.07	00:46 - 01:44	75°00,0'N 74°59,7'N	11°46,9'W 11°48,0'W	2005 1992	CID CID
31/034		02:29-02:32	75°00,0'N	11°25,2'W	2355	MWS
		02:34 - 03:43	75°00,0'N 75°00,3'N	11°25,1'W 11°25,6'W	2348 2333	CID CID
		02:44-02:46	75°00,1'N	11°25,3'W	2342	SD
31/035		04:37 - 05:58	75°00,0'N 74°59,8'N	10°55,9'W 10°55,6'W	2802 2819	CID CID
31/036		06:38	75°00,0'N	10°33,7'W	3058	MWS
		06:47 - 08:25	75°00,0'N 74°59,8'N	10°33,3'W 10°31,3'W	3059 3070	CID CID
31/037		09:25-09:28	74°59,8'N	09°55,7'W	3211	MWS

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	29.07	09:28 - 11:00	74°59,8'N 74°59,8'N	09°55,6'W 09°54,3'W	3211 3214	CID CID
31/038		11:52-11:55	74°59,9'N	09°17,1'W	3292	MWS
		11:56 - 13:26	74°59,9'N 74°59,9'N	09°17,1'W 09°19,0'W	3292 3286	CID CID
31/039		14:31-14:33	75°00,0'N	08°38,2'W	3350	MWS
		14:34 - 16:09	75°00,0'N 75°00,4'N	08°38,2'W 08°37,2'W	3350 3350	CID CID
31/040		17:05-17:08	75°00,0'N	08°00,6'W	3390	MWS
		17:10 - 18:55	75°00,0'N 75°00,0'N	08°00,3'W 08°00,4'W	3390 3390	CID CID
31/041		19:53-19:56	75°00,0'N	07°23,7'W	3427	MWS
		20:04 - 21:40	74°59,8'N 75°00,2'N	07°22,5'W 07°22,6'W	3429 3430	CID CID
31/042		22:35-22:38	75°00,1'N	06°42,5'W	3478	MWS
	30.07	22:38 - 00:16	75°00,0'N 75°00,0'N	06°42,5'W 06°41,5'W	3478 3481	CID CID
31/043		01:15-01:18	75°00,0'N	06°04,0'W	3515	MWS
		01:20 - 02:56	75°00,0'N 75°00,0'N	06°03,8'W 06°03,6'W	3516 3516	CID CID
		01:31-01:34	75°00,0'N	06°03,8'W	3515	SD
31/044		03:53-03:55	75°00,0'N	05°25,3'W	3565	MWS
		03:56 - 05:40	75°00,0'N 75°00,6'N	05°25,3'W 05°25,1'W	3565 3564	CID CID
31/045		06:41-06:45	75°00,2'N	04°45,9'W	3565	MWS
		06:46 - 08:23	75°00,0'N 74°59,8'N	04°45,9'W 04°44,7'W	3603 3604	CID CID
31/046		09:17-09:20	75°00,1'N	04°08,2'W	3633	MWS
		09:20 - 10:55	75°00,0'N 74°59,9'N	04°08,3'W 04°09,0'W	3632 3632	CID CID
31/047		12:37 - 15:22	74°59,4'N 74°58,9'N	02°54,5'W 02°53,6'W	3640 3681	GSM-04 rec. GSM-04
		16:04 - 18:30	74°58,8'N 75°03,4'N	02°53,3'W 02°55,4'W	3682 3678	GSM-05 depl. GSM-05
31/048		18:59-19:02	75°00,1'N	02°50,8'W	3683	MWS
		19:02 - 20:43	75°00,0'N 75°00,1'N	02°50,8'W 02°50,4'W	3683 3520	CID CID
31/049		21:47-21:50	75°00,1'N	03°29,2'W	3657	MWS
		21:50 - 23:32	75°00,1'N 75°00,1'N	03°29,2'W 03°28,6'W	3657 3659	CID CID
31/050	31.07	01:14-01:16	75°00,0'N	02°12,1'W	3616	MWS
		01:18 - 03:00	75°00,0'N 75°00,4'N	02°11,8'W 02°10,3'W	3614 3561	CID CID
		02:04-02:08	75°00,2'N	02°11,5'W	3950	SD
31/051		04:03-04:06	75°00,0'N	01°33,9'W	3720	MWS
		04:07 - 05:55	75°00,0'N 75°00,2'N	01°33,8'W 01°33,6'W	3698 3721	CID CID
31/052		07:00-07:04	74°59,9'N	00°56,0'W	3689	MWS
		07:06 - 08:56	74°59,8'N 75°00,3'N	00°55,9'W 00°55,4'W	3738 3674	CID CID

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/053	30107	10:00-10:02	75°00,1'N	00°16,4'W	3754	MWS
		10:02 -	75°00,1'N	00°16,2'W	3755	CID
		11:45	75°00,6'N	01°16,5'W	3755	CID
		10:53-10:55	75°00,4'N	00°16,4'W	3754	SD
		10:59-11:13	75°00,4'N	00°16,5'W	3754	HN
31/054		12:32-12:35	75°00,0'N	00°10,9'E	3761	MWS
		12:35 -	75°00,0'N	00°10,9'E	3761	CID
		14:22	74°59,5'N	00°10,5'E	3761	CID
		14:03-14:05	74°59,5'N	00°10,6'E	3761	SD
		14:39 -	75°00,1'N	00°10,7'E	3700	MUC
		15:55	75°00,0'N	00°10,9'E	3760	MUC
		14:49-14:59	75°00,1'N	00°10,7'E	3700	HN
		16:01 -	75°00,1'N	00°10,7'E	3760	MN
		17:28	75°00,1'N	00°11,3'E	3761	MN
		17:35 -	75°00,1'N	00°11,2'E	3762	MN
		18:55	75°00,0'N	00°12,6'E	3761	MN
		19:04 -	74°59,9'N	00°12,8'E	3762	RN
		20:04	74°59,7'N	00°13,6'E	3762	RN
		20:08-20:19	74°59,7'N	00°13,6'E	3762	PLA
		20:23-20:40	74°59,7'N	00°13,9'E	3761	PLA
	01.08	20:57 -	75°00,0'N	00°10,8'E	3760	ISP
		01:55	74°59,2'N	00°10,2'E	3761	ISP
31/055		02:24-02:27	75°00,0'N	00°22,2'E	3763	MWS
		02:29 -	74°59,9'N	00°22,3'E	3763	CID
		04:18	74°59,8'N	00°21,4'E	3763	CID
31/056		05:24-05:27	75°00,3'N	01°01,4'E	3720	MWS
		05:25 -	75°00,3'N	01°01,4'E	3720	CID
		07:15	75°00,3'N	01°01,3'E	3765	CID
31/057		08:18-08:20	75°00,1'N	01°39,5'E	3056	MWS
		08:21 -	75°00,0'N	01°39,5'E	3056	CID
		09:52	75°00,1'N	01°39,6'E	3055	CID
		09:43-09:44	75°00,1'N	01°39,5'E	3055	SD
31/058		10:51-10:54	75°00,1'N	02°18,0'E	2901	MWS
		10:54 -	75°00,0'N	02°18,0'E	2907	CID
		12:18	75°00,0'N	02°18,2'E	2906	CID
31/059		13:21-13:24	75°00,1'N	02°56,2'E	2493	MWS
		13:25 -	75°00,0'N	02°56,4'E	2505	CID
		14:47	74°59,8'N	02°58,2'E	2550	CID
31/060		15:49-15:52	75°00,1'N	03°35,3'E	3472	MWS
		15:55 -	75°00,0'N	03°35,4'E	3474	CID
		17:35	74°59,9'N	03°37,5'E	3514	CID
		17:06-17:08	75°00,0'N	03°36,7'E	3490	SD
31/061		18:34-18:36	75°00,1'N	04°14,0'E	3071	MWS
		18:37 -	75°00,1'N	04°14,0'E	3075	CID
		20:04	75°00,2'N	04°14,5'E	3057	CID
31/062		21:02-21:05	75°00,1'N	04°52,3'E	3223	MWS
		21:06 -	75°00,1'N	04°52,4'E	3223	CID
		22:35	75°00,5'N	04°54,5'E	3201	CID
31/063	02.08	23:04 -	75°00,0'N	05°11,7'E	3271	CID
		00:34	75°00,0'N	05°14,7'E	3237	CID

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/064	02.08	01:05-01:08	75°00,0'N	05°30,7'E	3133	MWS
		01:09 -	75°00,0'N	05°30,8'E	3134	CID
		02:33	74°59,5'N	05°31,9'E	3128	CID
		01:56-02:01	74°59,7'N	05°31,5'E	3137	SD
31/065		03:10 -	75°00,0'N	05°50,7'E	2651	CID
		04:27	75°00,2'N	05°51,3'E	2713	CID
31/066		05:05-05:07	75°00,0'N	06°10,2'E	2779	MWS
		05:07 -	75°00,0'N	06°10,4'E	2776	CID
		06:30	75°00,3'N	06°12,4'E	2704	CID
31/067		07:05 -	75°00,1'N	06°28,6'E	2579	CID
		08:24	75°00,4'N	06°29,6'E	2657	CID
31/068		08:55-08:58	75°00,0'N	06°48,3'E	2180	MWS
		08:59 -	75°00,0'N	06°48,4'E	2175	CID
		10:03	75°00,0'N	06°49,9'E	2087	CID
31/069		10:33 -	75°00,0'N	07°07,5'E	2235	CID
		11:45	74°59,6'N	07°09,1'E	2255	CID
31/070		12:16-12:18	74°59,9'N	07°26,7'E	2462	MWS
		12:20 -	74°59,9'N	07°26,7'E	2462	CID
		13:30	74°59,4'N	07°26,6'E	2474	CID
		12:54-12:58	74°59,7'N	07°26,9'E	2468	SD
31/071		14:35-14:38	75°00,0'N	08°05,3'E	3527	MWS
		14:38 -	75°00,0'N	08°05,3'E	3527	CID
		16:18	75°00,0'N	08°07,1'E	3526	CID
31/072		17:17-17:20	75°00,4'N	08°43,1'E	2656	MWS
		17:21 -	75°00,4'N	08°43,2'E	2657	CID
		18:40	75°00,4'N	08°44,0'E	2660	CID
31/073		19:42-19:45	75°00,1'N	09°22,2'E	2589	MWS
		19:45 -	75°00,1'N	09°22,1'E	2589	CID
		21:02	75°00,1'N	09°21,4'E	2592	CID
		20:24-20:26	75°00,2'N	09°22,0'E	2590	SD
31/074		22:04-22:06	75°00,0'N	10°01,1'E	2567	MWS
		22:07 -	75°00,0'N	10°01,1'E	2567	CID
		23:19	75°00,3'N	10°01,7'E	2568	CID
31/075	03.08	00:19-00:21	75°00,0'N	10°39,3'E	2523	MWS
		00:23 -	75°00,0'N	10°39,4'E	2523	CID
		01:42	74°59,8'N	10°41,4'E	2523	CID
31/076		02:44-02:46	75°00,0'N	11°18,3'E	2443	MWS
		02:48 -	74°59,9'N	11°18,3'E	2443	CID
		04:10	74°59,5'N	11°19,7'E	2446	CID
		02:52-02:54	74°59,9'N	11°18,3'E	2444	SD
31/077		05:10-05:12	74°59,9'N	11°56,6'E	2321	MWS
		05:13 -	74°59,9'N	11°56,5'E	2322	CID
		06:25	74°59,5'N	11°59,9'E	2328	CID
31/078		07:42-07:44	75°00,0'N	12°35,1'E	2170	MWS
		07:45 -	75°00,1'N	12°34,9'E	2170	CID
		08:53	75°00,5'N	12°33,1'E	2172	CID
31/079		10:00-10:02	74°59,9'N	13°14,0'E	1998	MWS
		10:02 -	74°59,9'N	13°14,0'E	1998	CID
		11:09	75°00,1'N	13°14,6'E	1993	CID
		10:10-10:11	74°59,9'N	13°13,8'E	1999	SD



Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/080	03.08	12:13-12:16	75°00,0'N	13°52,4'E	1788	MWS
		12:18 - 13:18	75°00,0'N 75°00,0'N	13°52,4'E 13°51,9'E	1788 1789	CTD CTD
31/081		14:27-14:29	75°00,0'N	14°31,1'E	1416	MWS
		14:31 - 15:16	75°00,0'N 75°00,1'N	14°30,8'E 14°30,6'E	1417 1418	CTD CTD
		14:32-14:58	75°00,0'N	14°30,7'E	1420	HN
31/082		16:24-16:26	74°59,9'N	15°09,8'E	1019	MWS
		16:27 - 17:07	74°59,9'N 75°00,1'N	15°09,7'E 15°09,8'E	1018 1013	CTD CTD
		16:38-16:40	75°00,0'N	15°09,6'E	1017	SD
31/083		18:11-18:14	75°00,0'N	15°48,9'E	278	MWS
		18:15 - 18:59	75°00,0'N 75°00,0'N	15°48,8'E 15°48,7'E	283 289	CTD CTD
31/084		19:53-19:55	75°00,0'N	16°27,5'E	273	MWS
		19:56 - 20:18	75°00,0'N 75°00,2'N	16°27,5'E 16°28,1'E	272 260	CTD CTD
		19:58-20:00	75°00,0'N	16°27,5'E	269	SD
		20:24 - 20:35	75°00,2'N 75°00,2'N	16°28,1'E 16°28,2'E	259 255	MUC MUC
		20:47 - 22:09	74°59,9'N 75°00,1'N	16°27,1'E 16°28,3'E	272 262	MN MN
		22:19 - 22:59	75°00,1'N 75°00,1'N	16°26,9'E 16°27,6'E	273 271	RN RN
		23:04-23:15	75°00,1'N	16°27,9'E	269	PLA
		23:20-23:37	75°00,1'N	16°28,4'E	265	PLA
31/085	05.08	06:34-06:47	78°59,9'N	03°13,1'W	2360	MWS
		07:21 - 08:02	79°00,0'N 78°59,7'N	03°12,1'W 03°11,0'W	2361 2371	FWA-1'93 rec. FWA-1'93
		08:50 - 10:08	79°00,0'N 78°59,99'N	03°16,0'W 03°15,9'W	2344 2345	FWA-1'94 depl. FWA-1'94
		10:30 - 11:36	78°58,4'N 78°58,1'N	03°21,8'W 03°20,7'W	2326 2340	CTD CTD
		10:34-10:36	78°58,4'N	03°21,7'W	2326	SD
31/086		12:35 - 13:39	78°59,9'N 78°59,81'N	03°47,7'W 03°48,26'W	2092 2086	NP/94/V1 depl. NP/94/V1
31/087	06.08	17:00 - 01:00	78°59,1'N 78°58,3'N	04°40,0'W 05°27,2'W	1530 940	FWA-2'93 rec. FWA-2'93
		01:08 - 01:50	78°58,3'N 78°58,4'N	05°27,2'W 05°29,1'W	941 922	CTD CTD
		01:16-01:19	78°58,3'N	05°27,6'W	938	MWS
		01:54 -	78°58,4'N	05°29,3'W	922	RN
		02:44	78°58,5'N	05°31,1'W	901	RN
		03:03 - 06:01	78°58,9'N 79°00,9'N	05°27,5'W 05°37,1'W	955 897	MN MN
		06:09 - 06:40	79°01,1'N 79°01,1'N	05°37,4'W 05°38,0'W	892 882	PLA PLA
		08:15 - 08:50	78°59,3'N 78°59,1'N	04°40,4'W 04°42,5'W	1530 1506	MUC MUC
31/088		09:22 -	78°59,8'N	04°40,4'W	1541	FWA-2'94 depl.

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
	06.08	11:31	78°57,8'N	05°02,7'W	1242	FWA-2'94
		13:23 -	78°55,1'N	04°57,2'W	1264	NP/94/V2 depl.
		14:38	78°55,29'N	04°59,48'W	1235	NP/94/V2
31/089		15:50-15:54	79°00,8'N	05°39,9'W	853	MWS
		15:50 -	79°00,8'N	05°39,9'W	853	AGT
		16:44	79°01,0'N	05°44,8'W	805	AGT
		16:58 -	79°01,2'N	05°44,5'W	810	FTS
		18:20	79°02,0'N	05°48,8'W	776	FTS
		18:29 -	79°02,1'N	05°49,3'W	777	MUC
		18:57	79°02,3'N	05°50,6'W	764	MUC
		19:09 -	79°02,2'N	05°49,2'W	782	CID
		19:45	79°02,6'N	05°50,7'W	772	CID
		19:12-19:14	79°02,3'N	05°49,5'W	780	SD
		19:50 -	79°02,7'N	05°51,1'W	775	RN
		21:00	79°03,2'N	05°51,9'W	772	RN
		21:04-21:09	79°03,4'N	05°52,5'W	769	PLA
		21:16-21:30	79°03,4'N	05°53,1'W	767	PLA
		21:37 -	79°03,7'N	05°54,3'W	755	MN
	07.08	00:19	79°04,5'N	05°55,1'W	765	MN
		00:47	79°03,9'N	05°47,6'W	846	ISP
		05:40	79°05,7'N	05°54,3'W	804	ISP
31/090		07:30 -	79°00,0'N	06°00,7'W	549	M 1'93 rec.
		08:25	78°59,8'N	06°02,5'W	512	M 1'93
		08:46 -	78°59,9'N	06°00,4'W	551	M 1'94 depl.
		09:47	79°00,24'N	06°01,63'W	547	M 1'94
		10:09 -	79°01,1'N	06°01,5'W	590	CID
		10:42	79°01,4'N	06°03,4'W	563	CID
31/091		13:04-13:08	79°04,8'N	06°58,7'W	244	MWS
		13:25 -	79°04,8'N	06°59,7'W	244	NP/94/V3 depl.
		13:54	79°04,84'N	07°01,5'W	244	NP/94/V3
		14:14 -	79°03,6'N	07°01,5'W	244	CID
		14:41	79°03,4'N	07°01,8'W	244	CID
31/092		22:18-22:22	79°00,1'N	09°57,8'W	264	MWS
		22:22 -	79°00,2'N	09°58,0'W	266	CID
		22:51	79°00,1'N	09°59,9'W	270	CID
		22:33-22:36	79°00,2'N	09°58,7'W	266	SD
		22:59 -	79°00,1'N	10°00,5'W	275	MUC
		23:09	79°00,1'N	10°01,2'W	271	MUC
31/093	08.08	01:26-01:28	79°00,0'N	09°01,1'W	250	MWS
		01:33 -	79°00,1'N	09°01,1'W	251	CID
		02:03	79°00,1'N	09°01,3'W	253	CID
31/094		04:02-04:05	79°00,1'N	07°59,1'W	211	MWS
		04:06 -	79°00,1'N	07°59,1'W	211	CID
		04:33	79°00,1'N	07°58,5'W	221	CID
31/095		05:50-05:55	78°59,5'N	07°19,2'W	228	MWS
		06:00 -	78°59,4'N	07°19,5'W	232	CID
		06:26	78°59,1'N	07°19,3'W	236	CID
		06:16-06:17	78°59,2'N	07°19,3'W	239	SD
31/096		09:45 -	78°59,9'N	06°29,2'W	300	CID
		10:09	78°59,8'N	06°29,6'W	292	CID
		09:45-09:47	78°59,9'N	06°29,2'W	300	MWS

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/097	08.08	11:55-11:59	78°59,7'N	06°00,1'W	527	MWS
		12:00 -	78°59,2'N	06°00,3'W	528	CID
		12:30	78°59,5'N	06°02,1'W	505	CID
		12:18-12:19	78°59,4'N	06°01,5'W	505	SD
		12:42 -	78°59,7'N	06°02,6'W	499	FTS
		13:56	79°00,6'N	06°05,4'W	488	FTS
		14:13 -	79°00,9'N	06°06,1'W	487	EBS
		15:07	79°01,9'N	06°10,2'W	442	EBS
		15:59 -	79°00,9'N	05°59,0'W	618	MUC
		16:16	79°01,2'N	05°59,5'W	624	MUC
		16:24 -	79°01,4'N	05°59,7'W	626	RN
		17:47	79°02,4'N	06°00,4'W	646	RN
		18:52 -	79°00,5'N	05°58,5'W	606	PLA
		19:30	79°00,9'N	05°58,6'W	619	PLA
		19:57 -	79°00,9'N	05°57,7'W	632	MN
		22:00	79°01,7'N	06°02,0'W	601	MN
	09.08	22:20 -	79°01,4'N	05°56,1'W	676	ISP
		03:00	79°04,0'N	05°49,9'W	817	ISP
		03:43 -	79°00,1'N	05°55,6'W	630	CID
		04:17	79°00,3'N	05°55,7'W	640	CID
31/098		04:45-04:48	78°59,7'N	05°43,6'W	770	MWS
		04:53 -	78°59,8'N	05°44,2'W	780	CID
		05:38	79°00,0'N	05°44,4'W	770	CID
		05:07-05:09	78°59,9'N	05°44,6'W	773	SD
31/099		06:15 -	79°00,5'N	05°21,0'W	998	CID
		06:58	78°59,1'N	05°24,8'W	1005	CID
31/100		07:33-07:37	79°00,1'N	05°02,2'W	1256	MWS
		07:39 -	79°00,2'N	05°06,2'W	1253	CID
		08:26	78°59,5'N	05°06,9'W	1236	CID
		07:47-07:50	78°59,9'N	05°06,6'W	1252	SD
31/101		09:36 -	78°59,5'N	04°44,2'W	1502	CID
		10:32	78°58,8'N	04°46,5'W	1477	CID
31/102		11:14-11:16	79°00,2'N	04°21,6'W	1758	MWS
		11:17 -	79°00,1'N	04°21,6'W	1760	CID
		12:14	78°59,1'N	04°21,6'W	1765	CID
		11:51-11:53	78°59,5'N	04°21,9'W	1759	SD
31/103		13:33 -	79°00,7'N	03°55,8'W	2030	CID
		14:37	78°59,8'N	03°56,7'W	2015	CID
31/104		17:04-17:07	79°00,1'N	03°28,5'W	2247	MWS
		17:09 -	79°00,0'N	03°28,6'W	2249	CID
		18:19	78°59,4'N	03°30,4'W	2240	CID
31/105		19:15-19:17	78°59,0'N	02°52,7'W	2492	MWS
		19:18 -	78°59,0'N	02°52,8'W	2494	CID
		20:34	78°57,8'N	02°53,2'W	2495	CID
31/106		21:45-21:48	78°59,7'N	02°02,7'W	2626	MWS
		21:48 -	78°59,7'N	02°02,9'W	2625	CID
		23:04	78°59,1'N	02°01,8'W	2636	CID
31/107	10.08	00:32-00:34	79°00,1'N	00°59,7'W	2644	MWS
		00:40 -	79°00,2'N	00°59,9'W	2644	CID
		01:55	79°00,0'N	01°02,4'W	2642	CID

Station No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Operation
31/108	10.08	03:19-03:21	79°00,1'N	00°00,3'W	2588	MWS
		03:24 -	79°00,2'N	00°00,4'W	2590	CID
		04:47	79°00,8'N	00°03,0'W	2599	CID
31/109		06:11-06:13	79°00,3'N	01°01,5'W	2562	MWS
		06:16 -	79°00,3'N	00°01,3'W	2562	CID
		07:32	78°59,5'N	00°59,0'E	2557	CID
		11:05-12:48	78°49,0'N	02°34,0'W	/	Helipod
31/110		14:55 -	78°48,5'N	03°50,5'W	2020	MUC
		15:36	78°48,2'N	03°50,3'W	2017	MUC
		15:29-16:41	79°00,0'N	03°00,0'W	/	Helipod
		15:49 -	78°48,1'N	03°50,3'W	2014	MN
		17:07	78°47,5'N	03°51,1'W	1995	MN
		18:13 -	78°47,7'N	03°49,2'W	2019	CID
		19:12	78°47,1'N	03°50,0'W	1995	CID
		19:19 -	78°47,1'N	03°50,2'W	1992	RN
		19:41	78°46,8'N	03°50,4'W	1982	RN
		19:43 -	78°46,8'N	03°50,6'W	1981	PLA
		20:00	78°46,6'N	03°50,9'W	1974	PLA
31/111	11.08	04:01 -	79°04,5'N	07°11,0'W	243	MN
		04:22	79°04,4'N	07°12,0'W	243	MN
		04:28 -	79°04,3'N	07°12,0'W	243	RN
		04:45	79°04,2'N	07°12,3'W	243	RN
		04:47-05:03	79°04,2'N	07°12,6'W	243	PLA
		05:09 -	79°04,0'N	07°13,1'W	243	CID
		05:24	79°03,8'N	07°13,9'W	243	CID
		06:40 -	79°04,4'N	06°51,9'W	257	NP/93/V3 rec.
		10:12	79°02,2'N	06°57,1'W	242	NP/93/V3
		10:53-12:26	79°03,0'N	06°56,0'W	/	Helipod
		13:45-15:00	78°54,0'N	04°53,0'W	/	Helipod
31/112		17:19 -	78°48,4'N	03°46,6'W	2062	NP/93/V1b rec.
		19:33	78°48,4'N	03°15,8'W	2079	NP/93/V1b



