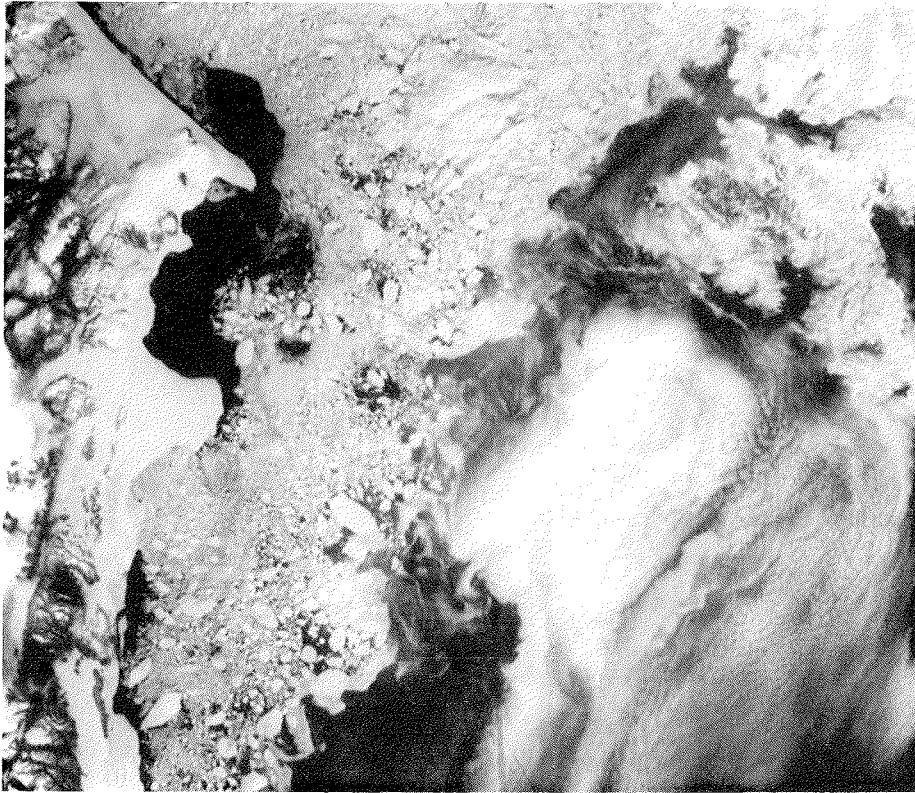


**Die Expedition ARKTIS VIII/1
mit FS „Polarstern“ 1991**

**The Expedition ARKTIS VIII/1
of RV “Polarstern” IN 1991**

**Edited by Gerhard Kattner
with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. 113 (1992)
ISSN 0176 - 5027**



**Greenland Sea / Fram Strait between Greenland and Spitsbergen,
on the left the Northeast Water Polynya,
June 16th, 1991**

Inhalt	Seite
1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY5
2	FAHRTVERLAUF / ITINERARY6
3	BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN 10
3.1	Physikalische Ozeanographie..... 10
3.1.1	CTD-Messungen..... 10
3.1.2	Süßwasserelexport des Arktischen Ozeans. Aufnahme und Auslegung von Verankerungen 11
3.1.3	Deployment of ARGOS-Drifters..... 12
3.2	Chemische Untersuchungen..... 13
3.2.1	Nutrients and organic nitrogenous substances..... 13
3.2.1.1	Nutrient distribution in the NEW Greenland Polynya 13
3.2.1.2	Dissolved nitrogen and humic substances 26
3.2.2	Umsatz von Lipiden im herbivoren Zooplankton mit Hilfe von Fettsäure- und ¹⁴ C-Markern..... 34
3.2.3	Untersuchungen der Lipidzusammensetzung des Zooplanktons 38
3.3	Biologische Untersuchungen 38
3.3.1	Marine Mikrobiologie - Bakterien, Mikropilze und pilzähnliche Protisten im Meerwasser, Phyto- und Zooplankton, sowie im Meereis der Arktis..... 38
3.3.2	Continuous particle and fluorescence measurements 42
3.3.3	Phytoplankton 50
3.3.3.1	Phytoplanktonzusammensetzung..... 50
3.3.3.2	Phytoplanktonbiomasse 51
3.3.4	Microzooplankton..... 51
3.3.5	Zooplankton 54
3.3.5.1	Biomasse und Verteilung des Zooplanktons..... 54
3.3.5.2	Räuberisches Zooplankton, Macrozooplankton..... 55
3.3.5.3	Messung der Sekundärproduktion..... 56
3.3.5.4	Untersuchung der Beziehung zwischen Nahrungsauf- nahme und Kotballenproduktion von <i>Calanus finmarchicus</i> 57
3.3.6	Seabirds and marine mammals at sea..... 57
3.4	Geologische Untersuchungen..... 61
3.4.1	Winterwassertransport und Sedimentakkumulation im Bereich der Nordostwasser Polynya..... 61
3.4.2	Particle Flux in the Nordic Seas..... 63
3.5	Scientific observer 64
4	FAHRTTEILNEHMER / PARTICIPANTS 66
5	BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES..... 67
6	SCHIFFSPERSONAL / SHIP'S CREW..... 69
7	STATIONSLISTE / STATION LIST 70

FAHRTABSCHNITT ARK VIII/1

BREMERHAVEN - TROMSØ
01.06.-19.06.1991

GRÖNLANDSEE / FRAMSTRAßE

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die achte Arktis-Expedition der "Polarstern" begann mit dem ersten Fahrtabschnitt am 1. Juni 1991 in Bremerhaven, der am 19. Juni in Tromsø endete. Die Untersuchungen führten in das Gebiet der Grönlandsee/Framstraße bis in die Nordostwasser-Polynya vor Grönland.

Die ozeanographischen, biologischen, chemischen und geologischen Arbeiten in der Framstraße ergänzten die Untersuchungen der bisherigen Fahrten in dieses Gebiet. Verankerungen, die im letzten Jahr ausgebracht wurden, konnten nur zum Teil geborgen werden. Neue Verankerungen wurden auf 79°N ausgebracht, um den Ausstrom polaren Wassers durch die Framstraße besser quantifizieren zu können. Diese Arbeiten wurden mit ökologischen Untersuchungen auf einem Schnitt entlang dieser Breite kombiniert, der bis an die grönländische Küste in die Nordostwasser-Polynya (NEW) ausgedehnt werden konnte und somit als Vorstudie für das 1993 stattfindende Polynya-Programm dienen wird. Geologische Arbeiten haben erste Daten über Sedimentablagerungen im Polynya-Gebiet erbracht. Die Fahrtroute mit den Stationen ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt.

SUMMARY

The eighth expedition of RV "Polarstern" to the Arctic started with the first leg in Bremerhaven on June 1st which ended in Tromsø on June 19th. The investigations were performed in the area of the Greenland Sea/Fram Strait and in the Northeast Water Polynya off Greenland.

The oceanographic, biological, chemical and geological investigations in Fram Strait continued the studies in this region from other "Polarstern" cruises. Moorings from last year were partly recovered. New moorings were deployed along 79°N to monitor the freshwater outflow of the Arctic Ocean through Fram Strait. These deployments were combined with ecological investigations along a transect on the same latitude. The transect were continued towards the Northeast Water Polynya (NEW).

Investigations there were pre-site studies for the Northeast Water Polynya activities in 1993. Geological samples gave first information about sediment accumulations in this area. The ship's track together with the stations is plotted in Figures 1 and 2.

2

FAHRTVERLAUF (G. Kattner)

Durch starke Winde verzögerte sich das Auslaufen bis zum 1. Juni um 1.00 Uhr morgens. Dann verließ die "Polarstern" Bremerhaven mit 39 wissenschaftlichen Teilnehmern und 42 Besatzungsmitgliedern. In der Nordsee erwarteten uns Windstärken zwischen 6 und 7 Bf, die nicht nur einigen Teilnehmern zu schaffen machten, sondern auch die geplante Reisegeschwindigkeit erheblich reduzierten. Trotzdem ging der Aufbau und das Testen der Geräte zügig voran. So konnte am 4. Juni bei zunehmender Wetterbesserung eine Teststation in der Nähe des Polarkreises durchgeführt werden. Temperaturen um 0°C und einige Schneeflocken kündigten hier bereits die nördlichen Breiten an.

Am 5. Juni abends konnte dann erfolgreich die erste Verankerung geborgen werden und das routinemäßige Stationsprogramm ablaufen. Der nächste Tag war dann leider weniger erfolgreich. Eine besonders wertvolle Verankerung konnte nicht gefunden und geborgen werden. Trotz stundenlangen Suchens, auch mit dem Schlauchboot zur besseren Ortung, stellte sich kein Erfolg ein, so daß nach über 12 Stunden die Suche abgebrochen wurde. Die nächste Verankerung konnte auch nicht geborgen werden, da sie unter einer riesigen Eisscholle lag. Da die Möglichkeit bestand, sie später im Jahr mit einem norwegischen Schiff zu bergen, wurde nach kurzer Diskussion die Fahrt fortgesetzt. Hier im Gebiet der Eisrandzone wurden dann auch die ersten Eisbären beobachtet.

Am 8. Juni konnte die erste Verankerung von einer Serie von Verankerungen auf 79°N zügig ausgebracht werden. Währenddessen wurden auf einer großen Eisscholle die ersten Eisproben gebohrt, und das Stationsprogramm mit CTD, Wasser- und Bodenproben und Netzfängen begann. Insgesamt wurden noch 3 weitere Verankerungen ausgebracht. Bei einer brach kurz vor Beendigung ein Halteseil, so daß der obere Teil nicht mehr ausgebracht werden konnte. Dieses Instrument, ein ULS-Gerät (Upward Looking Sonar) konnte dann noch auf dem Rückweg in der Nähe der Position verankert werden.

Unser Ziel die Polynya vor Grönland zu erreichen, wurde nun von dichtem Packeis erheblich erschwert. So mußten größere Umwege mit erheblichem Zeitaufwand in Kauf genommen werden, bis endlich die südlichste Ecke der Polynya erreicht war. Nun folgte ein enges Netz von Stationsarbeiten, das bis an die nördlichste Ausdehnung der Polynya auf 81°12'N durchgeführt wurde. Bei den Untersuchungen mußte die "Polarstern" häufig sehr vorsichtig manövrieren, da die Topographie des Gebietes nicht in den offiziellen Seekarten eingezeichnet ist. Einige Stationen mußten verlegt werden, da die Wassertiefe zu gering war.

In der Nacht vom 14. zum 15. Juni wurde die letzte Station in der Polynya durchgeführt. Der Rückweg gen Osten stellte sich wiederum als äußerst schwierig dar. Ein vergeblicher Versuch nach Osten vorzudringen, mußte aufgegeben werden. Erst nach weiterem Ausweichen Richtung Süden konnte

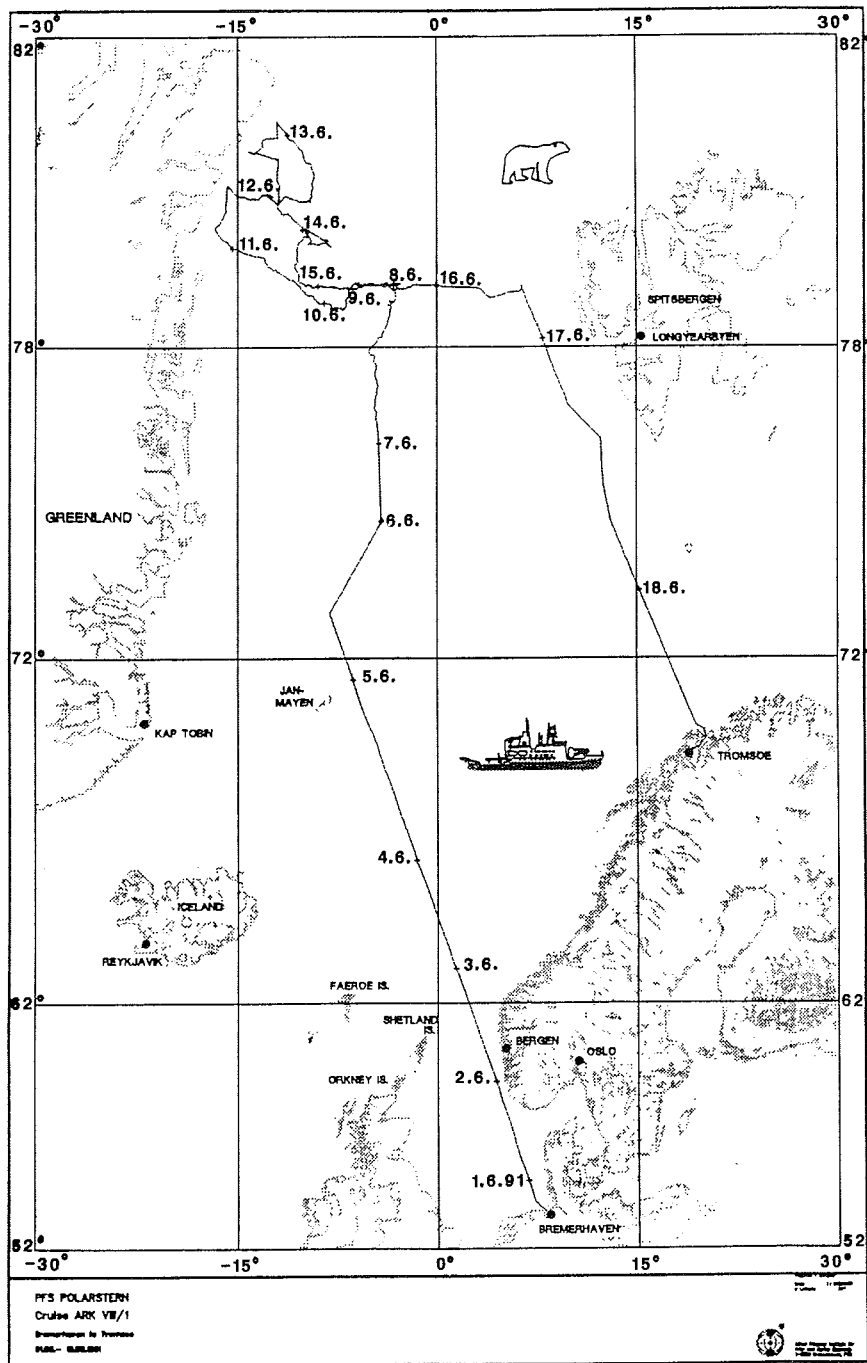


Figure 1. Fahrtroute der Expedition ARK VIII/1, 01.06. - 19.06.1991
 Ship's track of expedition ARK VIII/1

sich die "Polarstern" einen Weg durch das dichte und harte Eis bahnen. Nach erheblichen Schwierigkeiten wurde dann wieder offeneres Wasser erreicht. Am 17. Juni wurde die letzte Verankerung vor Spitsbergen erfolgreich aufgenommen und nochmals letzte Proben genommen.

Am Abend stattete Neptun der "Polarstern" seinen Besuch ab, und die Ungetauften mußten sich einer Reinigung und Taufe unterziehen. Ein gemütliches Beisammensein und Grillen auf dem Achterdeck beendete diesen insgesamt sehr erfolgreichen Fahrtabschnitt, und am 19. Juni morgens wurde pünktlich in Tromsø festgemacht.

Wir möchten uns herzlich bei Kapitän L. Suhrmeyer, den Offizieren und der Mannschaft bedanken, die mit ihrer steten Hilfsbereitschaft und großem Engagement den Erfolg dieser Reise ermöglicht haben und mit deren Hilfe wir in der Lage waren, in so kurzer Zeit dieses große Programm durchzuführen.

ITINERARY

Due to strong winds the cruise started with a short delay at 1.00 in the morning of June 1st. Then "Polarstern" left Bremerhaven with 39 scientists and 42 crew members. In the North Sea, with winds of 6 to 7 Bf it was not only difficult for the participants to stay upright but also the speed of "Polarstern" was less than calculated. However, the equipment could be arranged and tested. On June 4th, in better weather conditions, the first station was performed near the Polar Circle. Temperatures around 0°C and snow gave an impression of the northern latitudes.

In the evening of June 5th the first mooring was recovered, continued by the routine station work. The next day was less successful. A very expensive mooring was not found. From the ship, and additionally by inflatable boat for better locating, the mooring was searched for hours without any success. After more than 12 hours of searching the mooring was given up. Also the next mooring could not be recovered because a large ice floe laid on the same position. After a short discussion the cruise was continued. A Norwegian ship should try to recover this mooring later. Now in the area of the ice edge some polar bears were observed.

On June 8th the first of a series of moorings along 79°N was deployed, some ice cores were drilled and the sampling programme started with CTD probe, water and sediment samples and net tows. Then 3 moorings were deployed at the Greenland slope. During the deployment of one mooring a rope broke so that the upper part stayed on board. This instrument, an ULS (Upward Looking Sonar), was later moored near the same position on the way back to Spitsbergen.

To reach to Northeast Water Polynya off Greenland, which was one of our major interests, became more and more difficult due the heavy ice conditions. Time-consuming large detours and repeated ramming were necessary until the southern tip of the polynya was reached. Here an extensive station programme was performed until the northern edge of the polynya was reached at 81°12'N. "Polarstern" had to handle very carefully because the

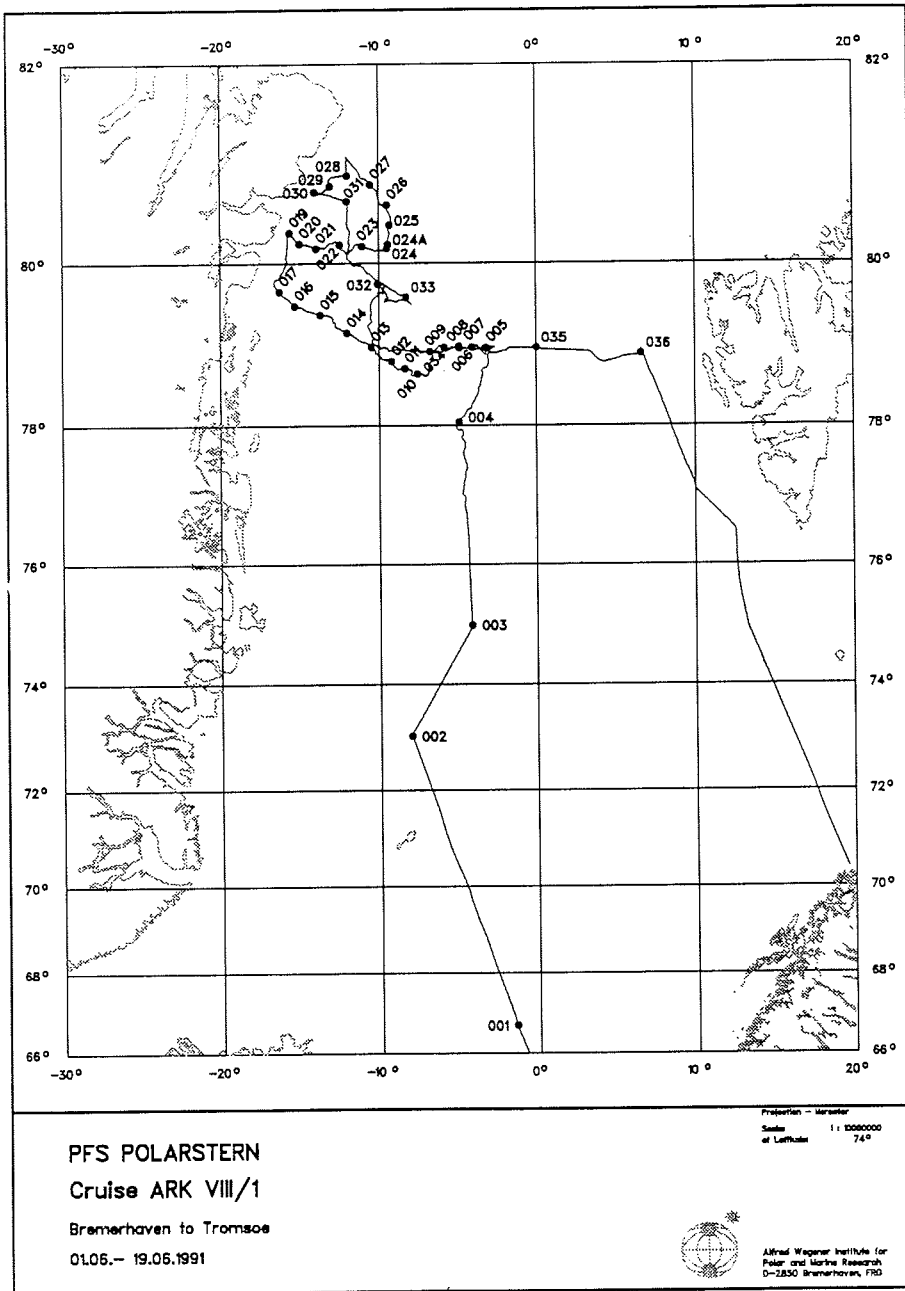


Figure 2. Fahrtroute mit den Stationen während ARK VIII/1
 Ship's track with Stations of ARK VIII/1

topography of this area is mostly unknown. Therefore some positions of stations had to be changed.

In the night of June 14th to 15th the last station work was performed in the polynya. The return to the east was again very difficult. The first effort had to give up because of the heavy ice conditions. Thus, we first had to go south until it was possible to break through the ice barrier along the Greenland coast towards Spitsbergen. After reaching the ice edge on June 17th the last mooring could be recovered near Spitsbergen and last samples were taken.

In the evening Neptun visited "Polarstern". The baptism for crossing the Polar Circle took place and this successful cruise was finished with a barbecue party. On June 19th we arrived in time at Tromsø.

We are grateful to Captain L. Suhrmeyer, his officers and crew for the willing assistance and great engagement which make the large programme in such a short time and the success of this cruise possible.

3 BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN

3.1 Physikalische Ozeanographie

3.1.1 CTD-Messungen

(K. Ohm, J. Gekeler, A. Gorges, A. Maul, J. Sauerland)

Nachdem in den Jahren 1989 und 1990 umfangreiche ozeanographische Untersuchungen im Rahmen des Grönlandseeprojekts durchgeführt wurden, wurden auf diesem Fahrtabschnitt die hydrographischen Messungen insbesondere begleitend zu den anderen Programmen durchgeführt.

Einen Schwerpunkt bildeten die Untersuchungen über die Meßgenauigkeit der CTD-Sonde. Die extrem hohen Anforderungen, die von solchen Geräten in den polaren Gebieten zur Bestimmung von Wassermassen und Austauschprozessen verlangt werden, liegen an der Grenze der heute erzielbaren Meßgenauigkeit.

Bei der Auswertung der Meßergebnisse vergangener Expeditionen konnte auch im nachhinein keine befriedigende Kalibration erreicht werden. Nach Werksüberholung wurde die Sonde im Grönlandseebecken einer sorgfältigen Überprüfung unter Feldbedingungen unterzogen. Das Grönlandseebecken eignet sich besonders für dieses Vorhaben, weil die örtliche und zeitliche Variabilität der Wasserparameter außerordentlich gering ist.

3.1.2 Süßwasserexport des Arktischen Ozeans. Aufnahme und Auslegung von Verankerungen (C. Darnall, U. Drübbisch)

Der Arktische Ozean stellt mit ca. 4900 km³ pro Jahr die zweitgrößte Frischwasserquelle für das Weltmeer dar. Ihre Lage in hohen Breiten macht sie für die globale thermohaline Zirkulation zum entscheidenden Faktor: Veränderungen der Quellstärke führen zu Übergängen in andere - auch stabile - Zirkulationszustände des Atlantiks und entsprechende Klimaveränderungen. Dokumentiert sind bisher Fluktuationen von 20%, die aber nur zur Reduktion der konvektiven Erneuerung im Europäischen Nordmeer geführt haben. Physikalische Begründungen für Fluktuationen im Zeitskalenbereich fehlen.

Durch Verankerung von mehreren Systemen mit Strömungsmessern und ULS (Upward Looking Sonar)-Geräten soll ein mehrjähriges Meßprogramm begonnen werden. Die Verankerungen erfassen Eisdicke, Strömung und Salzgehalt über dem grönländischen Kontinentalabfall bei 79°N. Sie werden in Kombination mit hydrographischen Schnitten entlang der Verankerungslinie und Fernerkundungsdaten zur Eiskonzentration und Eisausdehnung Zeitreihen der Süßwassertransporte liefern.

Verlauf der Verankerungsarbeiten:

Am 05.06.91 wurde zuerst die Verankerung GSP-3C angelaufen und ohne Rückantwort angesprochen. Erst ein Abstellen der Schiffsmaschine brachte ein Ergebnis, das jedoch nur akustisch, aber nicht elektronisch ausgewertet werden konnte. Nach erfolgter "blinder" Auslösung konnte die Verankerung aber geborgen und aufgenommen werden.

Am 06.06.91 wurde die Verankerung 0271 erreicht. Zuerst wurden die Auslöser RT161 sn 872 und 897 nach Bestimmung der exakten Position von 75°00,9'N/04°04,9'W mit dem Enable-Befehl nach Liste angesprochen, ohne jedoch eine Reaktion zu erhalten. Das Abstellen aller Geräuscherzeuger, z.B. Maschine, brachte keine Besserung. Die Suche wurde mit einem Schlauchboot fortgesetzt. Da an einer bestimmten Stelle ein Signal erschien, erfolgte die Auslösung des Release-Befehls auf zwei Geräten. Da keine Rückantwort erfolgte, wurde in einem Gebiet von 9 sm² durch Abfahren eines Grids die Verankerung gesucht. An den Kehrpunkten wurde mit 2 verschiedenen TT-Versionen erneut der Release-Befehl gegeben und FB-Frequenzen abgefragt, ohne jedoch eine Antwort zu bekommen. Der Mittelpunkt dieses Grids war die Auslegeposition. Weiterhin wurde mit Echo-Lot and Parasound gesucht. Nach 10 Stunden wurde die Suche erfolglos abgebrochen.

Nach Weiterführung der Stationsarbeit wurde am 07.06.91 die Verankerung 261/1 um ca. 11:00 GMT angelaufen. Die Eisbeckung mit einer Dicke von ca. 2-2,5 m war jedoch so ungünstig, daß die Verankerung nicht geborgen werden konnte. Es wurde entschieden, die Verankerung zu einem späteren Zeitpunkt von einem anderen Schiff aufnehmen zu lassen.

Am 08.06.91 wurde die Position für die Verankerung A1 erreicht, und das Auslegen erfolgte ohne Probleme. Am folgenden Tag, dem 09.06.91, wurde die Verankerung A2 ausgebracht. Bis zum Ablaufen der letzten Seillänge verlief auch diese Auslegung problemlos, bis der Vorläufer ohne ersichtlichen Grund riß. Dadurch mußte der verbliebende Rest der Verankerung an Bord bleiben. Anschließend wurde am Nachmittag die Verankerung M1 mit Seilkorrektur ausgebracht. Das relativ steile Ansteigen des Meeresbodens machte ein Gegendriften notwendig. Nach erfolgter Absenkung wurde die letzte Position bereits 30 min. später erreicht, wo die Verankerung der M2-Kette problemlos erfolgen konnte.

Am 17.06.91 wurde die Verankerung 162-1 angelaufen. Auch hier konnte bei laufender Maschine die Verankerung nicht geortet werden. Erst nach Abstellen der Maschine wurde ein Signal aus 1600 m Tiefe festgestellt. Nach dem Auslösen konnte die letzte Verankerung zügig geborgen werden. In Tabelle 1 sind die Positionen der Verankerungen zusammengestellt.

Tabelle 1. Positionen und Bemerkungen zu den Verankerungsarbeiten

Bezeichnung	Position	Lottiefe	Bemerkungen
GSP-3C	73°00.00'N 08°04.00'W	2650m	heraus i.O.
0271	75°00.90'N 04°04.90'W	3633m	nicht gefunden
261/1	78°02.44'N 04°46.51'W	1612m	nicht aufgenommen
0162/1	78°54.60'N 06°33.60'E	1750m	heraus i.O.
A1	79°00.00'N 02°30.00'W	2300m	hinein i.O.
A2	79°00.00'N 04°00.00'W	1500m	hinein, Ende abgerissen
M1	79°00.00'N 06°00.00'W	500m	hinein i.O.
M2	79°00.00'N 07°00.00'W	350m	hinein i.O.
A3	79°59.00'N 04°51.00'W	1415m	hinein i.O.

3.1.3 Deployment of ARGOS-Drifters (G. Kattner)

For the SACLANT Undersea Research Centre 9 ARGOS tracked surface drifters of WOCE design were deployed along the south-north way to the ice edge. The objectives are to study aspects of the surface circulation not possible to quantify with hydrographic and current meter data. The drifters were launched inside the deployment carton with help of the crew while the ship was underway. Table 2 gives information of the dates and positions of the deployment.

Table 2. Time and position of drifter deployment

Drifter-No.	Date	Time UTC	Position
1. 114397	5 June	09.45	71°08,8'N 05°55,5'W
2. 14394	5 June	14.23	72°00,0'N 06°47,1'W
3. 8631	6 June	01.55	73°04,4'N 08°04,2'W
4. ???	6 June	06.48	74°00,1'N 06°12,1'W
5. 8630	7 June	07.03	75°30,0'N 04°13,0'W
6. 8635	7 June	10.04	76°05,2'N 04°17,4'W
7. 14401	7 June	13.31	76°45,0'N 04°26,8'W
8. 14392	7 June	17.55	77°19,2'N 04°30,1'W
9. 14399	8 June	00.04	78°02,6'N 04°54,6'W

3.2 Chemische Untersuchungen

3.2.1 Nutrients and organic nitrogenous substances

(U. Hubberten, G. Kattner, B. Kirchhoff, R. Lara, G. Mehtens, M. Stürcken)

The nutrient chemistry programme focussed on two main aspects: a) the dynamics and distribution of nutrients in the Greenland Northeast Water Polynya and b) the composition of the pool of dissolved nitrogenous compounds, with special emphasis on the contribution of humic substances and amino acids to the global dissolved organic nitrogen budget.

Definitions and abbreviations

PW: Polar Water is described by temperatures of less than 0°C and a salinity of less than 34.5.

AIW: Atlantic Intermediate Water ranges in temperature from 0°C to 3°C and in salinity from 34.5 to 34.9.

NEW: Northeast Water.

RAC: Return Atlantic Current.

EGC: East Greenland Current.

3.2.1.1 Nutrient distribution in the NEW Greenland Polynya

(R.J. Lara, G. Kattner)

Experimental

Water samples were taken with the CTD rosette sampler, generally at 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 m and near to the bottom. Nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate were determined with an autoanalyzer system.

Nutrient units are μM . Pigment data were provided by H.-J. Hirche (AWI) and are expressed in $\mu\text{g/L}$. Temperature and salinity data were obtained, processed and provided by the Physical Oceanography Group of the AWI. Salinity was expressed in Practical Salinity Units (PSU).

The data presented here correspond to the following sections from north to south:

Stations 030 to 024: approximately parallel to the coast (Nordostrundingen-Ob Bank) and across the Westwind Trough.

Stations 019 to 024: cover part of the northern end of Norske Trough, Belgica Bank and Westwind Trough.

Stations 017 to 010: this section runs NW across the Belgica Bank, reaching Norske Trough.

Stations 009 to 005: located in the EGC along 79°N , between the 3000 and 300 m isobaths.

Preliminary results and discussion

Temperature and salinity (Figs 3 and 4):

A cold layer is found in the transects covering part of the Westwind Trough, the northern end of Norske Trough and the Belgica Bank. The temperatures are $< -1.5^\circ \text{C}$ reaching about -1.7°C at ~ 50 m. In the Westwind Trough, the layer is between the 33.5 and 32.25 isohalines. This cold layer is 50-75 m thick, lying between 20 and 75 m depth, occasionally extending from the surface to ~ 100 m depth. Warmer lenses are found in the Norske and Westwind Troughs in the first 10 m with temperatures between -0.3 and -1.2°C and with salinities ~ 31.8 . This was also observed by Tunncliffe (1985) and is attributable to summer warming and the influence of continental ice melt.

The PW layer extends in average to 150-200 m depth all over the Belgica Bank and Norske Westwind Trough. At depths > 200 m there is AIW, with positive temperatures reaching 1.02°C at Sta. 017 and a salinity of 34.8. This is in accordance with the characteristics of the AIW inflowing into Belgica Trough, which has $\sim 1^\circ \text{C}$ and 34.9 (Tunncliffe, 1985).

In the Westwind Trough and in the northern Norske Trough, the AIW shows temperatures of 0.3 - 0.5°C and salinities of 34.6-34.8. This cooler and fresher AIW was also found by Tunncliffe (1985) in the Westwind Trough. As explanation, he speculates that the RAC is probably the source of warm ($> 1^\circ \text{C}$), saline water in both troughs and is located ~ 100 km farther seaward to the entrance to Westwind Trough than it is at the entrance to Belgica Trough.

In the section 009-005 considerable temperature and salinity fluctuations can be found as a result of the existence of open water and melting ice. In this region ($79^\circ 12'$) the Polar Front is found at about 20 km from the shelf. The hydrography of the region appears to be strongly influenced by the bathymetry. In the upper 30 m, towards Belgica Bank, salinity shows the increasing influence of ice melt. The 32.5 isohaline deepens from surface at Sta. 005 to approximately 30 m at Sta. 009. In section 017-010 this isohaline deepens further, reaching ~ 70 m at the northern end of Norske Trough. At the

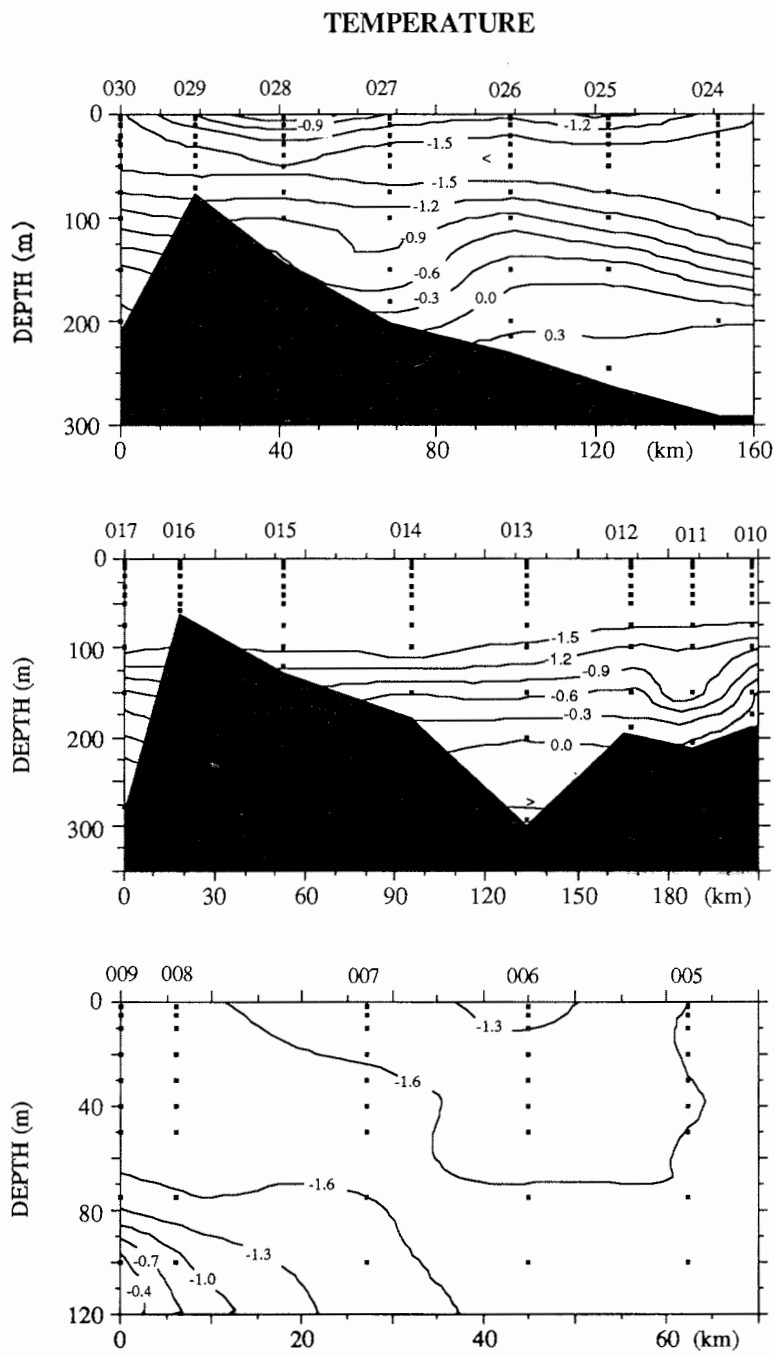


Figure 3: Distribution of temperature ($^{\circ}\text{C}$) in the NEW Polynya

SALINITY

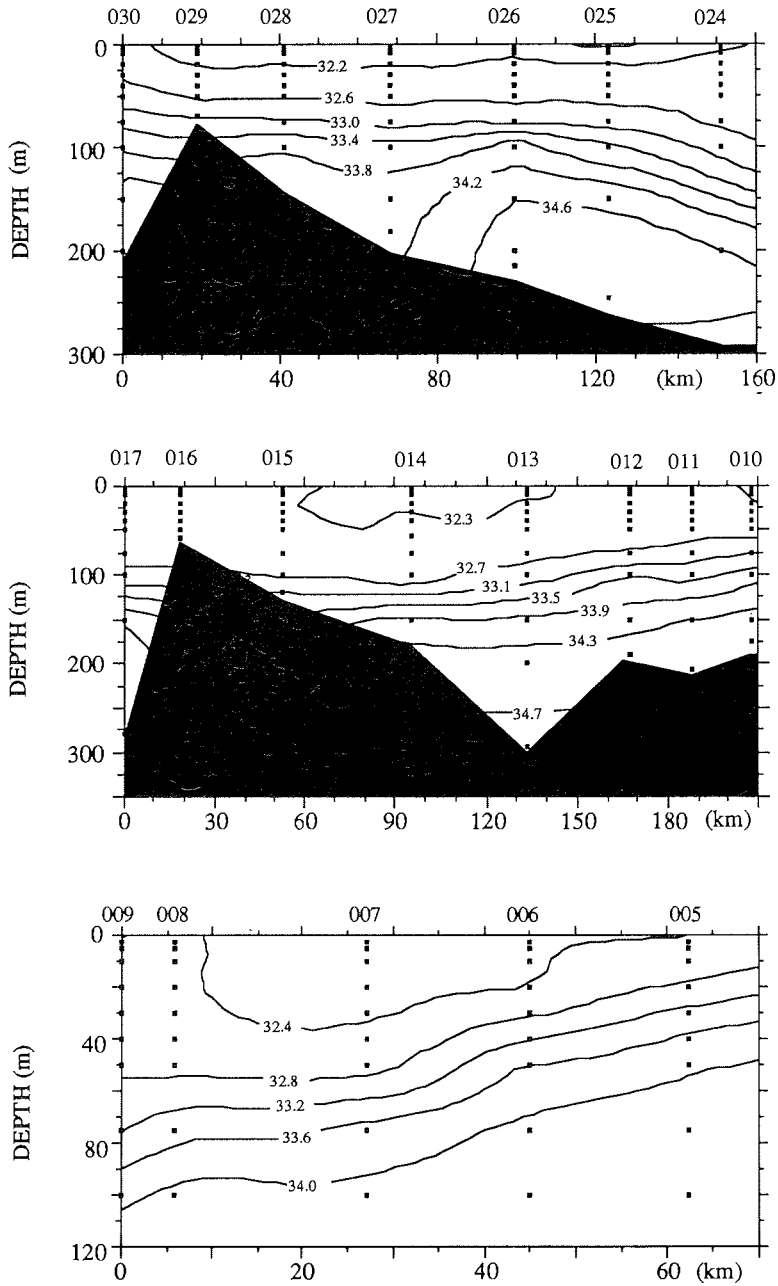


Figure 4: Distribution of salinity (PSU) in the NEW Polynya

surface, temperatures ranged from -1.5 to -1.7 °C. A parcel of warmer water is found at Sta. 006 with -1.18 to -1.24 °C between surface and 20 m depth. At Sta. 009 AIW is already found at 150 m (not shown) with salinity of 34.54 and 0.03 °C, influencing especially the form of isotherms at Sta. 009-008 and 007. At Sta. 007, salinities of 32.28 are found in the first 30 m.

Silicate (Fig. 5):

Silicate will be described first, since some factors influencing the distribution of the other nutrients are particularly marked in this case.

Section 030-024: in the first 100 m depth silicate concentrations show a complex pattern dominated by two features: stations with low values (0.5 - 1 μM) related with two high chlorophyll zones and a core (Sta. 026) with high concentrations located between both high-chlorophyll cores. At the surface silicate is about 8 μM , while at both stations with high chlorophyll (about 20-30 km from Sta. 026), the values decrease to almost zero. The central part of this core has a maximum of ~14.5 μM at 50 m depth, overlying the isohaline of 33. This core seems to extend from surface to 80-100 m depth with a width of about 30 km. Jones et al. (1992) found in this region a nutrient maximum associated with a high-speed, jet-like structure of the outflow of the near surface Arctic Ocean waters in the upper halocline at a salinity of 33.1. Its origin was ascribed to shelf processes in the Chukchi-East Siberian Sea region. The form of the section and the global circulation pattern of the area indicate that the width should be taken only as a rough estimation, since the section may be tangential to the main jet. Below this high silicate core, the distribution of the concentrations does not follow any obvious pattern, neither in the PW nor in the AIW, with values of 8-9 μM . Sta. 030 is quite homogeneous from surface to 200 m, with most values around 8.5 μM .

Section 019-024: in the surface, concentrations between 5-6.8 μM are observed, tending to lower values towards Sta. 024, where chlorophyll is increased. From ~100 m and deeper, silicate is about 9 μM . No obvious patterns in the silicate distribution are observed, increasing more or less regularly from the surface to the bottom. The high-silicate core observed in section 024-030 is not present here, indicating that the jet does not take a southwest direction to the internal part of the polynya, but presumably south over the Belgica bank or southeast, returning to the EGC.

Section 017-010: a core with high silicate concentrations is again found, with its centre at Sta. 011 at a depth of ~50 m and a maximum value of 13.5 μM . The base of the jet lays also above the 33 isohaline. The silicate distribution at Sta. 012, 013 and 014 is influenced by phytoplanktonic uptake, as suggested by the chlorophyll data. In deeper layers, in the AIW, concentrations of 11 μM are found at Sta. 013 at ~280 m and of 8.7 μM in the Norske Trough at approximately the same depth. Slight differences in the composition of AIW were also reflected by the salinity at the same locations with 34.66 and 34.80, respectively.

SILICATE

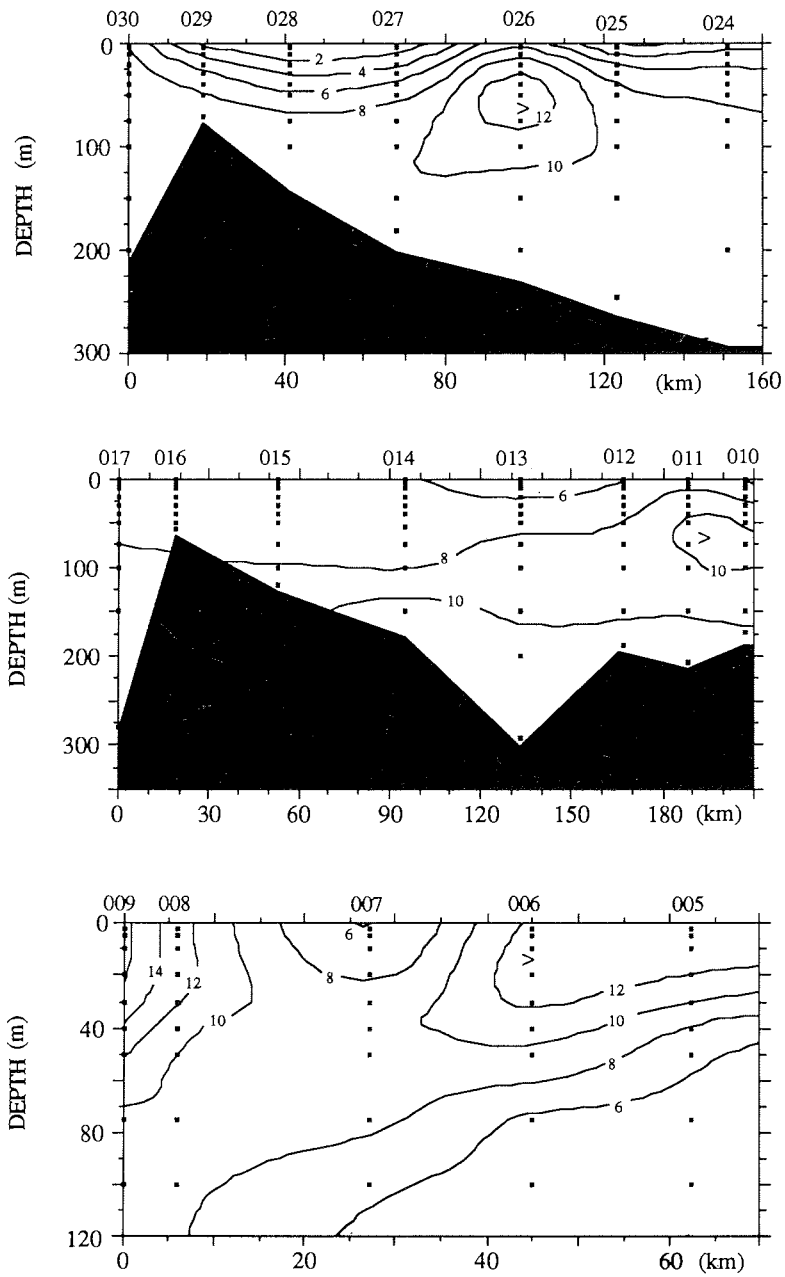


Figure 5: Distribution of silicate (μM) in the NEW Polynya

Section 009-005: the jet with high silicate values extends from Sta. 005 to 006, where the highest concentrations occur in the first 20 m. Gascard et al. (1988) and Jones et al. (1992) describe a narrow jet-like structure about 25km wide at 79°N, located above the continental slope between the 1000 m and 2000 m isobaths. This coincides with the position of the high-silicate core, situated above the 33 isohaline. At Sta. 007, between surface and 20 m, concentrations are about 6 μM . Chlorophyll is low there, about 0.4 $\mu\text{g/L}$, and at 30 m there are phaeopigment values of $\sim 0.4 \mu\text{g/L}$, which might indicate previous phytoplanktonic activity and hence explain the lower silicate at the surface. At this location there are also lower salinities (32.28 at the surface). The reason is probably ice melt, providing then an ice-free zone resulting in higher light intensities for phytoplankton growth and hence in lower silicate values.

At Sta. 009 and 008, a second silicate maximum is found with $\sim 16.5 \mu\text{M}$ at Sta. 009 between surface and 20 m. This core lays also above the 33 isohaline. The shape of the isolines suggests that this core, if symmetrical, might extend 10-12 km westwards, having then a width of about 25 km.

One can postulate two scenarios to interpret the nutrient structure of this section with the two high-silicate cores:

- the two cores correspond to two filaments of the jet laying above the 33 isohaline.

- the whole water column above the 33 isohaline is jet and the two "cores" are just an artefact produced by the lower concentrations between the cores as result of a previous phytoplankton bloom.

The first hypothesis is probably correct. Tunnicliffe (1985) showed the existence of two jet filaments at 78° 48' N and found that at 77° N the high speed jet is broken into several filaments.

Phosphate (Fig. 6):

since the high silicate concentrations in the jet are associated with high phosphate values, basically the same observations can be done for both nutrients.

Section 030-024: a high-concentration core is also present at Sta. 026 with concentrations of 1.35 μM from 20 to 75 m. Also the influence of phytoplanktonic uptake at the sides of the core can be clearly seen. Similarly as for silicate, Sta. 030 shows homogeneous phosphate values around 0.95 μM from the surface to 200 m. Interestingly, Sta. 029 shows high values ($\sim 1.2 \mu\text{M}$) at a depth of 50 m, approximately the same as in the core.

Section 019-024: no high-phosphate core is observed in this section. The concentrations are mostly in the range 0.9-1 μM with some lower values (0.7-0.8 μM) at the surface towards Sta. 024. To the eastern end of the section the lower values are probably due to the relatively high chlorophyll values. Also at Sta. 021, the whole water column shows values between 0.73-0.80 μM . However, chlorophyll and also the phaeopigments are low, excluding the possibility of a previous bloom as explanation.

PHOSPHATE

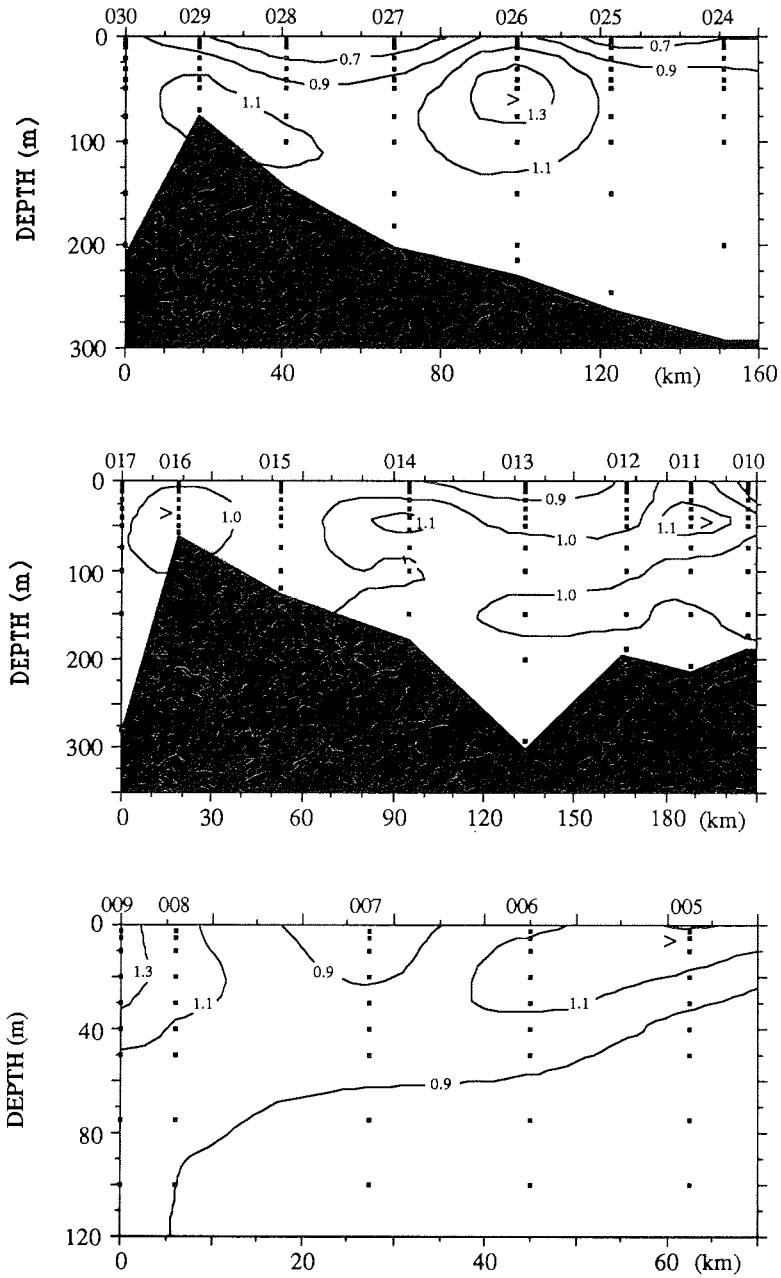


Figure 6: Distribution of phosphate (μM) in the NEW polynya

Section 017-010: the concentrations vary between 0.8 and 1.3 μM . The highest values are associated with the jet at Sta. 011 and the surface distribution seems to be influenced by phytoplankton according to chlorophyll distribution.

Section 009-005: phosphate shows a similar distribution as silicate, with high-concentration cores and lower values (0.8 μM) between the cores. At Sta. 009 and 005, values of about 1.3-1.4 μM are found at the surface. The phosphate isoline of 1 μM follows approximately the 33 isohaline, dividing the section into the regions influenced by the jet and the deeper waters.

Nitrate (Fig. 7):

Section 030-024: at Sta. 030 also nitrate is homogeneously distributed from the surface down to about 150 m with concentrations in the range of 8.5 - 9.5 μM (generally $>9 \mu\text{M}$). The reason for this is not clear. At the other stations nitrate is almost zero at the surface except at Sta. 029 and 026. At Sta. 026 the influence of the Arctic outflow jet can be seen, although not as clear as for silicate and phosphate, just the isolines slightly domed towards the surface. In the AIW values are 12.4-13.4 μM .

Section 019-024: in the PW the values decrease from $\sim 11 \mu\text{M}$ at its deeper layers to 0.6-3.0 μM at the surface. Like phosphate and silicate, the surface values decrease slightly towards east because of the high chlorophyll concentrations. In the AIW the concentrations are 13.0-13.7 μM .

Section 017-010: in the AIW (below 160-200 m) the concentrations are between 13.0-13.8 μM . Towards the surface the concentrations decrease in the PW, reaching 0.65 μM at Sta. 013, where a surface chlorophyll maximum with 1.86 $\mu\text{g/L}$ is found. Between Sta. 010 and 012, the influence of the jet can be seen at the course of the isolines. Typical values in the jet's core are 6-7 μM .

Section 009-005: like in other sections where the jet is present, its influence on the nitrate distribution is not as marked as on silicate or phosphate. Also no closed-isolines core is observed. Taking the contours of the silicate core as reference, nitrate values of 6-7 μM seem to be typical for the jet. The isolines of 7 to 10 μM have a similar distribution as salinity. At Sta. 007 a minimum value of 1.8 μM was measured at the surface. The shape and limits of these lower-nitrate isolines coincide approximately with those of low salinity, silicate and phosphate, as already discussed for silicate.

Ammonium:

Sections 030-024 and 019-024: ammonium values are between 0-0.1 μM at all stations and depths without any obvious tendency. For section 009-005 no data are available.

Section 017-010: relatively high values coincide with high chlorophyll. The distribution of ammonium is inverted with respect to nitrate. That means that there is a positive gradient towards the surface, with a maximum at Sta. 013.

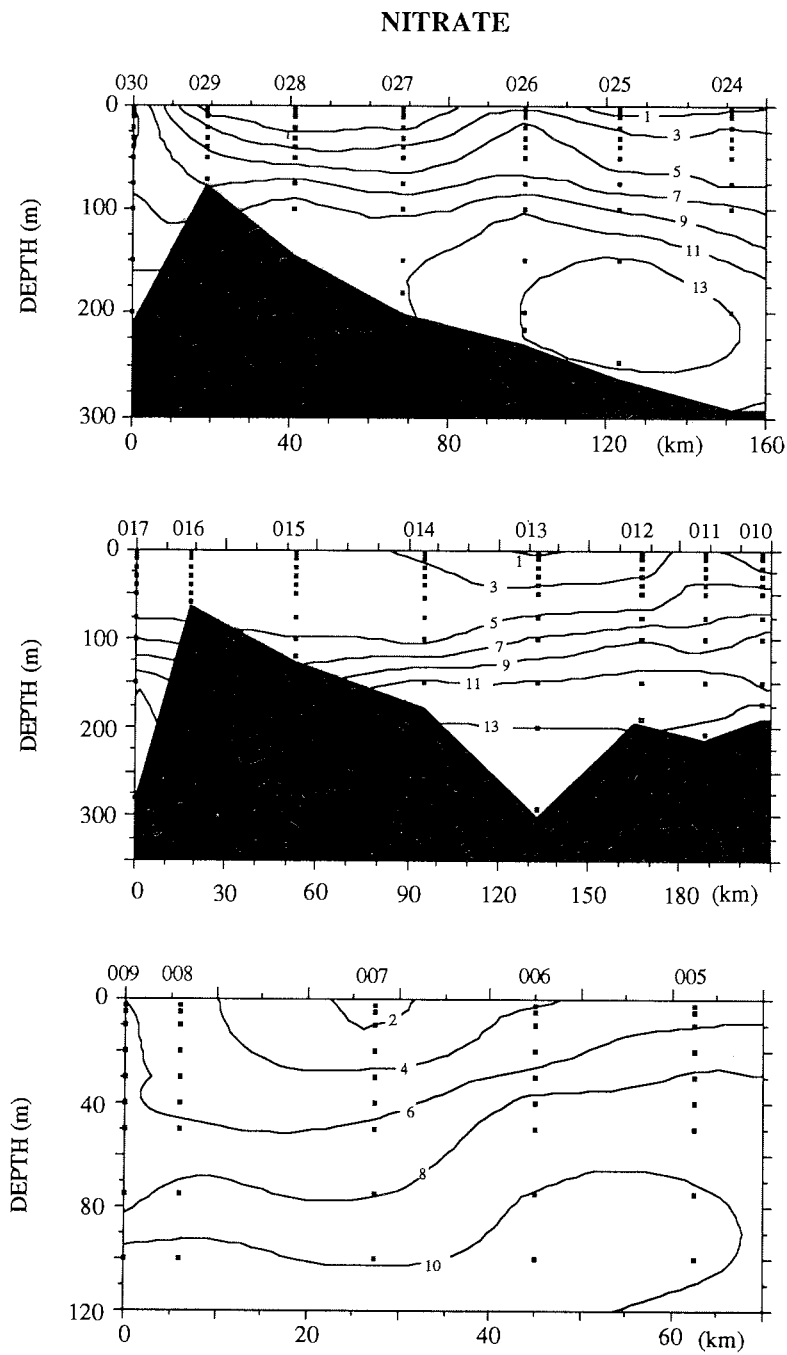


Figure 7: Distribution of nitrate (μM) in the NEW Polynya

This could be due to ammonium excretion by zooplankton grazing on phytoplankton or heterotrophic activity. This assumption is supported by the higher phaeopigment values relative to chlorophyll.

Chlorophyll (Fig. 8):

Section 030-024: two chlorophyll maxima are found at ~10 m (Sta. 025) and at ~30 m (Sta. 028) with concentrations of 1.6 and 2.8 $\mu\text{g/L}$, respectively. Both are situated in the cold layer under "warm lenses" which is possibly related with a lower ice coverage.

Section 019-024: from Sta. 022 to 024 (57 km) values between 0.5-1.6 $\mu\text{g/L}$ are found in the upper 20-40 m. Maximum values of around 1.6 $\mu\text{g/L}$ are observed at 0-5 m at Sta. 024 and 1.3 $\mu\text{g/L}$ at Sta. 023 between 10-20 m.

Section 017-010: westward from the jet, a zone with relatively high chlorophyll is found, extending from Sta. 012 at the jet's boundary to approximately the middle of Belgica Bank (Sta. 014). The maximum is found at Sta. 013 (1.86 $\mu\text{g/L}$). In the other part of the section chlorophyll is almost zero.

Section 009-005: at Sta. 007 low values (~0.4 $\mu\text{g/L}$) are observed, together with low nutrients and high phaeopigments (~0.4 $\mu\text{g/L}$) at 20-30 m, suggesting a previous bloom. At Sta. 006 chlorophyll is higher (0.9 $\mu\text{g/L}$) but nutrients do not seem to be greatly influenced by phytoplanktonic uptake. These facts and the distribution of chlorophyll and phaeopigment suggest a displacement of the bloom to the east of the section. The chlorophyll maximum coincides with a temperature maximum (-1.3°C), and a nutrient minimum (and phaeopigment maximum) with a salinity minimum. Hence, these facts must be analyzed together with data of ice cover.

Conclusions

The presence of AIW was observed at depths >170-200 m on the Belgica Bank and in the trough system. At the section in the EGC, AIW was already found at 150 m. At all sections PW is found above the AIW and, at some stations, a core with high nutrient concentrations was observed in the PW. These high values coincide in position and characteristics with the high-speed, jet-like structure of the outflow of the near surface Arctic Ocean waters in the EGC. This core seems to be 25-30 km wide, lays above the 33 isohaline and can appear splitted into filaments. (Tunnicliffe, 1985; Bourke et al., 1987; Jones et al., 1992; this work).

In this cruise the following values were found to be representative of the nutrient situation in the different water masses of the polynya:

- Silicate values in the PW of 3-7 μM with a minimum of 0.5 μM were found at surface, increasing to less than 9 μM in the deeper layers and to 13.0 to 16.8 μM in the jet's core. Typical values for AIW were 9 to sometimes 11 μM .
- Concentrations of phosphate in PW are generally <1 μM with minimum of 0.6 μM . In the jet they are about 1.3-1.4 μM . The AIW shows values ~1 μM .

CHLOROPHYLL

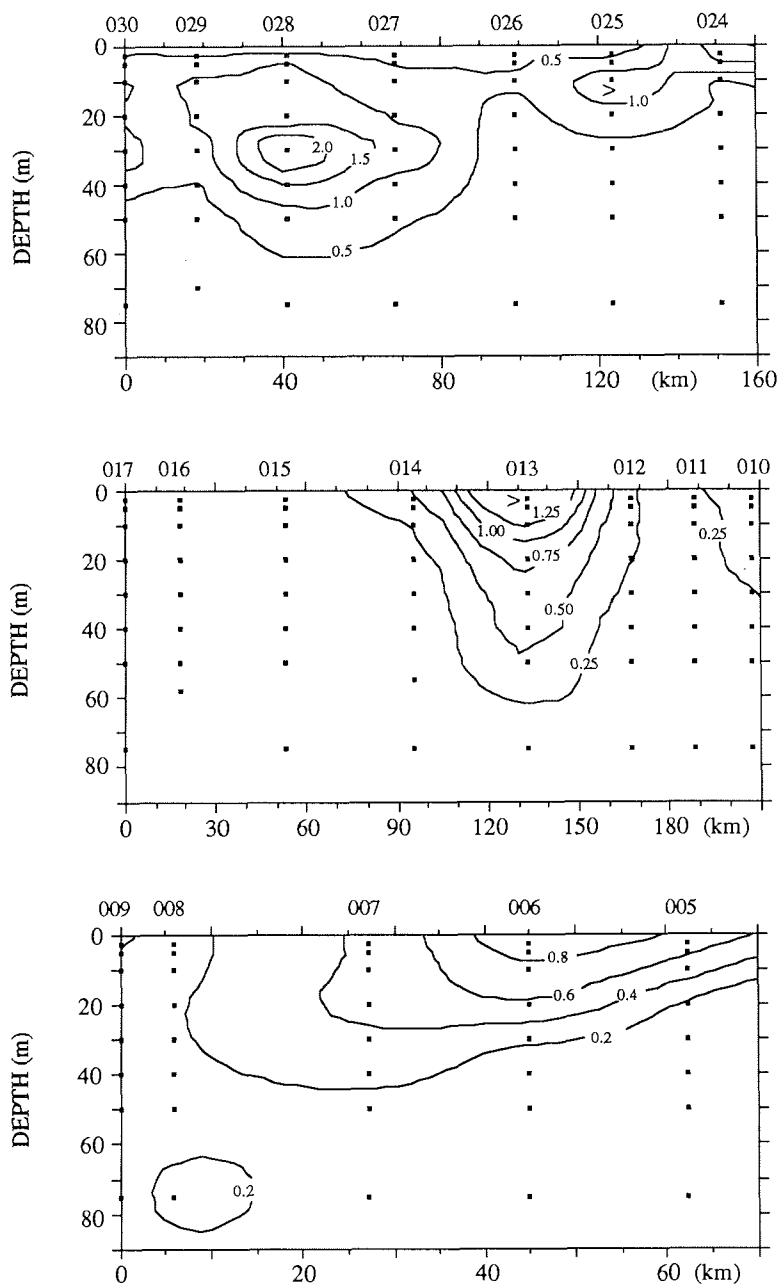


Figure 8: Distribution of chlorophyll a (µg/L) in the NEW Polynya

- In PW the nitrate concentrations can range from 0.6-3 μM at the surface, reaching zero at the stations with higher phytoplanktonic activity, to 11 μM in deep layers. Usual values in the jet's core seem to be 6-7 μM . In the AIW the values reach between 12.4 - 13.8 μM .
- Ammonium concentrations were between 0-0.1 μM at several stations and did not show any relevant features except at section 017-010 where the relatively high values and its relation with nitrate and pigments suggest regeneration by zooplankton and/or bacteria.

A point of interest for future research is the relevance of the high-nutrient jet for the primary production in the Northeast Water Polynya. Relatively high chlorophyll concentrations were found near the jet but not necessarily in or above it. One could speculate that the reason might be the instability of the water column unfavourably affecting the phytoplankton growth. Nonetheless, at Sta. 006, above what seems to be one of the jet's filaments, chlorophyll values of ~ 0.9 mg/L are found. A factor that may be relevant in this context is the depth of maximum speed of the jet. Tunncliffe (1985) reported that maximum values were normally at the surface but also at 15-20 m below it.

Another open question is whether the surface anticyclonic circulation over the Belgica Bank and trough system transports nutrients from the jet into the polynya. The chlorophyll values at section 017-010 suggest that, if this actually occurs, the "fertilizing" effect of the jet might extend well into the region overlying the Belgica Bank. On the other hand, Jones et al. (1992) describes the jet as having little dissipation of its features. Thus, the possibility that jet nutrients are advected into the polynya remains speculative until more complete information is available.

References

- Bourke, R. H., Newton, J. L., Paquette, R. G. and Tunncliffe, M. D., 1987. Circulation and Water Masses of the East Greenland Shelf. *J. Geophys. Res.*, 92, 6729-6740.
- Gascard, J.-C., Kergomard, C., Jeanin, P. -F. and Fily, M., 1988. Diagnostic study of the Fram Strait marginal ice zone during summer from 1983 and 1984 Marginal Ice Zone Experiment Lagrangian observations, *J. Geophys. Res.* 93, 3613-3641.
- Jones, E. P., Anderson, L. G., Koltermann, K. P. and Kattner, G., 1992. Tracing upper Arctic Ocean waters through Fram Strait. *J. Geophys. Res.* (submitted).
- Tunncliffe, M. D., 1985. An investigation of the waters of the East Greenland Current. (Thesis, NPS 68-85-025). Naval Postgraduate School, Monterey, California, U.S.A.

3.2.1.2 Dissolved nitrogen and humic substances (R.J. Lara, U. Hubberten, G. Kattner)

Introduction

The role of dissolved organic matter (DOM) in the marine nutrient and carbon cycles has received increasing attention in the last years. However, the chemical composition of DOM in seawater is still largely unknown.

The DOM content and its major components, dissolved organic carbon (DOC) and nitrogen (DON), of the Polar Ocean is of interest in the discussion of global CO₂ flux because of the reduced primary production of this mainly ice covered region (Smith et al., 1991). In contrast, however, marginal ice zones (e. g. in the Greenland Sea) can be areas of greatly enhanced production (Smith et al., 1985, Spies et al., 1988, Smith and Kattner, 1989). This part of the Polar Sea is also known to be a region of deep-water formation (Carmack and Aagaard, 1973, Aagaard et al., 1985, Rudels, 1987) which may transport material produced in the euphotic zone into the deep ocean. The understanding of these complex processes is further complicated by the scarcity of data about DOM dynamics in high latitudes.

In the Greenland Sea only about 25% of DON is known to be mainly in the form of combined or free amino acids (Kattner and Becker, 1991). It is still unclear to what extent phytoplankton can utilize DON and which portion of it is readily remineralized or relatively inert. The concept of refractory compounds has usually been related in aquatic sciences to humic substances (HS), considered to be the final, more or less inert, products of the degradation of organic material. To our knowledge, there are no available data from direct measurements of DON in HS extracts obtained from seawater in high latitudes.

The main aim of this investigation was to characterize the major portions of DON in seawater from the Greenland Sea. This was achieved by analysis of DOM fractions obtained by the usual methods used for extraction of aquatic HS. Recent investigations on DON composition have been carried out in this Arctic region (Kattner and Becker, 1991), which offers the opportunity to study the DOM in water masses of various origin. Water on the Greenland Shelf originating from the Polar Ocean can be compared with Atlantic water and deep water from more than 1000 m depth. The contribution of terrigenous DOM is probably small and anthropogenic sources can be excluded.

Experimental

Five samples per station were processed on board immediately after collection. Usually, four samples were taken in the first 100 m and one near the bottom. The stations cover a range of depths from 3650 m (Station 001) to 102 m (Station 023)

The determination of inorganic nitrogenous nutrients was performed immediately after sampling using an autoanalyzer system. For the

determination of DON, the wet oxidation technique of Koroleff (1977, 1983) was used. DON was calculated as the difference between dissolved inorganic nitrogen (DIN = nitrate + nitrite + ammonium) before, and nitrate + nitrite after digestion. For testing the wet oxidation method the determination of total nitrogen of a concentrated HS extract was also performed with an elemental CN Analyzer (Carlo Erba 1500).

For the extraction of the HS, XAD-2 resin (Serva, particle size 0.3-1 mm) was used. 15 ml of resin was packed in a liquid chromatography column (1 cm internal diameter, 30 cm length). Before extraction of HS, seawater samples were filtered through precombusted glass-fibre filters (Whatman GF/C, 450°C, 5h). 1000 ml were acidified to pH 2 with HCl (Merck Suprapur). 500 ml of the acidified filtrates were passed through the XAD-2 columns at a flow rate of 0.35 bed volumes/min. Thereafter, the columns were rinsed with 100 ml of 0.01 N HCl to remove salts. The adsorbed substances were eluted at a flow rate of 0.07 bed volumes/min with 100 ml of 0.2 N NaOH followed by 100 ml of methanol. The organic matter eluted with base was called hydrophobic acid (HbA). The fraction eluted thereafter with methanol is considered hydrophobic neutral (HbN). The fraction of DOM in the acidified water sample not retained by the column is defined as hydrophylic (Hl) (Kukkonen et al. 1990).

Before and after the passage of the acidified samples through the columns, 100 ml aliquots were taken. These and the basic fractions were brought to pH 8-8.5 and analysed for DON. The methanol fractions were collected in glass ampoules, which were sealed and kept at 4°C until processing later. These methanol extracts were evaporated under vacuum at 40°C to a volume of 200-300 µl which was taken up with 100 ml of 0.2 N NaOH and treated further like the basic eluates.

Results and discussion

DON determination has been the subject of intensive controversy in regard to the analytical conditions providing the best recovery of nitrogen from organic compounds (Williams and Druffel, 1988). It was discussed whether high-temperature catalytic oxidation (HTCO, 680 °C) or wet digestion methods offer the most complete oxidation (Suzuki et al., 1985, Sugimura and Suzuki, 1988). Maita and Yanada (1990) found a close agreement between values obtained with HTCO and persulfate oxidation for seawater samples, humic material and several organic compounds. Walsh (1989) using a high-temperature combustion technique which did not involve a catalyst (HTC, 1110 °C), stated that in the case of natural seawater the HTC, UV and persulfate wet oxidation methods are directly comparable. In this study the wet oxidation method (Koroleff, 1977, 1983) was used, since tests performed showed it to be an efficient method for the measurement of DON from dissolved marine humic material.

The concentrations of DON, DIN, salinity and temperature were measured at 10 stations. Dissolved nitrogen data are summarized in Table 3 and typical profiles of the various nitrogen fractions are shown in Fig. 9. As an overall tendency DIN increased with depth.

At Stations 001 to 011, from the Atlantic Water to the Greenland Shelf of the Fram Strait (depths ranging between 3650 to 210 m) DON concentrations showed a general decrease from about 5 $\mu\text{M N}$ in surface water to approximately 3 $\mu\text{M N}$ at 150-200 m, keeping relatively constant with increasing depth at each station. Near the Greenland coast and in the Northeast Water Polynya (Stations 015 and 021 to 024, depths between 100 and 260 m) DON concentrations were more homogeneously distributed in the water column. The average DON concentration was $4.33 \pm 0.86 \mu\text{M N}$.

Table 3: Summary of dissolved nitrogen data in the Greenland Sea. Concentrations in $\mu\text{mol N/L}$. S.D. : standard deviation.

FRACTION	CONCENTRATION		MEAN % CONTRIB. TO DON	
	Range	Mean \pm S.D.	Range	Mean \pm S.D.
DIN	1.5 - 16	7.36 ± 4.12		
DON	2.5 - 6.3	4.33 ± 0.86		
HI	1.1 - 3.9	2.28 ± 0.74	35 - 68	56 ± 10
HbN	0.7 - 1.5	1.00 ± 0.24	15 - 33	25 ± 7
HbA	0.5 - 1.0	0.77 ± 0.18	15 - 28	19 ± 4

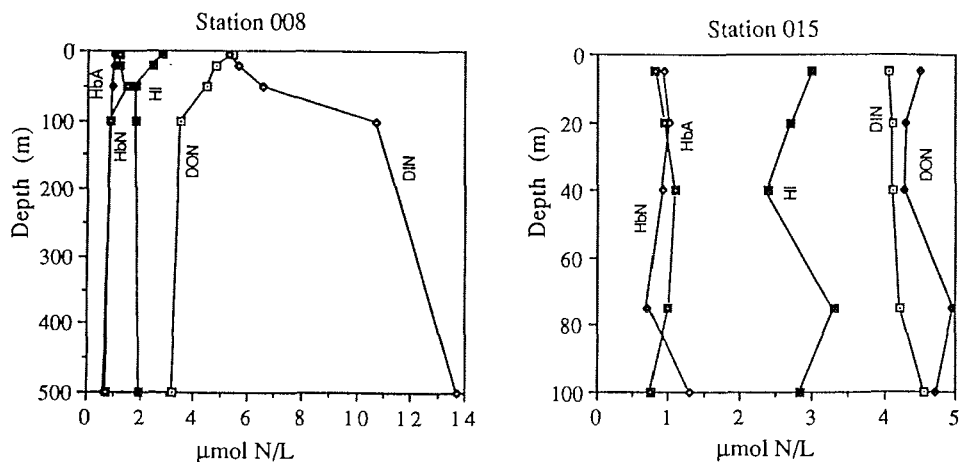


Figure 9: Typical depth profiles of nitrogen fractions in the Greenland Shelf area of Fram Strait (Station 008) and in the NEW polynya (Station 015)

The general trend of the relationship between organic and inorganic nitrogen is shown in (Fig. 10). A linear regression was performed between the DON and DIN contents of all samples, covering a depth range from 5 to 2000 m. A highly significant inverse correlation ($r = -0.75$, $n = 39$, $P < 0.01$) was obtained, with a regression equation $DIN = 22.8 - 3.6 \text{ DON}$. Due to the low contribution of ammonium and nitrite, practically the same results are obtained with nitrate instead of DIN. A similar slope (about -4) was obtained by Maita and Yanada

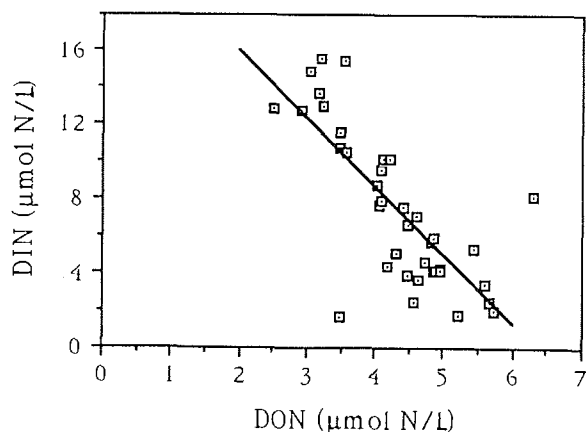


Figure 10: Relationship between total dissolved organic (DON) and inorganic (DIN) nitrogen in seawater samples from the Greenland Sea.

(1990) for the relationship between DON and nitrate for a set of samples taken in the North Pacific Ocean between subtropical to subarctic latitudes ($24^{\circ} 39' \text{ N}$ to 49° N). The similarity of these observations is interesting, although not clear, since in our case sampling was done between $66^{\circ} 43' \text{ N}$ and $80^{\circ} 12' \text{ N}$, with temperatures well below zero at almost all depths, which would imply a different regime of heterotrophic activity. Furthermore, their DON values between $1\text{-}10 \mu\text{M N}$ and nitrate $1\text{-}40 \mu\text{M N}$ cover a much wider range as ours.

More detailed information about the role and distribution of DON could be obtained by fractionation of DOM. This was performed in this investigation with XAD-2, which was chosen because of its low bleed of organic contaminants compared to XAD-8 (Aiken, 1988), and for its equivalent performance for the extraction of HS from seawater.

Before the results from the different DOM fractions are discussed, it must be pointed out that it is difficult to find a common criterion for an operational definition of aquatic HS, since different methods for their elution and different denominations of the extracts are used. For this reason, it was decided to adopt a denomination according to the sorptive characteristics of DOM and their interactions with the resin as described by Kukkonen et al. (1990). The results from the fractionation of DOM are summarized in Table 3 with the

average contribution of each fraction to total DON from all samples. An example of the percentage distribution of dissolved nitrogenous components in the Polar Water at a surface and a deep layer is shown in Fig. 11.

The relationship between total DON and the nitrogen content of humic material might give an indication of the refractory character of these substances. Depending on the criteria adopted for the elution and definition of

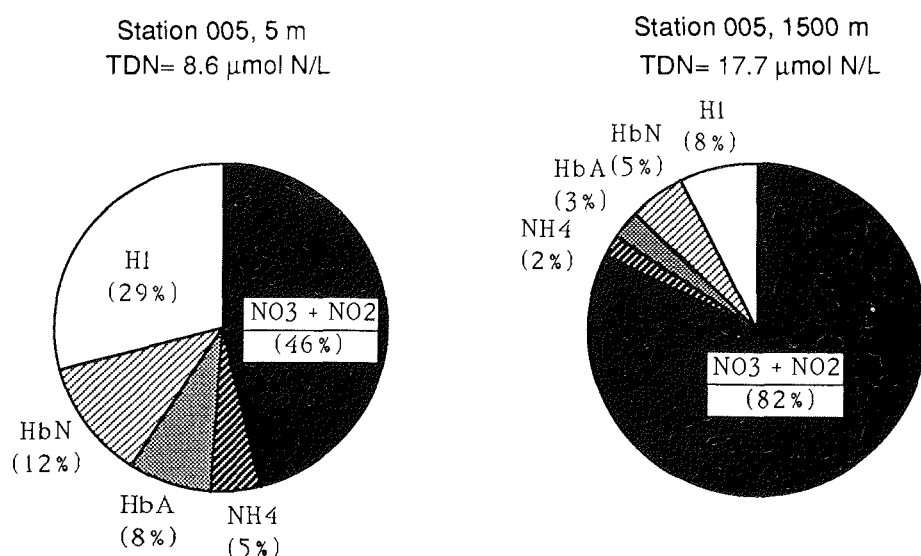


Figure 11: Percentage distribution of dissolved nitrogenous compounds in the Polar Water, Station 005, at 5 and 1500m. TDN = total dissolved nitrogen, NO3+NO2 = nitrate + nitrite, NH4 = ammonium, HbA = hydrophobic acid fraction, HbN = hydrophobic neutral fraction, HI = hydrophilic fraction.

HS, different results can be obtained. Our data from the fractionation of DOM were processed in different ways in order to simulate two usual methods of treatment of the adsorbed material and thus compare the results for each case. In one of them, the basic and alcoholic eluates are combined, which was reproduced by summation of the nitrogen contents of the HbA and HbN fractions. The results were correlated with total DON, obtaining a low correlation ($r= 0.327$, $n= 29$, $P<0.1$), which does not actually give clear information about the relationship between both variables.

When both hydrophobic fractions are considered separately, the following results are obtained: the HbN fraction showed nitrogen contents between 0.7-1.5 µM N with a mean value of 1.00 ± 0.24 µM N. These values represent a contribution to DON between 15-33% (mean 25%). No significant correlation

between the nitrogen concentration of HbN and DON was observed ($r = 0.114$, $n = 35$) (Fig. 12). This fact must be taken into account when analysing the percent contribution of HbN to DON, since its variation just reflects the variations of DON.

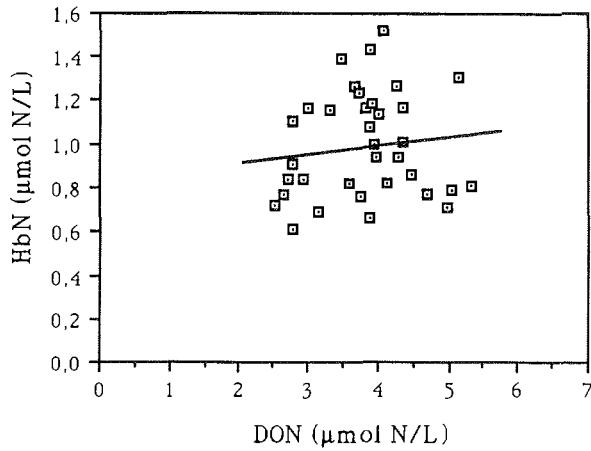


Figure 12: Relationship between total dissolved organic nitrogen (DON) and the nitrogen content of the hydrophobic neutral fraction (HbN).

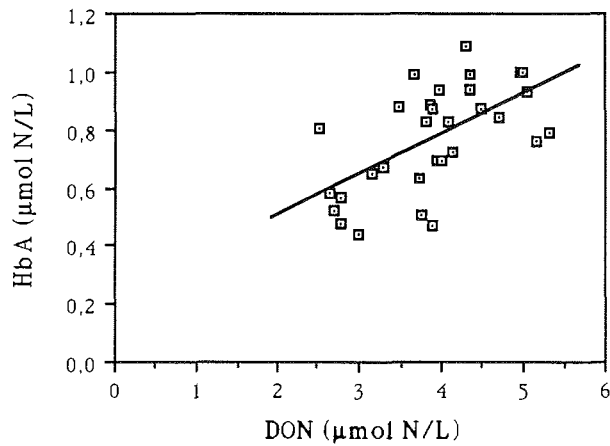


Figure 13: Relationship between total dissolved organic nitrogen (DON) and the nitrogen content of the hydrophobic acid fraction (HbA).

Concentrations of organic nitrogen in the HbA fraction were in the range of 0.5-1 $\mu\text{M N}$ with a mean value of $0.77 \pm 0.18 \mu\text{M N}$. This fraction represents a percentage of total DON between 15 and 28% (mean 19%). No obvious relationships were observed between HbA nitrogen concentrations and variables such as sampling or station depth, geographic position or nutrients. A significant correlation ($r = 0.598$, $n = 31$, $P < 0.01$) was observed between HbA and total DON (Fig. 13). This could be relevant for the dynamics of DON remineralization and the possible transition of a portion of the organic matter from labile to biologically resistant. Following the same criterion as for HbA and HbN, further fractionation of HbA might show the existence of subfractions having different correlations with total DON. This could give information relevant for the dynamics of DON remineralization and the possible transition of a portion of organic matter from labile to biologically resistant.

The highest proportion of organic nitrogen was associated with substances not retained by the resin (Hl fraction). In average, this hydrophylic part of DOM made up to about 56% of total DON. The concentrations ranged from 1.13 to 3.99 $\mu\text{M N}$, mean = 2.28 ± 0.74 .

Kattner and Becker (1991) characterized DON in the same region near Station 005 by measuring total free and combined amino acids and urea and found that 64% of DON in the surface and 93% in the deep sea remained unidentified. They assumed that a portion of DON could be inert and evenly distributed throughout the water column. The results obtained in this study might support this assumption, since the HbN fraction does not show any significant correlation with total DON. If the DON fractions of both studies are simply summed, a considerable part of DON would be chemically characterized. However, this assumption does not consider a possible partial overlapping of substance classes, which would lead to an overestimation of the amount of characterized DON. Recent studies in our laboratory showed the presence of different amounts of amino acids in the three DON fractions.

Conclusions

The results obtained for DIN and DON in the Greenland Sea show a highly significant inverse correlation ($r = -0.75$). The slope of the regression equation (-3.6) is quite similar to that obtained by Maita and Yanada (1990) in temperate waters of the North Pacific Ocean. These observations should be confirmed by sampling in regions with different ranges of DON and nutrient concentrations and other temperature regimes which could influence auto- and heterotrophic activity. This might be relevant for a global appraisal of the interconversion between inorganic and organic forms of nitrogen in the ocean.

The same can be said for the relationship between total DON and the N contents of the fractions HbA and HbN, which were on average 19 and 25% of DON, respectively. The fractionation of DOM with XAD-2 showed that by the combination of basic and alcoholic eluates, interesting information may be lost, since according to our results HbA shows a higher correlation with DON than the pooled data and the HbN fraction appears to be independent of total

DON. The HI fraction represented a mean contribution to DON of 56%. Further fractionation of HbN and HbA could give additional information for the understanding of nitrogen dynamics in aquatic systems.

References

- Aagaard, K., Swift, J. H., and Carmack, E. C., 1985. Thermohaline circulation in the Arctic Mediterranean Seas. *J. Geophys. Res.*, 90: 4833-4846.
- Aiken, G. R., 1988. A critical evaluation of the use of macroporous resins for the isolation of aquatic humic substances. In: Frimmel, F. H. and Christman, R. F. (Editors), *Humic Substances and their Role in the Environment*, J. Wiley & Sons, pp. 15-28.
- Carmack, E. and Aagaard, K., 1973. On the deep water of the Greenland Sea. *Deep Sea Res.*, 20: 687-715.
- Kattner, G. and Becker, H., 1991. Nutrients and organic nitrogenous compounds in the marginal ice zone of the Fram Strait. *J. Mar. Syst.*, 2: 385-394.
- Koroleff, F., 1977. In: K. Grasshoff, K. Kremling, M. Erhardt and C. Osterroth (Editors), *Report Baltic Intercal. Workshop, Annex. Compiler, Kiel*, pp. 29-31.
- Koroleff, F., 1983. Total and organic nitrogen. In: K. Grasshoff, M. Ehrhardt and K. Kremling (Editors). *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, pp. 162-173.
- Kukkonen, J., McCarthy, J. F., and Oikari, A., 1990. Effects of XAD-8 fractions of dissolved organic carbon on the sorption and bioavailability of organic micropollutants. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 19: 551-557.
- Maita, Y. and Yanada, M., 1990. Vertical distribution of total dissolved nitrogen and dissolved organic nitrogen in seawater. *Geochem. J.*, 24: 245-254.
- Rudels, B., 1987. On the mass balance of the Polar Ocean, with special emphasis on the Fram Strait. *Nor. Polarinst. Skr.*, 188: 1-53.
- Smith, S. L., Smith, W. O. Jr., Codispoti, L. A. and Wilson, D. L., 1985. Biological observations in the marginal ice zone of the East Greenland Sea. *J. Mar. Res.*, 43: 693-717.
- Smith, W. O. Jr. and Kattner, G., 1989. Inorganic nitrogen uptake by phytoplankton in the marginal ice zone of the Fram Strait. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 188: 90-97.
- Smith, W. O. Jr., Brightman, R. I. and Booth, B.C., 1991. Phytoplankton biomass and photosynthetic response during the winter-spring transition in the Fram Strait. *J. Geophys. Res.*, 96: 4549-4554.

- Spies, A., Brockmann, U. H. and Kattner, G., 1988. Nutrient regimes in the marginal ice zone of the Greenland Sea in summer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 47: 195-204.
- Sugimura Y. and Suzuki, Y., 1988. A high-temperature catalytic oxidation method for the determination of non-volatile dissolved organic carbon in seawater by direct injection of a liquid sample. *Mar. Chem.*, 24: 105-131.
- Suzuki, Y., Sugimura, Y and Itoh, T., 1985. A catalytic oxidation method for the determination of total nitrogen dissolved in seawater. *Mar. Chem.*, 16: 83-97.
- Walsh, T. W., 1989. Total dissolved nitrogen in seawater: a new high-temperature combustion method and a comparison with photo-oxidation. *Mar. Chem.*, 26: 295-311.
- Williams, P. M. and Druffel, E. R. M., 1988. Dissolved organic matter in the ocean: comments on a controversy. *Oceanogr. Mag.*, 1: 14-17.

3.2.2 **Umsatz von Lipiden im herbivoren Zooplankton mit Hilfe von Fettsäure- und ¹⁴C-Markern** (M. Graeve)

Durch Umstellung des Nahrungsangebots der Zooplankter mit Hilfe von Hälterungsexperimenten sollte die Anreicherung bestimmter Markerlipide im Fettsäuremuster dominanter Copepodenarten der Arktis in Abhängigkeit von der Zeit untersucht werden. Dazu wurden während der Fahrt insgesamt 8 Hälterungsexperimente mit *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* und *C. hyperboreus* angesetzt. Die Copepoden wurden von dem regionalen Nahrungsangebot auf solche Futteralgen umgestellt, deren Fettsäuremarker nicht in dem Fettsäuremuster der Copepoden vorhanden waren. Als Futteralgen dienten Reinkulturen verschiedener Phytoplanktonarten. Die Zeitdauer der Versuchsreihen lag zwischen 18 und 54 Tagen (sie wurden auf dem Fahrtabschnitt ARK VIII/2 fortgesetzt).

Eine wichtige Voraussetzung für solche Fütterungsexperimente ist die genaue Bestimmung sowohl des Fettsäuremusters der Copepoden, als auch das des regionalen Phytoplanktons zum Zeitpunkt der Probenahme. Die erforderlichen Lipidanalysen wurden direkt an Bord von "Polarstern" mit Hilfe der Gaschromatographie durchgeführt. Für die Experimente wurden ca. 800 Copepoden, hauptsächlich *Calanus* Weibchen und Copepodit V-Stadien, aussortiert. Die Experimente waren im einzelnen:

1. *Calanus hyperboreus* f,
umgestellt von Diatomeen auf Dinoflagellaten.
- 2.-4. *Calanus hyperboreus* V,
umgestellt von Diatomeen auf Dinoflagellaten (3 Experimente).

5. *Calanus glacialis* f,
umgestellt von Diatomeen auf Dinoflagellaten.
6. *Calanus glacialis* V,
umgestellt von Diatomeen auf Dinoflagellaten.
- 7.-8. *Calanus finmarchicus* V,
umgestellt von Dinoflagellaten auf Diatomeen.

Die Experimente mit *Calanus hyperboreus* V und der Futteralge *Amphidinium carterae*, einer Dinophycee, zeigten nach 24-30 Tagen eine Zunahme des für diese Planktonart typischen Fettsäuremarkers 18:4 und eine Abnahme der 16:1 Fettsäure. Bei diesem Versuch stieg der Anteil dieser Fettsäure von 0,7% auf 19,8% (Abb. 14). Bei einem zweiten Experiment betrug der Anteil dieser Fettsäure zu Beginn des Versuchs 1,4% und erreichte 8,7% am Versuchsende.

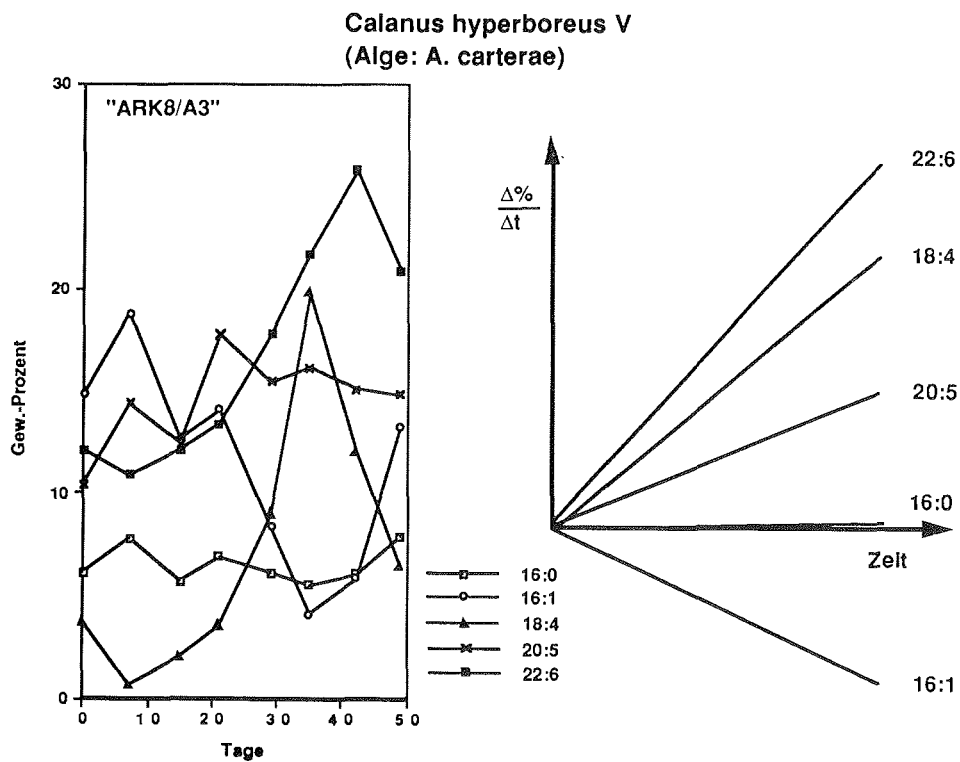


Abbildung 14: *Calanus hyperboreus*, gefüttert mit Dinoflagellaten. Rechts die Steigungen der Kurven, normiert auf den Nullpunkt.

Bei dem Versuch mit *Calanus finmarchicus* V wurde mit *Thalassiosira antarctica* von Dinoflagellaten auf Diatomeen umgestellt. Der Versuchszeitraum betrug 24 Tage. Die Darstellung der Regressionsgeraden gibt ein nahezu ideales Bild der Nahrungsumstellung wieder. Es ist eine kontinuierliche Veränderung der Planktonmarker 18:4 und 16:1 festzustellen, während die übrigen Planktonmarker stabile Werte aufweisen (Abb. 15). Der Gehalt der 18:4 Fettsäure nimmt im Verlauf des Experiments von 20,2% auf 9,3% ab und der der 16:1 Fettsäure von 2,5% auf 8,8% zu. Die separate Untersuchung der Wachsesterfraktion, der dominanten Lipidklasse in arktischen Copepoden, zeigte ebenfalls eine kontinuierliche Veränderung der Markerfettsäuren in dieser Lipidfraktion.

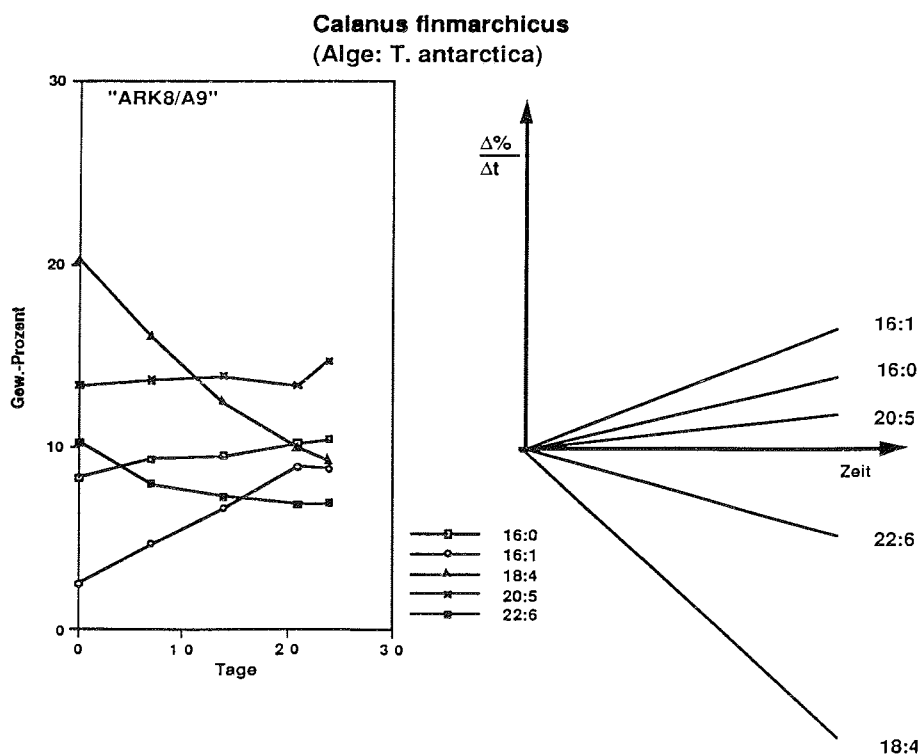


Abbildung 15: *Calanus finmarchicus*, gefüttert mit Diatomeen. Rechts die Steigungen der Kurven, normiert auf den Nullpunkt.

Akkumulation von ^{14}C -markierten Lipiden aus dem Phytoplankton

Zur Ermittlung des kurzfristigen Umsatzes von Lipiden in den Copepoden *Calanus finmarchicus* f. und *C. hyperboreus* f. wurden während der Expedition vier Fütterungsversuche mit ^{14}C -markiertem Phytoplankton durchgeführt. Davon erstreckten sich zwei Versuchsreihen über 11 bzw. 7

Tage und zwei über jeweils 18 Stunden. Diese Versuche wurden an Bord in dem Isotopencontainer durchgeführt. Die Lipiduntersuchungen wurden dann anschließend in Bremerhaven am Institut vorgenommen.

Bei allen Versuchen mit *Calanus finmarchicus* f. und *C. hyperboreus* erfolgte die Aufnahme von ^{14}C aus dem Phytoplankton und eine Akkumulation in den Lipiden bereits innerhalb weniger Stunden. Die Zunahme an Aktivität spiegelt sich sowohl in der Lipidfraktion, als auch in den unterschiedlichen Lipidklassen, den Wachsestern, Triglyceriden und Phospholipiden, sowie in deren Synthesestufen, den Fettsäuren und Alkoholen wider.

Als Beispiel für die gesamten Versuchsreihen ist in der Abbildung 16 der Einbau von ^{14}C in die verschiedenen Lipidklassen bei *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus* dargestellt. Die Zunahme an ^{14}C verläuft bei den verschiedenen Copepoden Spezies unterschiedlich. Bei *C. finmarchicus* wird ein kontinuierlicher Anstieg des ^{14}C -Gehalts in allen Lipidklassen beobachtet, während bei *C. hyperboreus* der markierte Kohlenstoff bevorzugt in den Wachsestern akkumuliert wird.

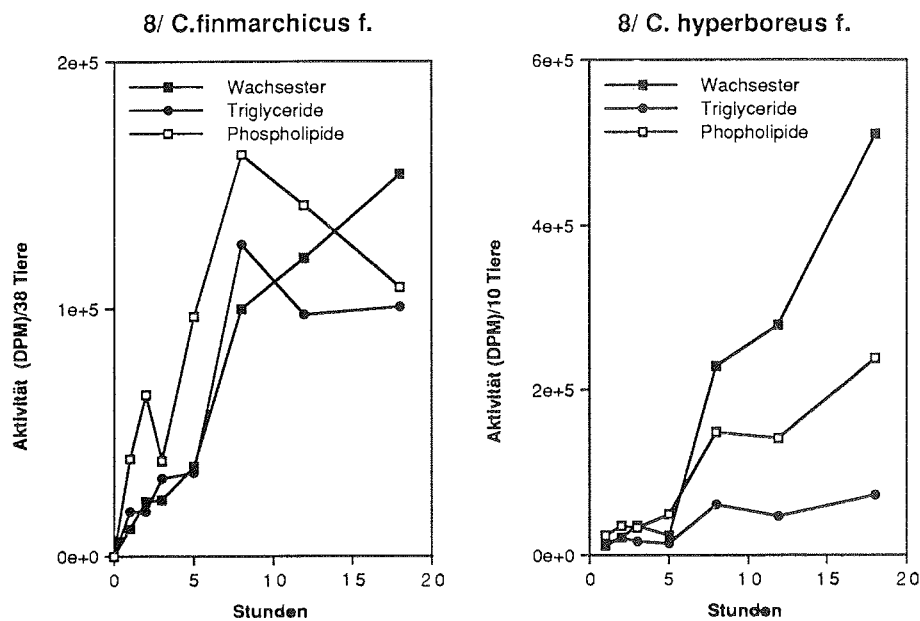


Abbildung 16: Einbau von ^{14}C in die verschiedenen Lipidfraktionen von *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus*.

3.2.3 Untersuchungen der Lipidzusammensetzung des Zooplanktons (W. Hagen)

Die biochemischen Untersuchungen des Zooplanktons waren auf die Lipidzusammensetzung und die Rolle der Lipide als Energiespeicher und Nahrungskettenmarkierung ("food chain markers") konzentriert. Tiere wurden aus Bongonetz, Multinetz und RMT 1+8 aussortiert, Art, Entwicklungsstadium und nach Möglichkeit Geschlecht bestimmt und bei -80°C tiefgefroren. Insgesamt wurden ca. 200 Proben gewonnen von Hydromedusen, Ctenophoren, Ostrakoden, Copepoden, Euphausiaceen, Mysidaceen, Dekapoden, Amphipoden und Chaetognathen. Die Auswertung des Materials hinsichtlich Gesamtlipidgehalt, Lipidklassen, Fettsäuren und -alkohole soll in enger Zusammenarbeit zwischen IPÖ und AWI erfolgen.

3.3 Biologische Untersuchungen

3.3.1 Marine Mikrobiologie - Bakterien, Mikropilze und pilzähnliche Protisten im Meerwasser, Phyto- und Zooplankton, sowie im Meereis der Arktis (K. Schaumann, L.M. Bagry-Shakhmatova, A. Krack)

Im Rahmen eines sowjetisch-deutschen Gemeinschaftsprojekts wurden Untersuchungen zur Ermittlung des Bakterien- und Pilzbesatzes von Meerwasser, Meereis sowie des Phyto- und Zooplanktons in arktischen Gewässern durchgeführt. An insgesamt 21 Stationen konnten 46 Wasserproben, je 16 Phyto- und Zooplanktonfänge, 4 Untereis- bzw. Braunwasserproben und 4 Meereisbohrkerne gewonnen und aufgearbeitet werden. Zwei weitere Eisstationen blieben erfolglos, da das Eis sich für den mitgeführten Bohrer als zu hart erwies. Darüber hinaus war eine ausgedehnte und gezielte Beprobung der sehr variablen Eisverhältnisse (Neueis, ein- und mehrjähriges Eis, Presseis, Mischeis, bewachsenes und nicht bewachsenes Eis, etc.) aufgrund des Fehlens eines Hubschraubers leider nicht möglich, so daß die Eisprobenahmen auf wenige Zufallsstationen beschränkt bleiben mußten.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß erneut, neben Bakterien auch Pilze in erheblicher Dichte, Diversität und weiter Verbreitung in der Arktis anzutreffen sind. Bis zu 7×10^5 Pilzkeime und 2×10^7 Bakterienkeime pro Liter wurden gezählt - darunter besonders viele niedere Pilze (pilzähnliche Protisten) und hefeartige Hyphomyceten.

Beispielhaft veranschaulichen die Abbildungen 17 bis 19 die Verteilung der verschiedenen Pilzgruppen und der Bakterien (Saprophytenzahl) über die Wassersäule sowie in den Phyto- und Zooplanktonfängen der Stationen 010, 014 und 024.

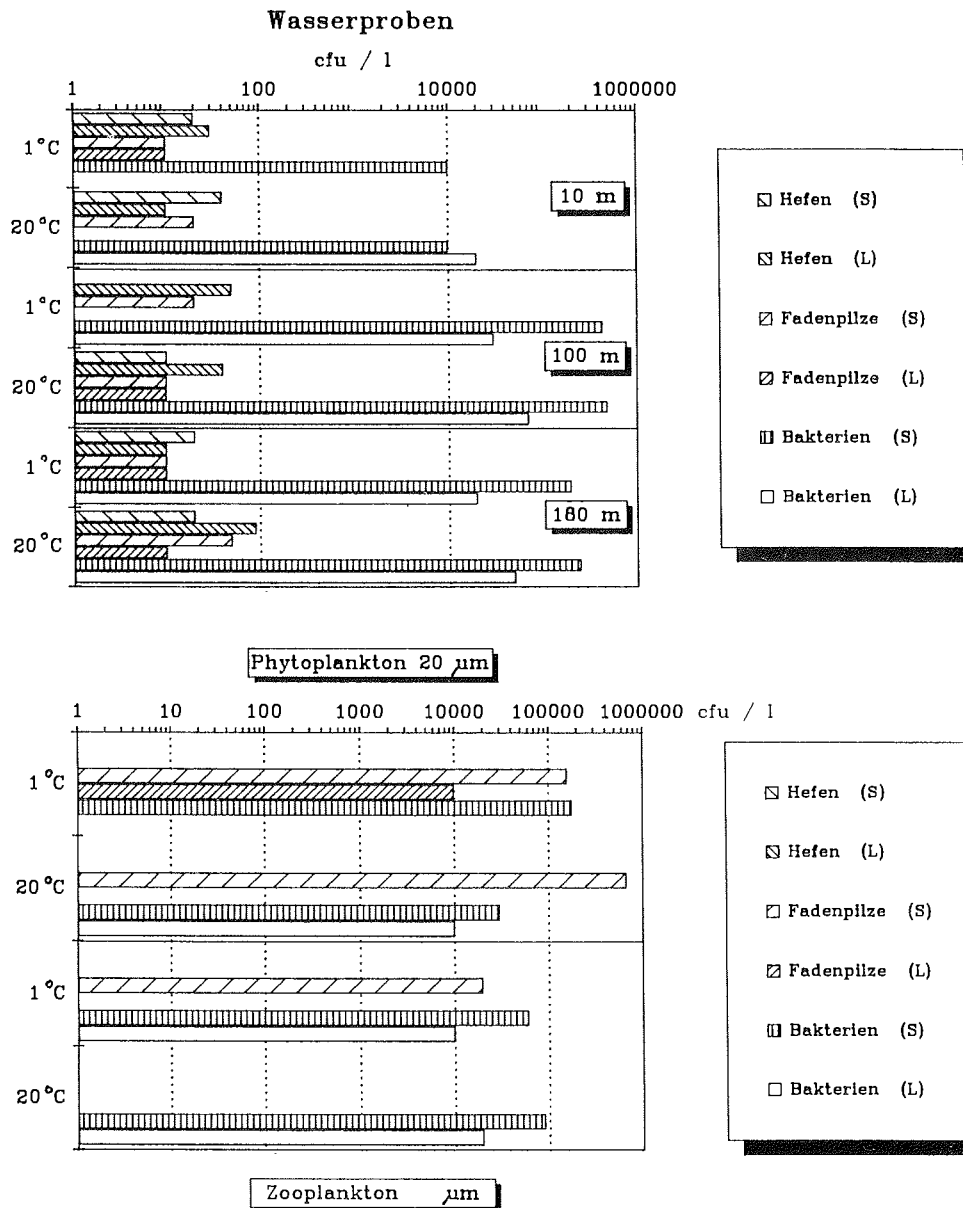


Abbildung 17: Pilz- und Bakterienkeimzahlen (cfu/L, auf Seewasser(S)- und Leitungswasser(L)-Medien nach Inkubation bei 1° und 20°C) in 10, 100 und 180 m Wassertiefe, sowie in Phyto- und Zooplankton-Netzfängen an der Station 010

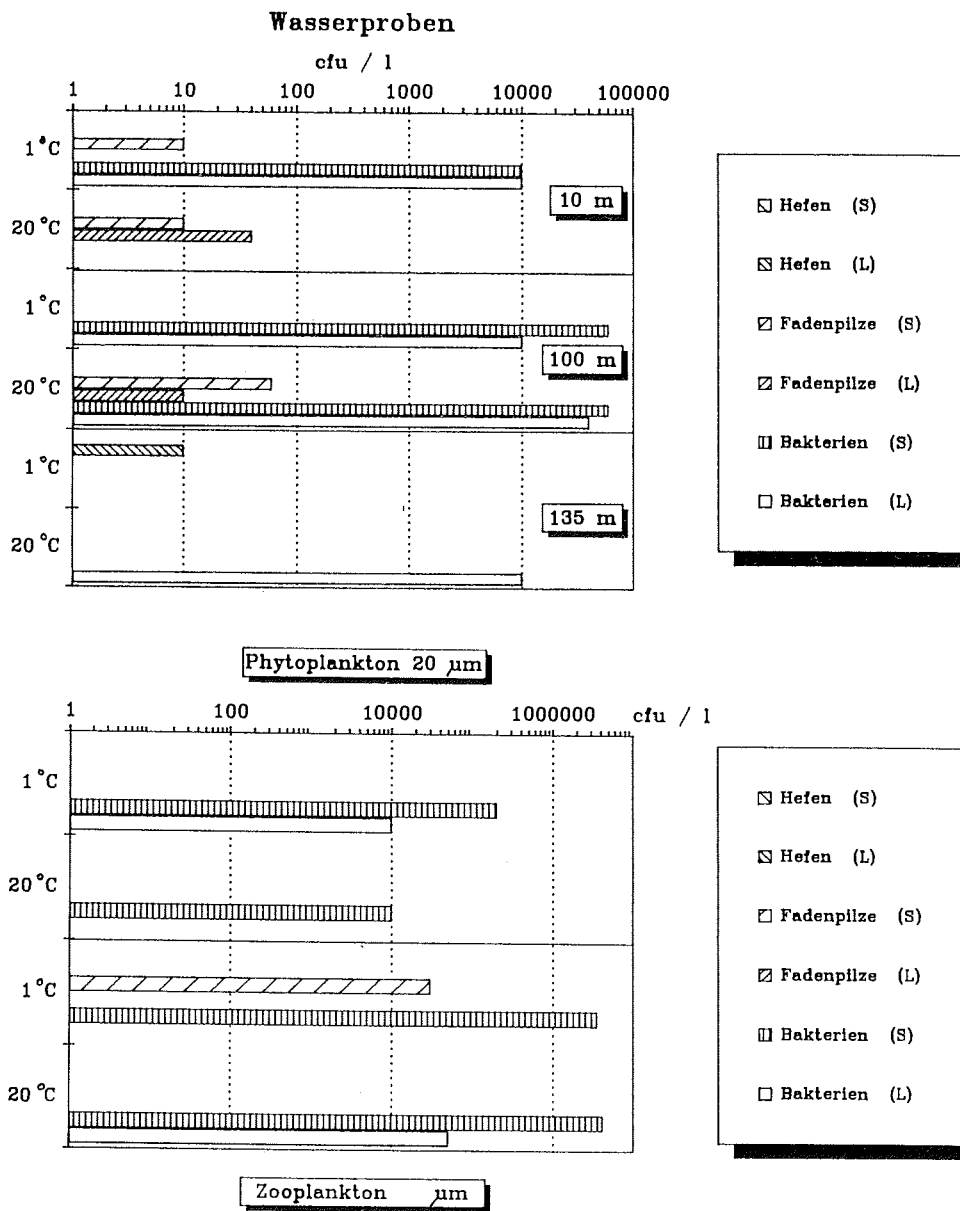


Abbildung 18: Pilz- und Bakterienkeimzahlen (cfu/L, auf Seewasser(S)- und Leitungswasser(L)-Medien nach Inkubation bei 1°C und 20°C) in 10, 100 und 180 m Wassertiefe, sowie in Phyto- und Zooplankton-Netzfängen an der Station 014

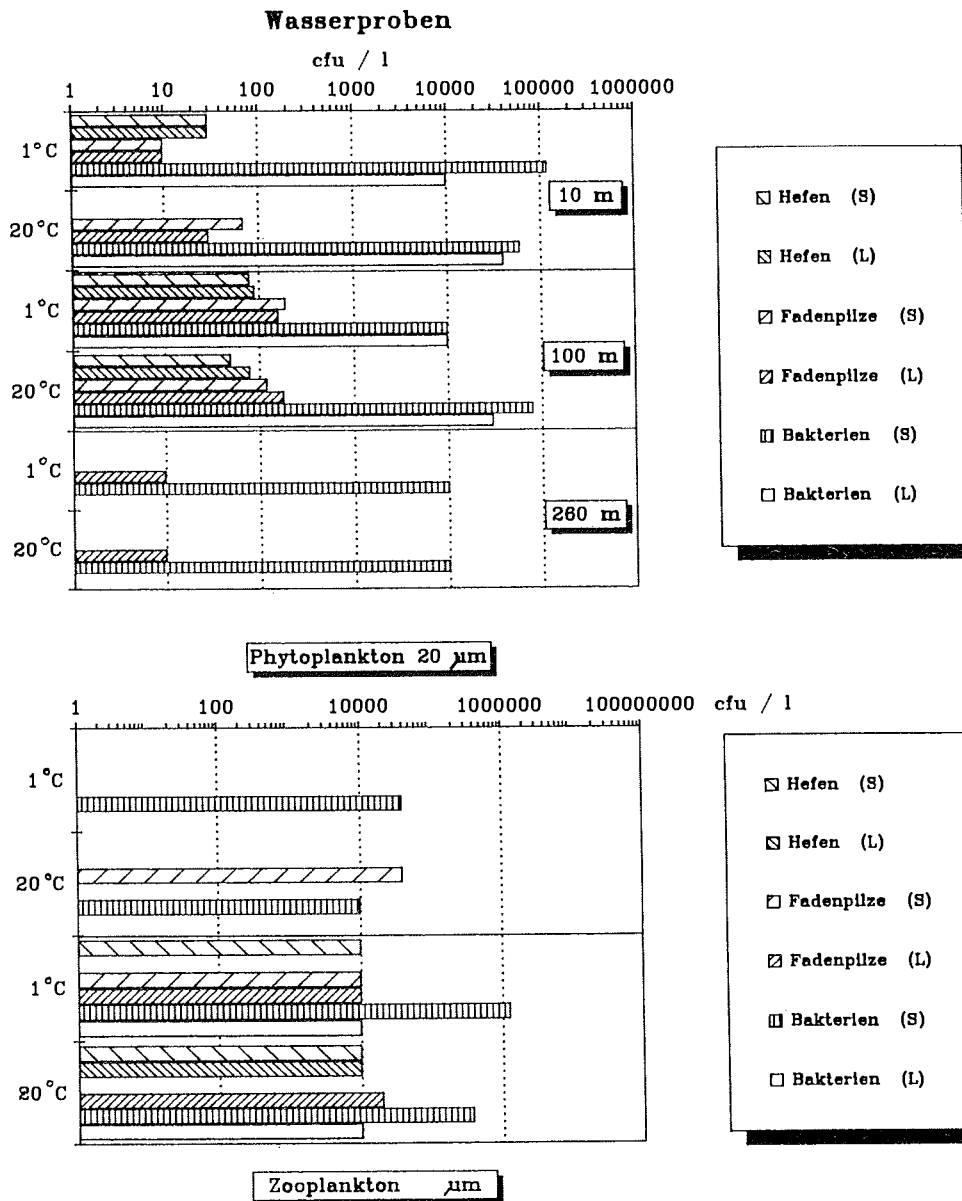


Abbildung 19: Pilz- und Bakterienkeimzahlen (cfu/L, auf Seewasser(S)- und Leitungswasser(L)-Medien nach Inkubation bei 1^o und 20^oC) in 10, 100 und 180 m Wassertiefe, sowie in Phyto- und Zooplankton-Netzfängen an der Station 024

Für die überraschend starken Variationen der Bakterien- und Pilzkeimzahlen in den Proben aus der NEW-Polynya konnte bisher keine schlüssige Erklärung gefunden werden. Offensichtlich führen Bodentopographie, Hydrographie und die zu der Zeit stark wechselnde Eisbedeckung zu erheblicher Heterogenität in der Verteilung des Planktons, einschließlich der Mikroorganismen.

Insbesondere die Phyto- und Zooplanktonproben aus der Framstraße und der Grönlandsee zeichneten sich durch hohe Pilzbesatzzahlen aus, was auf einen gewissen Grad der Assoziierung zwischen Plankton- und Pilzpopulationen hindeutet. Oftmals waren bei hohen Pilzdichten die Bakterienzahlen deutlich reduziert (und vice versa), was zusätzlich auf antagonistische Wechselbeziehungen bzw. Substratkonkurrenz zwischen Bakterien und Pilzen hinweist. Dabei spielt offensichtlich auch die qualitative Zusammensetzung der jeweiligen Mikroorganismengemeinschaften eine entscheidende Rolle. Um dieses genauer untersuchen zu können, wurden insgesamt 433 Pilzstämmen isoliert. Darunter befinden sich 213 psychrophile bzw. psychrotrophe Stämme (die bei 1°C Wachstum zeigten) und 220 mesophile bzw. mesotrophe Stämme (die bei 20°C wuchsen).

Diese Isolate werden außerdem mit Hilfe gezielter Laborexperimente hinsichtlich ihrer Temperaturtoleranz untersucht, um über die spezifischen physiologischen und biochemischen Adaptationsphänomene arktischer Meerwasserpilze neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Die Auswertung des Materials, das bei 1 und 20°C, sowie teilweise zusätzlich bei 10°C inkubiert wurde, konnte an Bord nicht abgeschlossen werden und mußte in den Labors des AWI in Bremerhaven und des Institute for Biology of South Seas in Odessa fortgesetzt werden. Leider fiel der Transport-Container (Reefer) durch unsachgemäße Behandlung auf dem Weg von Tromsø nach Bremerhaven aus, so daß ein erheblicher Teil des Materials verdorben wurde und nicht mehr vollständig ausgewertet werden kann. Das gilt insbesondere für die Meereisproben und die Tieftemperaturinkubationen.

3.3.2 Continuous particle and fluorescence measurements (J. Sildam)

During this cruise my interest was to measure the spatial pattern of particle distribution from large scale basin to the mesoscale and its relation to hydrographical conditions. The final goal of the measurements was to relate observed physical and biological patterns to the dynamic processes of the ocean. The frontal boundaries and related to them the regions of high synoptic variability had to be compared by their contribution to the amplitude of the particle distribution to basin wide particle concentration variability.

Automated measurements of the concentration of 12 size classes of particles (mostly plankton) as well as chlorophyll a *in vivo* fluorescence were performed in the "underway" (quasi-continuous) sampling mode from the water that was continuously pumped into the lab from an inlet near the ship's bow at the depth of 9 m. The instrumentation package consisted of an "on-line" particle

size analyzer Hiac-Royco PC-320, a Turner Designs flow-through fluorometer, and an IBM PC-XT computer/data logger. The corresponding water temperature, salinity and chlorophyll data were received from the COMED data files belonging to the CTD group.

Preliminary results and discussion

The horizontal distributions of particles were obtained for 12 size classes with the equivalent spherical diameter from 1 to 1000 micrometers measured by two optical sensors, corresponding to smaller and bigger particles (Table 4). From both groups, the channels 1+2, 7+8 and 9, which made up most of the particle concentration, were chosen for graphical presentation. In order to make data comparable to other groups, the whole data set is presented as function of latitude or longitude. The latter probably introduced additional noise into the figures of the particle distribution because the ship track was often more complicated due to the ice conditions. As a result the data were divided into the following transects:

1	St. 001-005	South-north transect
2	St. 005-017	East-west: ice to polynya transect
3	St. 019-024	West-east: polynya transect
4	St. 024A-027	South-north: polynya transect
5	St. 028-032	North-south: polynya transect
6	St. 035-036	West-east transect

From St. 1-5 up to the latitude of 75°N the results from the TD fluorometer were noisy due to air bubbles flowing through the system. The source of the air bubbles was removed. For comparison, the COMED measurements of chlorophyll a are also presented. For better comparison the transects following one direction are given at the same scale. Empty spaces in the figures are due to temporary equipment failures. Examples of particle distribution are presented in Figures 20-22.

From the general view on the particle distribution on the scale of about 1000 nm the increasing intermittency with the increase of particle size can be noted. Whereas on the large scale (several 100 nm), a gradient for particles in size range 73-105 μm is absent, more gradual changes of small particles (1-4 μm) can be noted. The increase of the small particle amplitude is related to the frontal regions of Norwegian Atlantic and branches of East Greenland and West Spitsbergen currents. It can be noted that several patches of particles in the size range of 28-73 μm are related to the thermohaline fronts (i.e. at 62.4, 71.2, 73.5°N) and that the amplitude of the patches is not dependent on the steepness of the thermohaline changes (e.g. the particle patch at the sharp frontal region between the Greenland sea gyre and the Atlantic water mass (71.2°N) is not more intensive than the patch at 62.4°N).

The most characteristic feature of the two transects EW and WE direction in the Polynya area is a drastic decrease of particle concentration and fluorescence towards west, located at the longitudes of 12.5 and 12.9°W, respectively. Before the general decrease, local sharp maxima of

fluorescence and small particles in the size range of 1-4 μm were observed. The same drastic change of all measured parameters was observed at the transect between stations 32-28 at the latitude 80.06°N (Fig. 21).

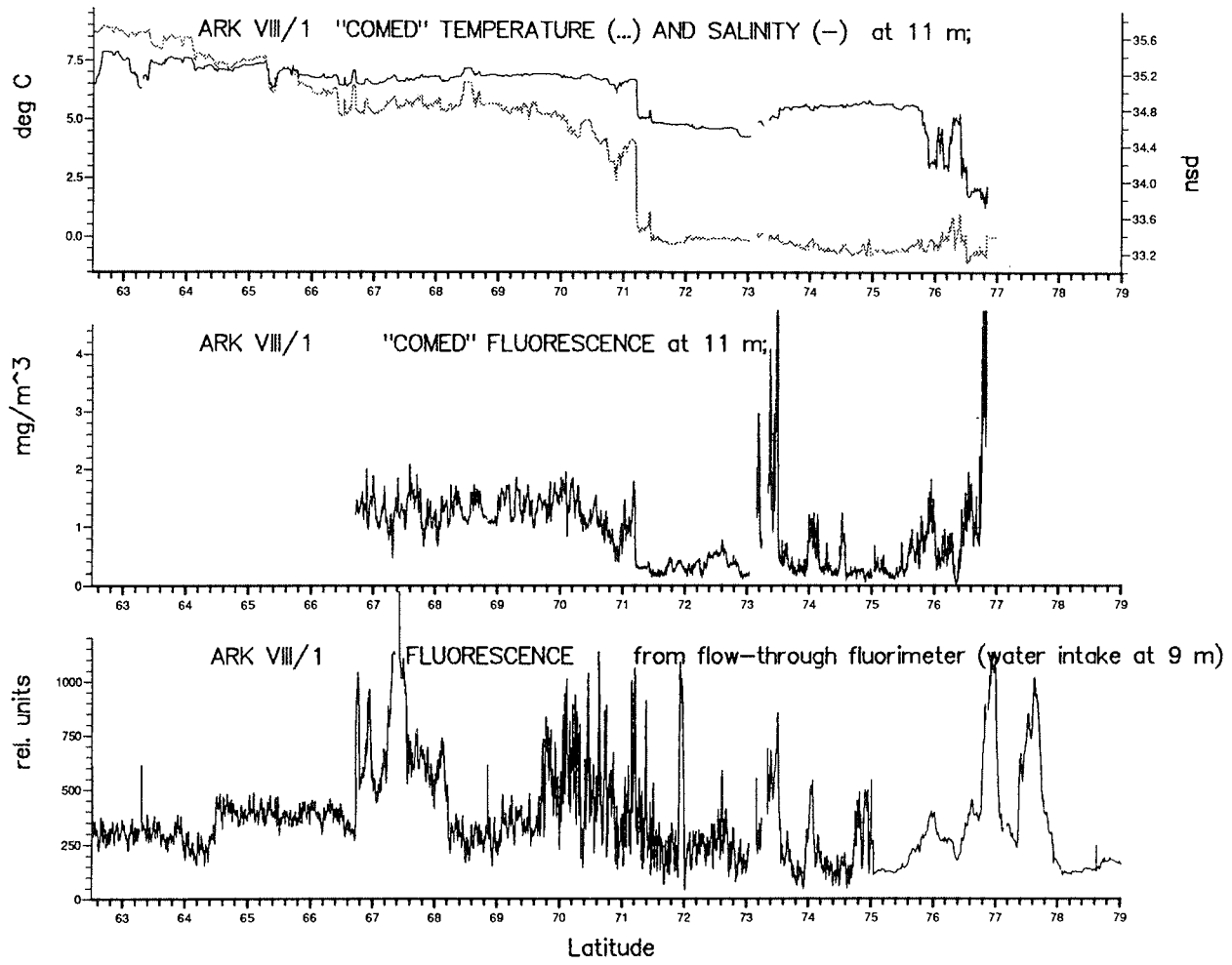
The last transect from station 35 to 36 shows significant correlations between the distribution of particles, fluorescence (both from COMED and flow-through fluorometer) and thermohaline characteristics of the different water masses. It should be remembered that the spatial scale was less than 100 nm. The small phase shift between the distribution of both fluorescence measurements is evidently caused by the different time which the water needs to come from the ships inlet to the laboratory (Fig. 22).

More detailed interpretation of the data presented in the report will be possible in combination with the CTD and biological measurements.

Table 4. Channel settings for the Hiac Model PC 320 particle counter in equivalent spherical diameters

Sensor	Channel	Diameter range (μm)
CMH-60	1	1-2
	2	2-4
	3	4-6
	4	6-10
	5	10-20
	6	20-60
E-1000	7	28-42
	8	42-73
	9	73-105
	10	105-163
	11	163-305
	12	305-1000

Figure 20: Temperature, salinity, fluorescence and particle distribution along the south-north transect.



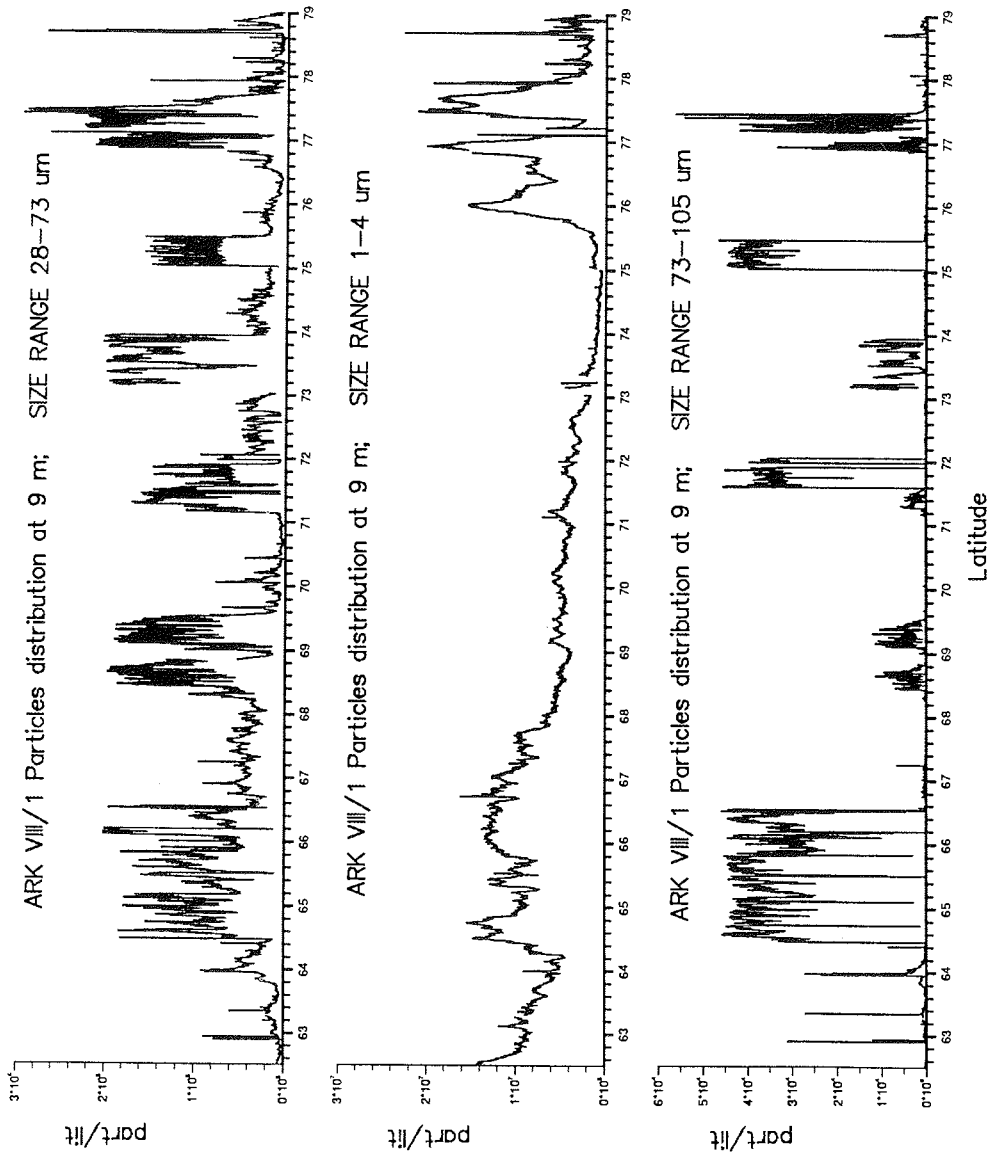


Figure 20: continued

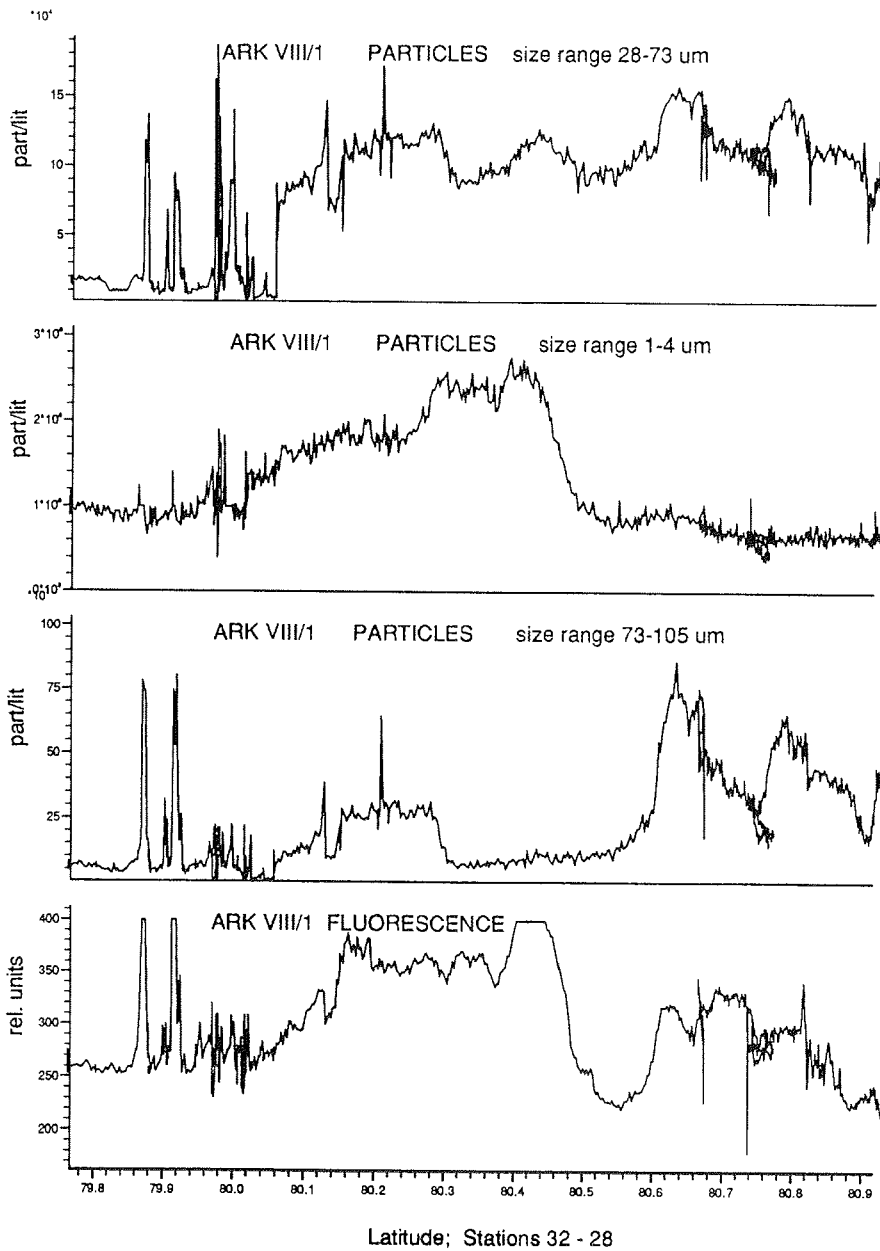


Figure 21: Particle and fluorescence distribution in the NEW Polynya from Station 32 to 28

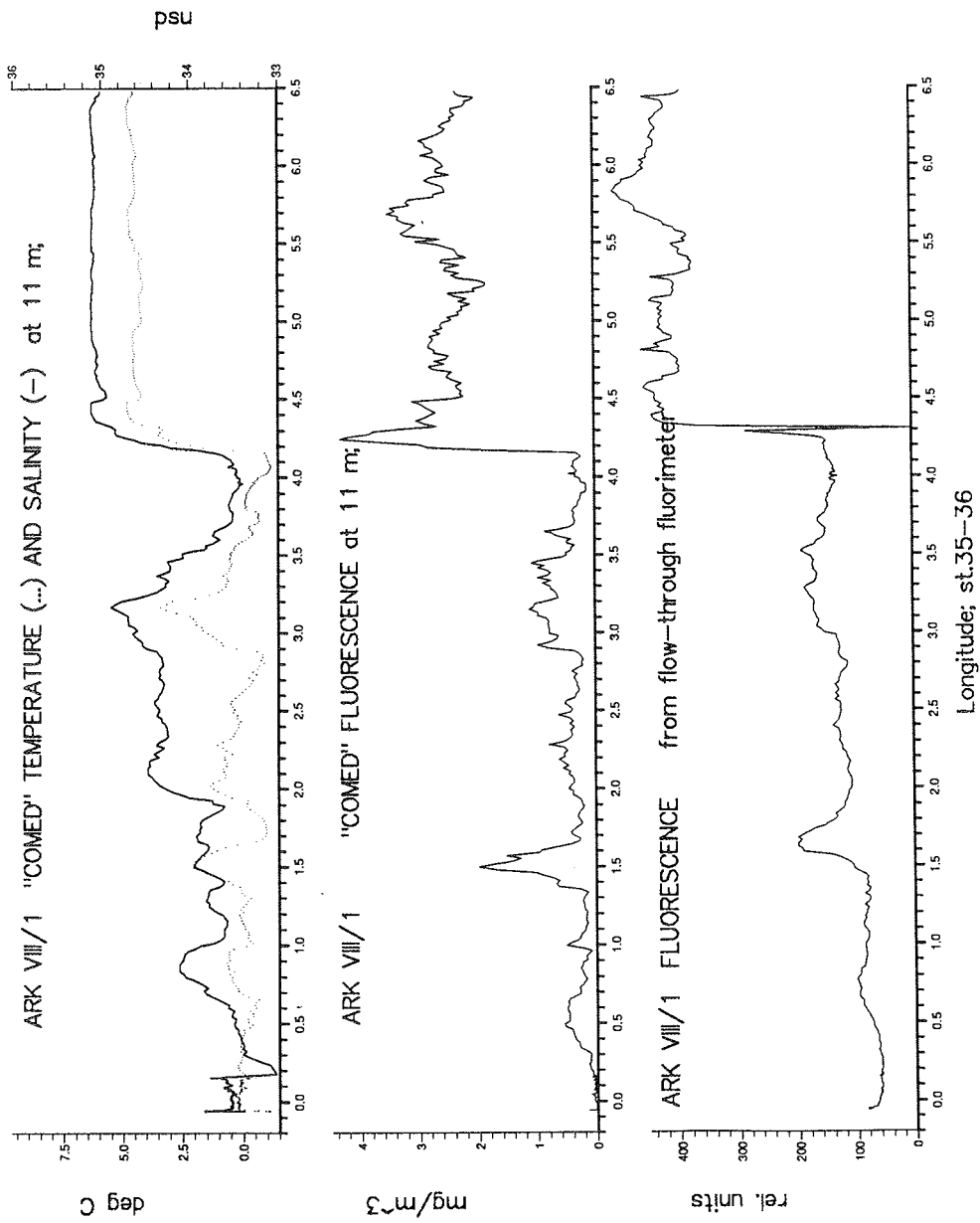


Figure 22: Temperature, salinity, fluorescence and particle distribution along the Fram Strait transect.

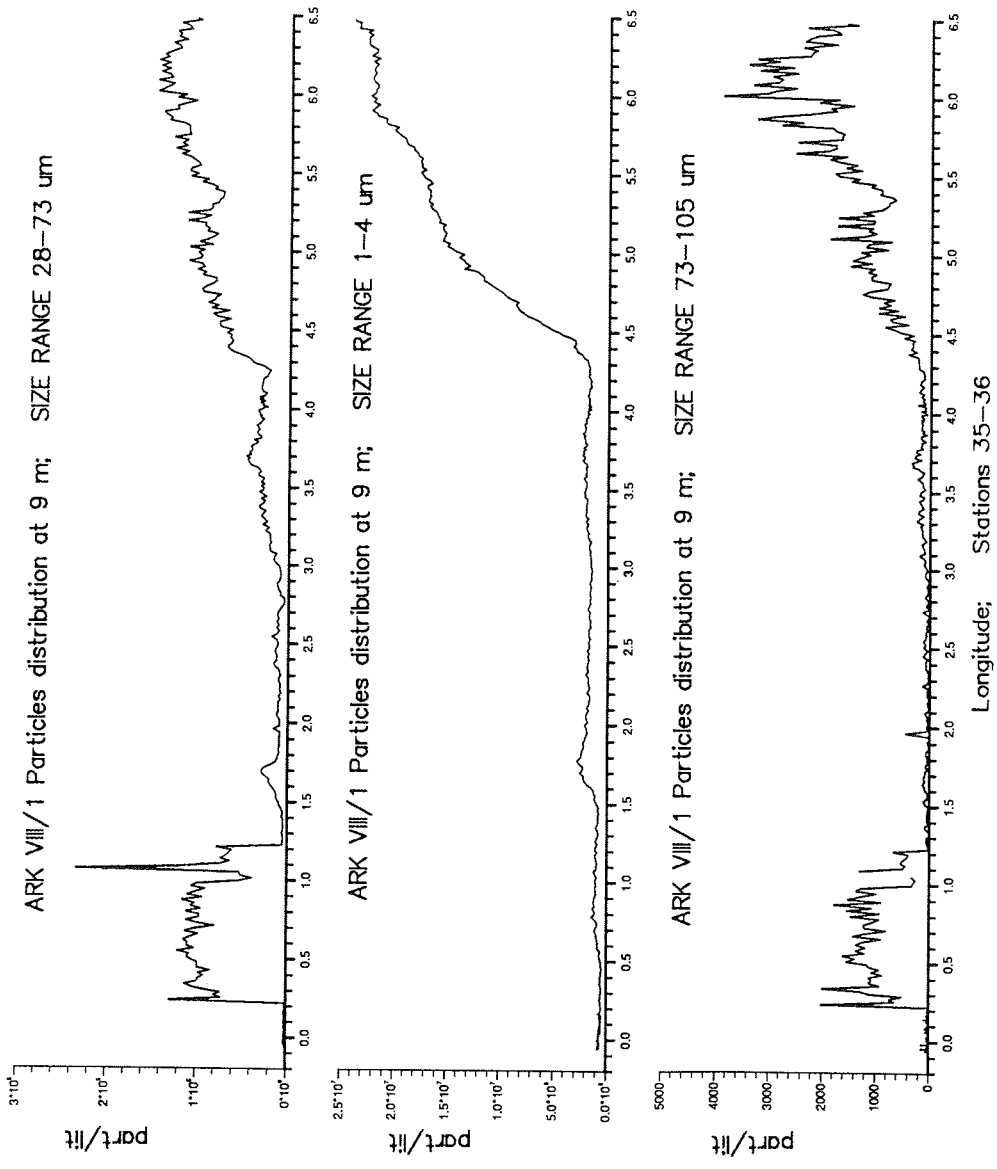


Figure 22: continued

3.3.3 Phytoplankton

3.3.3.1 Phytoplanktonzusammensetzung (U. Tillmann)

Die Charakterisierung der Phytoplanktongemeinschaften erfolgte anhand von Netzzügen (Maschenweite 20 µm) bis ca. 20 Meter Tiefe. Alle "halbquantitativen" Angaben zur Dichte ("viel", "dicht" etc.) können somit nur grobe Anhaltspunkte zur quantitativen Planktonverteilung liefern. Die Verteilung kleiner Phytoplankter (kleine *Chaetoceros*-Arten, kleine penate Diatomeen, Flagellaten, *Phaeocystis*) wurde mit in die Beschreibung aufgenommen. Eine genaue Abschätzung ihres Anteils am gesamten Phytoplankton ist jedoch aufgrund der verwendeten Maschenweite erst nach quantitativen Auszählungen von Schöpfproben möglich.

Das Untersuchungsgebiet läßt sich anhand der Planktongemeinschaften in drei Gruppen einteilen:

1. Die Stationen 001 und 002 im südlichen Teil waren bei insgesamt niedriger Planktondichte besonders durch die Diatomeen der Gattung *Rhizosolenia* und *Chaetoceros* sowie durch *Corethron criophilum* gekennzeichnet. Daneben waren einige Dinophyceen (*Dinophysis*, *Ceratium*) und, in größerer Zahl, oligotriche Ciliaten und Tintinniden vertreten.

2. Die Stationen 005 bis 033 im zentralen Untersuchungsgebiet lassen sich durch die Dominanz der kettenbildenden Diatomeengattung *Fragillaria* zusammenfassen (insbesondere *F. oceanica*, Synonym *Nitzschia grunowii*). Daneben erreichten *Thalassiosira antarctica* und *Lauderia glacialis* die größte Bedeutung. Weitere typische Vertreter der Diatomeengemeinschaft stellten *Amphiprora hyperborea*, *Achnantes taeniata*, *Bacterosira fragilis*, *Eucampia groenlandica*, *Navicula vanhoeffeni*, *Navicula pelagica*, *Nitzschia frigida*, *Nitzschia seriata* und kleine unbestimmte *Nitzschia*-Arten, vereinzelt traten noch *Melosira artica*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Chaetoceros karianus*, *Chaetoceros septentrionalis*, *Chaetoceros atlanticus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros borealis* und *Coscinodiscus subulliens* auf. Neben den dominanten Diatomeen war besonders das Auftreten von *Phaeocystis pouchetii* an einigen Stationen zu bemerken.

Insgesamt kann das Phytoplankton der Stationen 5 bis 33 als typische Frühjahrgemeinschaft bezeichnet werden, bei der Vertreter der Eisalgenflora nach dem Aufbrechen des Eises im freien Wasser die erste Diatomeenblüte bilden können. Die beobachteten Variationen in der Dichte und der Artenzusammensetzung der Diatomeengemeinschaft zwischen den einzelnen Stationen sind dabei wahrscheinlich in erster Linie von den kleinskalig variablen Eisverhältnissen (Zeitpunkt des Aufbrechen des Eises, Zeitspanne der Existenz eisfreier Flächen) abhängig.

3. Bei den beiden letzten Stationen 033 und 036 im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets wurden keine Diatomeen mehr gefunden. Das Plankton war von Flagellaten dominiert, wobei *Phaeocystis pouchetii*, z.T. als Schwärmerzellen, einen bedeutenden Anteil stellte. Daneben waren noch

einige oligotriche Ciliaten und kleine Vertreter der Gyrodinien und Gymnodinien vertreten.

3.3.3.2 Phytoplanktonbiomasse

(H.-J. Hirche, U. Meyer, J. Wegner, V. Ehrmann, J.G. Braun, S. Hernandez-Leon)

Vertikalprofile von Chlorophyll a als Maß für die Phytoplanktonbiomasse wurden aus Wasserschöpferproben auf 34 Stationen bestimmt. Der Chlorophyllgehalt auf dem Ostgrönlandschelf variierte stark in Abhängigkeit von der Eisbedeckung. Da das Phytoplankton mit Verzögerung auf Änderungen der Umweltbedingungen reagiert, muß die Geschichte der Eisbedeckung an den einzelnen Stationen aus Satellitenbildern herangezogen werden. Temperatur und Salzgehalt erlauben ebenfalls Rückschlüsse über die Geschichte eines Wasserkörpers, und die Nährstoffkonzentration läßt auf die Dauer einer Phytoplanktonblüte schließen. Die Phytoplanktonprofile lassen sich in vier Gruppen einteilen (Abb. 23):

1. Packeisgürtel mit offenen Stellen, schwach ausgeprägte Schichtung, Phytoplanktonentwicklung wenig fortgeschritten, Nährstoffe vollständig vorhanden.
2. Erst seit kurzem eisfrei, sich entwickelnde Schichtung, Beginn der Phytoplanktonentwicklung, Nährstoffe vollständig vorhanden.
3. Länger eisfrei, Schmelzprozesse und Einstrahlung bilden starke Deckschicht, Phytoplanktonblüte in vollem Gange, Nährstoffe reduziert.
4. sehr lange eisfrei, starke Schichtung, Nachblütensituation mit tiefem Chlorophyllmaximum, Nährstoffe erschöpft.

3.3.4 Microzooplankton

(J. Lenz, H. Auf dem Venne, H. Hanssen)

Microzooplankton and their potential food, phytoplankton and heterotrophic microorganisms, forming the bulk of particulate organic matter in the open sea were studied in the upper 100 m of the water column. Special emphasis was laid on ciliates which play a dominant role in the recently discovered "microbial loop". This new paradigm of the planktic food web has recently stimulated research on microorganisms. Little, however, is still known on their significance in cold water ecosystems, especially in Polar Seas.

Samples were taken at 20 stations. The sampling programme included 5 standard depths (5, 20, 40, 75, 100 m) taken by means of a 6x30 L rosette sampler with a secchi disc fixed on the top and a vertical haul with a 20 µm plankton net from 100 m to the surface. A small fraction of this qualitative sample was used for live inspection of species composition. The rest was preserved.

The water samples were filtered through Whatman GF/F glass-fibre filters for the subsequent determination of chlorophyll a and particulate organic carbon and nitrogen in two size fractions. The whole sample was filtered and another part was prefiltered through a 20 µm sieve to obtain a measure for the pico-

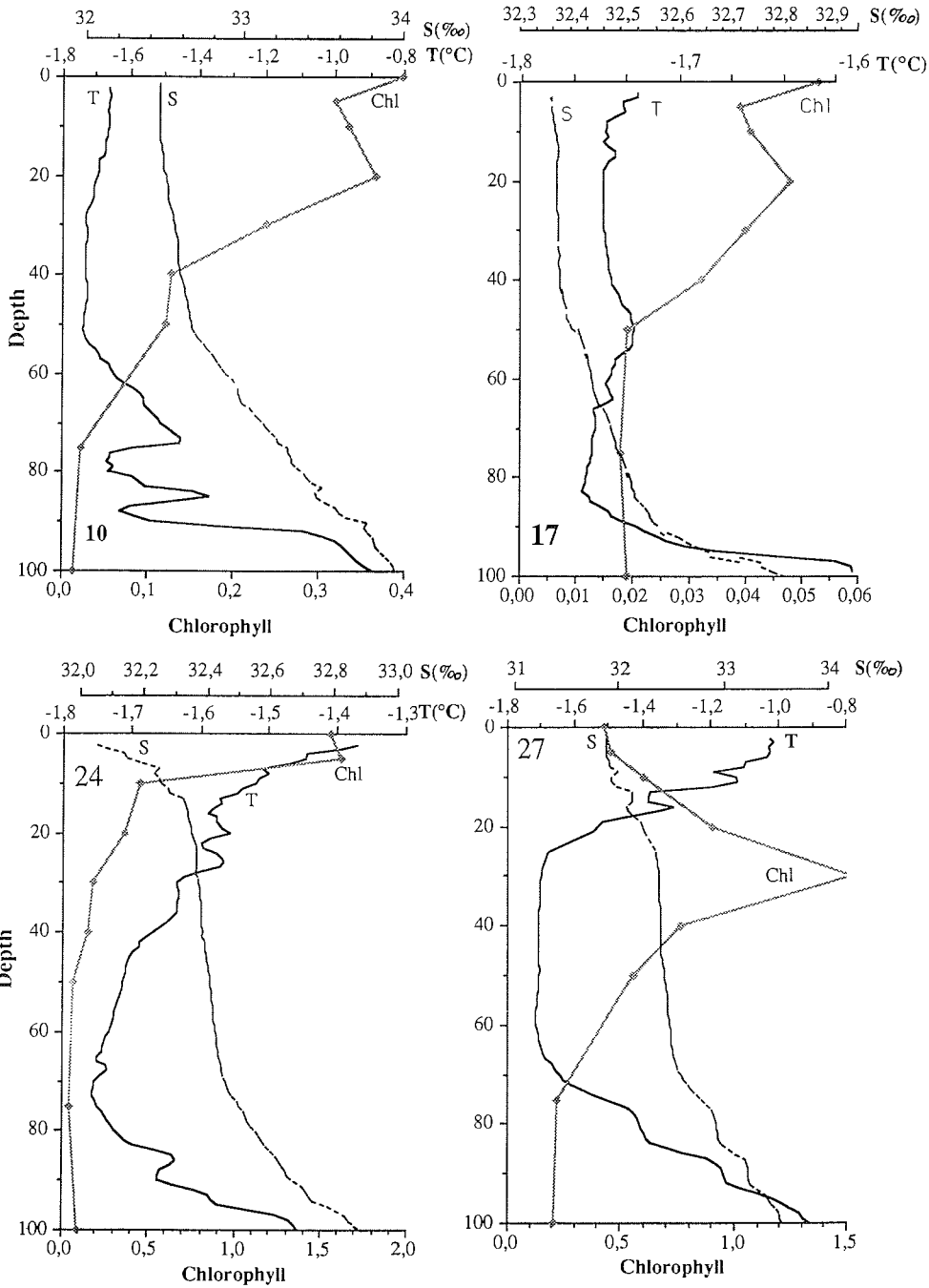


Abbildung 23: Vertikalverteilung von Temperatur, Salzgehalt und Chlorophyll auf 4 ausgewählten Stationen. St. 10 zeigt den Beginn der Frühlingsblüte, auf St. 17 hat die Phytoplanktonentwicklung gerade begonnen, während an St. 24 eine gut entwickelte Blüte herrscht. St. 27 zeigt eine Nachblütensituation.

and nanoplankton size fraction. In addition particle size distribution was measured in a new type of an electromagnetic particle counter, called CASY (Cell Analyzing System, J. Schärfe, Germany) within the size range of 2,5 - 60 μm . Particle concentration was generally highest in the surface layer and decreased with depth.

Detailed studies on ciliates were of central interest. Subsamples of all standard depths were preserved for the subsequent analysis of species distribution and abundance. Feeding experiments were carried out with fluorescently labelled latex beads in different size groups as well as with phytoplankton. It was also attempted to isolate dominating species for later culture experiments in Kiel.

Table 5 gives a rough overview on the phytoplankton abundance (net plankton > 20 μm) at the different stations.

Table 5. Phytoplankton abundance

St. No.	Area	Secchi depth (m)	Phytoplankton abundance
001	Open water stations on the way to the ice edge	7	low
002		14	low
003		-	low
005	Perpendicular section through the East Greenland pack ice at 79 °N	12	high
007		12	high
009		19	low
011		20	low
013		9	high
015		26	low
017	the Northeast	26	low
019	Water Polynya	14	high
021	off the coast of	14	low
024	Northeast Greenland	10	high
026		11	high
028		8	high
030		14	high
032		21	low
033		14	high
035	Open water stations of the Fram Strait section	12	low
036		4	low

Phytoplankton abundance was quite patchy within the pack ice and the polynya. Diatom species of the genus *Fragilaria*, *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* and *Chaetoceros* formed the bulk of the net plankton. A *Phaeocystis pouchetii* bloom was not encountered at the stations listed. The estimation of phytoplankton abundance was too crude to indicate a clear relation with water transparency. The latter might often be more dependent on the concentration of nanoplankton which was not sampled by the net. It might later be possible to establish a relationship with the corresponding chlorophyll values when the immediately deep-frozen filters have been analysed.

3.3.5 Zooplankton

Die Arbeiten der Planktongruppe setzten frühere Untersuchungen auf dem Ostgrönlandschelf und in der Nordostwasser-Polynya fort, vorallem die während ARK VII/2. Eines der wichtigsten Ziele war die Beschreibung der Verhältnisse im Plankton während des arktischen Frühjahrs und der Vergleich mit der letztjährigen Fahrt im Sommer. Die Ergebnisse sollen einfließen in die Planung der Hauptfeldphase des Nordostwasser-Polynya Projekts 1993.

3.3.5.1 Biomasse und Verteilung des Zooplanktons

(W. Hagen, H.-J. Hirche, U. Meyer, C. Richter, J. Wegner, V. Ehrmann, J. G. Braun, S. Hernandez-Leon)

Die Biomasse und Verteilung des Zooplanktons in den oberen 100 m soll aus Fängen mit dem Bongonetz (Maschenweite 200 µm) bestimmt werden, die an jeder Station durchgeführt wurden. Als Maß für die Biomasse dient dabei das Trockengewicht. Dazu wurde ein Teil des Bongonetzfanges auf vorgewogenen Filtern aufbewahrt. Die auf dem ersten Abschnitt gesammelten Proben wurden auf ARK VIII/2 auf Schnitten nahe Spitsbergen, auf dem Barentsschelf und auf der ODEN (ARCTIC) Expedition im zentralen Arktischen Ozean ergänzt in Zusammenarbeit mit Dr. Nico Mumm (IPÖ). Das Ziel dieser Untersuchungen ist die Abschätzung des Imports von Zooplankton aus dem Arktischen Ozean mit dem Ostgrönlandstrom und seines Exports aus der Grönlandsee mit dem Atlantikwasser sowie seine Ausbreitung im Arktischen Ozean.

Zur Untersuchung der Vertikalverteilung des Zooplanktons wurden auf dem Schnitt auf 79°N und im Polynyagebiet zahlreiche Fänge mit dem Multinetz durchgeführt. Maximale Fangtiefe bei diesen Stufennetzfängen war 1000 m. Macrozooplankton wurde auf 3 Stationen in Schräghols mit einem RMT 1+8 (320 and 4500 µm) mit Fangtiefen von 210 bis 550 m gesammelt.

Das Zooplankton in den oberen Wasserschichten wurde von adulten Weibchen und zahlreichen Jugendstadien des herbivoren Copepoden *Calanus hyperboreus* dominiert. Auf dem 79°N Schnitt nahm *Calanus glacialis* zum polaren Wasser des Ostgrönlandstroms hin stark zu. Im Bereich der Polynya war diese Art mit zahlreichen sehr jungen Entwicklungsstadien vertreten, ein Hinweis, daß die Fortpflanzung mit der Entwicklung der

Phytoplanktonblüte einhergehend schon seit einigen Wochen im Gange war. Die atlantische Art *Calanus finmarchicus* dominierte das Plankton im Eisrandbereich, fehlte aber auf dem Schelf völlig.

Insgesamt war die Biomasse des Zooplanktons im Bereich der Polynya eher gering. Minima waren dort am häufigsten, wo junge Entwicklungsstadien vorherrschten und wo Phytoplankton sich kräftig entwickelte. Es ist daher anzunehmen, daß die Phytoplanktonentwicklung zumindest im Frühjahr nicht vom herbivoren Zooplankton kontrolliert wird, sondern zum größten Teil absinkt und dort dem Benthos zur Verfügung steht. Larvenstadien meroplanktischer Arten, hauptsächlich von Balaniden, waren nur häufig im offenen Wasser der Polynya anzutreffen. Es scheint daher möglich, daß ein Timing der Reproduktion meroplanktischer Arten mit der Polynyaentwicklung stattfindet.

3.3.5.2 Räuberisches Zooplankton, Macrozooplankton (W. Hagen, C. Richter)

Trotz der relativ frühen Jahreszeit waren carnivore Arten, besonders Copepoden, Ctenophoren und Chaetognathen, in hoher Anzahl vorhanden. Weibchen der Copepodenarten *Pareuchaeta*, *Chiridius* and *Gaidius* hatten reife Gonaden und volle Eisäcke. Die RMT-Fänge auf dem Ostgrönlandschelf waren sehr mager sowohl hinsichtlich der Biomasse als auch der Diversität des Makroplanktons. Die neritische Euphausiacee *Thysanoessa inermis* war die dominierende Komponente.

Lebenduntersuchungen an räuberischem Zooplankton: Lebendes carnivores Plankton und Beuteorganismen wie Hydromedusen, Ctenophoren, Copepoden, Amphipoden und Chaetognathen, wurden aus den Bongohols sortiert und in Plastikbehältern (0.25 - 3 l) und Glasflaschen (5 l) in einem Kühlcontainer bei 0°C gehältert. Bei einigen Arten sorgte eine peristaltische Pumpe erzeugte Strömung dafür, die Organismen in Suspension zu halten und Frischwasser zuzuführen. Bei den meisten Crustaceenarten war die Hälterung auch ohne häufigen Wasserwechsel möglich. Bei dem Copepoden *Pareuchaeta glacialis* konnte das Schlüpfen der Nauplien aus dem Ei und ihre Entwicklung beobachtet werden. Der neritische Chaetognath *Sagitta elegans* konnte über eine Woche gehältert werden, aber es erfolgte keine Nahrungsaufnahme in dieser Zeit. Dagegen überlebten die ozeanische Art *Eukrohnia hamata* und einige Hydromedusenarten keine 3 Tage in Gefangenschaft. Zahlreiche Tiere wurden nach Ende des Abschnittes in einem Kühlcontainer nach Kiel geschickt zur Fortsetzung der Versuche. Messungen der Darmverweilzeit, des Mageninhaltes, des Trockengewichts, sowie die Verteilung der Arten sollen dazu dienen, die Bedeutung des carnivoren Zooplanktons auf die Herbivoren abzuschätzen.

3.3.5.3 Messung der Sekundärproduktion

(H.-J. Hirche, U. Meyer, J. Wegner, J.G. Braun, S. Hernandez-Leon)

Die Produktion des Zooplanktons wurde als Eiproduktion der Weibchen der Arten *Calanus finmarchicus* und *C. glacialis* gemessen, die aus dem Bongonetz aussortiert wurden. Dazu wurden je Station 2 x 30-40 Weibchen über 24 Stunden bei in-situ Temperatur inkubiert und die gelegten Eier gezählt. In Abb. 24 ist die Eiproduktion von *C. glacialis* aufgetragen gegen den Chlorophyll a-Gehalt der Wassersäule.

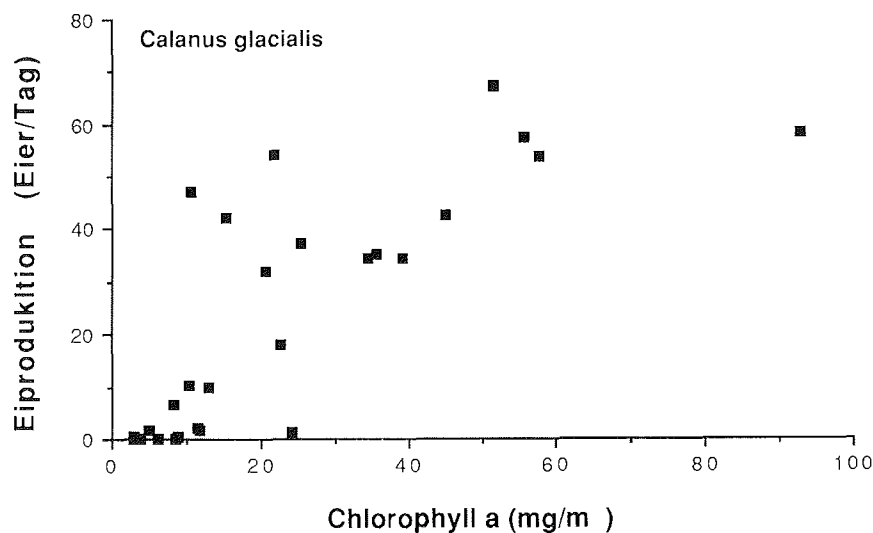


Abbildung 24: Eiproduktion von *Calanus glacialis* in Abhängigkeit von der Chlorophyll-Konzentration.

Experimentelle Arbeiten während der Expedition beschäftigten sich mit der Untersuchung der Eiproduktion von einzeln gehälteren *Calanus finmarchicus* Weibchen bei konstant hohem Nahrungsangebot und bei unterschiedlich langen Hungerperioden. Diese Experimente dienen als Hintergrundinformation für die oben erwähnten Freiland-Eiversuche. Von besonderem Interesse sind dabei die Ansprechzeit der Tiere auf veränderte Futterbedingungen, Gelegegröße und Eiablage-Intervall. Diese Versuche wurden auf dem nächsten Fahrtabschnitt fortgesetzt.

Im Gegensatz zur Primärproduktion gibt es kein Standardverfahren zur Bestimmung der Sekundärproduktion des Zooplanktons. Nach mehreren vergeblichen Ansätzen setzt man im Moment große Hoffnung auf das Enzym Transcarbamylyase als Indikator für die Sekundärproduktion. Deshalb wurde

die Transcarbamyaseaktivität von Weibchen der Arten *Calanus finmarchicus* und *C. glacialis* mit gleichzeitigen Messungen der Eiproduktionsmethode verglichen, deren Eignung zur Bestimmung der Sekundärproduktion einzelner Arten bereits mehrfach nachgewiesen wurde. Dazu wurden Parallelmessungen mit beiden Methoden an frisch gefangenen und unter unterschiedlichen Futterbedingungen gehaltenen adulten Weibchen von *C. finmarchicus* durchgeführt.

3.3.5.4 Untersuchung der Beziehung zwischen Nahrungsaufnahme und Kotballenproduktion von *Calanus finmarchicus*.

(H.-J. Hirche, V. Ehrmann, U. Meyer, J. Wegner)

Aufbauend auf der Korrelation von Eiproduktion und Nahrungsaufnahme sollte eine Methode entwickelt werden, die den Beitrag der herbivoren Copepoden zum vertikalen Partikelfluß und damit zur pelago-benthischen Kopplung aus der relativ leicht zu messenden Eiproduktion abschätzen läßt. Dazu wurden bei den Eiproduktionsuntersuchungen einzelner *Calanus finmarchicus* Weibchen bei unterschiedlichem Nahrungsangebot neben den abgelegten Eiern auch die Zahl und der Zustand der Kotballen erfaßt. Bei niedrigen Futterkonzentrationen sind die Kotballen sehr fragil, während bei Futterkonzentrationen >50µg Kohlenstoff/L eine kräftige peritrophe Membran ausgebildet war, die dem Kotballen Formbeständigkeit verlieh.

3.3.6 Seabirds and marine mammals at sea

(C. Joiris, J. Tahon and M. Elander)

The quantitative distribution of seabirds, pinnipeds and cetaceans was determined during 545 standard half an hour counts from the wheelhouse. The results will be presented in groups: South-North transect from Bremerhaven till 79°N, East-West transect along 79°N, polynya and North-South transect.

As an example, some preliminary results are summarized:

South-North transect: Birds densities were generally low, with a total of 15.594 birds encountered during 254 counts. Local concentrations were clearly bound to fronts: between Norwegian current and Atlantic water (62°N), entering Greenland gyre (71°N) and entering Polar water (76°N). At the two first ones, the bulk of the avifauna was formed by Fulmar *Fulmarus glacialis*; at the third front, alcids were present at high densities: Brünnich's Guillemot *Uria lomvia* and Little Auk *Alle alle*. In the pack ice, the most typical species was the Ivory Gull *Pagophila eburnea*. Few cetaceans were noted, all in Atlantic water: sperm whale *Physeter macrocephalus*, minke whale *Balaenoptera acutorostris* and fin whale *B. physalus*; it seems that baleen whales did not yet return to their polar feeding grounds. Ringed and hooded seals *Phoca hispida* and *Cystophora cristata* were encountered north of 76°, in a broad ice edge zone, where a few polar bears *Ursus maritimus* were also present.

This pattern will later on be confirmed when leaving the pack ice. (Figures 25 and 26: uncorrected results in numbers per half hour).

Polynya: The polynya counts were in general very low: 610 seabirds and 91 pinnipeds observed during 120 counts (no cetacean at all). The exceptions were an accumulation of birds (Kittiwakes *Rissa tridactyla* and Fulmars) at a front of water with low salinity (down to 27 PSU) and a few eiders (*Somateria mollissima* and *spectabilis*) at the limit of land fast pack ice. Ringed, hooded and bearded seals *Erignathus barbatus* were also present in low numbers. The most striking observations concern the walrus *Odobenus rosmarus*: 9 individuals were encountered at the most northern and western stations, in undeep water and near to land fast pack ice. Since we visited very shortly only this favorable biotope, one can conclude that an important walrus population is present in the NEW Greenland polynya. More important even: we encountered three mothers with small calves and one subadult individual, indicating that reproduction is taking place in the polynya and concerns a high proportion of the population.

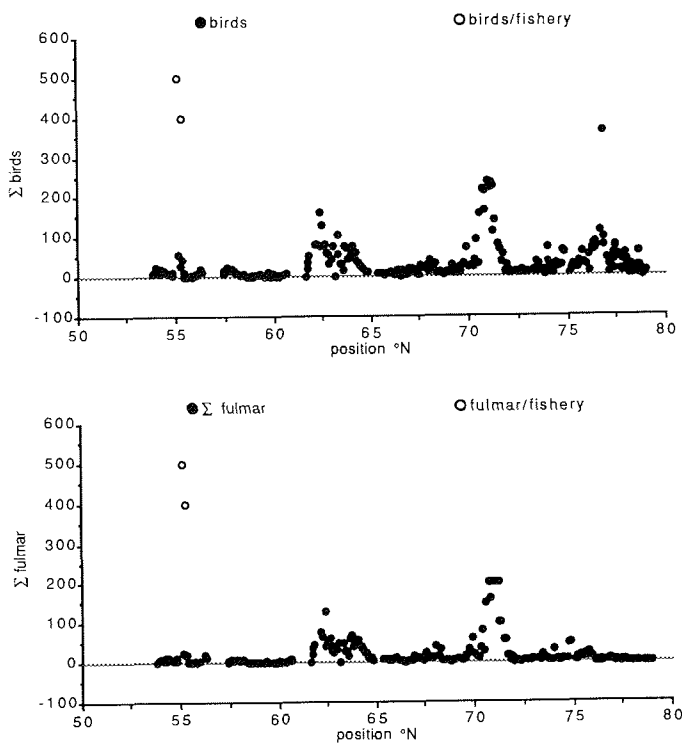


Figure 25: Bird and mammal distribution along the south-north transect

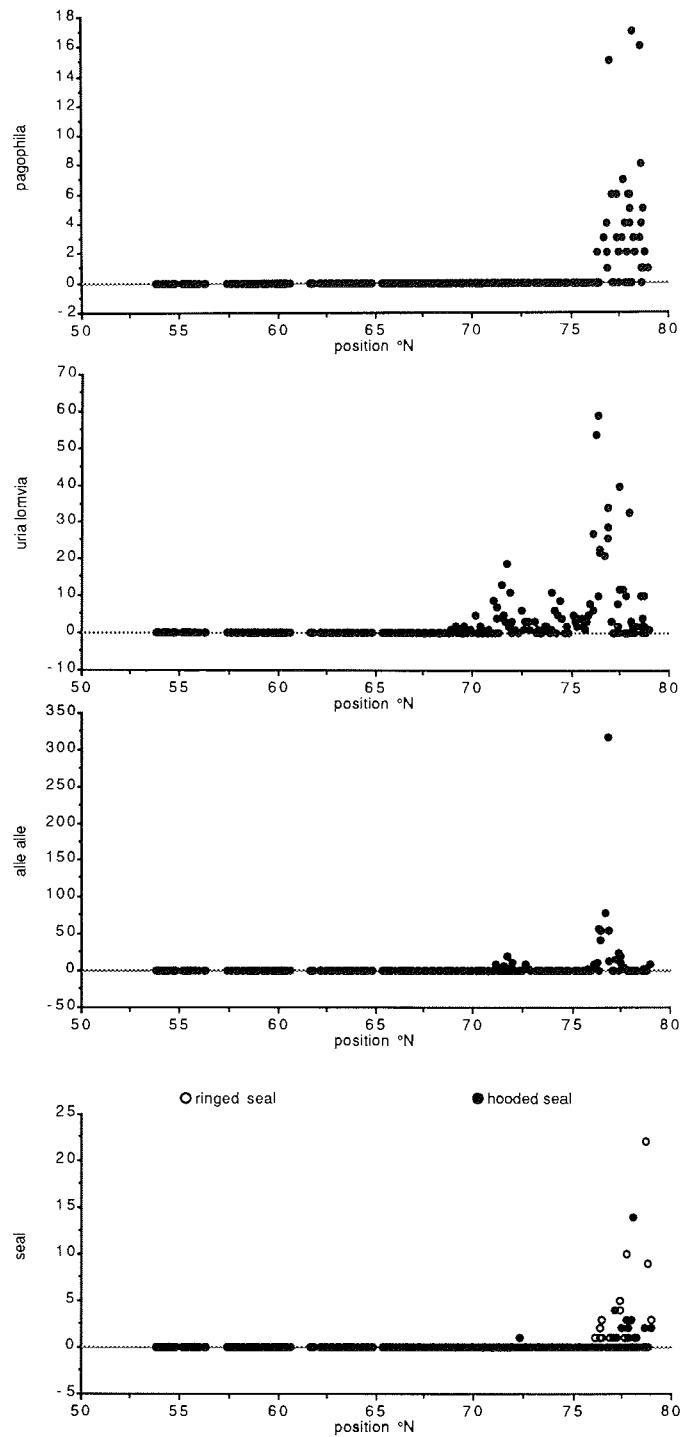


Figure 25: continued

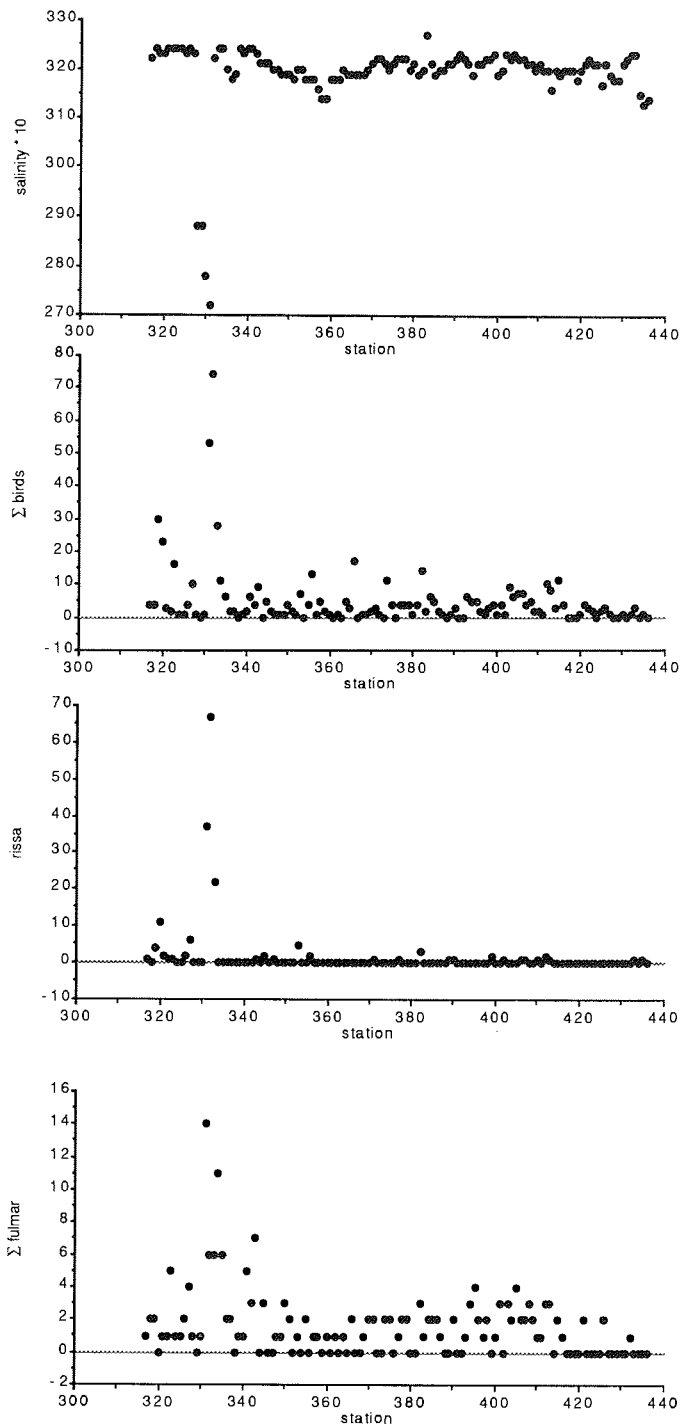


Figure 26: Seabird distribution, compared to surface salinities, in the NEW Polynya

3.4 Geologische Untersuchungen

3.4.1 Winterwassertransport und Sedimentakkumulation im Bereich der Nordostwasser Polynya (J. Rumohr, H. Preuß)

Fragestellung

Die Nordostwasser Polynya ist ein Gebiet erhöhter Produktion im Ostgrönlandstrom. Es ist nicht bekannt, ob sie auch ein Exportgebiet für feines organisches und lithogenes Material darstellt oder ob bodennah transportiertes Material in Senken und Trögen auf dem Schelf abgelagert wird. Abfließendes dichtes Winterwasser, das sich vermutlich besonders in der frühen Öffnungsphase der Polynya bildet, könnte hierbei als Transportprozeß eine wesentliche Rolle spielen.

Bei dieser Polynya-Vorstudie sollte mit verschiedenen Methoden untersucht werden, ob es Hinweise auf Transportwege für den bodennahen Sedimenttransport und Sedimentationsgebiete gibt. Auch die Zuverlässigkeit der bathymetrischen Karte als Grundlage für zukünftige Untersuchungen sollte geprüft werden.

Methoden und Untersuchungen

Während der Expedition kam neben dem konventionellen 3.5 kHz Sedimentlot auch das bordseitig installierte Subbottom Profiler System PARASOUND der Firma Krupp Atlas Elektronik Bremen zum Einsatz.

Dieses System ermöglicht eine größere Bündelung des abgestrahlten Signals. Der Öffnungswinkel beträgt ca. 4°, während er bei herkömmlichen Systemen bis 45° betragen kann. Diese starke Richtcharakteristik wird durch die Ausnutzung des parametrischen Effekts erreicht. Zwei sehr energiereiche Signale mit hohen Frequenzen werden überlagert, und es bildet sich ein akustisches Signal mit der Differenzfrequenz aus. Standardmäßig wurden auf dieser Fahrt die Primärfrequenzen 18.5 und 22.5 kHz verwendet, so daß die resultierende Schwingung eine Frequenz von 4 kHz besaß und aus vier Schwingungszyklen bestand. Zu Interferenztests, die zur Erkennung sehr dünner Schichten dienen, wurden kurzzeitig an bestimmten Stationen auch andere Frequenzen benutzt. Durch die scharfe Bündelung wird das Auftreten von Seitenechos und Diffraktionen unterdrückt, und man erhält eine bessere Annäherung an eine zero offset Sektion.

Ein weiterer Vorteil der PARASOUND-Anlage besteht darin, daß sie an die Synchronisierungseinheit des Schiffes angeschlossen ist. Alle an Bord verwendeten Lotanlagen werden von dieser Einheit getriggert, so daß sie sich gegenseitig nicht stören können. Das 3.5 kHz Sedimentlot ist nicht mit einbezogen, so daß es zu erheblichen Störsignalen kommen kann.

Die von der PARASOUND-Anlage empfangenen Boden- und Sedimentechos wurden mit einer von V. Spieß (Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen) entwickelten Datenerfassungseinheit digitalisiert und liegen nun für die weitere Bearbeitung in diskreter Form vor. Dies hat den Vorteil, daß viele der Methoden, die in der Reflexionsseismik zur Signalverarbeitung entwickelt wurden, zur Verbesserung des Nutz- zu Störsignalverhältnisses eingesetzt werden können (Stapeln, Mixen, Filtern). Diese Bearbeitung wird im geophysikalischen Rechenzentrum des GEOMAR in Kiel durchgeführt werden. An Bord werden die Signale auf einen Papiermitschrieb ausgegeben, so daß erste Auswertungen sofort durchgeführt werden können. Jedoch erwies sich die Qualität des Plotters bei starken Bodenneigungen als nicht ausreichend, da die Korrelation der einzelnen Einsätze verloren geht.

Das ORE 3,5 kHz-System vom AWI, Bremerhaven, wurde mit 16 Schwingern im Hydrographenschacht installiert als das Schiff ins Eis ging. Die Registriereinheit war im Labor E 550 (HS-PS-Zentrale) neben der PARASOUND-Anlage aufgestellt, so daß beide Geräte von einem Wachgänger betreut werden konnten. So war es auch möglich, die gegenseitigen Störungen in der Aufzeichnung durch kurzfristiges Ein- und Ausschalten des EPC-Schreibers der 3,5 kHz-Anlage so zu verschieben, daß sie nicht in die Bodenregistrierung fiel.

Zwischen allen Stationen über den Kontinentalhang und den Schelf auf 79°N und in der Polynya wurden mit beiden Systemen echografische Aufzeichnungen durchgeführt. Parallel dazu wurden im Minutenabstand Position, Wassertiefe, T(Wasser), T(Luft), Windrichtung und -stärke registriert. Inwieweit sich auch die Profile in schwerem Eis räumlich rekonstruieren lassen, muß erst die spätere Auswertung zeigen.

Die PARASOUND-Anlage lief die gesamte Meßzeit über ohne große Ausfälle und hat sich als sehr zuverlässig erwiesen. Das Digitalisierungsprogramm stürzte hingegen einige Male ab; jedoch konnten in jedem Fall die Daten gesichert werden. Ebenso lief die 3,5 kHz-Anlage zuverlässig und störungsfrei über die gesamte Zeit.

Auf allen Stationen am Kontinentalhang und auf dem Schelf, an denen Ablagerungen akustisch erkennbar waren, wurden mit einem kleinen Schwerelot insgesamt 12 Sedimentkerne (Plexiglasrohr, 80 mm) gezogen. Ein Kern drang in die verfestigte Grundmoräne ein. Von der Bestimmung der Korngrößenverteilung und anderer Sedimentparameter erwarten wir Aufschluß über das Sedimentangebot auf dem Schelf und die Transportkapazität der bodennahen Strömungen in dieser Region.

Für Dr. Erlenkeuser (C14-Labor, Universität Kiel) wurden auf allen Stationen Wasserproben (Boden und 10 m Tiefe) genommen. An ihnen soll der Delta ^{18}O -Gehalt gemessen werden, der durch Fraktionierungen in Eisnähe oder durch Zumischung fossilen meteorischen Schmelzwassers aus den grönländischen Gletschern vom weltweiten Gleichgewichtszustand hier lokal abweichen kann. Wenn sich das bewahrheiten sollte, wäre das ein Schlüssel zum Verständnis von bislang schwer interpretierbaren Isotopenverhältnissen

in Schalen benthischer und planktischer Foraminiferen in fossilen Sedimenten aus dem Bereich des Ostgrönlandstroms. Isotopenkurven werden zur Korrelation von Sedimentabfolgen herangezogen.

Vorläufige Ergebnisse

In den Sediment-Echolot-Aufzeichnungen ist erkennbar, daß auf dem gesamten Kontinentalhang zumindest bis hinauf in den Bereich der Eisbergpflugmarken (ca. 600 m Wassertiefe) Sedimente liegen. Der Schelf ist erwartungsgemäß fast ausnahmslos von Eisbergpflugmarken geprägt. Lediglich im Nordwest-Teil des ringförmigen Trogsystems wurden mehrere Meter mächtige junge Sedimente in einer offenbar subglazial geformten 400 m tiefen Trogmorphologie angetroffen. Dem Augenschein nach ist das Sediment sehr feinkörnig.

Der Sill in der Mitte des nördlichen Troges ist weniger als 300 m tief. Auch das spricht gegen die Vorstellung eines durchgängigen Bodenstromsystems im Ringtrog, das in der Lage wäre, Sediment zu transportieren. In einer Senke (310 m Tiefe) auf dem Schelf (79°03'N 10°33'W) wurden weiche Sedimente beprobt. Ob es sich dabei um strömungs- oder eisverfrachtetes Material handelt, läßt sich erst anhand der Laborergebnisse entscheiden.

Die topographische Karte mit der die Beprobungsstrategie festgelegt wurde, hat stellenweise erhebliche Fehler: Abweichungen bis über 100 m auf dem Schelf waren keine Seltenheit. Am Kontinentalhang waren die Abweichungen von der tatsächlichen Tiefe noch größer.

3.4.2 Particle Flux in the Nordic Seas (D. Hebbeln)

In order to reconstruct paleoenvironments by analysing marine sediments a specific knowledge of sediment forming processes is required. The particle flux to the seafloor with all its seasonal variabilities in quality and quantity can be recorded using time-series sediment traps. In high northern latitudes the largest part of material sinking down to the seafloor is made up either of particulate matter of lithogenic origin derived from melting ice floes or of biogenic origin. A detailed knowledge of these processes enables a better understanding of how marine sediments are formed.

During the cruise ARK VII/2 two sediment traps were deployed, which should be recovered during this cruise, ARK VIII/1. The first sediment trap was moored within an oceanographic mooring by the IFM Kiel in the central Greenland Sea Basin in 2497 m depth, around 1000 m above the seafloor (75°00.9'N, 04°07.1'W). Unfortunately the whole mooring could not be found, although an intensive search with the hydrophon from Polarstern as well as from a rubberboat was carried out. Most likely the mooring was broken somewhat earlier - due to corrosion - and drifted away.

The second sediment trap was moored off Spitsbergen in the Fram Strait in 1125 m depth around 600 m above the seafloor (78°54.6'N, 06°33.6'E). This mooring was managed by the IFM Hamburg. Due to a malfunction this trap worked only for three months, collecting the particle flux from October 1990 to the recovering in June 1991 in only one sample bottle.

To investigate the changes in organic matter while settling through the water column, we are analysing the stable isotope composition of organic carbon in plankton casts, in sediment trap samples and in surface sediment samples. Additionally to already existing surface sediment data and to the sediment trap samples at 20 stations on the Fram Strait section phytoplankton samples were taken with a 20µm-plankton net.

3.5 Scientific observer (S.M. Haq)

As a guest scientist I participated in the cruise with two basic objectives in mind. One to interact with the scientists on board on various aspects of the programme of investigations planned to be undertaken, including methodology and technique applied during field and laboratory observations. Second, to have first hand information on the working conditions on board RV "Polarstern", especially to have a better understanding of the requirements for conducting research under severe conditions of the polar seas.

A summarized account of the activities undertaken on board RV "Polarstern" is as follows:

Understanding of the principal of general operation of the CTD system. The high accuracy measurements required by the CTD probe for the special conditions of the polar seas and for the determination of the various water masses, were discussed periodically with Mr. Klaus Ohm, who was in charge of this work during the cruise.

The design of the mooring including the arrays of its various components such as the Aanderra Current Meter, floatation strength of various floats used, the Upward Looking Sonar (ULS) device used for measurement of ice thickness as well as the ice flow, the use of transponder and transducers in relocation as well as in activating release device, was discussed with Mr. Clark Darnell, who was responsible for both the deployment and recovery of the moorings. Necessary literature and model design for moorings and its various components, and the possible application of this device to measure various parameters associated with the movement of deoxygenated subsurface waters during the seasonal upwelling in the continental shelf of Pakistan, was discussed. A detailed film of the deployment and recovery of the moorings was made.

Instruments involved in measuring micro-zooplankton were discussed with Professor J. Lenz. Special mention in this regard may be made of the use of the Cell Analyzer System (CASY-1), for measuring various size suspended

particles in seawater. This device essentially includes an electronic counter linked to a computer, which in turn is programmed to record (a) the electrical impulses caused by the movement of particles through an electrical field between the capillary and the counter and (b) to compute at the same time the concentration of particles. Other aspects of investigations concerning microbial-loop in the marine ecosystem including the use of Niskin bottles for quantitative hauls at standard depths, the collection of samples for measurement of chlorophyll a and for total organic carbon and nitrogen, were also discussed.

Exchange of views on various types of samplers and plankton nets used during the cruise was discussed. These include: Rosette sampler; Bongo net; Multinets; Microplankton net; Rumohr-lot sampler; the sediment trap (connected to the mooring device referred to above) for measuring seasonal changes of the particles flux to the sea-floor.

Updating information on: important ship board (fixed) instrumentation deployed in navigations and for the collection of biological samples and other essential oceanographic data including other aspects connected with the planning, and proper management of all operations on board, for the efficient execution of various planned field activities. Special attention was given to the operational conditions and requirements for distant water oceanographic research, particular the ones relating to the polar conditions.

In support of all the above mentioned activities pictures were taken, and, where ever possible, movie film highlighting the instrumentation and methodology used were prepared, which could possibly be demonstrated for the benefit of scientists and institutions in Pakistan and, if possible, institutions of other developing countries.

Mention may be made of the R.V. Polarstern, which provides exceptionally outstanding facilities for both scientific work and for consultations and discussions by the scientific community on board. The international character of her various activities undoubtedly singles her out as an important vessel, which hopefully will continue to provide a venue for international cooperation.

Finally, I should like to take this occasion to express my sincere thanks to Professor Dr. G. Hempel, Director of AWI and to Dr. Gunter Gierman for extending me the opportunity to participate in this cruise. My thanks are due also to Dr. G. Kattner for the assistance given in making my stay on board a success, and for the excellent leadership and coordination he provided throughout the cruise. I should also like to place on record my sincere appreciation for Captain I. Suhrmeyer and his officers for the cooperation extended to me to learn more about the instrumentation and management of the ship. The assistance given by all participants in the cruise is gratefully acknowledged.

4 FAHRTTEILNEHMER / PARTICIPANTS

Name/Name	Institut/Institute
Auf dem Venne, Herbert	IFMK
Bagry-Shakhmatova, Lydia	IBSS
Braun, Jose Gracia	IEO
Darnell, Clarke	PMEL
Drübbisch, Ulrich	IFMH
Ehmann, Volker	AWI
Elander, Magnus	DQG
Gekeler, Jens	IFMH
Gorges, Anita	AWI
Graeve, Martin	AWI
Hagen, Wilhelm	IPÖ
Hannsen, Hinrich	IFMK
Haq, Syed, M.	IOC
Hebbeln, Dierk	GeoB
Hernandez Leon, Santiago	FCM
Hirche, Hans-Jürgen	AWI
Hubberten, Ulrike	AWI
Joiris, Claude	VUB
Kattner, Gerhard	AWI
Kirchhoff, Berit	AWI
Krack, Axel	AWI
Lara, Ruben	AWI
Lenz, Jürgen	IFMK
Maul, Andreas	AWI
Mehrtens, Gabriele	AWI
Meyer, Ute	AWI
Ochsenhirt, Wolf-Th.	SWA
Ohm, Klaus	AWI
Preuß, Henning	SFB 313
Richter, Claudio	IPÖ
Roed, Erhard	SWA
Rumohr, Jan	GEOM
Sauerland, Joachim	AWI
Schaumann, Karsten	AWI
Sildam, Jüri	IEMR
Stürcken, Marthi	AWI
Tahon, Jaques	VUB
Tillmann, Urban	AWI
Wegner, Jan	AWI

5 BETEILIGTE INSTITUTE / PARTICIPATING INSTITUTES

Adresse / Address

Belgien

VUB Vrije Universiteit Brussel
Faculteit Wetenschappen
Laboratorium voor Ecotoxilogie
B-1050 Brussel

Deutschland

AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Columbusstraße
D-2850 Bremerhaven

GeoB Fachbereich Geowissenschaften
Universität Bremen
Postfach 33 04 40
D-2800 Bremen 33

GEOM GEOMAR Forschungszentrum für marine Geowissenschaften
Wischhofstr. 1-3
D-2300 Kiel 14

IFMH Institut für Meereskunde der Universität Hamburg
Tropowitzstraße 7
D-2000 Hamburg 54

IFMK Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20
D-2300 Kiel 1

IPÖ Institut für Polarökologie der Universität Kiel
Olshausenstraße 40
D-2300 Kiel

SFB 313 Sonderforschungsbereich 313
Christian-Albrechts-Universität
Olshausenstraße 40
D-2300 Kiel

SWA Seewetteramt Hamburg
Bernhard-Nocht-Straße 76
D-2000 Hamburg 4

Frankreich

IOC IOC - Unesco
 Place de Fontenoy
 F-75700 Paris

Schweden

DQG Department of Quaternary Geology
 Lund University
 Sölvegatan 13
 S-223 62 Lund

Spanien

FCM Facultad de Ciencias del Mar
 Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
 Campus Universitario de Tarifa
 E-35017 Las Palmas de Gran Canaria

IEO Instituto Espanol de Oceanografia
 Centro Oceanografico de Canarias
 Carretera de San Andres S/N.
 Apartado de Correos 1373
 E-38080 Santa Cruz de Tenerife

USA

PMEL NOAA Pacific Marine
 Environmental Laboratory

USSR

IBSS Institute of Biology of South Sea
 Odessa - 270011

IEMR Institute of Ecology and Marine Research
 Paldiski Rd. 1, Tallinn 200001
 Estonia

Suhrmeyer, Lothar	Kapitän
Götting, Hans	1. Offizier
Varding, Ingo	Naut. Offizier
Rodewald, Martin	Naut. Offizier
Grundmann, Uwe	2. Naut. Offizier
Aschoff, Horst	Arzt
Geiger, Horst	Funkoffizier
Wanger, Karl-Heinz	Funkoffizier
Müller, Klaus	Ldt. Ingenieur
Erreth Monostory, Gy	2. Ingenieur
Fengler, Rolf Rüdiger	2. Ingenieur
Schuster, Eckbert	2. Ingenieur
Elvers, Heinrich	Elektroniker
Lembke, Udo	Elektroniker
Muhle, Helmut	Elektroniker
Pabst, Helmar E.	Elektroniker
Schuster, Georg	Elektroniker
Hopp, Wolfgang	Bootsmann
Marowski, Klaus	Zimmermann
Iglesias Bermudez, Bal	Matrose
Soage Curra, Jose	Matrose
Abreu Dios, Jose	Matrose
Pousada Martinez, Sat	Matrose
Gil Iglesias, Luis	Matrose
Buchhorn, Thorsten	Matrose
Schierl, Franz	Lagerhalter
Carstens, Erwin	Maschinenwart
Dufner, Gustav	Maschinenwart
Husung, Udo	Maschinenwart
Wittfoth, Willi	Maschinenwart
Reitz, Marcel	Maschinenwart
Vollmeyer, Helmut	1. Steward
Kubicka, Egon	Koch
Dutsch, Michael	Kochsmaat
Hueneke, Heino	Kochsmaat
Yang, Chien-Chang	2. Steward
Yu, Chung-Leung	2. Steward
Tu, Jian-Min	2. Steward
Hoppe, Martha	Stewardess
Hopp, Agnes	Stewardess
Rothmann, Tanja	Stewardess
Droese, Katja	Stewardess

Abkürzungen / Abbreviations:

CTD	CTD mit Rosette
BO	Bongo
RO/30	Rosette 6x30L
MPN	Multiplanktonnetz
MN	Multinetz
R-Lot	Rumohr-Lot
HN	Handnetz
APSN	Apsteinnetz
RMT	Rectangular Midwatertrawl
SS	Schachtsonde (Temp., Salzgeh., Mie-Str., Chlorophyll, Gelbstoff)

Station Nr.	Date 1991	Time (UTC)	Lat. N	Long. W	Depth (m)	CTD	BO	RO /30	MPN	MN	R-Lot	HN	APSN	Sonstiges
	1.06.	13.21	55°16'	06°54'E										SS zu Wasser
001	4.06.	08.02 12.04	66°43' 66°42'	01°28' 01°27'	3657 3644	x	x	x	x			x	x	SS repariert
002	5.06. 6.06.	19.49 01.55	73°03' 73°04'	08°02' 08°04'	2667 2701	x	x	x	x			x	x	Verankerung GS-3C aufgenommen
003	6.06. 7.06.	22.37 04.32	75°01' 75°02'	04°05' 04°08'	3634 3631	x	x	x	x	x	x	x		Verankerung 0271 nicht gefunden
	7.06.	14.00	76°45'	04°26'	1902									SS ersetzt durch 3,5kHz-Lot
004	8.06.	00.04	78°02'	04°54'	1277									Verankerung nicht aufgenommen
005	8.06.	09.52 18.55	79°01' 78°54'	03°14' 03°11'	2329 2441	x	x	x	x	x	x	x		Eisproben, Verankerung FW-A1 zu Wasser
006	8.06. 9.06.	20.29 00.19	79°00' 79°00'	04°03' 04°09'	1953 1886	x	x				x		x	
007	9.06.	02.02 07.20	79°01' 79°00'	04°53' 04°42'	1413 1534	x	x	x	x		x			Verankerung FW-A2 zu Wasser
008	9.06.	10.18 12.47	79°00' 79°00'	05°50' 05°50'	716 698	x	x				x	x		Eisproben

Station Nr.	Date 1991	Time (UTC)	Lat. N	Long. W	Depth (m)	CTD	BO	RO /30	MPN	MN	R-Lot	HN	APSN	Sonstiges
009	9.06.	14.00 16.02	79°01' 79°01'	06°06' 06°06'	524 520									Verankerung M1 zu Wasser
009A	9.06.	16.48 18.06	78°59' 78°59'	06°18' 06°20'	344 335									Verankerung M2 zu Wasser
009B	9.06.	21.00 23.41	78°57' 78°57'	06°45' 06°47'	280 261	x	x	x	x	x	x		x	Eisproben
010	10.06.	06.01 07.04	78°40' 78°40'	07°33' 07°32'	189 184	x	x					x		
011	10.06.	09.55 11.39	78°44' 78°44'	08°22' 08°23'	214 209	x	x	x	x				x	
012	10.06.	15.52 17.16	78°49' 78°49'	09°13' 09°14'	196 181	x	x			x		x		
013	10.06. 11.06.	22.36 00.45	79°00' 79°02'	10°30' 10°30'	301 303	x	x	x	x		x		x	
014	11.06.	03.35 04.17	79°11' 79°11'	12°02' 12°02'	179 179	x	x					x		

Station Nr.	Date 1991	Time (UTC)	Lat. N	Long. W	Depth (m)	CTD	BO	RO /30	MPN	MN	R-Lot	HN	APSN	Sonstiges
015	11.06.	08.10 10.00	79°24' 79°24'	13°43' 13°46'	128 113	x	x	x	x	x		x		
016	11.06.	12.04 12.49	79°30' 79°30'	15°19' 15°19'	063 063	x	x					x		
017	11.06.	14.55 18.07	79°40' 79°40'	16°17' 16°16'	285 290	x	x	x	x	x	x	x		
018	11.06.	Station gestrichen (schlechte Eisverhältnisse)												
019	11.06. 12.06.	23.35 00.46	80°20' 80°20'	15°38' 15°36'	111 146	x	x	x	x			x		
020	* 12.06.	02.32 06.48	80°12' 80°14'	15°00' 15°09'	408 358	x	x			x	x			RMT
021	12.06.	08.25 10.00	80°09' 80°10'	13°50' 13°57'	142 146	x	x	x	x			x		
022	12.06.	12.18 13.21	80°12' 80°12'	12°28' 12°27'	133 142	x	x					x		Eisproben
023	12.06.	17.11 17.36	80°11' 80°11'	11°02' 11°02'	102 103	x	x					x		

Station Nr.	Date 1991	Time (UTC)	Lat. N	Long. W	Depth (m)	CTD	BO	RO /30	MPN	MN	R-Lot	HN	APSN	Sonstiges
024	12.06.	19.49 23.23	80°09' 80°08'	09°29' 09°34'	292 239	x	x	x	x			x	x	RMT
024A	13.06.	00.43 02.25	80°12' 80°11'	09°25' 09°21'	345 314	x				x	x			
025	13.06.	04.09 04.53	80°24' 80°24'	09°19' 09°16'	263 265	x	x							
026	13.06.	06.12 07.58	80°37' 80°37'	09°28' 09°32'	230 251	x	x	x	x					
027	13.06.	10.07 10.47	80°50' 80°50'	10°32' 10°32'	202 141	x	x					x		
028	13.06.	14.50 16.19	80°55' 80°55'	11°59' 11°56'	144 191	x	x	x	x			x		
029	13.06.	19.00 19.29	80°49' 80°49'	13°05' 13°05'	77 75	x	x						x	
030	13.06.	21.13 22.27	80°45' 80°45'	14°03' 14°03'	211 221	x	x	x	x					
031	14.06.	00.45 02.04	80°40' 80°40'	12°01' 11°55'	233 227	x	x					x		

Station Nr.	Date 1991	Time (UTC)	Lat. N	Long. W	Depth (m)	CTD	BO	RO /30	MPN	MN	R-Lot	HN	APSN	Sonstiges
032	14.06.	11.14 12.49	79°45' 79°46'	10°04' 10°05'	158 153	x	x	x	x			x		Eisproben
033	14.06.	15.51 17.50	79°37' 79°36'	08°17' 08°11'	203 201	x	x		x	x		x		Eisproben
034	16.06.	03.50 04.31	78°59' 78°59'	04°51' 05°51'	1419 1416									Verankerung FW-A3 zu Wasser
035	16.06. 16.06.	11.24 18.49	79°00' 78°59'	00°01'E 00°09'E	2588 2582	x	x	x	x	x	x	x		RMT, 3,5kHz-Lot durch SS ersetzt
036	17.06. 17.06.	01.27 08.57	78°54' 78°58'	06°33'E 06°36'E	1740 1424	x	x	x	x	x			x	Verankerung 0162/1 aufgenommen, SS ersetzt durch 3,5kHz-Lot

