

**Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2
mit FS „Polarstern“ 1988**

**The Expedition ARKTIS V/1a, 1b and 2
of RV “Polarstern” 1988**

**Herausgegeben von Michael Spindler
mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer**

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Einführung	5
Introduction	7
1. ARK V/1a, BREMERHAVEN - AKUREYRI 26.04.88 - 29.05.88 (Fahrtleiter: M. Spindler)	
1.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf	9
1.2 Summary and Itinerary	11
1.3 Berichte der Arbeitsgruppen	13
1.3.1 Grenzschnittuntersuchungen	13
1.3.1.1 Übersicht	13
1.3.1.2 Aerologie und Bodenbeobachtungen vom Schiff	14
1.3.1.3 Bodendaten der Eisstation	17
1.3.1.4 Bodengebundene Fernerkundung	23
1.3.1.5 Argos-Bojen	27
1.3.1.6 Eistemperaturprofile	29
1.3.1.7 Laser-Profilometer	31
1.3.1.8 Line-Scan-Camera (LSC) - Messungen	33
1.3.1.9 Grenzschnitt unter dem Eis	37
1.3.2 Ice-flow dynamic measurements with radiosondes	38
1.3.3. Messung von Strahlungsbilanzkomponenten über dem Meereis	43
1.3.4 Produktionsbiologische Untersuchungen des Phytoplanktons	51
1.3.5 Planktologische Untersuchungen	60
1.3.6 Meereisuntersuchungen	67
1.3.6.1 Physikalische Untersuchungen	67
1.3.6.2 Biologische Untersuchungen	77
1.3.6.3 Mikrobiologisch-mykologische Untersuchungen	78
2. ARK V/1b, AKUREYRI - REYKJAVIK 29.05.88 - 04.06.88 (Fahrtleiter: M. Spindler)	
2.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf	85
2.2 Summary and Itinerary	86
2.3 Berichte der Arbeitsgruppen	87
2.3.1 Biologische Untersuchungen	87
2.3.2 Geologisch-chemische Untersuchungen am Kolbeinsey-Rücken	89
2.3.2.1 Einführung	89
2.3.2.2 Vermessung mit dem Tiefschlepp-Sonar	90
2.3.2.3 Hydrochemische Untersuchungen	96

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
2.3.2.3.1 Ozeanographische Parameter	96
2.3.2.3.2 Manganbestimmung im Meerwasser	103
2.3.2.4 Spurengasanalytische Untersuchung von Seewasser	104
2.3.2.5 Petrographie der Vulkanite	111
2.3.2.6 Sedimente und ihre Verteilung südlich Kolbeinsey	114
3. ARK V/2, REYKJAVIK - TROMSÖ 06.06.88 - 04.07.88 (Fahrtleiter: J. Meincke)	
3.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf	119
3.2 Summary and Itinerary	120
3.3 Berichte der Arbeitsgruppen	121
3.3.1 Physical Oceanography	121
3.3.2 Geologic investigations	150
3.3.3 Chemical investigations	152
3.3.3.1 Nutrients and nitrogeneous substances	152
3.3.3.2 Aluminium measurements	153
3.3.4 Sinkstoff-Fallenexperimente	154
3.3.4.1 Aktuopaläontologie	154
3.3.4.2 Chemische Untersuchungen	156
3.3.5 Biological investigations	157
3.3.5.1 Phytoplanktological investigations	157
3.3.5.2 Microplanktological investigations	160
3.3.5.3 Zooplanktological investigations	164
3.3.5.4 Radiolarians as indicators of productivity	165
3.3.5.5 Higher trophic levels: seabirds and marine mammals	167
3.3.6 Satellite remote sensing	169
ANHANG	
A. Stationslisten / Station lists	173
A.1 ARK V/1	174
A.2 ARK V/2	181
B. Fahrtteilnehmer / Participants	187
B.1 ARK V/1a	187
B.2 ARK V/1b	188
B.3 ARK V/2	189

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
C. Beteiligte Institute / Participating institutions	191
D. Schiffspersonal / Ship's crew	196
D.1 ARK V/1	196
D.2 ARK V/2	197

Fahrtabschnitte ARK V/3a, b werden gesondert in einem späteren Heft der "Berichte zur Polarforschung" veröffentlicht.

Einführung

Die fünfte Arktis-Expedition des FS "Polarstern" dauerte vom 26. April 1988 bis 29. August 1988. Die Reise teilte sich in drei Fahrtabschnitte, von denen der erste und dritte jeweils noch einmal unterteilt waren. Das Schiff legte auf dieser Expedition, auf der multidisziplinäre Forschungsarbeiten durchgeführt wurden, 16.809 Seemeilen zurück.

Am 26. April lief "Polarstern" von Bremerhaven zum ersten Fahrtabschnitt aus, um eine mehr oder weniger stationäre Position an einer Eisscholle westlich Spitzbergens einzunehmen. Hier wurden während einer mehrwöchigen Meßphase im Rahmen eines koordinierten Programms, an dem auch von Spitzbergen aus operierende Flugzeuge und FS "Valdivia" teilnahmen, meteorologische und ozeanographische Prozesse an den Grenzschichten Ozean, Eis und Atmosphäre untersucht. Eisbiologische und -physikalische und planktologische Programme wurden gleichzeitig durchgeführt. Nach einem Personalwechsel am 29. Mai in Akureyri (Island) lag das Schwergewicht der folgenden Arbeiten auf biologischen, geologischen und chemischen Untersuchungen an flachen, marinen Hydrothermalquellen im Norden Islands.

Der Fahrtabschnitt ARK V/2 begann am 6. Juni 1988 in Reykjavik und endete am 4. Juli in Tromsø. Während dieses Fahrtabschnittes wurden im Rahmen des Grönlandsee-Projekts, an dem "Polarstern" die eisbedeckten Stationen und andere Schiffe (z.B. "Valdivia", "Haakon Mosby") das eisfreie Stationsnetz abarbeiteten, vor allem ozeanographische Messungen durchgeführt, hydrobiologische Schnitte gefahren und mehrere Verankerungen aufgenommen und ausgelegt.

Der dritte Abschnitt, der am 6. Juli 1988 begann, war wieder in zwei Einheiten unterteilt. Während des ersten Teils wurden hauptsächlich geophysikalische Untersuchungen (Reflexionsseismik) am passiven Kontinentalhang vor Ost-Grönland durchgeführt. Es konnten trotz teilweiser starker Eisbedeckung mehrfach überdeckende Profile gefahren werden. Am 2. August 1988 fand ein weiterer Personalaustausch in Reykjavik statt und anschließend wurde das Gebiet um den Scoresby Sund angelaufen. Hier wurden in einem kombinierten Land-See-Programm, bei dem auch 6 bemannte Landstationen eingerichtet wurden, seismographische Profile erarbeitet. Neben den beiden seismischen Programmen des dritten Fahrtabschnittes konnten umfangreiche geologische Probennahmen durchgeführt werden.

Zusammenfassung und Fahrtverlauf von ARK V/3a und 3b sowie die während dieser Fahrtabschnitte erzielten ersten Ergebnisse werden gesondert in einem späteren Heft der "Berichte zur Polarforschung" veröffentlicht.

FS "Polarstern" wurde auf den Abschnitten ARK V/1 und 2 von Kapitän E.P. Greve und auf ARK V/3 von Kapitän L. Suhrmeyer geführt. Den Kapitänen, den Offizieren und der Mannschaft schulden wir großen Dank für ihre hervorragende, engagierte Arbeit und ihre verständnisvolle Hilfe, die zum Erfolg der wissenschaftlichen Arbeit maßgeblich beigetragen haben.

Unser herzlicher Dank gilt auch G. Dansauer, S. Marschall und C. Riemenschneider für ihre Hilfe bei der Fertigstellung dieses Fahrtberichts.

Introduction

The fifth Arctic expedition of RV "Polarstern" started on 26 June and ended on 29 August 1988.

The cruise consisted of three legs, of which the first and third were further subdivided. During this multidisciplinary expedition "Polarstern" covered a total of 16,809 nautical miles.

On 26 April "Polarstern" departed from Bremerhaven for its first leg, to occupy a more or less stationary position at an ice floe west of Spitsbergen. During a measuring phase of a few weeks, meteorological and oceanographical processes at the boundary layers ocean, ice and atmosphere were investigated. Additional data were collected from aircrafts operating from Spitsbergen and from RV "Valdivia". Parallel, research on ice biology and physics, and planktology was undertaken. After exchange of scientific crew in Akureyri (Iceland) on 29 May, the main investigations concentrated on biology, geology, and chemistry on shallow marine hydrothermal vents north of Iceland.

Leg ARK V/2 started in Reykjavik on 6 June and ended in Tromsø on 4 July 1988. The programs of this leg were part of the International Greenland Sea Project with "Polarstern" operating mainly in the ice covered areas to carry out oceanographical and biological investigations, and to deploy and recover moorings. Other ships participating in this program (e.g. "Valdivia", "Haakon Mosby") operated in ice free waters.

The third leg which again was subdivided into two parts commenced on 6 July and ended in Bremerhaven on 29 August 1988. During the first phase, geophysical research (reflection seismography) was undertaken on the passive continental margin off East Greenland. Despite heavy ice cover several profiles, overlapping each other, were obtained. On 2 August scientific crew was exchanged in Reykjavik and thereafter "Polarstern" sailed to the area around Scoresby Sund. In a combined sea-land program, during which 6 manned land based stations were established, seismographic profiles were acquired. In addition to both seismographical programs of the third leg, extensive recovery of geological samples took place.

Summary and itinerary of both legs ARK V/3a and 3b, and preliminary results obtained will be published separately (Ber. Polarforsch. 60, 1989).

Masters of "Polarstern" were Captain E.P. Greve on legs V/1 and 2, and Captain L. Suhrmeyer on leg V/3. We are grateful to them, the officers and crew for excellent work and their willing assistance which contributed to the scientific success of the cruise.

Thanks are also due to G. Dansauer, S. Marschall and C. Riemenschneider for their help in completing this report.

1. ARK V/1a, BREMERHAVEN - AKUREYRI
26.04.88 - 29.05.88

1.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf (M. Spindler)

Am 26. April um 20.20 Uhr legte "Polarstern" mit 48 wissenschaftlichen Fahrtteilnehmern und 41 Besatzungsmitgliedern in Bremerhaven ab. Am 29. April wurde um 4.50 Uhr der Polarkreis überquert, mit möglichen Folgen für die vielen Ungetauften an Bord. Longyearbyen wurde am Vormittag des 1. Mai erreicht und die Container für die DFVLR wurden problemlos mit Hilfe von Schiffs- und Landkran übergeben. Mit den gleichzeitig in Spitzbergen eingeschifften zwei Eisbärenwächtern war die Mannschaft vollständig, und wir legten mittags wieder ab.

Von Spitzbergen liefen wir mit westlichem Kurs aus, um eine Scholle im Gebiet um 81°N und 0° Länge anzulaufen. In der Nacht zum 2. Mai erreichten wir den Eisrand und liefen erst zügig, danach häufiger mit Rammstößen weiter, bis uns am Nachmittag ein nur etwa 100 m breiter, völlig verpreßter Eisstreifen den Weg nachhaltig versperrte. Nach 6 Stunden Eisrammen gelangten wir in eine eisfreie Rinne, an deren Beginn wir mit der ersten Station unsere wissenschaftliche Tätigkeit begannen. Hier wurde die erste einer Reihe von Argos-Bojen ausgesetzt und einige Eiskerne gezogen. Dies geschah unter den wachsamen Augen der Bärenwächter, hatten wir doch während der Eisfahrt insgesamt 5 Eisbären relativ nahe am Schiff gesehen. In der Nacht zum 3. Mai kam starker Nebel auf, und das Eis wurde merklich dicker. Da wegen schlechter Sicht keine Flugerkundung möglich war, untersuchten wir die Schollen der näheren Umgebung und entschieden uns für eine etwa 2 km lange und 1 km breite Scholle in der Position 80°25,7'N, 02°08,5'O. Hier wurde bis in die späten Nachtstunden bei Temperaturen von bis zu minus 19°C begonnen, die meteorologische Meßstation aufzubauen. Drei Container wurden eingerichtet, Generatoren und Heizung installiert, RASS und SODAR in Gang gesetzt und eine Meßlinie mit diversen Geräten bestückt. Am Abend des 4. Mai konnten wir die Biologenposition etwa 1,5 km entfernt an der gleichen Scholle anlaufen, die zugleich auch fester Ankerplatz für "Polarstern" wurde. Nach einigen Dickenmeßbohrungen zeigte sich, daß wir mit der Scholle eine gute Wahl getroffen hatten, die Meteorologen errichteten ihre Station auf 3 m dickem Eis, und die Biologen freuten sich über den nur 1,70 m dicken Teil in der Nähe des Liegeplatzes.

Am nächsten Tag wurden hier der "Hausgarten" der Meereisbiologen angelegt und die ersten Kerne gezogen. Die Wasserbiologen setzten CTD's, Bio-Rosis, Multi- und Handnetze ein, fingen aber wenig

Plankton. Bedingt durch das gute Flugwetter konnten eine weitere Argos-Boje und alle 12 Transponder von Herrn Tüg ausgesetzt werden. Am 8. Mai wurde die letzte Argos-Boje mit Hilfe beider Hubschrauber etwa 50 Meilen im Nordwesten unserer Scholle gesetzt. Zusätzlich wurden die Helikopter für Linescan- und Videoflüge mehr oder weniger regelmäßig eingesetzt. Die Skidoo-Fahrten zur Meteorologenstation ließen in dem Maße nach, in dem dort die Systeme korrekt arbeiteten und ihre Daten lieferten. Die Eisphysiker begannen zusammen mit den Ozeanographen, unsere Scholle sowohl in Längs- als auch Querrichtung zu perforieren; im Abstand von jeweils 5 Metern wurde so eine Eisdickenmessung vorgenommen. Weitere Abwechslung brachte der Besuch beider Polarflugzeuge, die in geringer Höhe "Polarstern" überflogen.

Am Abend des 9. Mai begann sich durch die Scholle ein Riß zu bilden. Durch Eispreß benachbarter Schollen, Temperaturen über Null sowie eine kurzfristige Änderung der Schollendrift zerbrach die Scholle schließlich in zwei etwa gleich große Teile. Vorsichtshalber wurde alles Personal von der Meteorologenstation abgezogen. Mehrere Hubschrauberflüge noch in der Nacht zeigten jedoch, daß keine Gefahr für diese Station bestand. Die Station und der Biologen-"Hausgarten" lagen jetzt auf zwei voneinander getrennten Schollen, alle wissenschaftlichen Arbeiten konnten aber weiterlaufen.

Am 15. Mai erreichte uns am Abend der Notruf eines Abenteurers, der von Schlittenhunden begleitet, den arktischen Packeisgürtel von Spitzbergen nach Grönland zu überqueren versuchte. Er befand sich zu diesem Zeitpunkt etwa 120 Seemeilen westnordwestlich unserer Position auf einer isolierten, ständig kleiner werdenden Scholle. Nach Beratungen zwischen Schiff und dem Gouverneur von Spitzbergen wurde die erfolgreiche Rettungsaktion eingeleitet, bei der die "Polarstern" als Auftankstation für einen von Spitzbergen aus kommenden Hubschrauber diente.

Neben den Routinemessungen von Meteorologie und Ozeanographie, den Probenahmen der Wasser- und Eisbiologen sowie der Eisphysiker, gab es meteorologische Helikopter-Flüge bis hin zur "Valdivia", und der "Polarfuchs" wurde für Lichtmessungen in der Wassersäule ausgesetzt. Am Pfingstsonntag (21. Mai) war es dann für die 43 "Unreinen" soweit, sie wurden bei einer zünftigen Taufe auf dem Eis vom Schmutz der südlichen Breiten befreit. Als würdiger Abschluß dieser Veranstaltung wurde ein Grillabend mit Wein und Bier veranstaltet, an dem auch alle Täuflinge - halbwegs erholt - teilnehmen konnten.

Am 23. Mai wurden die letzten meteorologischen Daten auf der Scholle gesammelt. Um 19.30 Uhr waren alle Eisanker gelöst, und "Polarstern" verholte direkt an die Station, an der mit dem Abbau aller Meßsysteme begonnen wurde. Während am Morgen des nächsten Tages RASS, SODAR, Wohncontainer, Aggregate und Skidoos verladen wurden, arbeiteten die Meereisbiologen zum letzten Mal im "Hausgarten" und erbohrten noch einmal 14 Eiskerne. Um 12.30 Uhr waren alle Personen und Geräte wieder an Bord, und die Scholle wurde endgültig verlassen. Gegen 19.00 Uhr erreichten wir die Eisgrenze bei Position 79°55,5'N, 03°30,0'O und trafen uns eine halbe Stunde später mit der "Valdivia", die im freien Wasser wartete, um einiges Material zu übergeben.

Am 25. Mai waren wir in Sichtweite von Spitzbergen und um 10.30 Uhr verringerte sich die Zahl unserer Mitfahrer um die zwei Eisbärenwächter. Von Spitzbergen ging es mit direktem Kurs nach Island, wo wir am 29. Mai in den Fjord von Akureyri einliefen und unseren Ankerplatz um 7.30 Uhr erreichten.

1.2 Summary and Itinerary (M. Spindler)

"Polarstern" left Bremerhaven on 26 April with 48 scientists and 41 crew. The Polar Circle was crossed in the morning of 29 April at 4.50, with consequences later on for those crossing this imaginary line for the first time. Longyearbyen was reached in the morning of 1 May and two containers with equipment for the DFVLR operations in Spitsbergen were handed over. The crew was completed at the same time when two polar bear guards joined "Polarstern".

We left Spitsbergen by a westerly course to aim for an ice floe in the area of 81°N and longitude 0°. During the night of 2 May the ice edge was reached and the ice was penetrated with continuous speed. Later, however, progress was achieved by repeated ramming only and during the afternoon an area of 100 m width with large pressure ridges almost stopped the ship. After six hours an open lead was reached, where our first scientific station was performed. The first of several Argos buoys was deployed in the ice and some ice cores drilled. This all happened under close watch of the bear guards, since during our passage a total of 5 polar bears were sighted close to the ships track. During the following night fog developed and the ice became continuously thicker. No air reconnaissance was possible because of bad visibility. We therefore decided to investigate the surrounding ice floes and chose a floe of about 2 km length and 1 km width at a position 80°25.7'N and

2°08.5'E. During the night, we started to establish the meteorological station at temperatures of up to minus 19°C. Three containers were equipped, generators, a heating system, RASS and SODAR installed, and a line with some meteorological masts, equipped with a variety of sensors, completed. In the evening of 4 May "Polarstern" moved 1.5 km along the same floe to anchor near the place which was chosen by the biologists for their investigations. The site selection proved to be advantageous to all groups. The meteorological station was constructed on sound 3 m thick ice, while the biologists, who were looking for thinner ice, established their sampling area in a 1.70 m thick part of the floe.

During the following day the sea ice investigators started to drill for ice cores and the marine biologists to collect data on the sparse plankton by CTD's, Rosettes and different kinds of plankton nets. The weather permitted several helicopter flights to deploy 12 transponders on different floes and the remaining Argos buoys. On 8 May the last of the buoys was installed by helicopters 50 miles in the northwest of our floe.

In addition, the helicopters were used more or less regularly for Linescan and Video flights. The traffic across the ice between ship and meteorological station decreased in the same way as all systems worked correct and the data flow increased. With the help of the oceanographers the ice physicists drilled holes through the floe every 5 m along the long axis of the flow and perpendicular to it, to measure the thickness of the floes. The daily routine sometime was interrupted by visits of both polar airplanes operating off Spitsbergen, which overflew "Polarstern" at low altitudes.

During the evening of 9 May a crack developed across our floe. Pressure of adjacent floes, temperatures above 0°C, and a reversal of the drift direction of the ice caused our floe to finally break into two large parts. During these events, the meteorological station had to be evacuated. Several helicopter flights during the night, however, showed that the situation had stabilized again. Both the meteorological station and the ice investigation area were now situated on two isolated floes, but work could be continued.

Late in the evening of 15 May a distress call reached "Polarstern". An adventurer, who tried to cross the pack-ice belt between Spitsbergen and Greenland, was trapped on a floe, steadily decreasing in size. His position was situated 120 miles to the north west of our position. After consultations between ship and the Governor of Spitsbergen, "Polarstern" was used as refuel stop during the successful rescue by helicopter operating from Spitsbergen.

In addition to the routine program of meteorology and oceanography and the sample collection of marine and ice biologists and physicists, meteorological flights were performed by helicopter and "Polarfuchs" was launched for light measurements within the water column. On Saturday 21 May the traditional celebrations for crossing the polar circle took place on the ice. All 43 persons "baptized", survived the procedures and could take part at the barbecue later on.

The last meteorological data from the ice station were collected on 23 May. The same evening "Polarstern" left its berth and sailed close to the station, where removal of all systems began which were deployed on the ice. The next morning RASS, SODAR, containers, power station, and skidoos were loaded back on board and the ice biologists drilled their last 14 ice cores. At 12.30 equipment and crew were back on "Polarstern" and the floe was left. The ice edge was reached the same evening at 79°55.5'N and 03°30.0'E. Half an hour later "Polarstern" met "Valdivia" to hand over some equipment.

On 25 May Spitsbergen was sighted and at 10.30 the crew was reduced by two after the bear guards were flown back home. We left Spitsbergen with direct course toward Iceland. We arrived in the Akureyri Fjord on 29 May and reached our berth in the morning at 7.30.

1.3 Berichte der Arbeitsgruppen

1.3.1 Grenzschichtuntersuchungen

1.3.1.1 Übersicht (H. Hoerber)

Zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen atmosphärischer und ozeanischer Grenzschicht und dem Meereis wurden auf einer Eisscholle in der Gegend von 80°N/2°O eine Eisstation eingerichtet und für insgesamt 19 Tage Daten gesammelt. Das Ziel war, fortlaufend die relevanten Größen in beiden Grenzschichten und im Meereis zu erfassen und einen Datensatz zu erstellen, der eine Beschreibung der wirksamen Grenzschichtprozesse - insbesondere solcher, die durch die Anwesenheit und die Bildung oder das Schmelzen von Meereis erzeugt werden - erlaubt und ihre Simulation in einem mesoskaligen Modell ermöglicht. Die Datensammlung wurde mit einem zweiten Schiff ("Valdivia") im offenen Wasser und mehreren, von Spitzbergen aus operierenden Forschungsflugzeugen koordiniert.

Folgende Systeme wurden auf "Polarstern" und auf der Eisstation betrieben:

- Radiosonden und stündliche Bodenbeobachtungen
- bodengebundene Fernerkundung (RASS, Sodar, FM/CW-Radar)
- bodennahe Strahlungsflüsse, Wärme- und Impulshaushalt
- Eistemperaturprofil
- CTD- und Stromprofil
- Laser-Profilometer
- Line-scan-Kamera

Ferner wurde in der Umgebung der Station ein Dreieck von meteorologischen Argos-Bojen installiert.

Die Eisstation wurde am 3. - 4. Mai errichtet; sie lieferte Daten vom 5. Mai bis 23. Mai. Ausgehend vom Rand der Eisscholle wurde eine Messlinie mit einer Reihe von Masten und Geräteträgern bestückt (Abb. 1). Am Rande der Scholle wurden zwei Laborcontainer und ein Gerätecontainer sowie Stromgeneratoren aufgebaut; hier waren die Datenerfassungsanlagen untergebracht. Ein Teil der Daten wurde zum Schiff telemetriert und stand für die laufende Kontrolle am Monitor zur Verfügung. Das Schiff lag in ca. 1000 m Entfernung am gegenüberliegenden Rand der Eisscholle vertäut.

Beim Betrieb der Station traten keine nennenswerten Probleme auf. Die täglich erforderlichen Wartungsarbeiten und das Sichern der Daten auf Datenträger wurden routinemäßig vorgenommen. Zwei Eisbärenwächter gaben wertvolle Ratschläge und vermittelten trotz der häufig in der Umgebung gesichteten Eisbären die notwendige Sicherheit. Bei zwei Gelegenheiten wurde ein Bär aus der unmittelbaren Nähe der Station vertrieben, die andernfalls sicherlich ein Opfer der Neugier der Tiere geworden wäre.

Im folgenden werden die Zielsetzung und der Betrieb der Systeme im einzelnen beschrieben. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die insgesamt von den Systemen gewonnenen Daten und nennt die verantwortlichen Institute und Ansprechpartner.

1.3.1.2 Aerologie und Bodenbeobachtungen vom Schiff (H. Jeske, B.D. Becker, H. Brammann, A. Köhler, C. Richter, D. Schriever, M. Stahmann, U. Zwölfer)

Mit Beginn der Messungen auf der Eisstation am 5. Mai wurde ein intensives aerologisches Programm mit 6 Aufstiegen pro Tag begonnen und die meteorologischen Beobachtungen an Bord auf einen stündlichen Rhythmus umgestellt. Die Radiosonden (mit Windmes

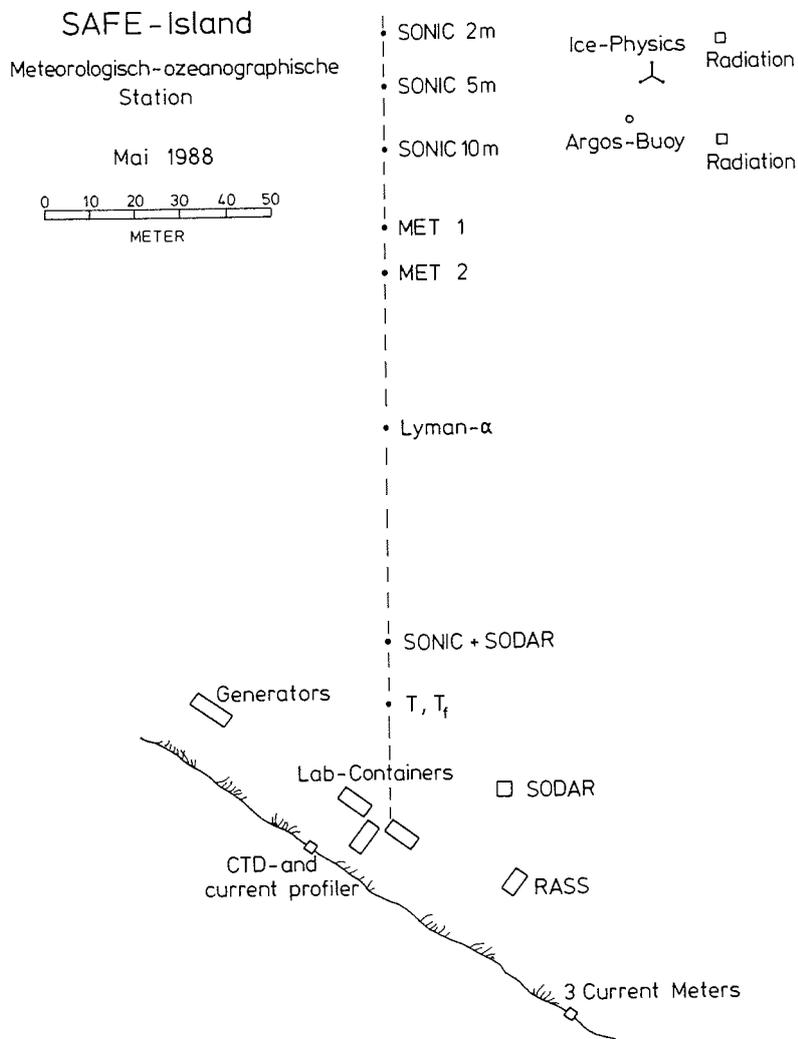


Abb. 1. Lageplan der Eisstation mit allen Meßsystemen.

Fig. 1. Map of the ice-station with instrumentation.

sung unter Verwendung des Omega-Navigationssystems nach Vaisala) wurden um 0, 4, 8, 12, 16 und 20 Uhr gestartet. Die meteorologischen Beobachtungen umfaßten Druck, Temperatur, Taupunkt, relative Feuchte, Wassertemperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Sichtweite und Höhe der Wolkenuntergrenze. Die Daten wurden als 10-Minutenmittel zur vollen Stunde von der automatischen Wetterstation der Bordwetterwarte (Meßhöhe 25 m über der Wasseroberfläche) übernommen. Ferner wurden Wetter- und Wolkenbeobachtungen (Bedeckungsgrad, Art der Wolken, Wetterverlauf) festgestellt. Die Schiffposition und während der kurzen Fahrten am 24./25. Mai auch die Schiffsgeschwindigkeit wurden dem INDAS-Datensatz entnommen.

Tab. 1. Übersicht über eingesetzte Systeme.

Tab. 1. Overview of systems used during ARK V/1.

	MAI 1988																								Institut
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Sonic-Anemometer	-----																							1, 3, 5	
Bodendaten	-----																							2	
Strahlung	-----																							2	
RASS											-----														1
Sodar	-----																							1	
Lyman- α	-----																							3	
Argos Eis-T	-----																							2	
Argos Dreieck	-----																							2	
CTD	-----																							4	
Stromprofil	-----																							4	
3 Strommesser	-----																							4	
Radiosonden	-----																							2	
Obse	-----																							2	
Line-scan Kamera																									5
Laser Profilometer																									2

1 : B. Peters, Max Planck Institut für Meteorologie, Bundesstr. 65, 2000 Hamburg 13
 2 : H. Hoeben, Meteorologisches Institut, Bundesstr. 65, 2000 Hamburg 13
 3 : H. Lohse, GKSS Forschungszentrum Geesthacht, Reaktorstr. 7-9, 2054 Geesthacht
 4 : B. Väter, Institut für Meereskunde, Tropelwitzstr. 7, 2000 Hamburg 64
 5 : C. Messer, Alfred-Wegener-Institut, Postfach 120181, 2850 Bremerhaven

Die meteorologischen und aerologischen Datensätze vom 5. Mai, 10 Uhr, bis zum 25. Mai, 12 Uhr, liegen bis auf drei Ausfälle vollständig vor. Sie wurden auf der bordeigenen Rechenanlage gespeichert und stehen als Daten-File auf Magnetband geschrieben zur Verfügung. Insgesamt wurden 120 Aufstiege durchgeführt, meist bis in Höhen von etwa 15 km. Während der Rückfahrt zur Eiskante am 24. Mai fanden von 12 bis 20 Uhr Aufstiege im Zweistunden-Rhythmus statt, die jeweils in ca. 6 km Höhe abgebrochen wurden.

Die Tropopausenhöhe (Abb. 2) lag im Mittel etwa bei 8,4 km mit Extremwerten von 6,3 km am 11. Mai, 12 Uhr, und 10,3 km am 8. Mai, 16 Uhr. Abbildung 3 gibt eine Übersicht über die beobachteten troposphärischen Inversionen. Die Grenzschichtdicke lag überwiegend zwischen knapp 100 m und 400 m, oft gekoppelt mit 8 Oktas Stratusbewölkung. Selten wurden Schichtdicken von über 500 m erreicht.

1.3.1.3 Bodendaten der Eisstation (H. Hoeber, W. Biselli, H. Brammann, H.H. Brecht, O. Goldbach, R. Kapp, A. Köhler, C. Richter, D. Schriever, U. Zwölfer)

Auf der Eisstation wurde vom 5. Mai abends bis 23. Mai abends ein Satz von meteorologischen Standardgeräten betrieben, mit dessen Daten der mittlere Zustand der bodennahen Luftschicht beschrieben werden kann. Aus direkten Messungen (Strahlung) und unter Anwendung der üblichen Parameterisierungsansätze (sensibler und latenter Wärmestrom) kann der Wärmehaushalt der Eisoberfläche abgeschätzt werden. Überdies dienen die Daten zur Berechnung der Windschubspannung, die in den Impulshaushalt der Eisscholle eingeht, und als Bodenwerte zur Anknüpfung an die höherreichenden Vertikalprofile.

Folgende Geräte gehörten zum Umfang des Systems:

- Schalenkreuzanemometer und Windfahne
- Luftdrucksensor "Digiquartz"
- beheiztes Aspirationspsychrometer
- Taupunktspiegel
- Schneetemperatursensor Pt100
- Magnetometer
- Strahlungsthermometer Heimann KT4
- Kipp u. Zonen Pyrradiometer - oberer Halbraum
- Schulze-Lange Pyranometer - oberer und unterer Halbraum.

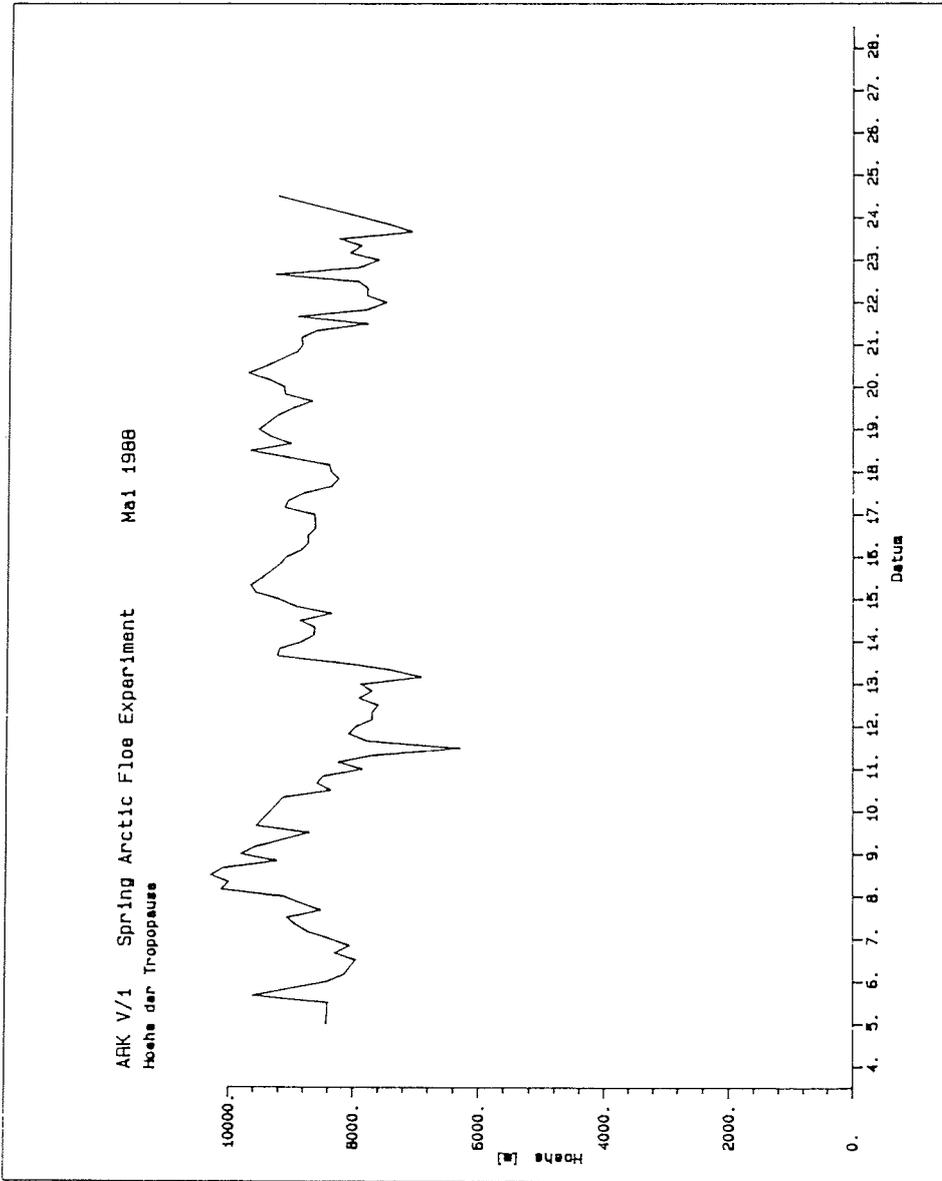


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Tropausenhöhe nach Radiosonden-
aufstiegen vom 5. bis 24. Mai 1988.

Fig. 2. Height of the tropopause from May 5 to May 24, 1988.

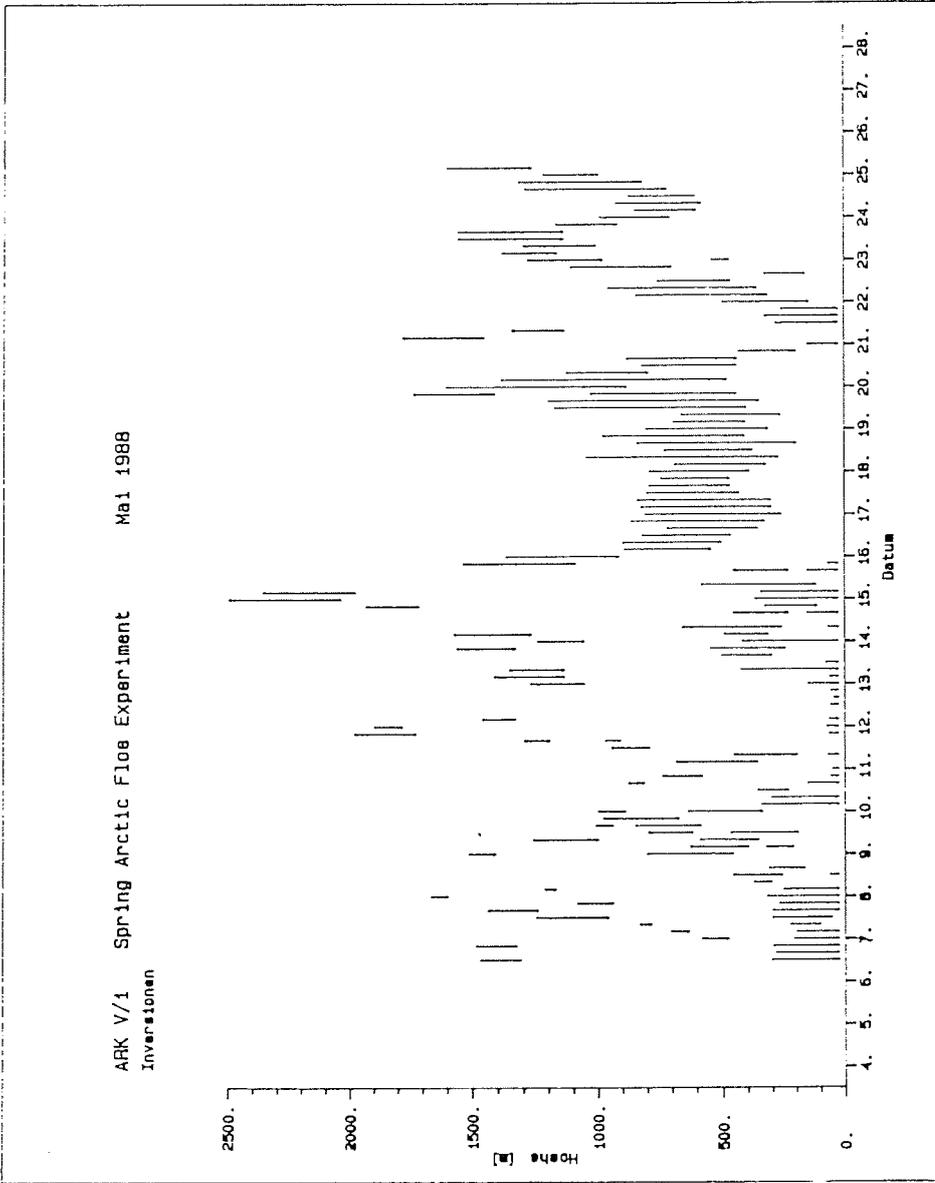


Abb. 3. Höhe der Unter- und Obergrenze von Inversionen vom 5. bis 24. Mai 1988.

Fig. 3. Top and base of inversion from May 5 to May 24, 1988.

In der Regel wurden 10-Minuten-Mittelwerte aller Größen gebildet und aufgezeichnet. Das Magnetometer registrierte die Richtung der Meßlinie gegen magnetisch Nord. Beim Strahlungsthermometer wurde auf eine regelmäßige Eichung mittels eines schwarzen Körpers geachtet, dessen Temperatur mit einem Pt100 Thermofühler gemessen wurde; alle 2 Stunden wurde dieser Schwarzkörper für 10 Minuten vor das Strahlungsthermometer gefahren. Die Differenz zwischen Strahlungstemperatur und Pt100-Temperatur des Schwarzkörpers schwankte zwischen 0,3 und 1,0 K.

Zur Beurteilung der erfaßten großräumigen Situationen dient Abbildung 4. Aus ihr ist die vorherrschende Windrichtung zu entnehmen, die überwiegend parallel zur mittleren Eiskante im Gebiet nordwestlich von Spitzbergen verlief. In der Druckverteilung wurde eine Situation mit hohem Druck über Skandinavien und tiefem Druck über Grönland, die zu Süd- bis Südwestwinden im Meßgebiet führte, am 12./13. Mai durch eine Situation mit tiefem Druck über Skandinavien und - später - dem Nordmeer und hohem Druck über Nordgrönland abgelöst, in deren Verlauf Nord- bis Nordostwinde im Meßgebiet vorherrschten. Seltener wurden abeisige Nordwestwinde, die zur Ausbildung von konvektiven Strukturen über dem offenen Wasser beigetragen hätten, erfaßt, und fast vollständig fehlten aufeisige Südostwinde mit zu erwartender Nebelbildung über dem Eis. Die Situation mit eiskantenparalleler Strömung und somit größeren Temperaturgradienten senkrecht zur Trajektorie dürfte jedoch - auch im Zusammenhang mit den von "Valdivia" zu erwartenden Daten - ausreichend dokumentiert sein.

Abbildung 5 zeigt die Korrelation zwischen Lufttemperatur in 2 m Höhe und der Strahlungstemperatur der Schneeoberfläche. In der überwiegenden Zahl der Fälle war die Schneeoberfläche wärmer als die Luft und die vertikale Dichteschichtung instabil bis neutral. Die resultierenden sensiblen Wärmeflüsse dürften nicht größer als 30 W/m^2 gewesen sein.

In Abbildung 6 ist als Beispiel ein Ergebnis der Strahlungsmessungen dargestellt. Die langwellige atmosphärische Gegenstrahlung wird üblicherweise mit Hilfe der Lufttemperatur T_a und der Bewölkung N parameterisiert nach der Formel

$$L = \varepsilon (N) \cdot \tau \cdot T_a^4$$

wobei unter arktischen Bedingungen bei wolkenlosem Himmel $\varepsilon \approx 0,8$ angenommen wird, bei vollständig bedecktem Himmel $\varepsilon \approx 1$. Der Einfluß des Wasserdampfs kann bei den niedrigen Temperaturen in der

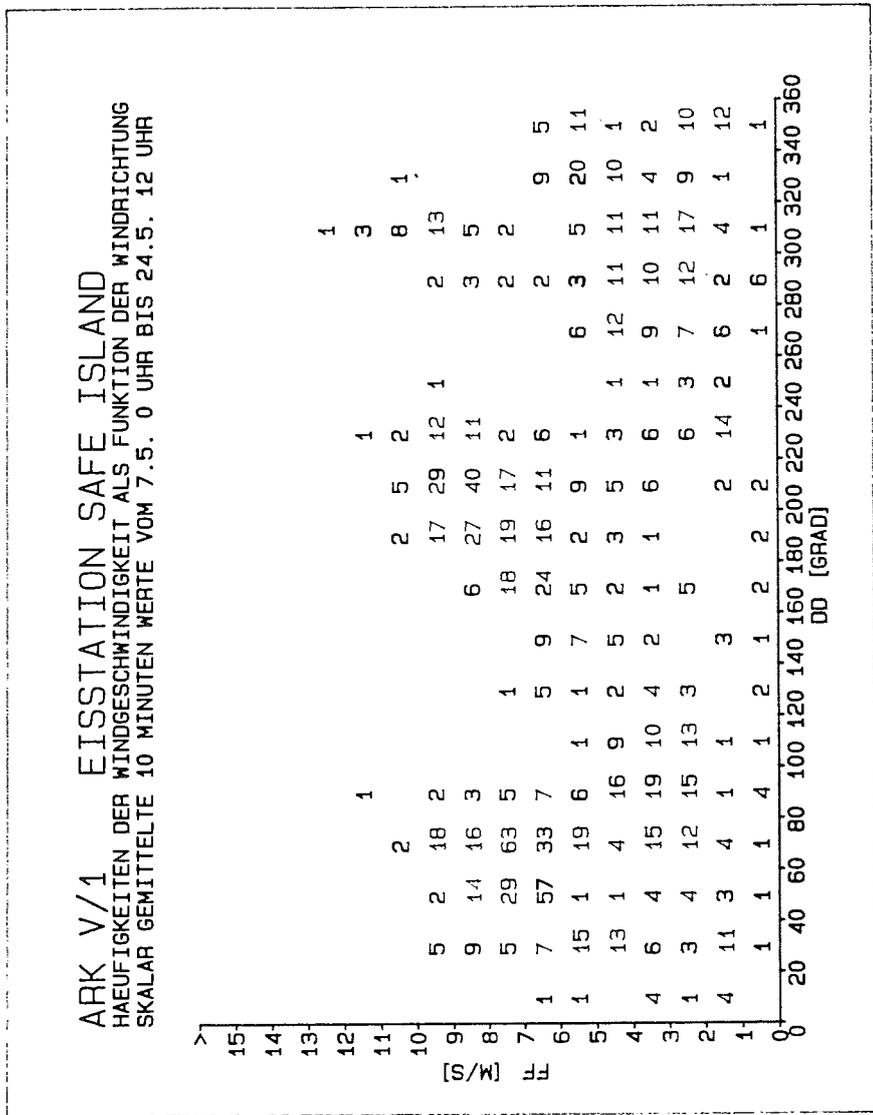


Abb. 4. Windgeschwindigkeit und Windrichtung während des Experiments vom 5. bis 23. Mai 1988; angegeben ist die Anzahl der 10-Minuten-Mittel in der jeweiligen Klasse.

Fig. 4. Wind speed and direction from May 5 to May 23, 1988; the number of 10 minutes averages in each class are given.

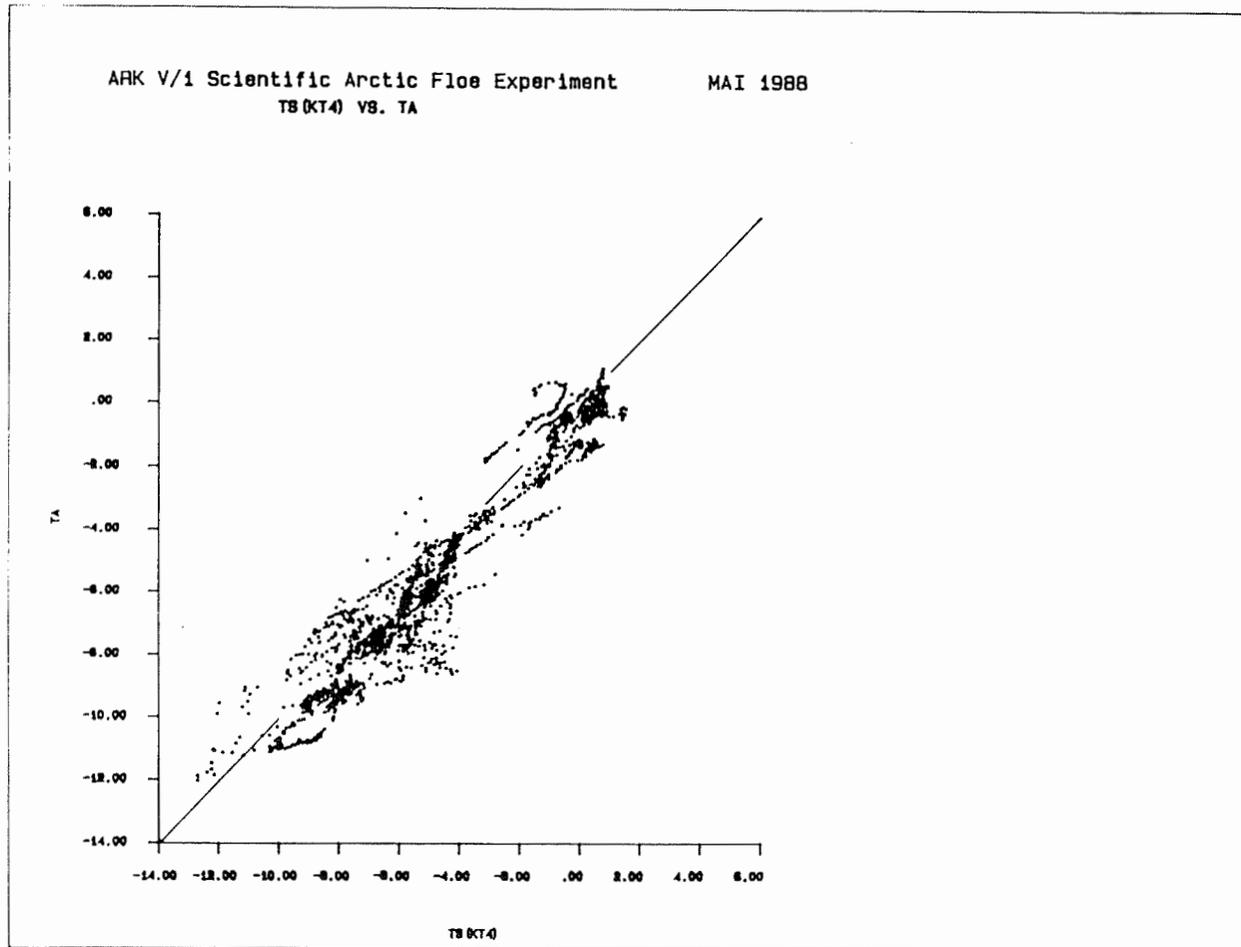


Abb. 5. Korrelation zwischen Lufttemperatur in 2 m Höhe und der Oberflächentemperatur (gemessen mit einem Strahlungsthermometer).

Fig. 5. Correlation between air temperature 2 m above ground and the surface temperature (measured by radiation thermometer).

Arktis vernachlässigt werden. Abbildung 6 zeigt für jeden Bewölkungsgrad, gemessen in Oktas, die Häufigkeitsverteilung des Faktors ϵ . Im Mittel liegt ϵ etwa 10 % über den aus der Literatur bekannten Werten. Beim Bewölkungsgrad 8 handelt es sich durchweg um tiefe, an einer kräftigen Inversion liegende Stratusbewölkung; die strahlende Unterseite der Wolken besitzt eine Temperatur, die durchaus 10 K höher als die Bodentemperatur sein kann. Eine Überprüfung des Ergebnisses wird erfolgen, wenn die Strahlungsflüsse als Funktion der Höhe aus Radiosondendaten berechnet werden.

1.3.1.4 Bodengebundene Fernerkundung (G. Peters, K. Becker, B. Fischer, H.J. Kirtzel, H. Lohse, H. Münster, D. Schriever)

Instrumentierung

Das Wind- und Temperaturfeld der atmosphärischen Grenzschicht über der Eisscholle wurde im Höhenbereich zwischen 2 und 200 m kontinuierlich erfaßt. Die zentrale Rolle spielten dabei die auf der Eisscholle installierten hochauflösenden Fernmeßsysteme, die für einen Höhenbereich zwischen 20 und 200 m ausgelegt waren. Das "Mini-SODAR", das zur Abtastung besonders niedriger unterer Meßhöhen mit getrennten Sende- und Empfangsantennen ausgestattet war, und das "Mini-RASS", das zur Erzielung der gewünschten Höhenauflösung von wenigen Metern mit einer relativ hohen Frequenz des elektromagnetischen Senders (2400 MHz) betrieben wurde, wurden in dieser Form zum ersten Mal eingesetzt.

Das Mini-SODAR leitet aus der Rückstreuung von Schallimpulsen Profile des Windvektors sowie der Varianz der vertikalen Windkomponente mit einer Höhenauflösung von 10 m und einer zeitlichen Auflösung von 10 min ab.

Das Mini-RASS erfaßt die Streuung elektromagnetischer Wellen an vertikal gerichteten Schallwellen, um auf diese Weise die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls und damit die Temperatur zu ermitteln. Da nur dann ein Reflexsignal empfangen wird, wenn die Wellenzahlvektoren der akustischen und elektromagnetischen Wellen parallel sind, die Schallwellen aber mit dem Wind verdriften, muß sich die Schallquelle in Luv der elektromagnetischen Sende-Empfangsantennen befinden, und zwar für die Meßhöhe H im Abstand $L = H \times U/c$ mit $U =$ mittlere Windgeschwindigkeit und $c =$ Schallgeschwindigkeit. Daher wurde eine entsprechend großflächige Schallquelle, bestehend aus mehreren hundert Piezo

Einfluß der Bedeckung auf die langwellige Gegenstrahlung. SAFE-Island, ARK V/1 1988

Vom 05.05.88, 10 Uhr, bis 23.05.88, 20 Uhr

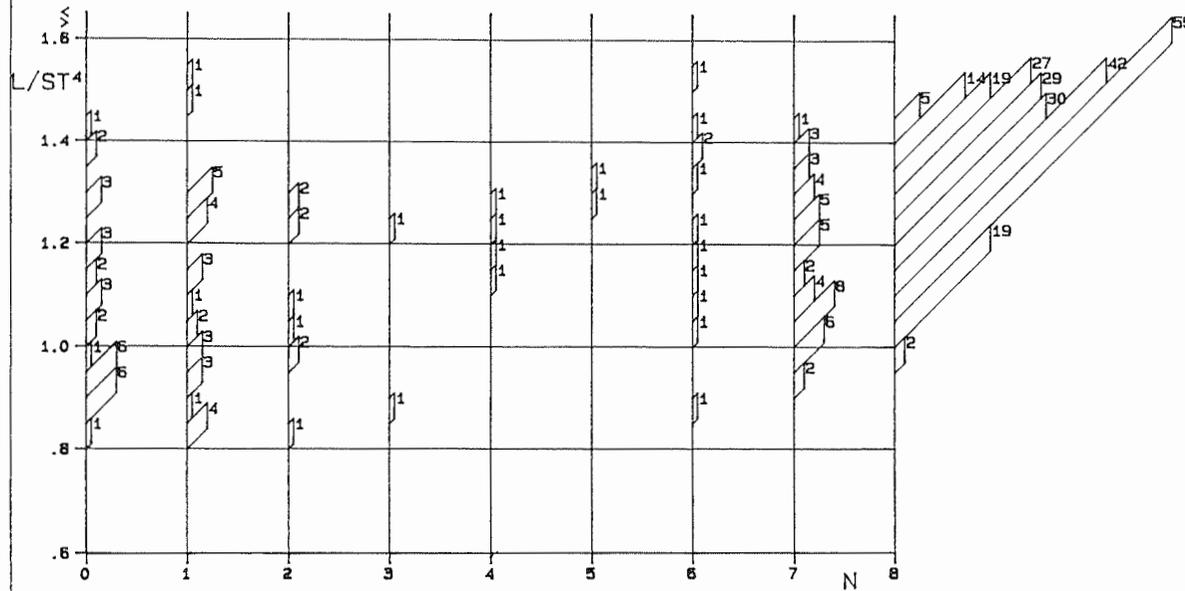


Abb. 6. Der Faktor ϵ in $L = \epsilon \cdot \tau \cdot Ta^4$ als Funktion des Bedeckungsgrades ($L =$ atmosphärische Gegenstrahlung); Häufigkeit von ϵ in jeder Bedeckungsklasse.

Fig. 6. Factor ϵ in the formula $L = \epsilon \cdot \tau \cdot Ta^4$ as a function of cloudiness ($L =$ atmospheric counter radiation); frequency of ϵ in each cloudiness class.

lautsprechern, verwendet, die auf einem Drehtisch stets nach Luv ausgerichtet wurde.

Für den bodennahen Bereich unterhalb 10 m Höhe wurden drei Ultraschallanemometer/thermometer auf den Spitzen verschieden hoher Masten (2, 5, 10 m) betrieben.

Für den Windvektor oberhalb 200 m war ein Clear-Air-Radar vorgesehen, das auf der Back der "Polarstern" installiert wurde. Die Sendefrequenz lag bei 1250 MHz. Auch dieses Radar war zusätzlich mit einem Schallsender ausgestattet worden, so daß in Ergänzung zum Mini-RASS etwas höherreichende Temperaturprofile gewonnen werden konnten.

Der Fluß latenter Wärme wurde mit Hilfe eines Lyman-Alpha Hygrometers und eines Ultraschallanemometers verbunden mit einer absoluten Temperatur- und Feuchtebestimmung (Psychrometer, Drucksensor) auf zwei Dreibeinen von je 4 m Höhe erfaßt.

Betrieb

Der routinemäßige Meßbetrieb auf der Eisstation dauerte vom 5. bis 23. Mai. Der kontinuierliche Betrieb des Mini-RASS begann allerdings erst am 14. Mai, nachdem gelegentlich auftretende Störungen der Sendermodulation beseitigt worden waren. Alle Größen wurden online gemittelt und im 10-Minutentakt auf einem gemeinsamen Datenträger aufgezeichnet. Vom 16. Mai, 16.16 UT, bis zum 17. Mai, 11.16 UT, wurde der Meßtakt für alle Sensoren auf 15 s erhöht. Dieser Datensatz bietet die Möglichkeit, die verwendeten Online-Algorithmen zur Bestimmung der turbulenten Flüsse durch eine aufwendigere nachträgliche Analyse zu überprüfen.

Der Betrieb des Clear-Air-Radars vom Schiff aus war nicht routinemäßig möglich, da die Masten, Drähte, Antennen und, wie nachgewiesen wurde, sogar die Schalensternanemometer der Schiffsinstrumentierung ein starkes Reflexsignal lieferten, das das natürliche Streusignal überdeckte. Brauchbare Windmessungen waren auf Perioden mit erhöhtem atmosphärischen Streuvermögen wie z.B. bei Schneefall beschränkt.

Die Messungen des Schallgeschwindigkeits- und Temperaturprofils waren von dieser Einschränkung nicht betroffen. Um jedoch eine wesentlich über das Mini-RASS hinausgehende Meßhöhe zu erreichen, hätte das Schiff im Wind gehalten werden müssen, was eine erhebliche Komplikation für das übrige Meßprogramm bedeutet hätte.

Aus einem beschränkten Höhenbereich (100 - 200 m) wurden jedoch seit dem 17. Mai Profile der Schallgeschwindigkeit gewonnen. Da nicht nur die Geschwindigkeit vertikal gerichteter Schallausbreitung, sondern auch die bei geneigten Wellenzahlvektoren ($\pm 11^\circ$ Zenitwinkel in Mittschiffsebene) erfaßt wurde, liegen hiermit erstmalig Daten vor, um Verfahren zur indirekten Impulsflußmessung zu erproben und die Qualität zu beurteilen.

Am 22. Mai wurde "Polarstern" für sieben Stunden in den Wind gedreht, so daß an diesem Tag ein längerer, über die Inversionsgrenze hinausgehender Datensatz von Temperaturprofilen gewonnen werden konnte, der Schwankungen der Inversionshöhe im Periodenbereich bis herab zu einigen Minuten mit Amplituden bis zu 100 m zeigt. Da die hochfrequenten Schallgeschwindigkeitsschwankungen fast vollständig durch turbulente Schwankungen der zur Schallausbreitung parallelen Windkomponente verursacht werden, kann aus den zeitlich hochaufgelösten Schallgeschwindigkeitsmessungen zusätzlich zum Temperaturprofil auch das Profil turbulenter Vertikalwindschwankungen abgeleitet werden. Deshalb wurde bei dieser Gelegenheit versucht, das Schiff auf einer Trajektorie mit der Eisstation zu halten, um so die horizontale Korrelationsfunktion des vertikalen Windfeldes zu erfassen.

Überblick über die gewonnenen Daten

Die Daten der verschiedenen In-situ-Sensoren und der Fernmeßverfahren wurden auf der VAX der "Polarstern" auszugsweise geplottet und miteinander verglichen. Diese erste Sichtung hat ergeben, daß alle Meßsysteme auf der Eisstation, einschließlich der hier zum ersten Mal eingesetzten Geräte, einwandfrei gearbeitet haben, und daß somit ein wertvoller Datensatz mit einem bisher nicht erreichten Grad an Vollständigkeit über die arktische Grenzschicht gewonnen wurde.

Die Schichtung war erwartungsgemäß überwiegend neutral, in höheren Schichten auch stabil. Auffallend war aber, daß zumindest oberhalb von 10 m keine Strukturen des Wind- und Temperaturfeldes auftraten, die auf die Existenz interner Grenzflächen hingewiesen hätten. Die zunächst für notwendig gehaltene Höhenauflösung der Fernmeßsysteme von wenigen Metern wurde daher zugunsten einer erhöhten Reichweite auf zwanzig Meter reduziert.

Die gefundenen Varianzen und Kovarianzen, d.h. die Flüsse von Impuls, sensibler und latenter Wärme waren meist relativ klein und lagen dann unterhalb der Nachweisbarkeitsgrenze für die Fernmeßsysteme. Die Konsistenz zwischen den verschiedenen Ultra-

schallanemometern war jedoch im allgemeinen gut, so daß die in situ gemessenen Turbulenzdaten signifikant sein dürften.

1.3.1.5 ARGOS-Bojen (H. Hoerber, B.D. Becker, O. Goldbach, R. Kapp, M. Stahmann)

Drei Argos-Bojen wurden im Dreieck mit ca. 40 sm Kantenlänge um die Zentralstation herum im Eis installiert. Die Bojen liefern stündliche Daten von Luftdruck, Eistemperatur, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung in 2 m Höhe über dem Eis sowie die relative Strömung in 4 m Tiefe unter dem Eis. Mittels einer Doppelmessung vom Satelliten aus wird außerdem die Position und damit die Eisdrift und die absolute Strömung bestimmt. Mit diesem System wird ein dreifaches Ziel angestrebt. (a) Mittels der horizontalen Druck- und Temperaturgradienten kann eine Aussage über den geostrophischen Wind und die Baroklinität gemacht und damit die für Grenzschichtprozesse entscheidende antreibende Kraft definiert werden. (b) Die gemessene Eisdrift und deren Beschleunigung, Wind- und Wasserschubspannung sowie der geostrophische Strom bestimmen den Impulshaushalt eines Eisfeldes; der interne Stress des Eisfeldes kann als Residuum berechnet werden. Parameterisierungsansätze für diese Komponenten werden überprüft. Deformation, Rotation und Divergenz der Eisdriftgeschwindigkeit werden für die Längenskala des Dreiecks berechnet und mit den entsprechenden, jedoch für eine 10-km-Skala gemessenen Werten (Tüg, AWI) verglichen. (c) Die Strommessungen erlauben eine wenn auch nur für ein begrenztes Gebiet gültige Beschreibung des oberflächennahen Stromfeldes und damit - zusammen mit dem gemessenen Windfeld - eine Analyse der Ursachen für das Driftverhalten.

Das Dreieck war am 6. Mai 1988 abends komplett; seine Verdriftung ist in Abbildung 7 dargestellt. Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 8 die Drift der Eisstation, gemessen mit einem Magnavox-System. Es zeigte sich, daß die Stationen im wesentlichen eine zur zentralen Eisstation parallele Drift einhielten. Im Zeitraum der drei Wochen ergab sich jedoch eine durchaus meßbare Deformation des Dreiecks. Bei überwiegend südlichen Winden wurden die Eisfelder anfangs nach Nordost vertrieben. Nach Einsetzen von Nord- und Nordostwinden am 12. Mai stagnierte die Drift zunächst und wechselte dann auf Südwest. Damit entsprach sie dem mittleren Verhalten, das aus dieser Region bekannt ist. Während die nordöstliche Station im Bereich von 6 Grad Ost eine relativ langsame Geschwindigkeit aufwies, trieben die nordwestliche und die südliche Station rascher nach Süd, sobald sie den eigentlichen Grönlandstrom erreicht hatten. Im wesentlichen reagierte die Drift auf den Antrieb durch den Wind, jedoch können

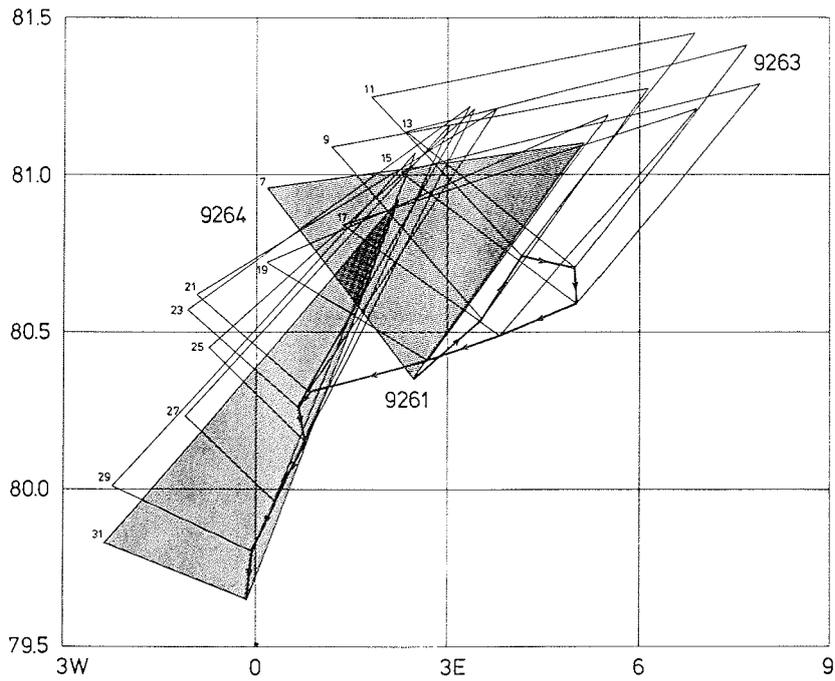


Abb. 7. Drift der Argos-Bojen vom 9. bis 27. Mai 1988.
Fig. 7. Drift of the Argos buoys from May 9 to May 27, 1988.

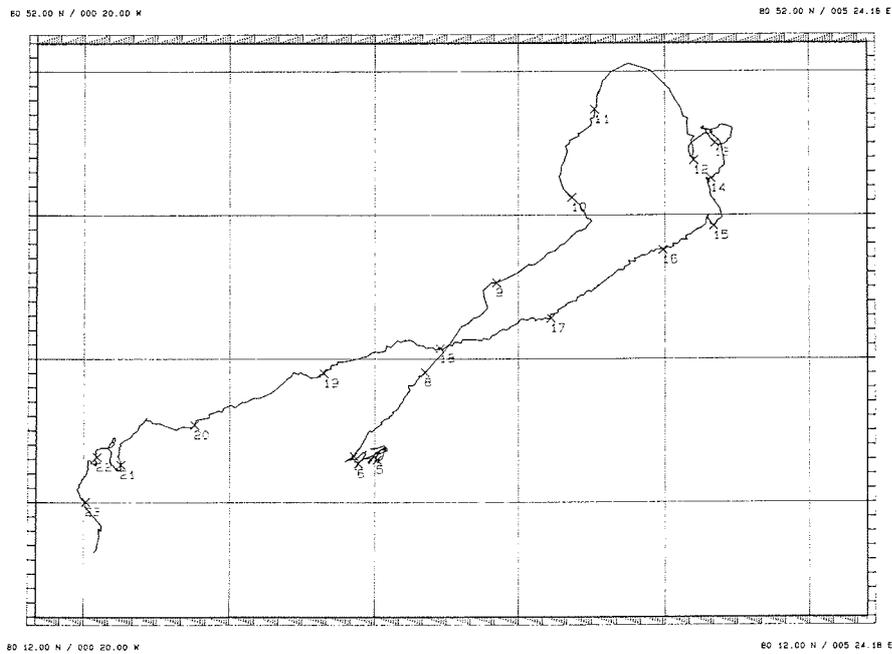


Abb. 8. Drift der Eisstation vom 7. bis 23. Mai 1988.
Fig. 8. Drift of the ice-station from May 7 to May 23, 1988.

kleinere abrupte Richtungsänderungen wie z.B. eine 90-Grad-Schwenkung am Abend des 9. Mai (die zum Bruch von SAFE-Inseln führte) nicht durch Windänderungen erklärt werden; ihre Ursache muß entweder im ozeanischen Antrieb oder im internen Stress gesucht werden.

1.3.1.6 Eistemperaturprofile (H. Hoerber, B.D. Becker, W. Biselli, H.H. Brecht, O. Goldbach, R. Kapp)

Eine abgewandelte Version der beschriebenen Argos-Bojen wurde am 4. Mai auf der Eisstation installiert. Neben den oben genannten Größen - jedoch ohne Strommessung - ist die Boje in der Lage, mit Hilfe einer mit 49 Sensoren im Abstand von 0,1 m versehenen Temperaturmeßkette das Temperaturprofil durch das Eis hindurch zu vermessen. Das Ziel war, dieses neu entwickelte System zunächst zu erproben. Nachdem über zwei Wochen einwandfreie Daten empfangen wurden, wurde beschlossen, die Boje an der Station zu belassen und die Drift und Eistemperatur bis zum Schmelzen zu verfolgen. Damit können fortlaufend die Wärmeflüsse im Eis und ihr Verhalten während der Schmelzphase bestimmt werden.

Die Meßkette wurde vertikal im Eis eingefroren, wobei zwei Sensoren oberhalb der Schneeoberfläche verblieben und die unteren Sensoren die Wassertemperatur - zwischen $-1,8$ und $-1,6^{\circ}\text{C}$ schwankend - annahmen. Ein deutlicher Sprung im Gradienten des Temperaturprofils definiert die Eisunterkante, während die Grenze der Schneeoberfläche an der hohen Variabilität der in der Luft befindlichen Sensoren (die wegen relativ hoher Strahlungsfehler keine saubere Lufttemperaturmessung liefern) erkannt werden kann.

Abbildung 9 zeigt einige Beispiele der Messungen. Bei Beginn der Meßperiode herrschten niedrige Oberflächentemperaturen bis zu -10°C , die einen relativ großen vertikalen Temperaturgradienten im Eis aufrecht erhielten. Mit der Erwärmung am 7. Mai kehrte der Wärmefluß im Schnee und in den oberen Eisschichten sein Vorzeichen um; die Mittelschicht um etwa 0,7 m Tiefe wurde nun sowohl von oben als auch von unten beheizt. Damit erwärmte sich die Schicht minimaler Temperatur innerhalb von wenigen Tagen von -8°C auf über -5°C , wobei sie von 0,6 auf 1,2 m absank. Mit einsetzender Abkühlung am 11. Mai wechselte die Situation erneut: die hohen Temperaturen im Schnee und den oberen Eisschichten wurden rasch abgebaut, und bis zum 18. Mai war ein "winterliches", annähernd lineares Profil zwischen Unter- und Oberseite wiederhergestellt. In den letzten Tagen der Meßperiode sorgte fortschreitende Erwärmung

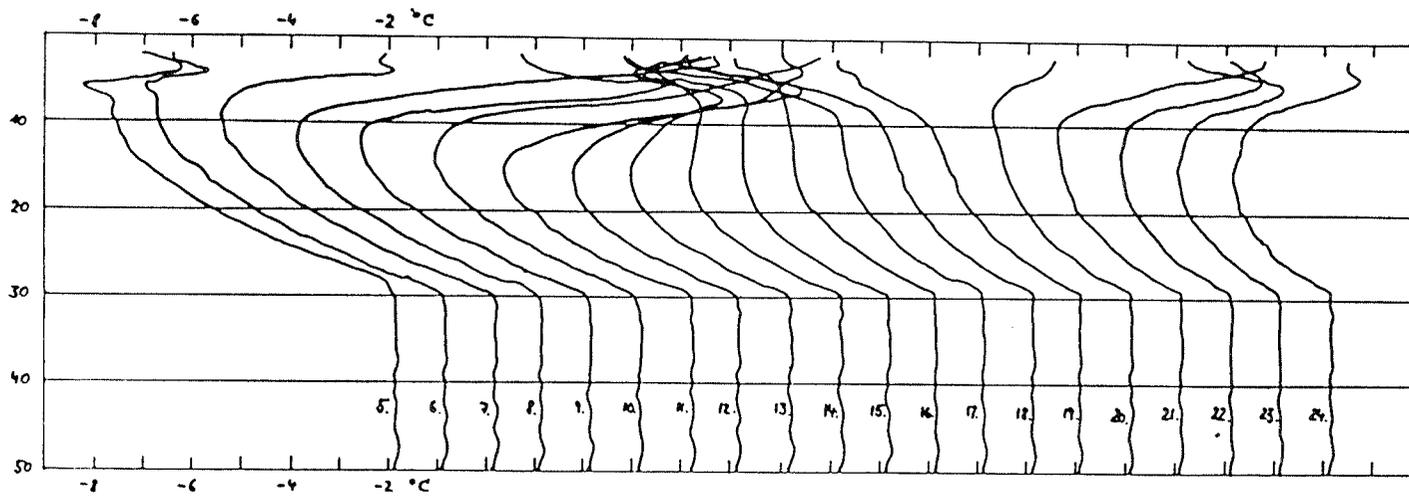


Abb. 9. Vertikalprofile der Temperatur in Schnee, Eis und Wasser an der Eisstation vom 5. bis 23. Mai 1988.

Fig. 9. Vertical temperature profiles in snow, ice, and water at the ice-station from May 5 to May 23, 1988.

für einen weiteren Abbau des im Eis gemessenen Temperaturminimums.

Die Daten zeigen, daß sich Sensor 4 bis Sensor 30 in Schnee/Eis befanden, d.h. eine Schnee/Eisdicke von 2,6 m vorhanden sein mußte. Direkte Messungen am Bohrloch ergaben eine Schneedicke von 0,47 m und eine Eisdicke von 2,17 m. Die Grenze zwischen Schnee und Eis ist bei grober Inspektion der Daten nicht anzugeben, jedoch sollte eine Berechnung der Temperaturgradienten mit der Annahme verschwindender Wärmestromdivergenz eine genauere Definition dieser Schichtgrenze möglich machen. Im Verlauf der Meßperiode nahm auch Sensor 29 Wassertemperatur an, was auf ein Abschmelzen an der Unterseite von 0,1 m schließen läßt. Die Wärmeflüsse lagen am Anfang der Meßperiode bei 9 W/m^2 , später bei 6 W/m^2 .

1.3.1.7 Laser-Profilometer (H. Hoerber, W. Biselli, H.H. Brecht, O. Goldbach, R. Kapp, D. Schriever)

Ein in der Geodäsie geräuchlicher Laser-Distanzmesser wurde für den Einsatz als Höhenmesser am Hubschrauber vorbereitet und zur Vermessung der geometrischen Rauheitsstruktur der Eisoberfläche verwendet. Mit diesen Daten soll der Zusammenhang zwischen der geometrischen Rauigkeit und der aus dem vertikalen Windprofil abgeleiteten aerodynamischen Rauigkeitslänge untersucht werden. Bei veränderter Windrichtung, aber auch bei veränderten Eisverhältnissen im luvwärtigen Bereich der Eisstation sind Variationen der geometrischen Rauigkeit zu erwarten, die sich auf die Form des Windprofils auswirken sollten. Als Maßzahl für die geometrische Rauigkeit kann das in einem ausgewählten Wellenzahlbereich integrierte Varianzspektrum der Höhendaten dienen; die Abhängigkeit der aerodynamischen Rauigkeit von dieser Maßzahl ist zu bestimmen.

Wegen der häufig ungünstigen Wettersituation - niedrige Stratusbewölkung mit "white-out" und fehlenden Kontrasten auf der Eisoberfläche - konnten insgesamt nur neun Flüge mit dem Laser-Profilometer durchgeführt werden. Das Flugmuster war ein Profil von 10 Seemeilen Länge gegen den Wind und zurück, das in einer Höhe von ca. 15 m mit niedriger Geschwindigkeit geflogen wurde; im Anschluß an das Hauptprofil wurde entweder dieses wiederholt, oder es wurden weitere Profile in Richtung 15 Grad links und rechts von der Windrichtung geflogen. Bei ausreichenden Wetterbedingungen waren die Messungen erfolgreich; in diesem Zusammenhang gilt unser Dank den Piloten und den Radarbeobachtern für ihren Einsatz.

Abbildung 10 zeigt zwei Registrierbeispiele des Laser-Höhenmessers; dargestellt sind jeweils 5,7 Sekunden eines Fluges am 21. Mai. Im oberen Teil erscheint ein Pressrücken am Rande einer glatten Eisscholle und der Übergang zu einer mit Bruchstücken besetzten offenen Wasserfläche (rechts), die am Aussetzen des Laserechos zu erkennen ist. Der Höhenbereich in Metern ist der rechten Skala zu entnehmen. Bei einer Geschwindigkeit von 35 kn über Grund entspricht in der horizontalen Zeitskala eine Sekunde (eine volle Marke) der Entfernung von 18 m. Im unteren Teil sind mehrere bis 1,8 m hohe isolierte Hügel auf sonst relativ glattem Eis erkennbar. Eine weitergehende Auswertung wird nach Abschluß der Fahrt vorgenommen.

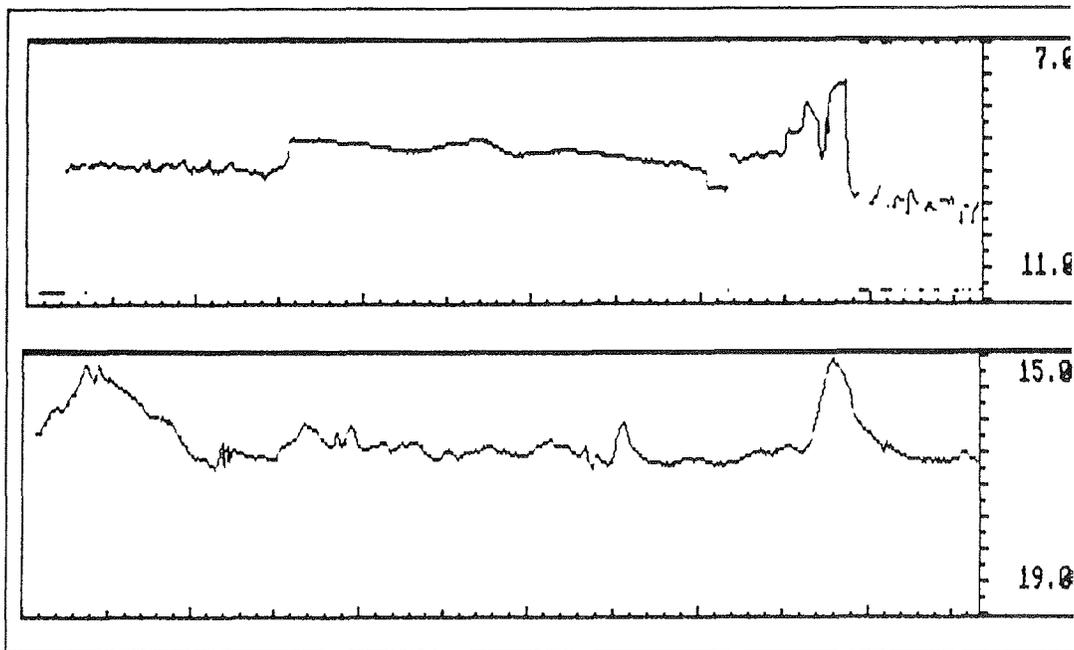


Abb. 10. Zwei Beispiele von Laser-Profilometermessungen. Oben: Eispressung am Rande einer mit Eisbruchstücken besetzten offenen Wasserfläche (rechts). Unten: zwei isolierte 1,8 m hohe Hügel auf sonst ebener Eisscholle.

Fig. 10. Two examples of laser profilometer measurements. Above: ridging at the edge of open water (right) covered by floes. Below: two isolated 1.8 m high elevations on an otherwise plane floe.

1.3.1.8 Line-Scan-Camera (LSC)-Messungen
(C. Wamser, S. El Naggar)

Quantitative Messungen der Eiskonzentration und der Schollengrößenverteilung wurden mit einer im Hubschrauber installierten, digitalen Kamera durchgeführt. Das System ist eine Entwicklung des Alfred-Wegener-Instituts (El Naggar *et al.*, 1986). Es liefert mit hoher räumlicher Auflösung die Verteilung von Eis- und Wasserflächen. Die Auswertung erfolgt dabei auf dem bordeigenen VAX-Rechner. Flughöhe und Fluggeschwindigkeit bestimmen die Auflösung der Kamera. Bei einer Flughöhe von 1000 m und einer Fluggeschwindigkeit von 10 m/s können Eisschollen mit einer Fläche von etwa einem Quadratmeter aufgelöst werden.

Ein Beispiel einer LSC-Aufnahme ist in Abbildung 11 dargestellt. Sie zeigt zwischen zwei großen, schneebedeckten Eisschollen im oberen und unteren Teil eine größere Wasserfläche mit zahlreichen kleineren Eisschollen und Eisfeldern, die sich z.T. in Eisbändern anordnen. Das zur Zeit verwendete Auswerteprogramm erlaubt noch keine Unterscheidung zwischen Wasser und schneefreiem Neueis (Nilas), so daß für eine korrekte Wasser-, Nilas- und Eisverteilung zusätzliche direkte Beobachtungen bzw. Videoaufnahmen herangezogen werden müssen. Die folgenden zusammenfassenden Ergebnisse beziehen sich auf vorläufige Rechnerauswertungen in Bezug auf die beiden Eisbedeckungsklassen: Wasser, Nilas und schneebedecktes Eis. Eine Zusammenfassung von 9 LSC-Flügen (13 Flugabschnitte) ist in Tabelle 12 dargestellt. Insgesamt wurde dabei eine Flugstrecke von 610 km mit einer überdeckten Fläche von 425 km² in der Umgebung der Eisschollenstation zurückgelegt. Die Flugrichtung wurde in den meisten Fällen so gewählt, daß zumindest ein Flugabschnitt die Wasser-Eisverteilung in Luv der meteorologischen Meßstation auf der Eisscholle lieferte. Die mittlere Eisbedeckung betrug für alle Flugabschnitte 92 % mit einer Standardabweichung von $\pm 4,7$ %. Die Eisbedeckungsverhältnisse zeigten mit Werten zwischen 81,50 und 98,04 % erhebliche Streuungen. Die Eisschollengrößenverteilung für alle 13 Flugabschnitte und die 5 verschiedenen Größenklassen zwischen 10^6 - 10^5 und $> 10^2$ m² ist als Flächensumme im Histogramm in Abbildung 12 dargestellt. Hierbei wurden sehr große Schollen $> 10^6$ m² nicht berücksichtigt. Insgesamt bilden mehr als 150.000 beobachtete Schollen in dem 18-tägigen Zeitraum die Basis dieser Untersuchung.

Literatur

El Naggar, S., H. Tüg, R. Marks (1986): Ein elektronisches Kamerasystem zur automatischen Erfassung von "whitecaps" und Meer-eis. Proc. of the Polar Meeting, Bremerhaven, 8. - 11. April 1986.

12 MAY 1988

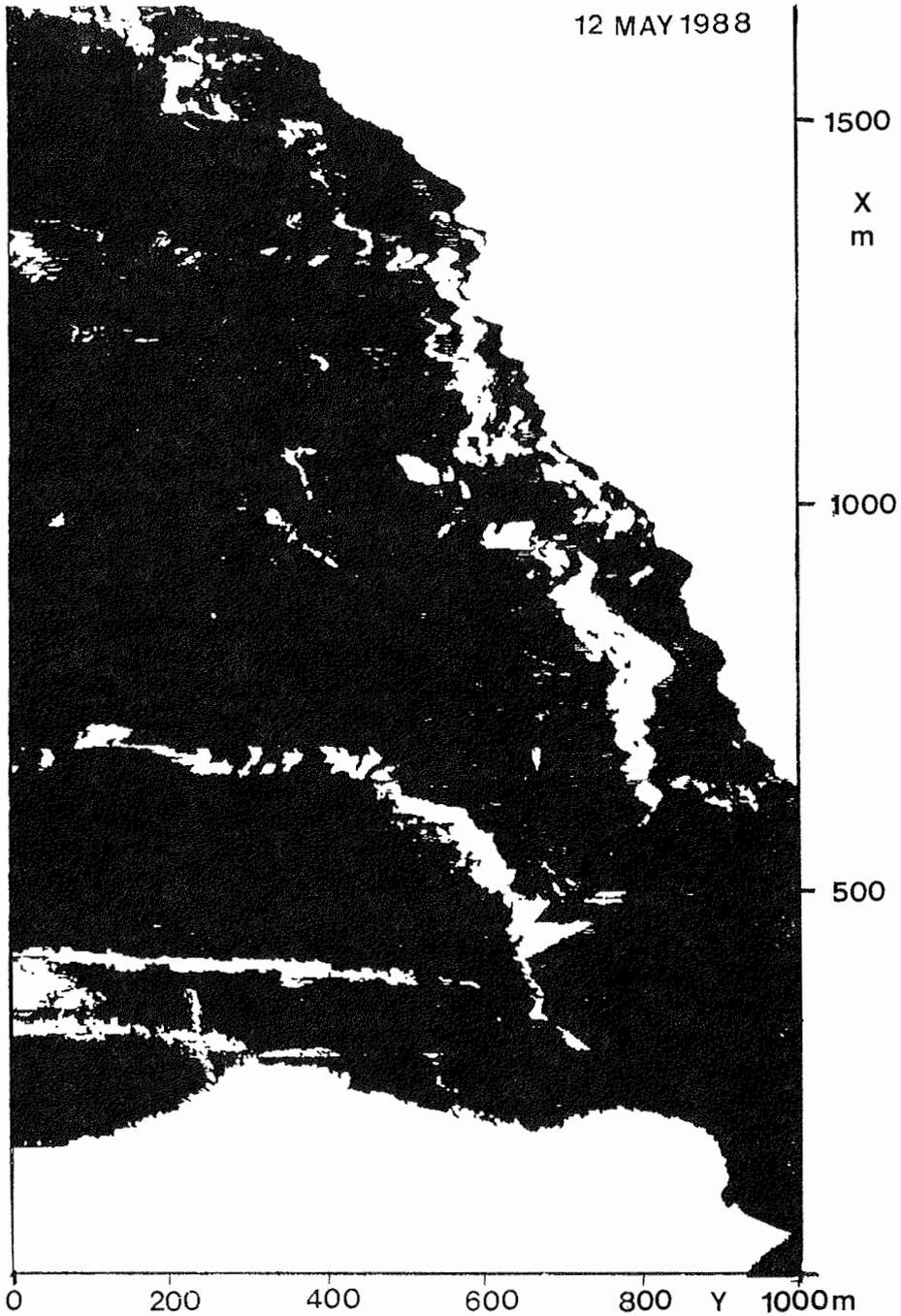


Abb. 11. Digitale Line-Scan-Camera-Aufnahme. Schwarze Flächen stellen offenes Wasser und Nilas, weiße Flächen schneebedecktes Eis dar.

Fig. 11. Digital line-scan camera picture. Black areas indicate open water and nilas, white areas snow-covered ice.

Tab. 2. Zusammenfassung der 9 LSC-Flüge bei ARK V/1.

Tab. 2. Summary of the 9 LSC-flights during ARK V/1.

Abkürzungen:

Abbreviations:

R	-	Flugrichtung	deg	R	-	flight direction	deg
H	-	Flughöhe	m	H	-	height of flight	m
V	-	Fluggeschwindigkeit	m/s	V	-	flying speed	m/s
B	-	Scan-Breite	m	B	-	Scan-width	m
L	-	Scan-Länge	m	L	-	Scan-length	m
Ft	-	Gesamtfläche	m ²	Ft	-	total area	m ²
Fice	-	Eisfläche	m ²	Fice	-	area of ice	m ²
Fice/ft	-	Eiskonzentration	%	Fice/ft	-	ice concentration	%

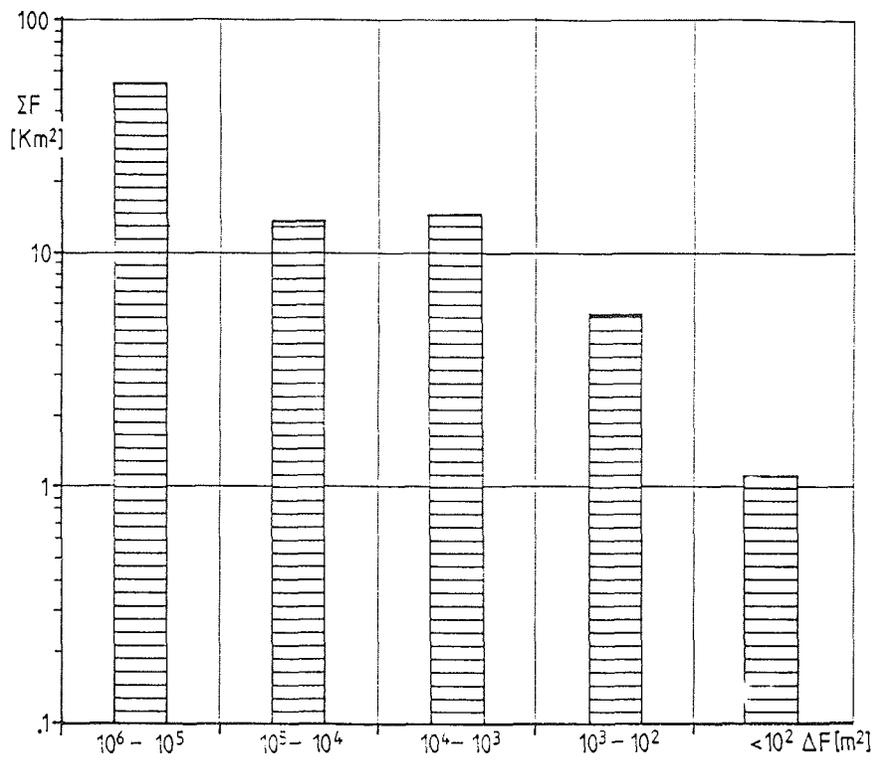


Abb.12. Eisschollengrößenverteilung (5 Klassen) während ARK V/1, bestimmt aus 9 LSC-Flügen.

Fig. 12. Distribution of ice floe sizes (5 classes) during ARK V/1, determined from 9 LSC-flights.

1.3.1.9 Grenzschicht unter dem Eis (K. Bittner, O. Hehl, B. Vater)

Zielsetzung war die Untersuchung der ozeanischen Grenzschicht unter dem Meereis. Es wurden Strömungs- und Schichtungsmessungen zur Erfassung des mittleren Feldes und der Fluktuationen durchgeführt, die zur Ableitung von Reibungsparametern benutzt werden. Außerdem diente eine Erfassung der Eisrauhigkeit der Zuordnung von geometrischen und dynamischen Größen.

Durchführung: Zum Einsatz kamen drei Aanderaa-Strömungsmesser, die in 0,5 m, 2 m und in 5 m Tiefe ab Eisunterkante (EUK) für 20 Tage hingen, sowie ein akustischer Strömungsmesser (ACM) und eine CTD-Sonde, die beide mehrmals täglich gefiert wurden. Die Aanderaas waren an der Eisscholle verankert und befanden sich in ca. 50 m Entfernung von der Station, während die ACM- und die CTD-Sonde in direkter Nähe der Stationscontainer betrieben wurden, da die CTD ausschließlich online mit Datenübertragung per Einleiterdraht arbeitete. Die Strömungsmesser, ACM wie auch die Aanderaas, waren mit Festspeichern ausgestattet. Als Sample-interval wurden gewählt: Aanderaa 5 min, ACM 10 sec, CTD 1/8 sec, später jedoch nur noch 1/2 sec. Mit dem ACM maßen wir innerhalb des logarithmischen Profils, die ersten 6 m in Halbmeterschritten, bis 15 m in Meterschritten und bis 60 m in Zehnmeterschritten. Mit der CTD wurden kontinuierliche Profile bis 100 m, zum Teil auch bis 250 m aufgenommen. Die letzten fünf Tage wurden ACM und CTD gekoppelt gefiert um eine genauere Auflösung zu bekommen.

Für die Weiterverarbeitung standen uns für jedes Gerät zunächst jeweils ein Rechner zur Verfügung. Um die Datenübertragung sowie die Korrelation einfacher zu gestalten, entschlossen wir uns zur Neugestaltung der Programme auf einem einzigen MS - DOS-Rechner zur Weiterverarbeitung, der uns auch die Datenübertragung auf die Bordrechneranlage ermöglichte.

Schwierigkeiten traten massiv bereits zu Beginn auf, als wir unser Heißwasserbohrgerät als Totalausfall verbuchen mußten. Es sollten zwei Eislöcher von 1 m Durchmesser aus dem Eis herausgeschmolzen werden, in denen die Aanderaa-Verankerung und die beiden Sonden zu Wasser gelassen werden sollten. Aufgrund eines irreparablen Defektes im Druckteil des Dampfstrahlgerätes mußten wir unser Meßprogramm dahingehend ändern, daß alle Geräte direkt an der Eiskante eingesetzt wurden. Die Gefahr, daß unsere Geräte von herannahenden Eisschollen zerdrückt werden konnten, wurde dadurch erhöht. Mehrmals mußten wir dann auch unsere Geräte bergen. Diese Unterbrechungen waren in der Regel aber kurz und beeinflussten die

Meßreihen nur unwesentlich. Wegen des Ausfalls der Dampfbohranlage mußten wir auch auf die herkömmliche Eisdickenmessung mit benzingetriebenen, mechanischen Spiralbohrern zurückgreifen. Dies geschah in Zusammenarbeit mit der eisphysikalischen Arbeitsgruppe. Auch dies verlief nicht ohne Schwierigkeiten, denn häufig verklemmte sich das Bohrgestänge oder es lösten sich Einzelstangen, die im Bohrloch verblieben.

Erste Ergebnisse lassen sich soweit interpretieren, daß logarithmisch ansteigende Stömungsgeschwindigkeiten unterhalb der Eisscholle auftraten. Wir maßen Strömungsgeschwindigkeiten relativ zur Scholle von ca. 1 - 5 cm/s ab EUK bis ca. 25 cm/s ab 10 m Tiefe. Als grobe Grenze für die freie Stömung ergab sich eine Tiefe von 40 m ab EUK. Wir maßen Temperaturen von $-1,8^{\circ}\text{C}$ an der Oberfläche bis ca. $+1,8^{\circ}\text{C}$ in 150 m Tiefe. Auf unserer Drift in nordöstlicher Richtung blieben Temperatur- und Salzgehaltsverteilung relativ konstant, erst als wir in Richtung Südost drifteten, konnte ein Ansteigen der Temperatursprungschicht festgestellt werden. So stieg beispielsweise die 0°C Grenze im Verlauf der Südostdrift von 100 m auf ca. 80 m an, auf der anschließenden westlichen Drift kehrte sich dies jedoch wieder um. Zur weiteren Auswertung der Daten und Bestimmung von Reibungsparametern müssen noch genauere Daten über Schiffsdrift, Schollendrift und Schollenrotation berücksichtigt werden.

1.3.2 Ice-flow dynamic measurements with radiosondes (H. Tüg)

A modified Digicora system was used to measure the motion of ice-flows in an area of 10 km around the ship "Polarstern". On May 4/5, 1988, 12 Omega sondes could be launched on ice-floes by helicopter. Sonde 1, used as a reference, was installed at the ice camp on "Safe Island". For 19 days the Omega navigation signals, retransmitted frequently by the sondes, were received on "Polarstern". Phase values and signal amplitudes of all 8 Omega stations were made available by a modified Digicora program. From these raw data the actual sonde positions were computed by an own software, which used an iteration process for noise suppression. As the sondes operated in sequence with a transmission time of five minutes, one position measurement for the whole array took one hour. The actual positions were monitored in real-time.

Although the system was designed for an automatic and continuous operation, it turned out to be necessary to observe each data collection cycle, because of disturbances, which mainly came from computer interrupts and radio and telex communication of the ship.

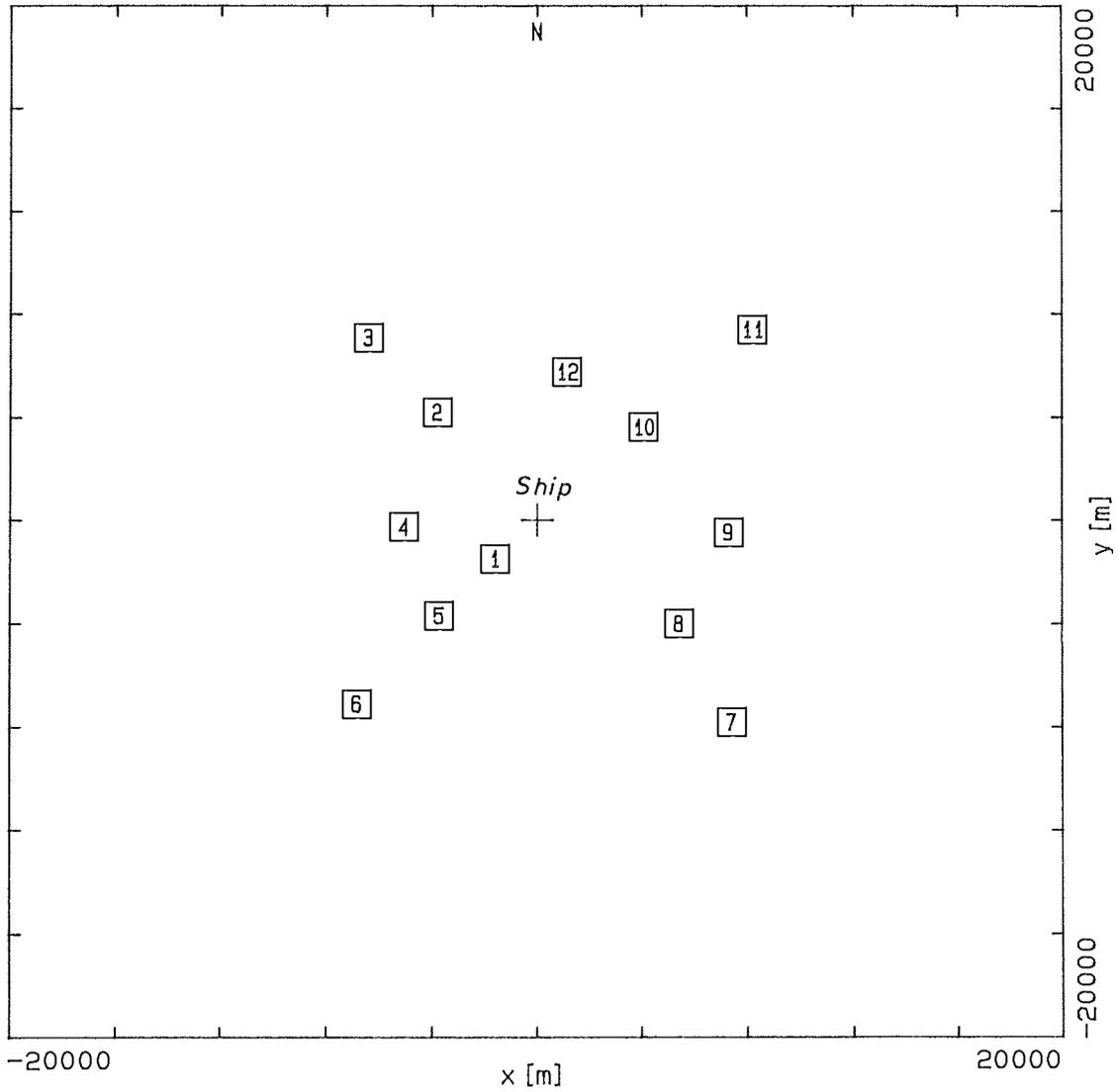


Fig. 13. Start positions of 12 radiosondes on ice-floes on May 4/5, 1988, with the ship "Polarstern" at 80°25'N and 2°11'E. Sonde 1 was installed at the ice camp on "Safe Island".

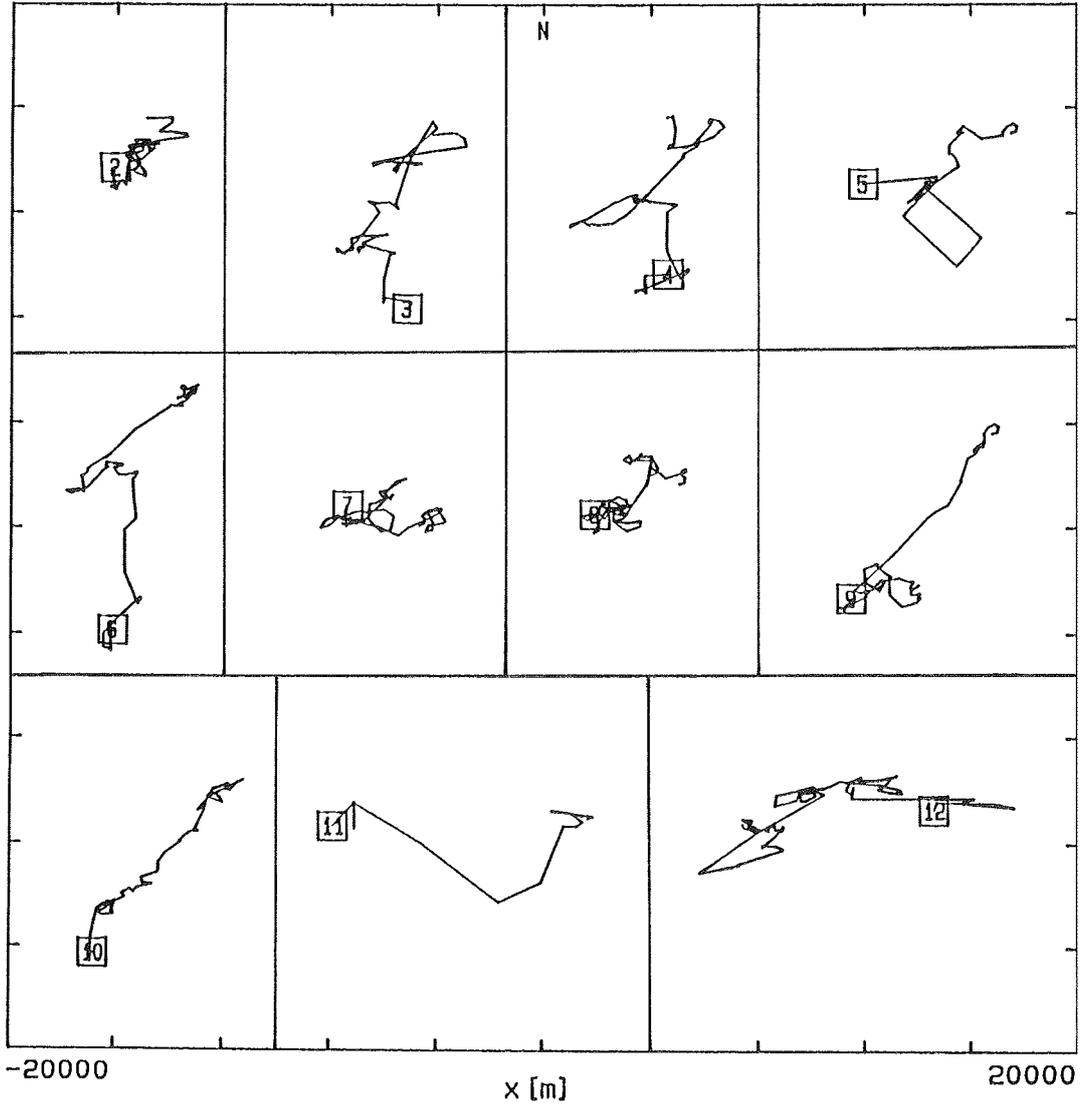


Fig. 14. Relative motions of single sondes relative to the ice camp (sonde 1) during May 4 - May 23.

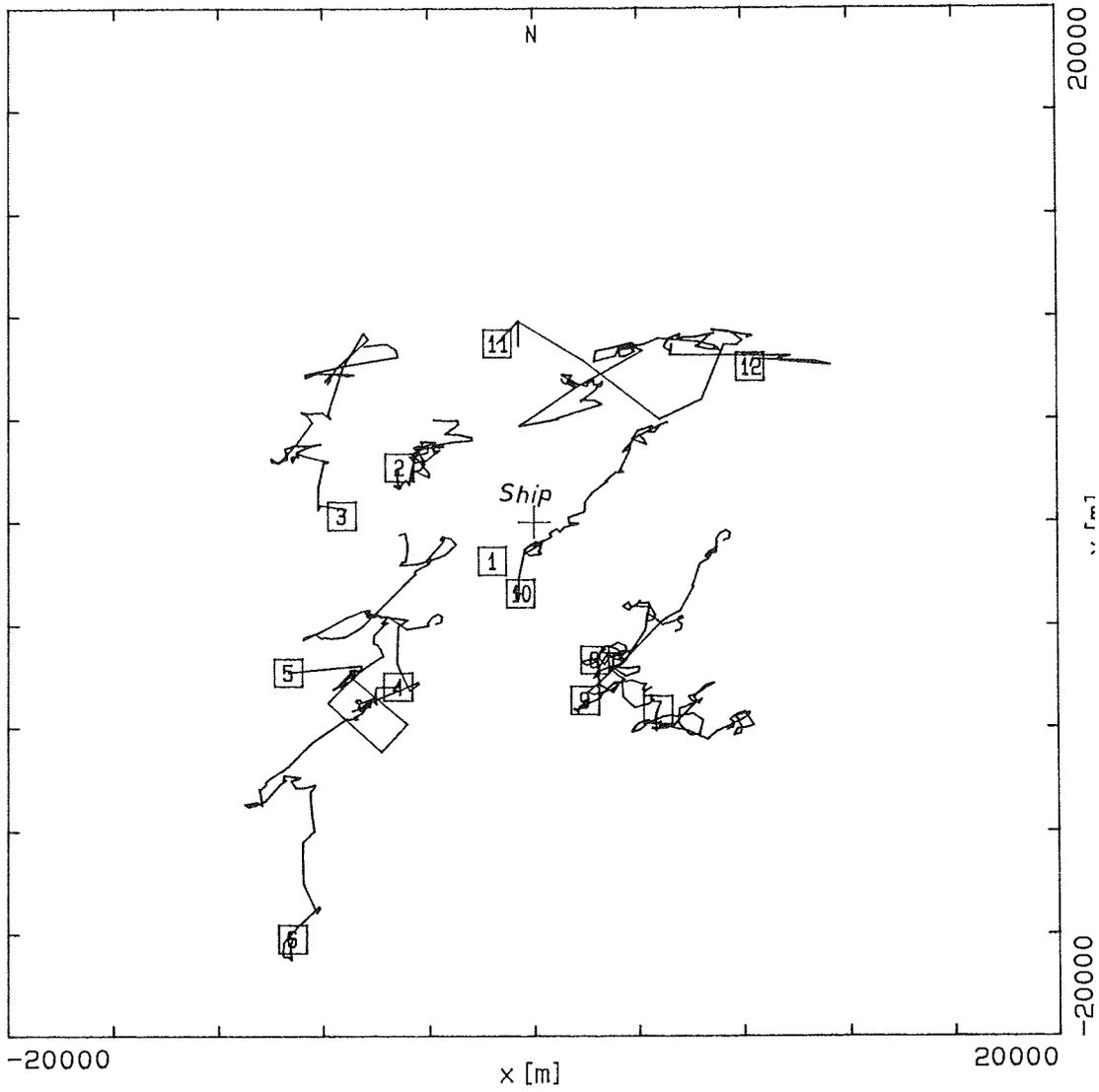


Fig. 15. Complete motion diagram of all sondes relative to sonde 1 during May 4 - May 23, 1988.

During the observation period from May 4 to May 23 up to 68 position measurements were made for each sonde as shown in Table 3.

Tab. 3. Observed Sondes on Ice-Floes during May 4 to May 23.

Sonde	Observing period	Number of Position Measurements
1	May 4 - May 23	78
2	May 4 - May 23	78
3	May 4 - May 17	53
4	May 4 - May 23	78
5	May 5 - May 14	48
6	May 5 - May 23	78
7	May 5 - May 23	78
8	May 5 - May 23	78
9	May 5 - May 23	78
10	May 4 - May 19	66
11	May 4 - May 19	66
12	May 4 - May 23	78

Sonde 1, 2, 3, 4, 10, 11, and 12 were launched on May 4, Sonde 5, 6, 7, 8, and 9 on May 5. The start positions are shown in Figure 13. As all phases and amplitudes were stored on disc any combination of Omega stations could be used. Figure 14 shows the sonde motions comparatively to sonde 1 if only those Omega stations were used whose signals had an acceptable amplitude of at least 10 % of the maximum signal value. Acceptable stations were Norway, Liberia, Reunion, Japan and Hawaii. Composition of Figures 13 and 14 leads to the complete motion diagram shown in Figure 15.

The position error depends on the signal amplitude and is therefore a function of direction. Corresponding to the Omega stations the error ranges from 30 m to about 300 m.

The present set of data is the basis for computation of convergence, divergence and rotation of the ice field and can be correlated to meteorological and oceanographic data.

1.3.3 Messung von Strahlungsbilanzkomponenten über dem Meer- eis (P. Bauer)

Einführung

Elektromagnetische Strahlung im ultravioletten, sichtbaren und nahen infraroten Wellenlängenbereich, die von der Sonne eingestrahlt und die infrarote Strahlung, die vom System Erde - Atmosphäre wieder in den Weltraum ausgestrahlt wird, repräsentieren die primären Energiequellen und -senken dieses Systems und seiner Meteorologie und Klimatologie. Zusätzlich zur globalen Zirkulation in Ozean und Atmosphäre sind die Strahlungsprozesse auch für die Entstehung und Erhaltung der Biosphäre verantwortlich, regen den Wasserkreislauf und viele weitere Austauschvorgänge an, die ein Leben auf der Erde erst möglich machen.

Der Energiegewinn der Atmosphäre, des Ozeans und der festen Erde ist eine Funktion der Strahlungsbilanz und damit der durch Strahlung bedingten Energiebilanz, d.h. der Bilanz aus dem Gewinn durch direkte und gestreute, solare Einstrahlung und deren Verlust durch Reflexion kurzwelliger und Emission langwelliger Strahlung in der Atmosphäre und den terrestrischen Oberflächen, betrachtet am Oberrand der Atmosphäre (Abb. 16).

Meßgrößen

Hauptmeßgröße ist die Globalstrahlung mit zwei Komponenten: Die direkte, solare Strahlungsflußdichte als Energiedichte, die durch eine Einheitsfläche am Oberrand der Atmosphäre strömt und die an Molekülen oder Aerosolen gestreute, direkte Einstrahlung. Die Wellenlängenbereiche der Globalstrahlung liegen im Sichtbaren und nahen Infraroten, etwa zwischen 0,3 und 3,5 μm . Der Anteil der reflektierten, kurzwelligen Strahlung umfaßt den gleichen Wellenlängenbereich wie die Globalstrahlung und stellt den vom Erdboden direkt reflektierten Teil der einfallenden Globalstrahlung dar. Die Bilanz beider Größen und ihr Quotient als Albedo sind wichtige, zu bestimmende Parameter dieser Meßreihe.

Da aus dem Weltraum keine langwellige Strahlung einfällt, rührt die meßbare Strahlung dieses Bereichs von den langwelligen Emissionen der Aerosole, Moleküle und Wolken her. Da Wolken nicht als schwarze Strahler betrachtet werden können, muß ihr spezifisches Emissionsvermögen berücksichtigt werden. Die von der Erdoberfläche abgestrahlte, langwellige Strahlung ist gering, da langwellige Strahlung nur minimal reflektiert wird. Deshalb interessiert hier

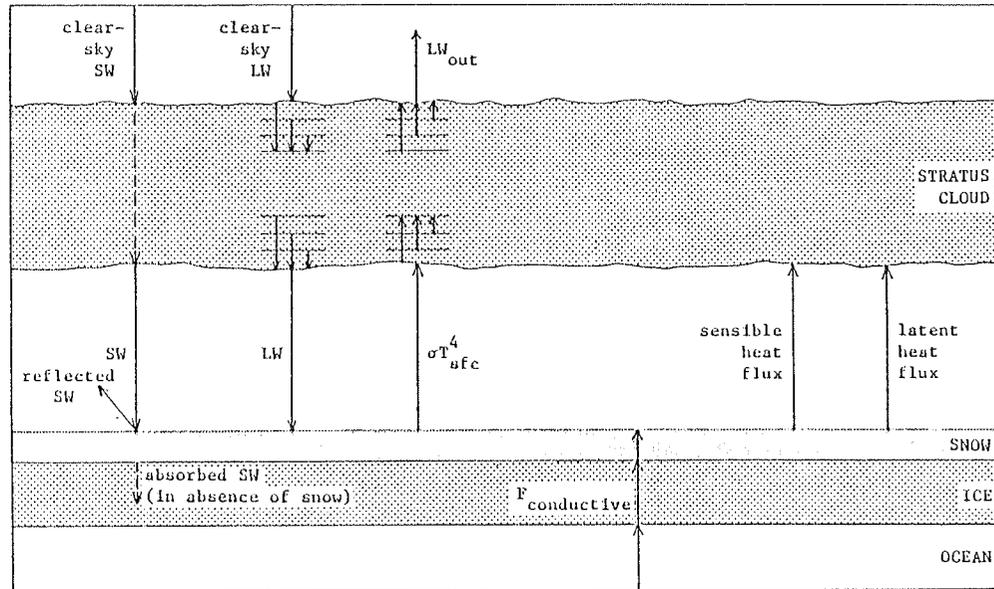


Abb. 16. Diagramm der arktischen, planetarischen Grenzschicht, mit den wesentlichen Strahlungs-, Turbulenz- und Wärmeleitungsflüssen.

Fig. 16. Diagram of the Arctic planetary boundary layer, with important radiative, turbulent and conductive fluxes shown.

nur die Eigenemission der jeweiligen Oberfläche. Bei Schnee und Eis kann mit guter Näherung ein Emissionsvermögen von 1 angenommen werden.

Parameter

Neben den einzelnen Meßgrößen, die direkt über die jeweiligen Geräte gemessen werden, stellen die Bilanzen ein wichtiges Meßziel bei Strahlungsmessungen dar. Es handelte sich dabei um die Differenz der einfallenden kurz- bzw. langwelligen und reflektierten bzw. durch Eigenemission abgestrahlten Komponenten der Strahlung. Diese Differenz bestimmt die Energie, die dem Erdboden als Gewinn zur Verfügung steht und durch Wärmeflüsse weitergeleitet werden kann.

In polaren Gebieten ist diese Bilanz besonders interessant, da sie die Schmelze und das Gefrieren der obersten Schichten des Eises und der Schneeeauflage wesentlich bestimmt, denn der aufwärts gerichtete Wärmefluß aus dem Wasser ist sehr gering. Die vorher schon erwähnte Albedo beschreibt das Reflexionsvermögen der jeweiligen Oberfläche, bei Schnee und Eis ist es relativ hoch, man rechnet mit Größen zwischen 80 - 95 %, je nach Typ des Schnees und Eises. Die spektrale Abhängigkeit zeigt Abbildung 17.

Der Einfluß von Wolken auf die Meßgrößen ist groß. Zum einen schwächen sie die direkte Einstrahlung je nach Wolkentyp und Bedeckungsgrad ab, so daß die Globalstrahlung bei starker Bedeckung nur aus diffusen Anteilen besteht. Zum anderen sind sie mit ihrem relativ hohen Reflexionsvermögen Verursacher von Vielfachreflexionen zwischen Eis und Schnee und der Wolkenuntergrenze. Langwellig gehen sie in die Bilanz als Quelle von Temperaturstrahlung ein, die von der Temperatur der Wolkenuntergrenze abhängt. Gerade im arktischen Sommer beeinflusst der konstante arktische Stratus die Strahlungsbilanz wesentlich, daher stellt die Parametrisierung von Wolken im Modell einen wichtigen Anhaltspunkt für die Klimatologie dar.

Informationen über Eis- und Wasserverteilung sind von großer Bedeutung, da in weiten Teilen der Arktis nicht von einer homogenen Eis- und Schneefläche ausgegangen werden kann. Da die optischen Eigenschaften von Schnee und Eis sehr unterschiedlich sind, kann die regionale Klimatologie ohne diese Randdaten nicht auskommen.

Meßgeräte

Das Meßprinzip für Bodenmessungen ist die vollständige Absorption der Strahlung durch eine normierte Detektorfläche, die parallel zum Horizont nach oben oder unten gerichtet ist. Die Aufheizung bewirkt in einer Thermosäule eine Spannungserzeugung, die in eine Reihe geschalteten Thermolemente verstärken das Signal mit zusätzlichen Meßverstärkern. Die Filterung des gewünschten Wellenlängenbereiches erfolgt über die Verwendung von speziellen Glas- oder Silikathauben, die ein begrenztes, spektrales Transmissionsvermögen besitzen.

Während der Meßphase wurden Pyranometer der Firma EPPLEY und Kipp + Zonen und Pyrgeometer der Firma EPPLEY verwendet. Die EPPLEY-Geräte zeichnen sich durch eine relative kleine Zeitkonstante und gute Linearität bei extremen Temperaturen aus. Die Pyrgeometer konnten vor der Fahrt nicht mehr geeicht werden, somit war eine Geräterift nicht zu erfassen.

Bei Messungen kurzweiliger Strahlung geht nur das Signal des Detektors in das Ergebnis ein, bei Messungen des langwelligen Anteils muß auch die Eigenstrahlung der Haube und des Gerätekörpers mit der jeweiligen Eigentemperatur berücksichtigt werden. Diese Notwendigkeit erschwert die Bestimmung der langwelligen Strahlungskomponente, da nur in grober Näherung ein thermisches Gleichgewicht innerhalb des Gerätes und der Umgebung angenommen werden kann.

Die Messungen während ARK V/1 erfolgten mit jeweils doppelter Belegung, d.h. in jede Richtung und für beide Wellenlängenbereiche wurden jeweils zwei Instrumente verwendet. Dadurch sollte dem Verlust von Daten durch Geräteausfall vorgebeugt werden, gleichzeitig aber auch Vergleichsmessungen mit Geräten unterschiedlicher Hersteller ermöglicht werden. Die zueinandergehörenden, entgegengesetzt gerichteten Geräte sind miteinander vergleichbar, da sie gleichen Typs sind und gleichzeitig geeicht wurden. Die Geräte wurden so aufgestellt, daß sie in möglichst großer Entfernung aller abschattenden oder beeinflussenden Aufbauten standen. Trotzdem gab es Störungen durch das eigene Gerüst, die aber durch bewußte Ausrichtung des Gerüsts und zeitliche Rückverfolgung beseitigt werden können.

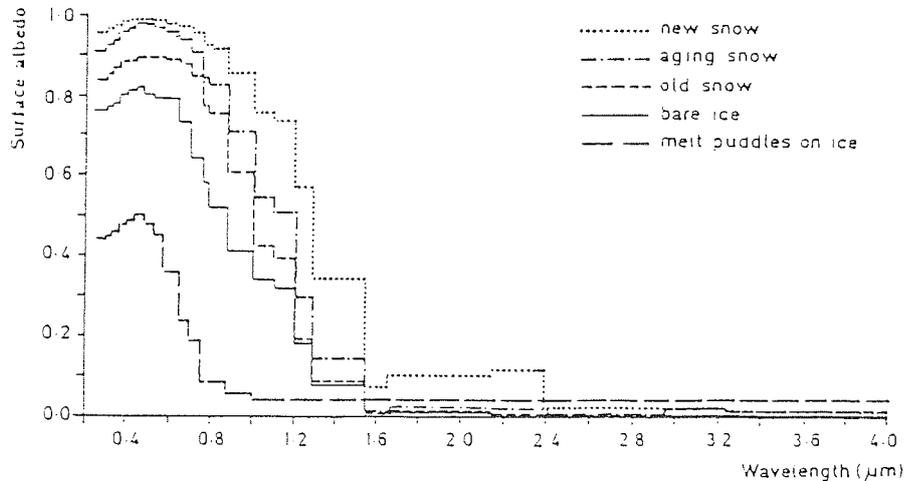


Abb. 17. Spektrale Abhängigkeit des Albedos für fünf verschiedene Oberflächentypen.

Fig. 17. Spectral variations of albedo for five surface types.

Gemessen wurde mit einer zeitlichen Auflösung von 20 Sekunden. Diese Daten wurden später über fünf Minuten gemittelt. Die gesamte Meßdauer betrug 18 Tage und dauerte vom 6. bis zum 23. Mai 1988.

Um die lokalen Messungen der Bodenstation über vier Wochen auch horizontal und vertikal zu extrapolieren, werden Vergleichsmessungen aus der Höhe und über große Flächen herangezogen. Da die in Spitzbergen stationierten Flugzeuge mit Strahlungmeßgeräten ausgerüstet sind, kann diese Extrapolierung zumindest für die Flugzeiten versucht werden.

Ein Ziel war es, über flächenhafte Profile einen Eindruck über das Strahlungsfeld bei relativ konstanter Höhe und eine Profillänge von ca. 50 km zu gewinnen. Dazu sollten der Untergund und die Bewölkung eine möglichst homogene Struktur aufweisen, um eine Verallgemeinerung der Meßdaten zu ermöglichen.

Das zweite Ziel sollte den Versuch beinhalten, die optische Dicke, d.h. das Transmissionsvermögen der Wolken durch Vertikalprofile innerhalb der Wolken direkt zu messen. Vorteilhaft hierbei ist eine hohe Datenaufzeichnungsrate, um eine befriedigende vertikale Auflösung zu erzielen.

Satellitenmessungen stellen die Fortsetzung der vertikalen Parametrisierung bis zum Oberrand der Atmosphäre dar. Verwendet werden sollen Daten der polarumlaufenden Satelliten NOAA 9 und NOAA 10. Dadurch kann über Datensätze mit maximal zwei Stunden Zeitabstand verfügt werden. Die volle räumliche Auflösung beträgt beim Subsatellitenpunkt ca. 1,1 km, senkrecht zur Flugrichtung werden 2048 Pixel aufgezeichnet. Die passiven AVHR-Radiometer (advanced very high resolution radiometer) der o.g. Satelliten messen schmalbandig in den Wellenlängenbereichen 0.55 - 0.68, 0.725 - 1.1, 3.55 - 3.93, 10.3 - 11.3, 11.5 - 12.5 μm .

Erste Ergebnisse

Um die ersten Meßreihen nicht unübersichtlich darzustellen, soll hier nur ein Tag als Beispiel für die Bodenmessungen angeführt werden. Da die Flugzeug- und Satellitendaten erst nach Abschluß der Reise zur Verfügung stehen, kann an dieser Stelle noch nicht auf sie eingegangen werden.

Wie schon gesagt, konnten die Pyrgeometer vor der Fahrt nicht mehr geeicht werden, so daß hier nur Meßreihen der kurzwelligen Empfänger gezeigt werden können (Abb. 18 - 21).

Beurteilung

Da die Zeitreihen der einzelnen Meßgrößen bisher nur recht unvollständig überblickt werden können, muß sich eine erste Beurteilung des gesammelten Datenmaterials auf einige wenige beobachtete Effekte beschränken.

Die Amplituden und der Verlauf der Tagesgänge in Verbindung mit dem Wettergeschehen entsprechen den Erwartungen. Die Zeitreihe der kurzwelligen Einstrahlung, wie sie aus Abbildung 3 hervorgeht, zeigt die gemessene, senkrechte Komponente der Globalstrahlung, wie sie von den beiden verwendeten Geräten aufgezeichnet worden ist. Ab ca. 8 Uhr morgens divergieren die beiden Meßkurven bis auf eine Differenz von etwa 20 W/m^2 . Diese Differenz konnte häufiger auch mit größeren Amplituden beobachtet werden. Ein Grund dafür ist sicherlich die unterschiedliche Temperatursensibilität der verwendeten Gerätetypen bei niedrigen Temperaturen. So divergiert

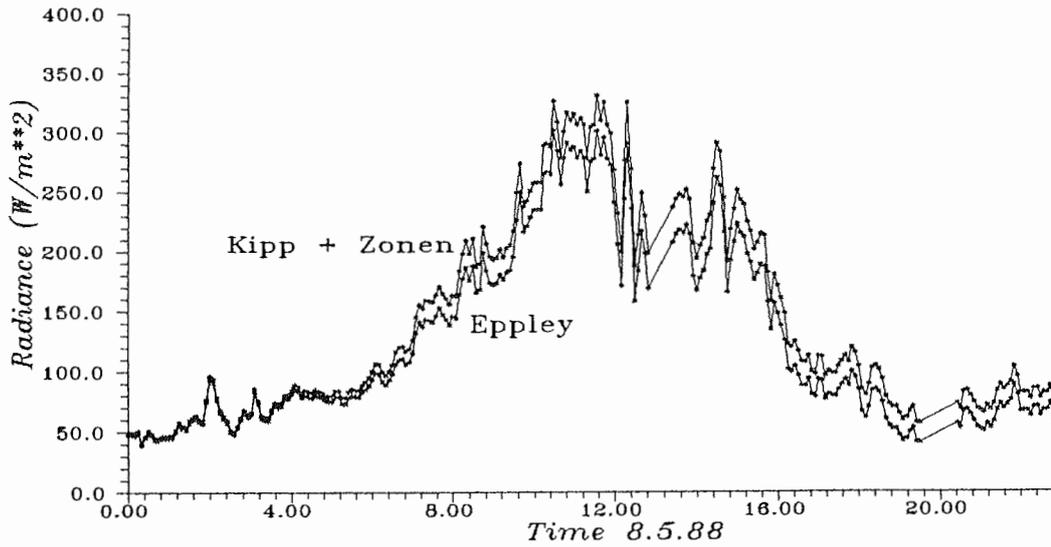


Abb. 18. Tagesgang der kurzwelligen Strahlung im Vergleich zweier Meßgeräte im Fünfminutenmittel.

Fig. 18. Daily variation of shortwave radiance. Comparison of two Pyranometers.

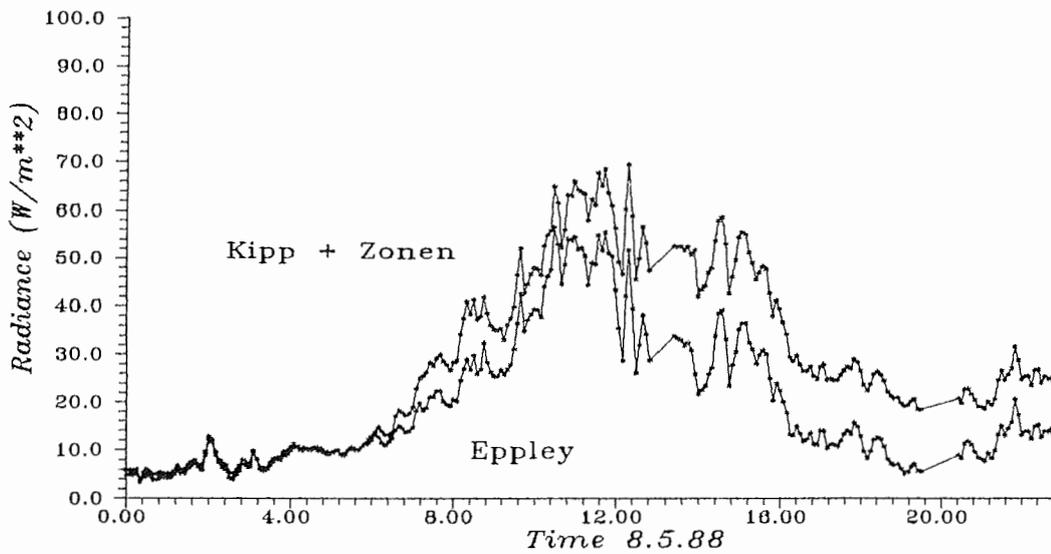


Abb. 19. Tagesgang der kurzwelligen Bilanz im Vergleich zweier Meßgeräte im Fünfminutenmittel.

Fig. 19. Daily variation of shortwave balance. Comparison of two Pyranometers.

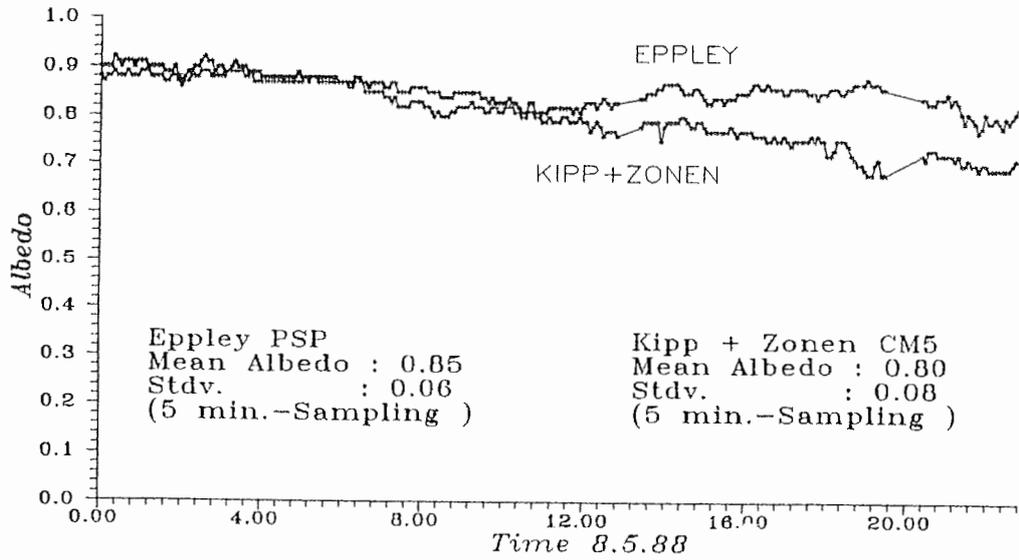


Abb. 20. Tagesgang des Albedos im Vergleich zweier Meßgeräte im Fünfminutenmittel.
 Fig. 20. Daily variation of albedo. Comparison of two Pyranometers.

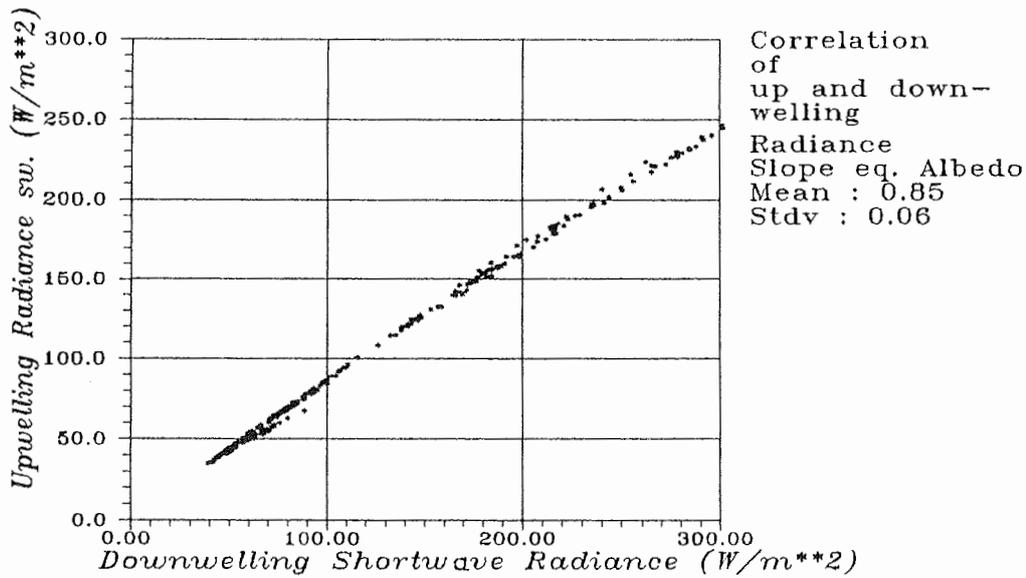


Abb. 21. Korrelation der einfallenden und reflektierten kurzwelligen Strahlung. Die Steigung der anzupassenden Kurve entspricht der Albedo.
 Fig. 21. Correlation of up and downwelling shortwave radiance. Slope of fitted curve comparable to albedo.

sowohl die Meßempfindlichkeit als auch die Linearität bei Temperaturen unter -5°C um bis zu 5 %. Randeffekte können auch die nicht ganz exakte Nivellierung der Geräte sein, die gerade bei den extrem niedrigen Sonnenständen der hohen Breiten ins Gewicht fallen. Diese Drift ist auch im Vergleich der beiden kurzweiligen Bilanzen auffällig, inwieweit die Geräte seit der letzten Eichung selbst in ihrer Meßempfindlichkeit gedriftet sind, wird sich bei einer Nacheichung noch ergeben.

Ebenfalls mit einem Trend belastet ist die Albedomessung des Kipp + Zonen-Geräts an dem dargestellten Tag, während die Werte des Eppley-Pyranometers den Erwartungswerten entsprechen, auch die Schwankungen im Tagesverlauf um ca. 6 % sind nicht ungewöhnlich.

Eine genaue Deutung der Phänomene wird in der Zukunft erfolgen müssen, gerade auch für solche Meßphasen, in denen Abweichungen, die nicht von beiden Geräte gleichzeitig erfaßt wurden, noch ausgeprägter auftreten.

Allgemeine Probleme gab es vorwiegend mit der Datenerfassung. Sämtliche Spannungsmessungen liefen über den gesamten Meßzeitraum ohne Störungen, während die Widerstandsmessungen für die hochohmigen Thermistoren in den Pyrgeometern, zur Korrektur der Wärmestrahlung in den Geräten selbst, mit einigen Ausfällen behaftet waren. Die genaue Ursache konnte bisher nicht ermittelt werden, auch hier bedarf es noch nachträglicher Aufklärung. Da sämtliche Meßgrößen doppelt gemessen wurden, war der zeitweilige Ausfall von zwei Geräten nicht problematisch.

1.3.4 Produktionsbiologische Untersuchungen des Phytoplanktons (M. Baumann, L. Aletsee, J. Blatt, M. Krämer)

Zielsetzung

Das Meereis spielt im Ökosystem Arktis wegen seines lichtlimitierenden Einflusses auf die Primärproduktion eine wesentliche Rolle. Im frühen Frühjahr kann das Licht nicht oder nur in geringem Maße die schneebedeckte dichte Eisfläche durchdringen, so daß sich pflanzliche Organismen nur im Eis und auf seiner Unterseite entwickeln können. Erst wenn im späten Frühjahr infolge von temperaturbedingten Tauprozessen das Packeis allmählich aufbricht, entstehen vielfach eisfreie Bereiche wie Rinnen und kleinere Polynyas, die allerdings wegen des hohen Eisbedeckungsgrades und der Dyna-

mik des Eisfeldes nur von kurzer Lebensdauer sind. In dieser Zeit steht den Algen in der Wassersäule temporär ein großes Lichtangebot zur Verfügung, so daß ihre Entwicklung allmählich beginnen kann. Dabei sind sie durch den raschen Wechsel zwischen hohen und bis zur Dunkelheit reichenden niedrigen Lichtintensitäten starken physiologischen Belastungen ausgesetzt.

Das Ziel der phytoplanktologischen Studien war, während des Eischollenexperimentes "Safe", zum einen die Situation im frühen Frühjahr in der Wassersäule zu erfassen und - eine Drift des Schiffes mit dem Wasserkörper vorausgesetzt - die Entwicklung in diesem Wasserkörper über drei Wochen zu verfolgen. Zum anderen sollten Messungen der abiotischen Faktoren wie Licht, Temperatur, Salzgehalt und Nährstoffe ergänzend vorgenommen werden.

Zusätzlich war ein Langzeitversuch in enger Zusammenarbeit mit R. Gradinger geplant, in dem die Rolle des Eises als Habitat für Algen und Bakterien und unter Simulation polynya-artiger Bedingungen die Entwicklung von Populationen dieser Organismengruppen aus der freien Wassersäule untersucht werden sollte.

Neben diesen produktionsbiologischen Messungen stand die qualitative und quantitative Analyse von Phytoplankton- und Eisalgenpopulationen im Vordergrund. Für rasterelektronenoptische Untersuchungen und Versuche zur Physiologie der Plankton- und Eisalgen sollten Algenreinkulturen an Bord angelegt werden.

Durchführung

Die Proben wurden zwischen dem 6. und 22. Mai insgesamt 28 mal mit Hilfe eines 6 x 30 l - Kranzwasserschöpfers mit aufmontierter Secchi-Scheibe aus sechs Lichttiefen (100 %, 50 %, 30 %, 15 %, 5 %, 1 % des Lichtes direkt unter der Wasseroberfläche) genommen. Außerdem kam ein Phytoplanktonnetz (Maschenweite 20 µm) zur Beschaffung von Algenmaterial für rasterelektronenoptische und physiologische Untersuchungen an Algenreinkulturen zum Einsatz.

Erstmalig fand ein neuentwickeltes Gerät zur Messung des Unterwasserlichtspektrums Verwendung. Es ist sowohl im Schiffsbetrieb als auch auf der Scholle einsetzbar. Die Speicherkapazität des eingebauten Rechners reicht für mindestens 40 Analysen. Mit Hilfe eines Apple-Computers können anschließend die Spektren auf einem Bildschirm sichtbar gemacht und ausgedruckt werden. Leider fiel zu Beginn der Eisbohrer für 60 cm- große Löcher aus, so daß nur Messungen in der freien Wassersäule von Bord FS "Polarstern" und vom

"Polarfuchs" aus möglich waren. Insgesamt konnten 12 Unterwasserspektren aufgenommen werden.

Die Abnahme der Quantenstromdichte in der Wassersäule bis in etwa 50 m Tiefe wurde mit Hilfe eines 4 pi Kugelkopfquantameters (Licor, Inc.) von Bord FS "Polarstern", vom "Polarfuchs" und vom Schlauchboot aus ermittelt.

Die Primärproduktion wurde mit Hilfe der ^{14}C -Methode an Phytoplanktonproben in einem Laborinkubator gemessen. Dieser Laborinkubator bietet wahlweise die Möglichkeit zur Aufnahme von PI-Kurven (potentielle Produktion) unter konstanten, beliebig einstellbaren Lichtintensitäten und Temperaturen und zur Messung der Produktion unter "in situ" Verhältnissen durch unmittelbare Simulation des natürlichen Tageslichtganges über eine Lichtmeßeinheit, die oberhalb des Krähennestes installiert war. Dabei entsprach die Quantenstromdichte im 100 %-Becken genau der der Wassersäule in 0 m-Tiefe. Die Lichtabnahme über die Tiefe wurde mit Hilfe von eingefärbten Glasfiltern erlangt, wobei gleichzeitig der Verschiebung des Unterwasserlichtspektrums zum Blauen hin Rechnung getragen wurde. Die während der Messungen simulierten Lichtkurven wurden gespeichert und sind hinterher jederzeit wieder reproduzierbar.

Während ARK V/1 wurden 20 Primärproduktionsbestimmungen unter "in situ" Bedingungen und 8 Messungen der potentiellen Produktion durchgeführt.

Die Versuche zur Ermittlung der Aktivität der im Eis eingeschlossenen Algen erfolgte in einem mit Meerwasser temperierten Decksinkubator. Wegen der niedrigen Lufttemperaturen mußte mit einem Wärmedraht gegengeheizt werden.

Die Beckentemperatur ließ sich auf diese Weise selbst bei Außentemperaturen von bis zu -20°C auf etwa 2°C konstant halten.

Erste Ergebnisse

Abbildung 22 zeigt exemplarisch anhand von drei Messungen mit dem Kugelkopfquantameter die Abnahme der Quanten in der Wassersäule über die Tiefe. Gezeigt sind die Ergebnisse vom 9., 12. und 13. Mai 1988. An allen drei Tagen lag die über die *Secchi*-Scheibe ermittelte 16 %-Lichttiefe bei 32 m. Nach den Quantenstromdichtemessungen hätte sie am 9. Mai 17 m, am 12. Mai 28 m und am 13. Mai 26 m betragen müssen. Im ersten Fall lag sie also bei 3 %, im zweiten bei 14,5 % und im dritten bei 13,2 % der jeweils

unter der Wasseroberfläche gemessenen Quantenzahl. Diese offensichtliche Diskrepanz kann im Moment noch nicht erklärt werden. Ein möglicher Grund für die Abweichung mag in der Eisbedeckung liegen; die Messungen wurden zwar in eisfreiem Wasser, aber zwischen schneebedeckten etwa 1,5 m dicken Schollen durchgeführt. Frühere Messungen aus dem Freiwasser zeigten, allerdings bei niedrigeren *Secchi*-Tiefen, eine gute Übereinstimmung.

Die Rohdaten der Unterwasserlichtspektren zeigen die typische Abnahme des Rot- und Grünlichtanteils bereits in den oberen Wasserschichten. Es wurden zwischen den Ergebnissen der einzelnen Messungen keine auffälligen Unterschiede festgestellt.

Abbildung 23 zeigt die Ergebnisse der Primärproduktionsmessungen unter simulierten "in situ" Bedingungen im Laborinkubator. Die Numerierung der Stationen entspricht folgenden Messungen:

1	06.05.	abends	8	11.05.	morgens	15	15.05.	morgens
2	06.05.	abends	9	11.05.	abends	16	16.05.	morgens
3	07.05.	morgens	10	12.05.	morgens	17	19.05.	morgens
4	08.05.	morgens	11	12.05.	abends	18	20.05.	morgens
5	08.05.	abends	12	13.05.	morgens	19	21.05.	morgens
6	09.05.	morgens	13	13.05.	abends	20	22.05.	morgens
7	09.05.	abends	14	14.05.	morgens			

Die Produktion ist angegeben in mg C/m^3 24 h. Es handelt sich um den über die Tiefe integrierten Wert, der anschließend wieder durch die jeweilige 1 % Tiefe dividiert wurde, so daß die angegebene Produktionszahl einen integrierten Wert pro m^3 der euphotischen Zone darstellt. Die Ergebnisse bei verschiedenen Stationen lassen sich so besser miteinander vergleichen. Die offenen Balken geben die Gesamtproduktion, die dunklen Balken den Anteil des Phytoplanktons kleiner als $20 \mu\text{m}$ der Gesamtproduktion an. Die Probenahme morgens erfolgte um 8.30 und abends um 18.30 UTC.

Während des gesamten Meßzeitraums schwankten die Werte zwischen 1 und $2,2 \text{ mg C/m}^3$ 24 h. Das sind Minimalwerte, die gerade noch reproduzierbar gemessen werden können. Eine Tendenz von Zu- oder Abnahme ist nicht zu erkennen. Offensichtlich ist während des gesamten Meßzeitraums die frühe Frühjahrssituation dokumentiert. Tatsächlich lag die Eisbedeckung ständig bei etwa 9/10, und es war vielfach so kalt, daß sich auf den freien Wasserflächen Neueis bildete. Eine Fortsetzung des Schollenexperimentes um weitere zwei bis drei Wochen wäre sehr wünschenswert gewesen, um den Übergang zur späten Frühjahrssituation mitzuerfassen.

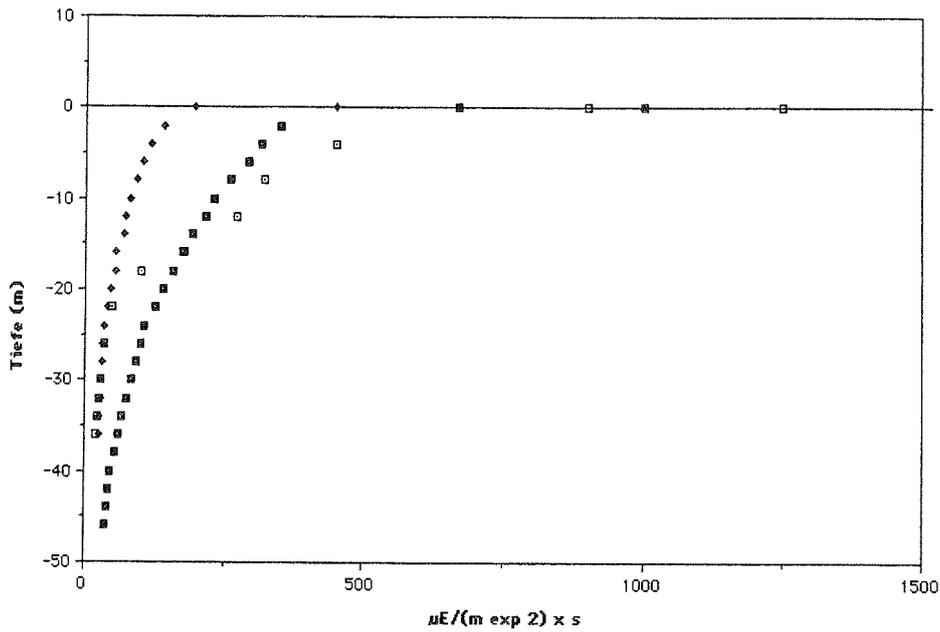


Abb. 22. Lichtdaten während ARK V/1.

Fig. 22. Light measurements during ARK V/1.

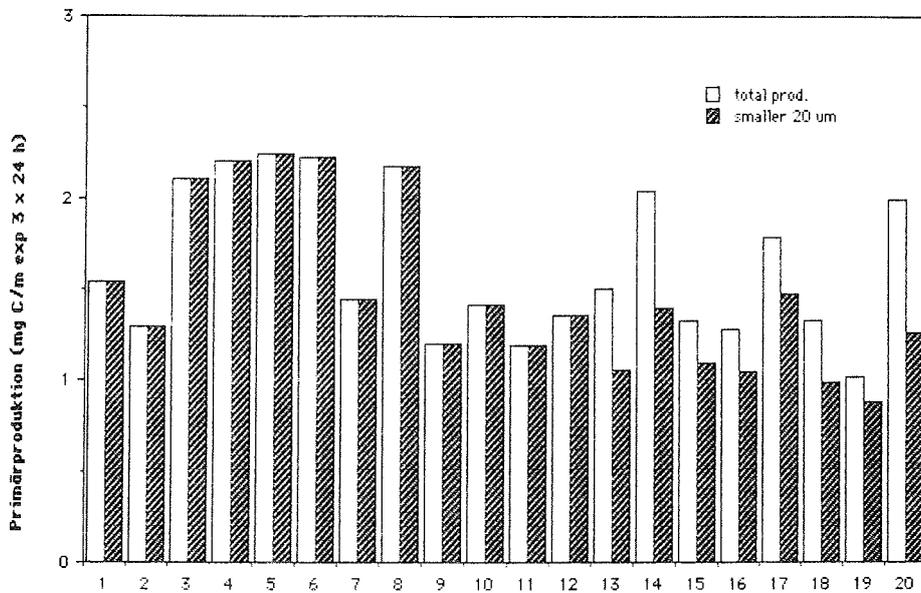


Abb. 23. Primärproduktion während ARK V/1, Erl. s. Text.

Fig. 23. Primary production during ARK V/1. For further explanation, see text.

Den Ergebnissen der CTD-Messungen zufolge (s. 1.3.5), war der untersuchte Wasserkörper an "SAFE"- Island in den oberen 100 m vom Wasser polaren Ursprungs (Polar Water, PW) und darunter von atlantischem Zwischenwasser (Atlantic Intermediate Water, AIW) bestimmt. Um die potentielle biologische Aktivität der beiden Wassermassen vergleichen zu können, wurden die oberen 60 m dieser beiden Wassertypen (definiert über Salzgehalt und Temperatur) abwechselnd beprobt und jeweils 6 Proben des PW, bzw. im anderen Fall AIW, gemischt, um einen integrierten Wert über die jeweilige Wassersäule (AIW bzw. PW) messen zu können. Die Produktionsbestimmung erfolgte dann bei 6 verschiedenen Lichtintensitäten (100 %, 50 %, 30 %, 15 %, 5 % und 1 % von 400 $\mu\text{E}/\text{m}^2 \text{ s}$).

Abbildung 24 gibt die Ergebnisse dieser Messungen wieder. Auch hier zeigt der offene Balken die Gesamtproduktion, der geschlossene Balken die anteilige Produktion des Phytoplanktons kleiner als 20 μm . Die 8 Stationen waren:

1	16.05.	abends	AIW	5	18.05.	abends	AIW
2	17.05.	morgens	PW	6	19.05.	abends	PW
3	17.05.	abends	AIW	7	20.05.	abends	PW
4	18.05.	morgens	PW	8	22.05.	abends	AIW

Die Meßwerte im AIW fallen durchweg erheblich niedriger aus als die im PW. Die noch ausstehenden Nährstoffanalysen und Chlorophyllmessungen werden Aufschluß darüber geben, ob im AIW bereits eine Blüte stattgefunden hat, die, bevor die atlantischen Wassermassen unter das Polarwasser gedrückt wurden, zusammengebrochen ist oder die, bedingt durch diesen großskaligen Prozeß, wegen des nachfolgenden Lichtmangels beendet wurde.

Die Langzeitversuche wurden am 7. Mai begonnen. Es wurden folgende Ansätze gemacht:

- 1 0,2 μm - filtriertes Seewasser, 200 g "braunes" Eis
- 2 0,2 μm - filtriertes Seewasser, 200 g "braunes" Eis, Nährstoffe
- 3 Seewasser, 200 g "braunes" Eis
- 4 Seewasser
- 5 20 μm - filtriertes Seewasser, Weizen
- 6 20 μm - filtriertes Seewasser
- 7 0,2 μm - filtriertes Seewasser, 200 g Eis (anderer Kern als Ansatz 1)
- 8 Seewasser, 200 g Eis (Kern wie Ansatz 7)

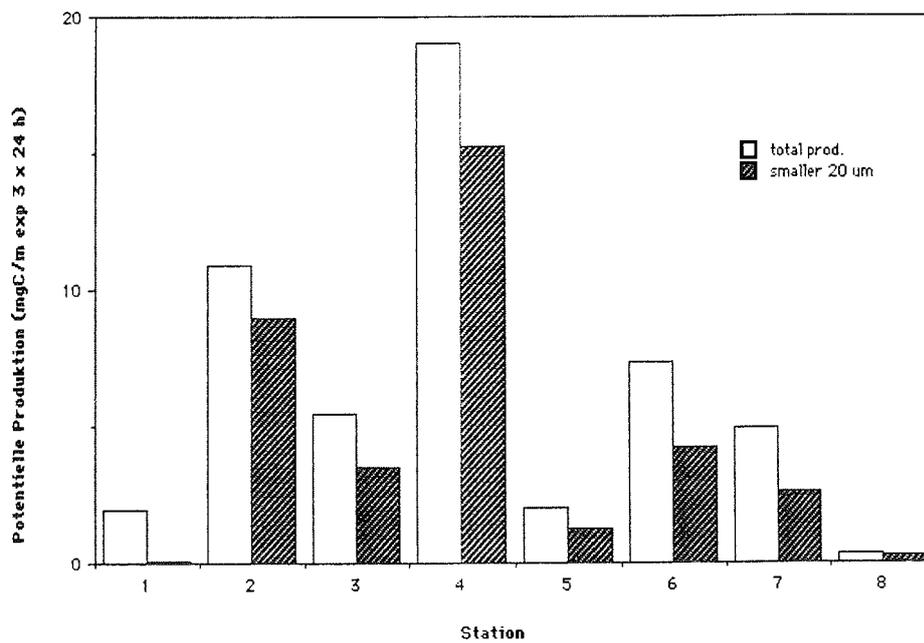


Abb. 24. Potentielle Produktion während ARK V/1, Erl. s. Text.

Fig. 24. Potential production during ARK V/1. For further explanation, see text.

Am 25. Mai ergab eine Beprobung folgende vorläufige quantitative Organismenverteilung:

	Diatomeen		Flagellaten	Bakterien
	centrische	pennate		
1	-	1	1	1
2	2	3	1	1
3	1	-	2	2
4	5	5	3	2
5	5	5	?	5
6	1	1	2	2
7	1	3	1	2
8	1	4	1	2

Die Zahlen entsprechen einer Häufigkeitsverteilung von 1 (selten) bis 5 (sehr häufig). Abbildung 25 gibt die im Decksinkubator gemessene Produktion (natürlicher Tageslichtgang, 2°C) der Ansätze wieder. Zum jetzigen Zeitpunkt ist nur eine vorläufige Interpretation der Ergebnisse möglich, es lassen sich dennoch einige Trends feststellen. In allen Ansätzen, in denen Eis zugesetzt worden war, ist eine rege Entwicklung zu erkennen. Dabei wird deutlich (Ansätze 1, 2, 7), daß sowohl pennate als auch zentrische Diatomeenarten im Eis lebend vorkommen. Ansatz 4 spiegelt die typische Situation einer Polynya wieder. Es handelt sich um Seewasser ohne jegliche Zusätze, in dem die Produktion von 2 mg C/m³ 24h auf über 170 mg C/m³ 24h angestiegen ist. Diese Werte entsprechen in ihrer Höhe denen, die wir auf früheren Reisen im Bereich der Ostgrönlandschelf-Polynya an der Oberfläche gemessen haben. Die Ergebnisse aller Ansätze bestätigen, daß die im Freiland gemessene Produktion des Phytoplanktons einer Vorbüthenzeit im frühen Frühjahr entspricht, die nicht durch Nährstoffarmut limitiert ist.

Es gelang, etwa 20 verschiedene Diatomeenarten aus dem Plankton und dem Eis zu isolieren, zu kultivieren und einige Messungen der potentiellen Produktion vorzunehmen. Abbildung 26 gibt als Beispiel die "Pvsl"-Kurven von drei verschiedenen Diatomeen (*Bacterosira fragilis*, *Thalassiosira euhyalina*, *Prorosira glacialis*) wieder. Eine Interpretation der Daten ist zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht und erst nach Auswertung der gleichen Untersuchungen an anderen Diatomeen und nach Analyse der gleichzeitig gemessenen biochemischen Parameter möglich.

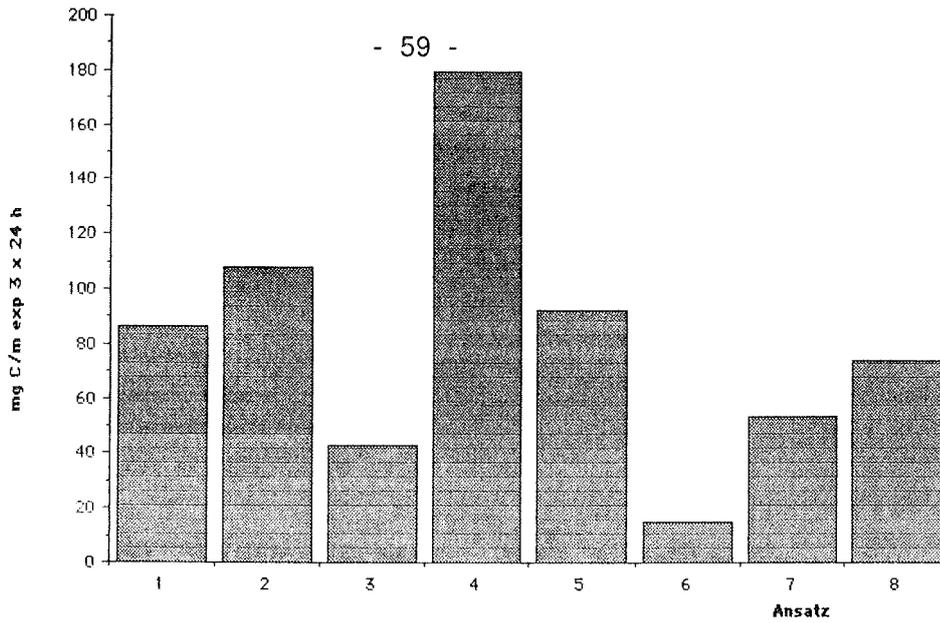


Abb. 25. Primärproduktion des Langzeitversuchs am 25.5.88, Erl. s. Text.

Fig. 25. Primary production during experiment on May 25, 1988. For further explanation, see text.

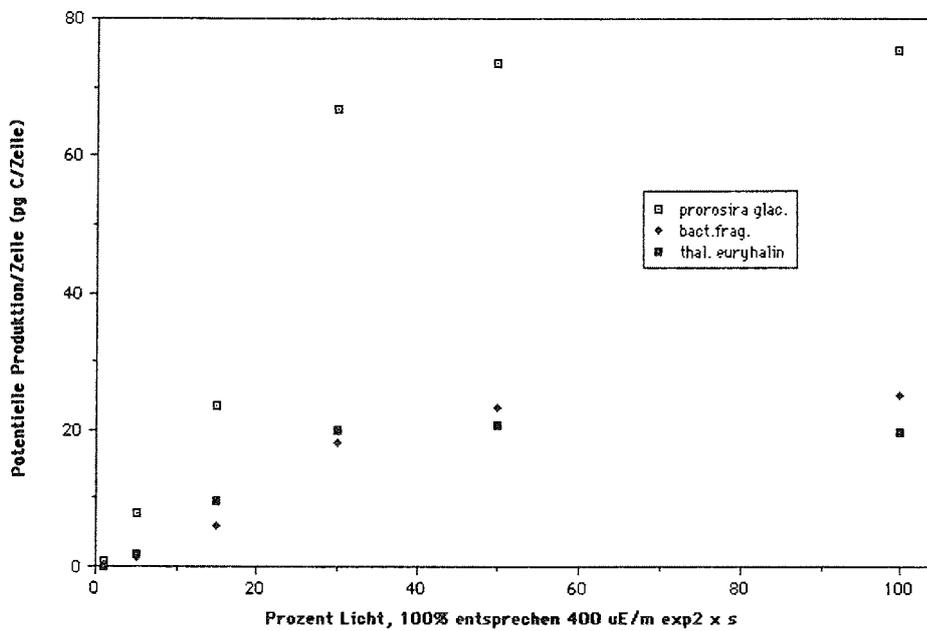


Abb. 26. Potentielle Produktion während Kulturexperimenten, ARK V/1.

Fig. 26. Potential production during culturing experiments, ARK V/1.

1.3.5 Planktologische Untersuchungen (R. Gradinger, H. Auf dem Venne)

Zielsetzung

Ziel unserer Arbeitsgruppe war es, die ökologische Bedeutung des Protistennahrungsnetzes im kalten, eisbedeckten Ostgrönlandstrom zu Anfang des arktischen Frühjahrs zu erforschen. Hierzu wurde die Verteilung der einzelnen Glieder des "microbial loop" (Bakterien, Blaualgen, auto- und heterotrophe Flagellaten und Ciliaten) über den dreiwöchigen Untersuchungszeitraum hinweg in den oberen 100 m der Wassersäule quantitativ verfolgt. Zusätzlich wurde in Zusammenarbeit mit der Eisbiologie die Häufigkeit dieser Mikroorganismen in Meereisproben erfaßt (s. 1.3.6.2). Experimente zur Bestimmung der Wachstumsraten der Bakterien sowie der Freßraten der heterotrophen Flagellaten und Ciliaten sollten durchgeführt werden, um einen Einblick in die dynamischen Prozesse innerhalb dieser Gemeinschaft von Kleinstorganismen zu erhalten.

Durchführung

Zweimal täglich (8.30 und 18.30 Uhr) wurde im Untersuchungszeitraum vom 5. bis 23. Mai 88 die Struktur des Wasserkörpers mittels einer CTD erfaßt. Anschließend wurden für die Verteilungsstudien und Experimente 6 Standardtiefen (0, 5, 20, 40, 75 und 100 m) mit einem 6 x 30 l Kranzwasserschöpfer beprobt. An 5 Tagen wurden zusätzlich Proben aus Tiefen bis zu 200 m gewonnen, um Aussagen über die Verteilung von Blaualgen auf verschiedene charakteristische Wassermassen treffen zu können.

Zur Bestimmung der Gesamtbakterien- und Flagellatenkonzentrationen wurden die Organismen mittels eines DNA-spezifischen Fluorochromes (DAPI) gefärbt und nach Filtration eines definierten Volumens auf 0,2 µm Nuclepore-Filter mit Hilfe eines Epifluoreszenzmikroskopes bei UV-Anregung ausgezählt. Für die Differenzierung in auto- bzw. heterotrophe Flagellaten ist eine schnelle Probenaufarbeitung unbedingt erforderlich, da die als entscheidendes Trennungsmerkmal geltende Primärfluoreszenz des Chlorophylls innerhalb weniger Tage erlischt.

Für die Bestimmung der Ciliatenzahlen wurden Proben direkt nach Färbung und Filtration auf 0,8 µm Nuclepore-Filter gezählt. Um Aussagen über die Morphologie der Ciliaten treffen zu können, wurden Parallelproben mit einem Utermöhl-Mikroskop untersucht oder nach Filtration unter Einsatz der Filter-Transfer-Freeze (FTF)-

Technik auf Objektträger übertragen. Hierzu wird das Nucleopore-Filter mit der Probenseite nach unten auf einen Objektträger gelegt. Danach läßt man den Filter festfrieren und zieht ihn anschließend vom Objektträger ab. Die Organismen verbleiben dabei in einem gefrorenen Wasserfilm. Nach dem Auftauen, Auflegen eines Deckglases und Versiegeln mit Paraffin werden die Proben unter einem Phasenkontrastmikroskop analysiert. Weiterhin wurde die Anreicherungs-effizienz von Ciliaten bei reverser Filtration durch 10- und 20- μm Gaze getestet.

Bei den experimentellen Untersuchungen zur Aktivität der Bakterien und heterotrophen Flagellaten werden strukturelle und physiologische Unterschiede zwischen pro- und eukaryotischen Zellen genutzt. Durch Zugabe von Antibiotika zu den durch 20 μm vorfiltrierten Wasserproben sollten die Bakterien in ihrem Wachstum gehindert werden. Das Grazing der Flagellaten sollte über die Dauer des Experimentes zu einer Abnahme der Bakterienzahlen führen. Umgekehrt kann durch den gezielten Einsatz eukaryontenspezifischer Zellgifte (Colchicin und Cycloheximid) die Grazingaktivität der Flagellaten gehemmt werden, wodurch bei diesem Ansatz die Wachstumsrate der Bakterien berechenbar wird.

Zur Bestimmung der Freßrate der Ciliaten wurde eine Doppelfärbemethodik angewandt. In einer durch 20 μm Gaze größenfraktionierten Wasserprobe wurden alle potentiellen Futterpartikel mit dem Fluorochrom DTAF markiert. Durch mehrfaches Spülen wurde nach Abschluß der Färbung das Fluorochrom entfernt und eine konzentrierte Probe mit Ciliaten zugesetzt. Nach 15-minütiger Inkubationszeit wurden die Ciliaten mit DAPI gegengefärbt. Unter dem Epifluoreszenzmikroskop sollten die ingestierten, grünlich fluoreszierenden Futterpartikel in den blau gefärbten Ciliaten zu erkennen sein. Es zeigte sich, daß die Färbung möglicher Futterpartikel (Bakterien und Flagellaten) selbst bei hohen DTAF-Konzentrationen und Färbezeiten bis zu zwei Stunden zu schwach war. Deshalb wurden anschließend die Futterpartikel mit DAPI gefärbt und nach Abschluß der Experimente die Proben mittels FTF-Technik im Phasenkontrastmikroskop unter Einsatz der Fluoreszenzanregung analysiert.

Erste Ergebnisse

CTD-Messungen zeigten, daß die Ausdehnung des polaren Wassers (PW) auf die oberen 60 - 90 m beschränkt war, unter dem sich Atlantisches Zwischenwasser (AIW) befand. Auf der Drift der Scholle in Richtung Nordosten zeigte sich eine Abnahme der Dicke des PW, was durch die Annäherung an die Polarfront zu erklären ist. Ände-

rungen zeigten sich in Temperatur und Salzgehalt des oberflächennahen polaren Wassers. Je nach vorherrschenden meteorologischen Bedingungen erfolgte eine starke Abkühlung ($T = -1,85^{\circ}\text{C}$) oder eine Erwärmung mit gleichzeitiger Salzgehaltserniedrigung durch tauendes Meereis ($T \approx -1,6^{\circ}\text{C}$ und $S \approx 31,15 \text{ ‰}$).

Die Studie über die Verteilung der Blaualgen sollte zeigen, ob diese Gruppe als Indikatororganismen für den Einfluß warmen Wassers verwendbar ist. Abbildung 27 zeigt das T/S-Diagramm für sämtliche Tiefen, aus denen Blaualgenproben gezählt wurden, Abbildung 27 die Häufigkeit der Blaualgen. Auf dem T/S-Diagramm sind deutlich zwei Wassermassen zu erkennen, das PW mit Salzgehalten unter $34,5 \text{ ‰}$ und Temperaturen unter $-1,5^{\circ}\text{C}$ und das AIW mit Salzgehalten um $34,9 \text{ ‰}$ und $T > 0^{\circ}\text{C}$. Meßpunkte dazwischen liegen etwa auf einer Geraden zwischen den beiden charakteristischen Wassermassen, stellen also Vermischungsprodukte aus diesen dar. Abbildung 27 zeigt deutlich die äußerst geringe Häufigkeit von Cyanobakterien im PW, die maximale Häufigkeit in reinem AIW und mittlere Dichten im Mischwasser. Diese Untersuchung soll auf dem Abschnitt ARK V/2 durch Messungen im PW, AIW und reinem Atlantischen Wasser (AW) fortgesetzt und abgeschlossen werden.

Abbildung 28a und 28b zeigt die Tiefenverteilung auto- und heterotropher Nanoflagellaten (ANF und HNF). Die Häufigkeiten sind im Vergleich zu letztjährigen Messungen aus dem Ostgrönlandstrom Mitte und Ende Juni deutlich niedriger und veränderten sich wenig im Zeitraum der Untersuchung. Während die ANF mit der Tiefe deutlich abnahmen, was aufgrund ihrer Lichtabhängigkeit zu erwarten war, zeigt sich dieser Trend für die HNF nicht. Dies wird erklärbar, wenn man die konstante Bakterienverteilung über die Tiefe betrachtet (Abb. 29). Ein erster Vergleich zwischen Bakterien- und HNF-Abundanzen läßt eine positive Abhängigkeit erkennen (Abb. 29). Für eine genauere Analyse müssen die Daten aus verschiedenen Wasserkörpern mit unterschiedlicher Vorgeschichte getrennt analysiert werden.

Insgesamt kamen alle Organismen $< 20 \mu\text{m}$ in relativ konstanten und niedrigen Konzentrationen vor, ihre Dichte lag aber weitaus höher als die größerer Organismen, wie z. B. Diatomeen.

Bei insgesamt 17 durchgeführten Experimenten zeigte sich jedoch, daß sowohl das Wachstum als auch die Ingestion der Bakterien durch Flagellaten zu keinen signifikanten Veränderungen in den Versuchsansätzen führten. Die sehr niedrigen Aktivitäten lagen folglich innerhalb der Fehlergrenze der Methodik. Wie sich diese beiden Parameter im Laufe des Frühjahrs und Sommers ändern

T/S-Diagramm ARK V/1

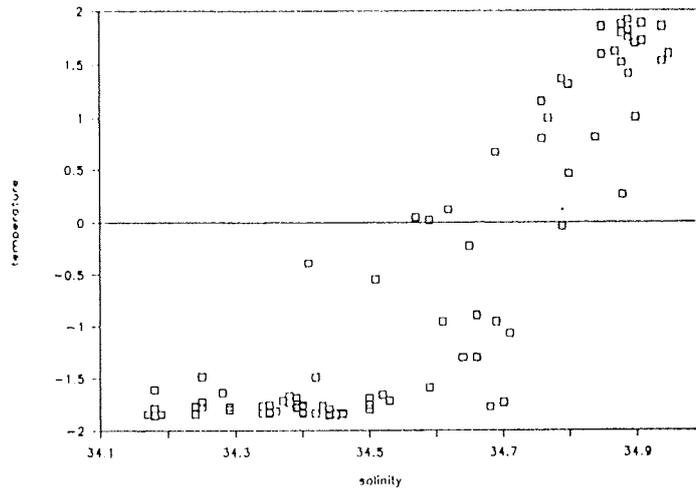


Abb. 27a. T/S-Diagramm. Deutlich sind polares Wasser (PW) und Atlantisches Zwischenwasser (AIW) sowie auf der Verbindungslinie Vermischungswasser zu erkennen.

Fig. 27a. T/S-diagram showing two different water masses. Polar water is characterized by low salinities and temperature and Atlantic intermediate water with higher values.

Abundance of cyanobacteria during ARKV1
in relation to salinity

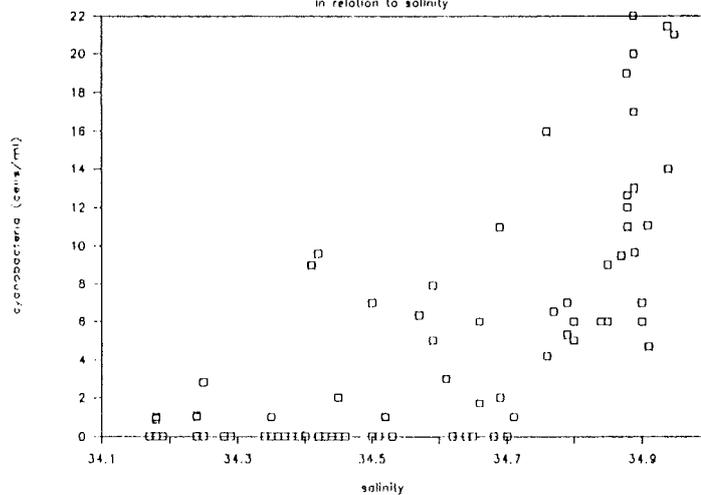


Abb. 27b. Vorkommen von Cyanobakterien in Abhängigkeit vom Salzgehalt. Cyanobakterien sind häufiger im Atlantischen Zwischenwasser anzutreffen.

Fig. 27b. Distribution of cyanobacteria in relation to salinity. Cyanobacteria are more abundant in Atlantic intermediate water.

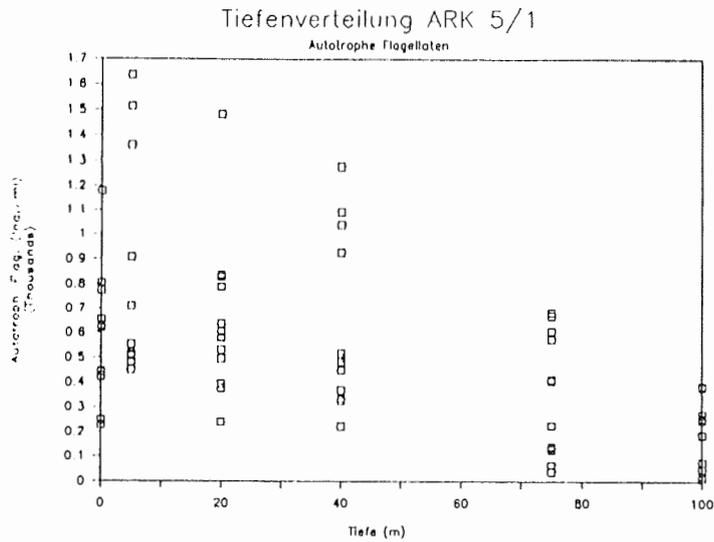


Abb. 28a. Tiefenverteilung autotropher Flagellaten $< 20 \mu\text{m}$ während ARK V/1. Aufgetragen sind sämtliche Meßwerte aus den 6 Standardtiefen.
Fig. 28a. Depth distribution of autotrophic flagellates $< 20 \mu\text{m}$ from 6 standard depths.

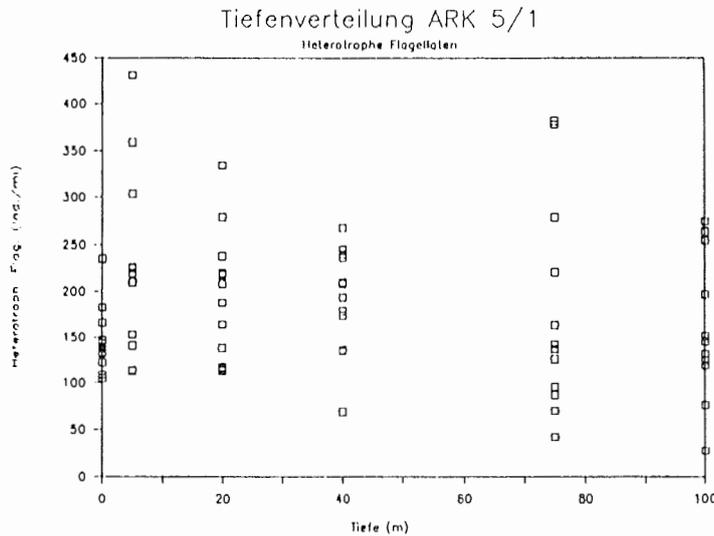


Abb. 28b. Tiefenverteilung heterotropher Flagellaten $< 20 \mu\text{m}$ während ARK V/1.
Fig. 28b. Depth distribution of heterotrophic flagellates $< 20 \mu\text{m}$.

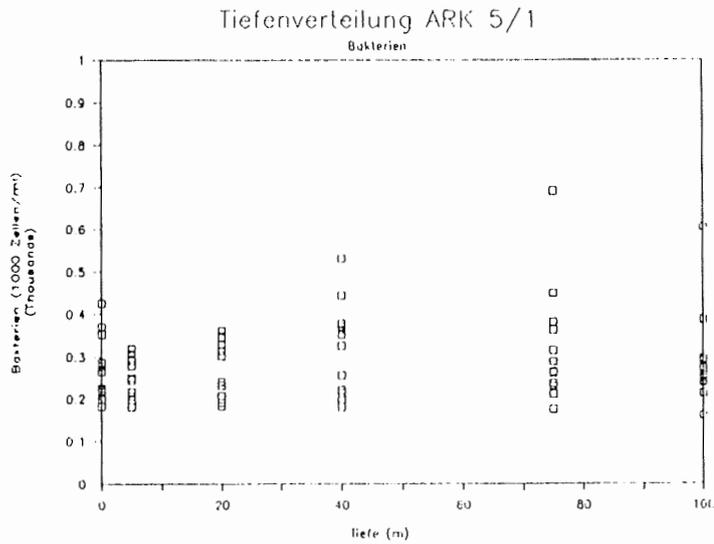


Abb. 29a. Tiefenverteilung der Bakterien während ARK V/1.
Fig. 29a. Depth distribution of bacteria.

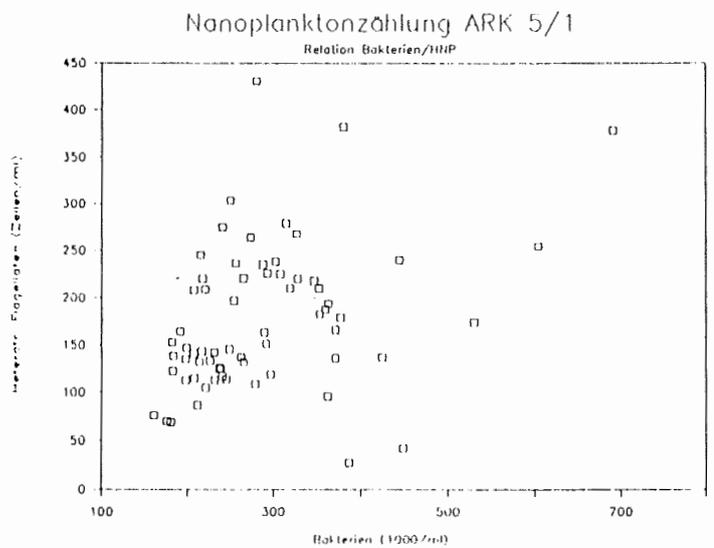


Abb. 29b. Verhältnis zwischen dem Vorkommen der Bakterien
und dem der heterotrophen Nanoflagellaten (HNF).
Fig. 29b. Relation between bacteria and heterotrophic nano-
flagellates (HNF).

werden, soll auf dem folgenden Fahrtabschnitt ARK V/2 untersucht werden.

Im Rahmen der Untersuchungen über die Verteilung von Ciliaten wurden in den aus den Standardtiefen genommenen Wasserproben bisher nur Vertreter aus zwei verschiedenen Ordnungen betrachtet. Dabei handelt es sich zum einen um *Mesodinium rubrum* (Ordn. Haptorida), einem aufgrund seines Besitzes von endosymbiontischen Cryptomonaden funktionell autotrophen Ciliaten. Wie aus den fluoreszenzmikroskopischen Zellzählungen hervorgeht, kann er erhebliche Anteile an der gesamten Ciliatenfauna des untersuchten Wasserkörpers haben. Diese lagen z. B. an verschiedenen Tagen (18., 21. und 22.5.88) bei 25, 60 und annähernd 100 %, was an der Oberfläche 10, 70 bzw. 240 *Mesodinium rubrum* pro Liter Wasser entspricht. Untersuchungen zur Anzahl der endosymbiontischen Cryptomonaden zeigten je nach Größe der Ciliaten und Wassertiefe eine Variation von weniger als 10 bis mehr als 40 Chloroplasten pro Zelle.

Die zweite in den Proben vertretene Ordnung ist die der Oligotrichida mit ihren Unterordnungen Oligotrichina und Tintinnina. Für sie wurden über die Utermöhl-Methode in Oberflächennähe (5 m) Zellzahlen zwischen 200 und 280 pro Liter Wasser ermittelt. Der Anteil der Tintinnen an der Gesamtciliatenzahl übersteigt selten 5 %. Ihr Hauptvertreter ist *Acanthostomella norvegica*, aber auch *Parafavella obtusa*, *P. denticulata*, *Salpingella secata*, *Ptychocyclis obtusa* und *Tintinnopsis* spp. wurden in den Proben gefunden. Hierbei handelt es sich durchweg um in arktischen Gewässern bereits beschriebene Arten. Die Oligotrichina sind vorwiegend vertreten durch ihre artenreiche Gattung *Strombidium*. Generell ist unterhalb von 20 m eine deutliche Abnahme der Ciliatendichten mit zunehmender Tiefe festzustellen.

Bei den Anreicherungsversuchen von Ciliaten über die reverse Filtration zeigten sich Verlusten von bis zu 95 % gegenüber direkten Vergleichszählungen mit der Utermöhltechnik. Eine Verringerung der Maschenweite von 20 µm auf 10 µm brachte keine deutliche Verminderung der Verlusten. Die Gründe für diese Ergebnisse dürfen in der Empfindlichkeit vor allem der nicht durch ein Gehäuse geschützten Oligotrichina gegenüber Turbulenz und Luftblasenbildung vermutet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß ein Großteil der aloricate Ciliaten lebend durch die Gaze hindurch gelangen kann.

Alle aufgeführten Untersuchungen werden auf dem Abschnitt ARK V/2 fortgesetzt. Hierdurch wird neben dem regionalen Vergleich auch die zeitliche Entwicklung der Planktongemeinschaft

erfaßt. Hierbei stellt sich insbesondere die Frage, ob es in der Planktonsukzession zu einer Phase kommt, in der der Hauptteil des Stoffumsatzes im Anschluß an die Diatomeenblüte von den Kleinstorganismen des "microbial loop" geleistet wird, wie es ähnlich aus borealen Gewässern bekannt ist.

1.3.6 Meereisuntersuchungen

1.3.6.1 Physikalische Untersuchungen (M.A. Lange, H. Eicken, K.C. Jezek, U. Vogel)

Zielsetzungen

Die Ziele der meereisphysikalischen Arbeiten lassen sich vier Schwerpunkten zuordnen:

- (i) Bestimmung der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Meereis.

Hierbei geht es zum einen um die Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen diesen Eiseigenschaften. Daneben soll deren räumliche Abhängigkeit und ihre Beziehung zur Eistextur geklärt werden. Die Textur des Eises spiegelt die Wachstumsprozesse der beprobten Scholle wider. Dies erklärt die häufig anzutreffende enge Korrelation der Eiseigenschaften mit der Textur. Dies gilt auch für die im Meereis lebenden Mikroorganismen, deren Häufigkeit und Verteilung sich nach dem anzutreffenden Eistyp sowie dem im Eis enthaltenen Porenraum richtet.

- (ii) Ermittlung der Mächtigkeitsspektren von Schnee und Eis

Mächtigkeiten von Schneeauflage und Eisdecke bilden wichtige Randbedingungen für die Betrachtung des Massen- und Energiehaushalts im System Ozean-Eis-Atmosphäre. Die statistisch signifikante Bestimmung dieser Größen ist ein wesentliches Ziel unserer Arbeiten. Daneben erlaubt die Bestimmung der Topographie der Eisunterseite durch solche Messungen Abschätzungen von Rauigkeitsparametern, die für die Betrachtung von Strömungsvorgängen unter dem Eis von Bedeutung sind.

(iii) Charakterisierung und Klassifizierung der Eisoberfläche im Beobachtungsgebiet

Die Größe der Mikrowellen-Strahlungstemperatur, einer wichtigen Meßgröße der satellitengestützten Fernerkundung, hängt zum einen von physikalischen und chemischen Eigenschaften der Schnee- und Eisoberfläche ab. Zum anderen wird sie bestimmt von der räumlichen Verteilung unterschiedlicher Eisklassen sowie vom Verhältnis Eis zu offenem Wasser. Durch die Verwendung eines standardisierten Meßprogramms an möglichst vielen Stellen im Beobachtungsgebiet soll eine genaue Aufnahme der oberflächennahen Schnee- und Eiseigenschaften und deren zeitlicher Variation erfolgen. Daneben ist vorgesehen, durch photographische und Videoaufnahmen vom Helikopter aus, ein genaues Bild der Eisoberflächen in einem Radius von etwa 60 km um 'Safe Island' herum zu erhalten. Anhand eines, aus den Bildern zu erarbeitenden Klassifikations-schemas unterschiedlicher Oberflächentypen, die wiederum bestimmten Prozessen im Packeis des Beobachtungsgebiets zugeordnet werden sollen, wird versucht, die dominanten dynamischen Prozesse dieses Teils des eisbedeckten Arktischen Ozeans aufzudecken. Daneben wird angestrebt, die einzelnen Klassen und deren räumliche Verteilung mit Fernerkundungsdaten in Beziehung zu setzen.

(iv) Akustische Messungen unterhalb des Eises

Die akustischen Eigenschaften der Grenze Wasser/Eis sind mit den Eigenschaften der darüberliegenden Eisschicht eng gekoppelt. Man kann daher aus der Größe und der statistischen Verteilung des Reflektionskoeffizienten einer Eisunterseite auf den vorherrschenden Eistyp der beprobten Scholle schließen. Hierüber liegen bereits Laboruntersuchungen vor. Ziel unserer Arbeiten ist es, die akustischen Eigenschaften des natürlichen Eises in-situ zu bestimmen und diese Ergebnisse mit den Labordaten zu vergleichen.

Durchführung

An den erbohrten Eiskernen wird die Verteilung von Eistextur, Temperatur, Wärmeleitfähigkeit, Salzgehalt, Chlorophyll-a, tierischer und pflanzlicher Organismen und pH-Werten (die letzten drei Parameter werden von der meereisbiologischen Arbeitsgruppe behandelt, siehe 1.3.6.2) als Funktion der Tiefe bestimmt. Dabei werden die Temperatur und die Lichtintensität in in-situ Messungen am Eiskern bzw. im offenen Bohrloch und unter dem Eis bestimmt. Die anderen Größen werden im Labor gemessen, wobei sich die Proben-

aufteilung eng nach der zuvor bestimmten Stratigraphie des Eises richtet. Diese bildet auch die Grundlage für die Auswahl gezielter Detailuntersuchungen der Eistextur an Dünnschnitten.

Neben einer Reihe von Eiskernen, die auf 'Safe Island' erbohrt wurden (hier insbesondere die Kerne im meereisbiologischen Arbeitsbereich), wurden insgesamt 6 andere Schollen durch Helikopter angefliegen und beprobt (Abb. 30). Insgesamt wurden bisher etwa 30 Kerne bearbeitet.

Dabei konnte ein großer Teil der Untersuchungen bereits an Bord abgeschlossen werden. Die Wärmeleitfähigkeitsmessungen sowie Detailuntersuchungen zur Eistextur sollen in Bremerhaven erfolgen. Dabei soll mit Hilfe der numerischen Bildanalyse die quantitative Texturklassifikation an ausgewählten Kernen erfolgen.

Zur Ermittlung von Schnee- und Eismächtigkeiten wurde ein Profil entlang der Längsachse von 'Safe Island' gelegt. In insgesamt 247 Bohrlöchern dieses Profils, sowie 38 Bohrlöchern eines Parallelprofils wurden in einem Abstand von 5 m (bzw. 2 m für das Parallelprofil) die Mächtigkeiten der Schneeauflage, die Schollendicke sowie die Tiefe der Wasserlinie relativ zur Schnee-/Eisgrenze bestimmt. Die dafür erforderlichen Durchgangslöcher wurden mit einem motorgetriebenen 5 cm-Bohrer abgeteuft. Die relativ langen Bohrzeiten, bedingt durch die große mittlere Mächtigkeit des Eises von 2,98 m sowie der Ausfall des Heißwasser- und des Heißdampfbohrers verhinderten die ursprünglich geplanten weiteren Mächtigkeitsprofile.

Die Bestimmung der oberflächennahen Eigenschaften von Schnee und Eis erfolgte nach einem zuvor festgelegten, stets gleichem Muster. Dieses besteht aus drei 10 m langen, um 120° gegeneinander versetzten Profilen, die um einen Zentralpunkt herum angelegt sind. Entlang jedes dieser Profile wurden die Schneemächtigkeiten im Abstand von 1 m ermittelt. An den drei Endpunkten wurden jeweils Temperaturen an der Schneeoberfläche und der Grenze Schnee/Eis, die Stratigraphie, die Korngrößenverteilung und die mittlere Dichte der Schneeauflage bestimmt. Die gleichen Arbeiten erfolgten am Zentralpunkt; zusätzlich dazu wurde ein Dichte- und Temperaturprofil aufgenommen. An den Eckpunkten und dem Zentralpunkt wurde je ein flacher Eiskern (< 0,3 m lang) erbohrt, an dem Textureigenschaften und das Salzgehaltsprofil aufgenommen wurden. Insgesamt 15 Oberflächenmessungen wurden auf 'Safe Island' und den mit Helikopter angefliegenen Schollen vorgenommen (Abb. 30). Daneben wurden in der Nähe des Anlegeplatzes von 'Polarstern' tägliche Untersuchungen der Schneestratigraphie sowie der Temperatur- und

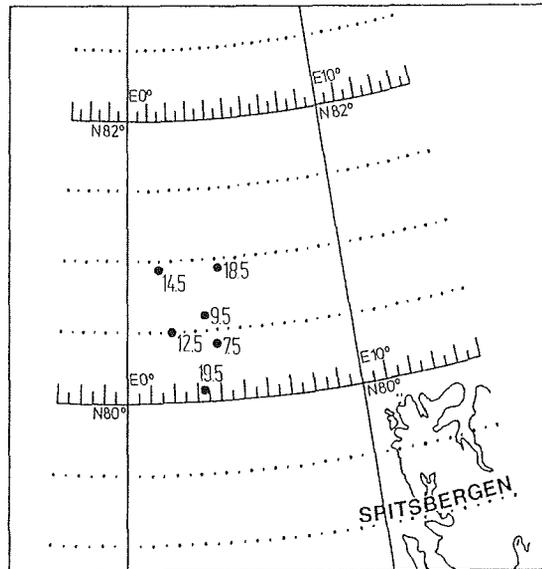


Abb. 30. Geographische Positionen der Eisstationen außerhalb von "Safe Island".

Fig. 30. Geographical positions of ice stations aside from "Safe Island".

Dichteverteilung durchgeführt. Zwei weitere Punkte auf 'Safe Island' wurden ebenfalls mehrmals im Untersuchungszeitraum beprobt.

Die Erfassung der Oberflächencharakteristika durch fluggestützte Photo- und Videoaufnahmen bildete den zweiten Schwerpunkt dieses Teilprojekts. Dabei wurden eine Hasselblad-Kamera sowie eine SONY-Handicam Pro-AF Videokamera in einem senkrecht, außen am Helikopter befestigten Kasten geflogen. Daneben wurde eine weitere Spiegelreflexkamera (Canon AE-1) aus der Kanzel des Helikopters heraus eingesetzt. Die Kameras wurden entweder in Verbindung mit der Linescan Camera auf geradlinigen Profilen von etwa 25 bis 40 km Länge oder auf etwa quadratischen Profilen unterschiedlicher Seitenlänge geflogen. Dabei wurden Videofilme von etwa 11h Dauer (entsprechend etwa 1000 km Profillänge), 262 Profil-km mit der Hasselblad und etwa 300 Bilder mit der Canon gewonnen. Aufgrund der Canon-Bilder (die Bilder der Hasselblad werden erst noch entwickelt) wurde ein Klassifikationsschema charakteristischer Oberflächenformen erarbeitet. Diese Oberflä-

chenklassen lassen sich spezifischen Prozessen der Packeisdecke zuordnen. Die räumliche Verteilung und die relative Häufigkeit der einzelnen Klassen, die aufgrund der Video-Aufnahmen festgestellt werden soll, gestatten damit Rückschlüsse auf die wesentlichen Meereis Bildungs- und Umwandlungsprozesse im Beobachtungsgebiet und -zeitraum.

Mit Hilfe von Ultraschallsendern (Frequenzen: 125 und 194 kHz) wurden an drei Stellen auf 'Safe Island' die Reflektionseigenschaften der Grenze Wasser/Eis erfaßt. Dabei wurden die Sender an einem horizontal ausklappbaren Arm unter die Eisoberfläche gebracht. Nach Ausklappen des Arms (1,2 m Länge) wurde der Sender unterhalb des Eises mit nach oben gerichtetem Signal in Schritten von 4 bis 10° (in Abhängigkeit vom Durchmesser des Senders) um insgesamt 360° gedreht. An jedem Punkt wurden Laufzeit und Amplitude des von der Eisunterseite reflektierten Schallsignals gemessen.

Aus den relativen Häufigkeiten der so gewonnenen Amplituden ergibt sich der mittlere Reflektionskoeffizient des beprobten Eises. Je nach verwendeter Wellenlänge wird dabei über einen mehr oder weniger großen Teil der Eisdecke integriert. Die Form der Häufigkeitsverteilung gibt Hinweise auf die Natur und Genese des untersuchten Eises (Stanton et al., 1986). Die Laufzeiten gestatten, bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeit des Wassers, eine 'Kartierung' der Bodentopographie der Scholle in der Reichweite der Meßanordnung.

Ergebnisse

Die Bestimmung der Eistextur an den bisher untersuchten Eiskernen hat die folgende Verteilung von Texturklassen erbracht:

Schnee-Eis	4,1 %
Körniges Eis	5,4 %
Übergangsform Körniges/Säulen-Eis	11,0 %
Mischform Körniges/Säulen-Eis	6,8 %
Säulen-Eis	72,7 %.

Auch in fünf Proben von neu gebildetem Eis zeigte sich die aus der Aufstellung erkennbare Dominanz des Säulen-Eises gegenüber anderen Texturklassen.

Die große Häufigkeit von Säulen-Eis, die auch von anderen Autoren bereits gefunden wurde (Gow et al., 1987) steht im Gegensatz zu der in der Antarktis gefundenen Verteilung, in der körniges Eis überwiegt (Lange et al., 1988). Hieraus lassen sich die folgenden Konsequenzen ableiten. Das überwiegende Wachstum von Säulen-Eis impliziert eine relativ stabile Wasserschicht mit wenig Turbulenz

unter der bereits gebildeten Eisdecke. Hieraus folgt weiter, daß der Einschluß von Organismen ins Meereis von den Eisbildungsmechanismen weitgehend unbeeinflusst ist, d.h. es gibt, ebenfalls anders als in der Antarktis, keine Wachstumsprozesse des Eises die direkt den Einschluß von Plankton bewirken. Schließlich ist zu erwarten, daß es aufgrund der Dominanz des Säulen-Eises zu einem erheblichen Frischwassereintrag in den Ozean mit Beginn der Ablationsphase kommt.

Die mittleren Salzgehalte des beprobten einjährigen Eises lagen im Vergleich mit den von Gow et al. (1987) gefundenen Werten relativ hoch ($> 5 ‰$). Sehr hohe Salzgehalte wurden erwartungsgemäß in den Neueisproben gemessen ($9 - 16 ‰$).

Neben den oben beschriebenen Eiskernen wurden regelmäßig die Kerne (insgesamt 21) untersucht, die im biologischen Versuchsfeld gewonnen wurden. Diese wurden an stets gleichen Punkten von drei etwa 10 m^2 großen, eng benachbarten Eisflächen gewonnen (siehe 1.3.6.2). Die Kerne hatten stets die gleiche Texturverteilung, in der mit Ausnahme der obersten $0,1 - 0,15 \text{ m}$ Säulen-Eis dominierte. Bedingt durch die Zunahme der Temperaturen im Eis, die im Laufe des Beobachtungszeitraums (5. - 24. Mai) festgestellt wurde, ergab sich eine deutliche Erhöhung der Porosität. Die Salzgehalte betragen etwa $8 - 10 ‰$ in den obersten $0,1 \text{ m}$ der Kerne und nahm auf etwa $3 - 4,5 ‰$ in den untersten $0,1 \text{ m}$ ab. Insgesamt kam es zu einer geringen Verminderung der mittleren Salzgehalte im Laufe des Beobachtungszeitraums.

Abbildung 31 zeigt die räumliche Verteilung der Schnee- und Eismächtigkeiten, die auf 'Safe-Island' gemessen wurden. Es ergibt sich insgesamt die für mehrjähriges arktisches Eis typische Verteilung. Deutlich erkennbar sind vier Preßeisrücken, die sich auch in der Oberflächentopographie abzeichnen. Insgesamt jedoch zeigt diese eine weniger ausgeprägte Variation als die Topographie der Eisunterseite.

Es ergeben sich die folgenden Mächtigkeitskennwerte:

	Maximum, m	Minimum, m	Mittel, m
Schnee	1,32	0,05	$0,41 \pm 0,21$
Eis	6,50	1,10	$2,97 \pm 1,09$

Die Häufigkeitsdichte der Eismächtigkeiten (Abb. 32) zeigt ein lokales Maximum bei $0,6 - 1,6 \text{ m}$, welches wir dem Teil der Scholle

zuordnen, der aus einjährigem Eis gebildet wird. Das breite Maximum zwischen 1,8 und 4,2 m umfaßt den Mächtigkeitbereich mehrjährigen Eises. Die größeren Mächtigkeiten lassen sich den Preßeisrücken zuordnen.

Vergleicht man die von uns gefundenen Häufigkeitsdichten mit denen, die aus den Messungen von Gow et al. (1987) abgeleitet werden können, so ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen den beiden Verteilungen. Die Daten von Gow et al. stammen aus Kernbohrungen, die auf 55 individuellen Schollen in der Fram Straße abgeteuft wurden. Hieraus kann abgeleitet werden, daß die von uns gefundene Mächtigkeitsverteilung für die Mächtigkeiten des regionalen Packeises repräsentativ ist.

Die Häufigkeitsdichten der Schneemächtigkeiten zeigen eine Verteilung, die nahezu einer Gauß-Verteilung entspricht. Davon abweichend ist lediglich ein lokales Maximum bei 0,55 - 0,65 m.

Aus den Oberflächenmessungen auf 'Safe-Island' sowie den weiter entfernter Schollen (s. Abb. 30) lassen sich die folgenden Schneeigenschaften im Beobachtungsgebiet ableiten. Die von uns gefundenen mittleren Dichten variieren zwischen 0,3 und $0,46 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Die Korngrößen des beprobten Schnees liegen zwischen 0,1 und $1 \times 10^{-3} \text{ m}$ (stellenweise wurden direkt an der Oberfläche Kristalle von bis zu $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ gefunden). Schneetemperaturen an der Oberfläche liegen zwischen -16 und 0°C und an der Grenze Schnee/Eis zwischen -14 und -5°C . Der zeitliche Gang dieser Größen, der aus den kontinuierlichen Messungen nahe des Liegeplatzes von 'Polarstern' gewonnen wurde, zeigt eine signifikante Korrelation mit der an Bord gemessenen Lufttemperatur.

Die Stratigraphie des untersuchten Oberflächenschnees weist eine deutliche örtliche und zeitliche Variation auf. Einheitliche Merkmale sind die Zunahme der Häufigkeit von Eislinsen während des Beobachtungszeitraums sowie das Vorhandensein einer mehrere Zentimeter mächtigen, gut ausgeprägten Tiefenreife-schicht.

Anhand der während des Beobachtungszeitraums gewonnenen Photoaufnahmen lassen sich 8 Oberflächenklassen ableiten. Diesen Klassen lassen sich charakteristische Oberflächeneigenschaften

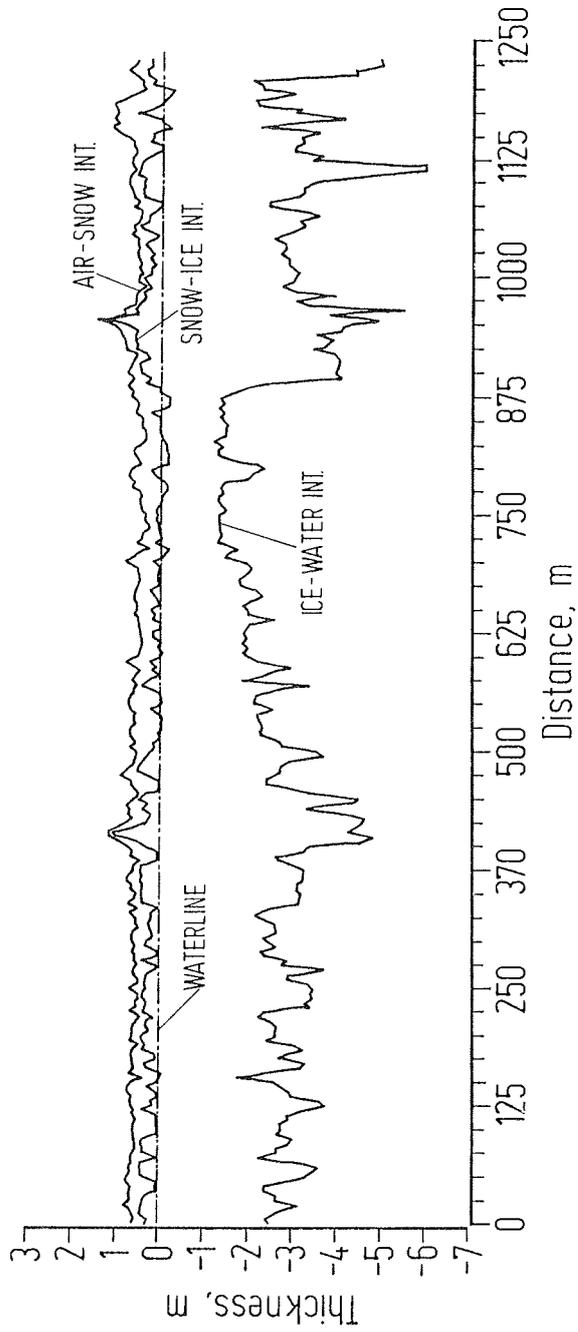


Abb. 31. Schnee- und Eismächtigtigkeitsprofil für "Safe Island". Abstand zwischen individuellen Messungen: 5 m.

Fig. 31. Snow and ice thickness on "Safe Island". Distance between individual measurements: 5 m.

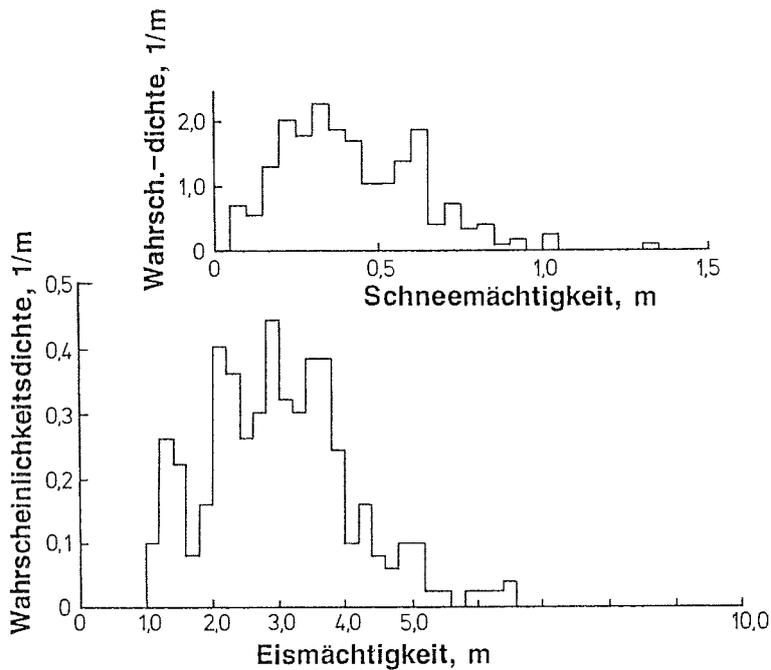


Abb.32. Wahrscheinlichkeitsdichten der Schnee- und Eismächtigkeiten auf "Safe Island".

Fig. 32. Probability density functions of snow and ice thicknesses on "Safe Island".

sowie Prozesse zuordnen, die zu ihrer Entstehung geführt haben. Es wurden die folgenden Klassen definiert:

- (i) Geschlossenes Packeis
- (ii) Schollen mit frischen, offenen Brüchen
- (iii) Isolierte, offene Wasserflächen größerer Ausdehnung innerhalb geschlossener Packeisschollen
- (iv) Ausgedehnte Flächen offenen Wassers
- (v) Neueis auf kleinen und mittelgroßen offenen Wasserflächen
- (vi) Vollständig von Neueis bedeckte ehemals offene Wasserflächen jeglicher Größe
- (vii) Vollständig schnee- und eisbedeckte ehemals offene Wasserflächen
- (viii) Schollenoberflächen mit deutlichen Ablationserscheinungen

Diese Klassen gelten zunächst nur für unseren Beobachtungszeitraum und unser Arbeitsgebiet. Die Auswertung des Video- und Photomaterials wird die räumlichen und zeitlichen Häufigkeiten der einzelnen Oberflächenklassen ergeben. Im Zusammenhang mit den auf 'Safe-Island' erfaßten lokalen meteorologischen und ozeanographischen Bedingungen soll daraus jedoch auf die dominanten Prozesse im Übergang von Winter zu Sommerbedingungen des Packeises geschlossen werden.

Aus den Ultraschallmessungen lassen sich die Häufigkeitsdichten der Reflektionskoeffizienten an der Grenze Wasser/Eis ermitteln. Diese weisen zwei deutlich unterschiedliche Verteilungen auf und lassen sich dem von uns erfaßten Neueis sowie dem ebenfalls untersuchten einjährigen Eis zuordnen. Die Formen der Häufigkeitsverteilung entsprechen denen, die unter Laborbedingungen an ähnlichem Eis gemessen wurden. Für die Frequenz von 194 kHz ergeben sich mittlere Reflektionskoeffizienten von 0,1 und 0,25 für die beiden genannten Eistypen. Auch diese Zunahme des Reflektionskoeffizienten mit zunehmender Alterung des beprobten Eises entspricht den Labordaten (Jezek et al., 1988).

Wir konnten mit unseren Messungen weiter zeigen, daß Ultraschallmethoden in der Lage sind, die kleinräumige Topographie der Eisunterseite präzise zu erfassen. Damit konnte auch nachgewiesen werden, daß Mächtigkeitsänderungen einer Eisdecke im Jahresgang mit einem geeignet konstruierten Ultraschallsensor überwacht werden können.

Literatur

- Gow, A. T., Tucker, W. B. und Weeks, W. F. (1987) Physical Properties of summer sea ice in the Fram Strait, June-July 1984. CRREL Report 87-16, 81 pp.
- Jezek, K. C., Stanton, T. K. und Gow, A. J. (1988) Acoustic properties of laboratory grown saline ice. Proceedings of 3rd Int. Conf. on Sea Ice and Sea of Okhotsk, Mombetsu, Japan, in press.
- Lange, M. A., Ackley, S. F., Wadhams, P., Dieckmann, G. S. und Eicken, H. (1988) Development of sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. Annals of Glaciology 12, in press.
- Stanton, T. K., Jezek, K. C. und Gow, A. J. (1986) Acoustical reflection and scattering from the underside of laboratory grown sea ice: Measurements and predictions. J. Acoustical Soc. Am. 80(5), 1486-1494.

1.3.6.2 Biologische Untersuchungen (M. Spindler, K. Beyer, R. Gradinger, D. Henschel, R. Steinmetz)

Zielsetzung

Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Entwicklung der Organismen der Meereislebensgemeinschaft unter verschiedenen Lichtverhältnissen über einen Zeitraum von mehreren Wochen zu verfolgen. Dabei sollte vor allem der Einfluß von Licht und Temperatur auf die Artenzusammensetzung und -verteilung innerhalb des Eises geklärt sowie der Einfluß dieser Faktoren auf das Wachstum und die Entwicklung einzelner Organismengruppen (Bakterien, Flagellaten, Diatomeen, Ciliaten und verschiedener Metazoen) untersucht werden.

Durchführung

Auf einer Eisscholle wurden auf einem Stück gleichförmiger Dicke drei Experimentierfelder von jeweils etwa 10 m² abgesteckt. Feld 1 wurde unverändert als Kontrolle mit der natürlichen Schneedicke belassen, die während der Versuchsdauer zwischen 15 und 27 cm schwankte. Feld 2 wurde während der gesamten Untersuchungsphase schneefrei gehalten, während Feld 3 mit einer schwarzen, lichtundurchlässigen Teichfolie abgedunkelt wurde. Die Folie wurde zusätzlich wieder mit einer Schneeschicht bedeckt, damit sich das darunterliegende Eis nicht durch eine erhöhte Absorption erwärmte.

Von jedem Feld wurden im Abstand von 4 Tagen, beginnend am 5. Mai bis zum 24. Mai 1988, jeweils drei Eiskerne erbohrt, von denen zwei einen Durchmesser von 10 cm besaßen und einer 7,5 cm. Am ersten 10 cm Kern wurde direkt nach der Entnahme der Temperaturverlauf im Abstand von 5 cm gemessen, und dieser Kern wurde anschließend bei -30°C archiviert. An einem Teil des zweiten Kerns wurde die Struktur analysiert und entsprechend seiner Textur in unregelmäßig große Einheiten unterteilt. Nach dem Auftauen wurden Volumen, Salzgehalt und Chlorophyll *a* bestimmt. Der 7,5 cm Kern wurde in 10 cm Segmenten in jeweils 3 l gefiltertem Meerwasser aufgetaut und die freigesetzten Eisorganismen gezählt. Nach jeder Kernbohrung wurde in jedem Feld in einem Bohrloch die Lichtverteilung im Eis und in der Wassersäule bis in 10 m Tiefe gemessen.

Erste Ergebnisse

Die Eisdicke blieb über den Untersuchungszeitraum von 19 Tagen konstant für alle drei Felder und variierte zwischen 161 und 171 cm. Die niedrigen Temperaturen im obersten Eismeter von unter -7°C gingen im Verlauf der 19 Tage kontinuierlich, aber unterschiedlich in den drei Feldern zurück. Die stärksten Änderungen fanden wir im schneefreien Feld mit tiefsten Temperaturen um -3°C , im abgedunkelten Feld stieg die Temperatur auf Werte um -4°C und im schneebedeckten Feld erreichte sie nur -5°C . In den untersten 30 cm des Eises, in denen die meisten Organismen siedeln, blieb der Temperaturverlauf über den Beobachtungszeitraum relativ konstant.

Die Lichtverhältnisse im und unter dem Eis unterschieden sich durch unsere Eingriffe stark. Innerhalb des Eises der abgedunkelten Fläche lagen sämtliche Lichtwerte unterhalb $0,4 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$. In der schneebedeckten Fläche sanken die Werte innerhalb des Eises von hohen Werten im oberflächennahen Eis mit zunehmender Dicke auf $5 - 10 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$, während in der schneefreien Fläche niedrigste Werte $150 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ nicht unterschritten.

Über den Untersuchungszeitraum blieben sowohl in der abgedunkelten als auch in der schneebedeckten Fläche die Chlorophyll *a*-Werte als auch die Zahlen der Eisorganismen relativ konstant. In der schneefreien Fläche kam es jedoch zu größeren Veränderungen. Obwohl sich die Zahl der Diatomeen und der autotrophen Flagellaten um einen Faktor von 10 erhöhte, sank gleichzeitig der Gesamt-Chlorophyllgehalt des Eises um die Hälfte. Anscheinend trat durch die hohen Lichtintensitäten eine Schädigung der photoautotrophen Organismen auf. Damit einher ging in der schneefreien Fläche eine Erhöhung der Zahlen von Bakterien, heterotrophen Flagellaten und Ciliaten um einen Faktor um 10. Abtauvorgänge des Schnees oder auch stellenweises Freiwehen des Eises können somit die Organismenzusammensetzung innerhalb kürzerer Zeit drastisch verändern.

1.3.6.3 Mikrobiologisch-mykologische Untersuchungen (K. Schumann, D. Henschel, K. Springer, R. Steinmetz)

Pilze sind neben anderen Ein- und Mehrzellern regelmäßig im Meer eis anzutreffen und müssen als fester Bestandteil der sogenannten "Sea Ice Microbial Community" angesehen werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, weitere Daten zur Verbreitung, Abundanz, Diversität, Vitalität und Herkunft der Pilze im Meereis der Arktis zu gewinnen. Darüberhinaus sollte eine größere Anzahl psychrophiler Pilzstämme isoliert werden, um für anschließende Laborexperimente zur tieftemperaturabhängigen Entwicklungs- und Stoffwechselfysiologie der Pilze eingesetzt zu werden. Schließlich sollten - soweit möglich - parasitische Meerespilze auf bzw. in Eis- und Untereis-Algen nachgewiesen und zusammen mit ihren jeweiligen Wirtsorganismen in Kultur genommen werden, um so den Entwicklungszyklus, die Identität und die biologisch-ökologische Bedeutung der Pilzparasiten aufklären zu können.

Insgesamt konnten in der Zeit zwischen dem 5. und 24. Mai folgende Proben entnommen und bearbeitet werden: 12 Eiskerne (Länge = 63 - 175 cm), 16 Schneeproben, 6 Untereis-Wasserproben und 10 Luftkeimproben. Darüberhinaus wurden Kontrolluntersuchungen zur Kontaminationsbelastung des Containerlabors und zur Sicherheit bzw. Genauigkeit der Arbeitsmethodik durchgeführt. Der erstmalig zur Gewinnung von Untereis-Wasserproben eingesetzte Bohrloch-Wasserschöpfer (Fa. Züllig, Schweiz) hat sich bei den im Untersuchungszeitraum herrschenden Temperaturen (bis -15°C) bewährt.

Folgende Parameter wurden in den Proben bestimmt bzw. zur Bestimmung vorbereitet : Salinität (S), pH, Biomasse (ATP-Methode), Chlorophyll-a und Phaeopigmente (Fluorometrische Methode), Bakterienkeimzahl (cfu) und -Gesamtzellzahl (total counts) sowie Pilzkeimzahl und Pilzgesamtzellzahl, letztere differenziert in: Niedere Pilze (Phycomycetes), Hefen und mycelbildende höhere Pilze (Hyphomycetes) mit anschließender Identifikation der isolierten Reinkulturen.

Vollständig ausgewertet werden konnten bisher die Chlorophyll-a und Phaeopigment- Bestimmungen (s. Tab. 4). Sie zeigen, daß das Wasser unter der Eisscholle während des gesamten Untersuchungszeitraumes nahezu dieselben niedrigen Werte von durchschnittlich $0,153 \mu\text{g/l}$ Chl a und $0,067 \mu\text{g/l}$ Phaeopigmente aufwies und lediglich in den letzten Tagen bis zum 24. Mai ein leichter Anstieg zu verzeichnen war.

Für die Chlorophyll-a und Phaeopigmentverteilung in den Eiskernen ergibt sich ein differenzierteres Bild: Anfang Mai (AR 51-126-11/12) waren nennenswerte Mengen lediglich in den alleruntersten Eiskernabschnitten, ab etwa 120 cm Eiskerntiefe nachzuweisen. Die darüberliegenden Eiskernabschnitte zeigten - mit Ausnahme der obersten 0 - 15 cm - keine messbaren Chlorophyll- und nur ge-

ringste Phaeopigmentkonzentrationen. Dasselbe Verteilungsmuster ergab sich im übrigen auch für die Bakterienkeimzahl.

Vergleichsuntersuchungen in der näheren und weiteren Umgebung der Scholle zeigten jedoch, daß die Gesamtsituation im Eis nicht ganz so verarmt war, wie das Anfangsbild von SAFE-Island vermuten ließ (s. Tab. 4: AR 51-128-"02"; AR 51-133-12; AR 51-133-13). Allerdings handelte es sich dabei um weniger mächtige Eiskerne. Zum Ende des Untersuchungszeitraumes war schließlich auch im Eis von SAFE-Island eine von unten nach oben fortschreitende Entwicklung der Chlorophyll-a und Phaeopigmentkonzentrationen zu beobachten (s. Tab. 4: AR 51-140-13).

Allgemein läßt sich feststellen, daß die Chlorophyll-a und Phaeopigmentwerte stets in den untersten Eiskernabschnitten, nahe dem Übergang zum freien Wasser zu verzeichnen sind; im mittleren bis oberen Eiskernbereich dagegen herrschen minimale Werte, und bisweilen sind lediglich in den obersten 15 cm wieder leicht erhöhte Werte anzutreffen.

Das erstmals angewandte Verfahren, das selbe Eisbohrloch in 7-tägigem Abstand wiederholt auszubohren, um so die Verteilung der Organismen und weiteren Parameter in einem frisch gefrierenden Eiskern zu studieren, zeigte, daß beispielsweise Chlorophyll-a und Phaeopigmente keineswegs homogen über die Eissäule verteilt vorliegen, sondern ein Verteilungsmuster aufweisen, das demjenigen der natürlich gewachsenen Eiskerne - wie oben bereits dargestellt - weitgehend entspricht und mit fortschreitender Zeitdauer sich zunehmend diesem Zustand angleicht.

Im übrigen zeigt die Tatsache, daß die Chlorophyll- und Phaeopigmentwerte im erneut gefrorenen Eis deutlich über denjenigen des darunterliegenden Ursprungswassers liegen, daß im Eis eine aktive Entwicklung und/oder Einwanderung von Algen stattgefunden hat. In Übereinstimmung mit der Umgebung des alten Eises kommt es offensichtlich innerhalb kurzer Zeit zu einer unterschiedlichen Entwicklung bzw. Besiedlung des neu gefrierenden, ursprünglich homogenen "Eiskerns", die im obersten Abschnitt nur für kurze Zeit, im unteren und untersten Abschnitt jedoch dauerhaft zu stark erhöhten Werten des Chlorophyll-a und Phaeopigmentgehaltes führt. Offensichtlich spiegelt sich hier insbesondere der Einfluß der Temperatur und indirekt auch des Salzgehaltes im Eis wieder. Inwiefern darüberhinaus weitere Faktoren, wie z.B. die Lichtintensität, eine Rolle spielen, muß noch geprüft werden.

Insgesamt deutet die Entwicklung der Chlorophyll-a und Phaeopigmentwerte über den gesamten Untersuchungszeitraum vom 5. bis 24. Mai auf eine zwar weitgehend verarmte Spätwintersituation hin, die jedoch erste Anzeichen einer beginnenden Frühjahrsentwicklung erkennen läßt.

In Anbetracht der geringen Algenentwicklung und offensichtlich auch -biomasse im Eis sind die mikroheterotrophen Bakterien- und Pilzpopulationen ebenfalls nur sehr schwach entwickelt. Die diesbezüglichen Auswertungen stehen z.Zt. noch am Anfang, so daß noch keine gültigen Aussagen möglich sind. Auch mit dem Auftreten parasitischer Meerespilze war unter den gegebenen Umständen nicht zu rechnen, da diese im allgemeinen nur dort epidemisch auftreten und nachzuweisen sind, wo es zur Massenentwicklung von Algen oder anderen Planktonorganismen kommt.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse der Luftkeimuntersuchungen sowie erste Eisbefunde belegen, daß mit dem Eintrag allochthoner Pilzkeime aus der Luft in das Eis durchaus zu rechnen ist. Inwiefern derartige Keime im Eis überlebens- und entwicklungsfähig sind soll mit Hilfe gezielter Laborexperimente unter Verwendung der gewonnenen Reinkulturen erforscht werden.

Tab. 4. Chlorophyll-a und Phaeopigmentkonzentrationen für Eis-, Wasser- und Schneeproben.

Tab. 4. Chlorophyll-a and phaeopigment concentrations in ice, water and snow samples.

Datum	Probenmaterial Nr. und cm	Chlorophyll-a µg/l	Phaeopigmente µg/l
(A) Eiskerne			
5.5.	AR 51-126-11/12 (Biogarten SAFE-Island)		
	000-015 cm	0,034	0,123
	015-030 cm	-	-
	030-045 cm	0,008	0,048
	045-060 cm	-	-
	060-075 cm	0,008	0,040
	075-090 cm	-	-
	090-105 cm	0,009	0,064
	105-120 cm	0,094	0,141
	120-135 cm	0,120	0,096
	135-150 cm	0,498	0,107
	150-165 cm	0,843	0,165
	165-174 cm	19,980	0,801

Datum	Probenmaterial Nr. und cm	Chlorophyll-a µg/l	Phaeopigmente µg/l
(A) Eiskerne			
7.5.	AR 51-128-"02" (NE'lich SAFE-Island)		
	000-06,5 cm	0,187	0,077
	06,5-20,0 cm	0,082	0,071
	20,0-26,0 cm	0,347	0,210
	26,0-35,0 cm	0,304	0,182
	35,0-46,5 cm	0,337	0,117
	46,5-58,5 cm	0,456	0,174
	58,5-68,5 cm	0,388	0,162
	68,5-80,0 cm	4,213	0,874
12.5.	AR 51-133-11 (1. Wiederholungsbohrung, 7d)		
	000-015 cm	0,544	0,214
	015-030 cm	0,250	0,158
	030-045 cm	-	-
	045-060 cm	0,084	0,092
	060-075 cm	-	-
	075-090 cm	0,219	0,146
	090-105 cm	-	-
	105-120 cm	1,514	1,443
	120-135 cm	-	-
	135-150 cm	2,290	0,869
	150-155 cm	4,026	0,805
12.5.	AR 51-133-12 (10 sm südl. SAFE-Island)		
	000-015 cm	1,795	0,110
	015-030 cm	1,100	0,073
	030-045 cm	0,989	0,072
	045-060 cm	1,540	0,118
	060-075 cm	2,152	0,209
	075-090 cm	2,268	0,191
	090-105 cm	7,437	0,117
	105-109 cm	?	?
12.5.	AR 51-133-13 (20 sm südl. SAFE-Island)		
	000-015 cm	0,436	0,222
	015-030 cm	0,283	0,141
	030-045 cm	0,246	0,079
	045-060 cm	0,253	0,260
	060-075 cm	0,624	0,239
	075-090 cm	1,991	0,182
	090-092 cm	3,494	0,553
19.5.	AR 51-140-11 (1. Wiederholungsbohrung, 14d)		
	000-015 cm	0,094	0,078
	015-030 cm	-	-
	030-045 cm	0,118	0,049
	045-060 cm	-	-
	060-075 cm	0,292	0,064
	075-090 cm	-	-
	090-105 cm	0,749	0,241
	105-120 cm	1,473	0,814
	120-135 cm	1,791	0,500
	135-150 cm	4,110	0,487
	150-154 cm	22,886	4,381

Datum	Probenmaterial Nr. und cm	Chlorophyll-a µg/l	Phaeopigmente µg/l
(A) Eiskerne			
19.5.	AR 51-140-12 (2. Wiederholungsbohrung, 7+7d)		
	000-015 cm	0,508	0,384
	015-030 cm	-	-
	030-045 cm	0,516	0,480
	045-060 cm	-	-
	060-075 cm	1,058	0,122
	075-090 cm	-	-
	090-105 cm	1,074	0,187
	105-120 cm	1,718	0,138
	120-135 cm	4,794	1,152
	135-139 cm	48,649	2,932
19.5.	AR 51-140-13 (Biogarten SAFE-Island)		
	000-015 cm	0,023	0,000
	015-030 cm	-	-
	030-045 cm	0,028	0,007
	045-060 cm	-	-
	060-075 cm	0,196	0,070
	075-090 cm	-	-
	090-105 cm	0,440	0,057
	105-120 cm	0,352	0,067
	120-135 cm	0,633	0,029
	135-150 cm	2,143	0,015
	150-165 cm	4,627	0,130
	165-173 cm	163,823	1,524
24.5.	AR 51-145-11/12 (Biogarten SAFE-Island)		
	165-175 cm	22,561	1,298
(B) Wasserproben			
5.5.	AR 51-126-21	0,168	0,099
9.5.	AR 51-130-21	0,195	0,078
12.5.	AR 51-133-21	0,124	0,054
17.5.	AR 51-138-21/22	0,136	0,064
19.5.	AR 51-140-21	0,143	0,041
24.5.	AR 51-145-21	0,319	0,046
(C) Schneeprobe			
8.5.	AR 51-129-01	0,002	0,003
(D) Blindprobe (partikelfreies Vorlagewasser)			
17.5.	AR-"Blindprobe"	0,001	0,001

2. ARK V/1b, AKUREYRI - REYKJAVIK
29.05.88 - 04.06.88

2.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf (M. Spindler)

Der Sonntag (29. Mai) brachte noch einige Aufregung. Während des ganzen Tages wurde das von uns mitgeführte Tauchboot einer externen Prüfung unterzogen. Zum Leidwesen aller Wissenschaftler ergab diese sorgfältige Prüfung, daß ein Einsatz des Tauchbootes unter den gegebenen Umständen nicht befürwortet werden konnte. Als Konsequenz mußte das wissenschaftliche Programm reduziert werden; drei Fahrtteilnehmer sahen keinen Grund mehr, ein nur eingeschränktes Programm durchzuführen und verließen die "Polarstern" noch am gleichen Abend. Die nächste Hiobsbotschaft folgte kurz darauf, zehn der Fahrtteilnehmer konnten, bedingt durch einen Motorschaden ihres Flugzeuges, Akureyri zum Auslauftermin nicht rechtzeitig erreichen.

Ab Abend des 30. Mai wurden aber schließlich alle Spätkommer glücklich auf "Polarstern" begrüßt. Unsere Helikoptermannschaft machte dies trotz widriger Wetterbedingungen möglich. Die Zwischenzeit wurde schon intensiv genutzt. Nach dem Auslaufen am Abend des 29. Mai erreichten wir am 30. Mai unser Arbeitsgebiet und begannen ab 6.30 Uhr mit der Vermessung der Hydrothermalquellen mit Echolot und 3,5 kHz für eine Tiefenkarte, zusätzlich wurde die erste Multisonde gefahren. Am nächsten Tag folgten weitere Multisonden sowie Dredgen, deren Fänge von Geologen und Biologen sogleich ausgewertet wurden.

Während des Einsatzes des tiefgeschleppten Sonars, das zusätzliche Information über die Bodenbeschaffenheit lieferte, wurden weitere Geräte wie das ferngesteuerte Unterwasserfahrzeug für den Einsatz am folgenden 1. Juni vorbereitet. Dieser Einsatz brachte die ersten faszinierenden Bilder vom Boden in knapp einhundert Meter Wassertiefe. Neben Rotbarschen waren Schwämme und Hohltiere die dominierenden Formen. Direkte Beobachtung von heißen Wasseraustritten wurden nicht gemacht; mit Hilfe der Multisonde konnte jedoch nachgewiesen werden, daß Hydrothermalaktivität vorhanden war, die Methanwerte dicht über dem Meeresboden lagen sehr hoch. Mit Hilfe von Dredgen wurden dann neben typischen Lavagesteinen vor allem Schwämme, Stachelhäuter, Muscheln und Würmer gesammelt. Am 2. und 3. Juni wurde zusätzlich der Großkastengreifer sehr erfolgreich eingesetzt, wobei die Biologen die größeren Tiere absammeln konnten, bevor die Geologen die Sedimente verarbeiteten.

Nach dem Aufnehmen von zwei beköderten Reusenfallen, die mehrere hundert Kleinkrebse (Amphipoden) angelockt hatten, verließen wir am 3. Juni gegen 18.30 Uhr das Arbeitsgebiet und liefen nach Reykjavik, das wir am Abend des 4. Juni erreichten. Der Großteil der Wissenschaftler verließ "Polarstern" am 5. Juni in aller Frühe. Der erste Fahrtabschnitt der fünften Arktisreise ging zu Ende mit einem Tag der offenen Tür am Nachmittag sowie einem Empfang für isländische geladene Wissenschaftler und Gäste am Abend.

2.2 Summary and Itinerary (M. Spindler)

Prior to this leg some problems arose. The submarine we wanted to use for our investigations of hydrothermal vents was checked by external experts during 29 May all day long. After careful consideration the operation of this boat was not advised. As a consequence parts of the scientific programs had to be reduced and three scientists left "Polarstern" right away. Shortly afterwards, more bad news followed. Ten persons of the scientific crew were not able to reach "Polarstern" because of engine troubles of their airplane. However, in the evening of 30 May the last late comer was welcomed aboard. This was made possible despite bad weather conditions by the helicopter crew. Nevertheless, the time in between their arrival was used. After leaving Akureyri in the evening of 29 May, we reached the area of investigation early in the morning of 30 May and started measurements in the area of the hydrothermal vents with echo sounder and 3.5 kHz, and first samples with the multi-sonde were collected. During the next day additional multi-sondes and dredges were operated for geologists and biologists.

Side scan sonar operation in the area added information on sea floor topography and on 1 June the remote operated vehicle delivered first pictures from the vent area from about 100 m of water depth. Dominant forms observed included sponges, coelenterates and redfish. Due to short operational time, direct observations of hydrothermal vent activity was not possible. However, methane values in near bottom waters were encountered. These may be indicative for vent activity close by. The next two days dredges and box corers were used. The biologists collected sponges, echinoderms, bivalves, and polychaetes while the geologists obtained rock fragments and sediments.

We left the area on 3 June at 18.30 after recovery of two baited traps which had attracted several hundreds of smaller crustaceans (amphipods). In the evening of 4 June we reached Reykjavik and

most scientists left the ship early next morning. The first leg of the fifth Arctic expedition ended with "Polarstern" being open to the public during the afternoon and a reception for invited scientists and guests from Iceland during the evening.

2.3 Berichte der Arbeitsgruppen

2.3.1 Biologische Untersuchungen (M. Türkay, G. Alfredsson, A. Galan, O. Giere, H. Gudmundsson, J. Gutt, J. K. Kristjansson, A. Neuner, E. Rachor, K. Riemann-Zürneck, K. Schaumann, K. Springer, J. Svavarsson)

Zielsetzungen

Alle Arbeitsgruppen waren an der Beprobung und Untersuchung der Hydrothermalquellen südlich von Kolbeinsey interessiert, da es sich hierbei um ein von bisher bekannten Hydrothermalgebieten abweichendes Biotop handelt. Während die Organismengemeinschaften der Hydrothermalgebiete der Tiefsee auf bakterielle Primärproduktion angewiesen sind, liegen die Kolbeinsey-Quellen bei der geringen Wassertiefe von ca. 90 m im Bereich der normalen Primärproduktion an der Meeresoberfläche. Damit ist ein höherer Eintrag von organischem Material gewährleistet. Die zur Verfügung stehenden Vorinformationen, dokumentiert durch einen 30-minütigen Zusammchnitt eines vom BBC aufgenommenen Videofilmes, besagten, daß die Fauna in der Umgebung der Quellen "normal" ist, die spektakulären Tiefsee-Hydrothermal-Taxa also nicht vorkommen. Allerdings waren Bakterienmatten zu sehen, die sehr an die von den Tiefsee-Hydrothermalquellen bekannten erinnerten.

Vor diesem Hintergrund ergaben sich folgende Fragestellungen der Arbeitsgruppen:

- Isolierung und Kultur hyperthermophiler und thermophiler Bakterien (Alfredsson, Gudmundsson, Kristjansson, Stetter)
- Vorkommen von marinen Pilzen im Bereich von Hydrothermalquellen (Schaumann, Springer)
- Zusammensetzung und Verteilung der Fauna im Bereich der Hydrothermalquellen im Vergleich zu nicht hydrothermal beeinflussten Hartgründen (Fricke, Galan, Gutt, Rachor, Riemann-Zürneck, Svavarsson, Türkay)
- Auftreten symbiontischer Prokaryonten und struktureller Anomalien im Makro- und Meiobenthos aus dem Bereich der Hydrothermalquellen (Giere)

Durchführung

Mikroorganismen wurden aus mit einem Multisampler entnommenem Wasser gewonnen und nach Filtration in Kultur genommen. Der Einsatzort des Gerätes wurde mit Hilfe des Fischerei-Echolotes (Fischlupe) bestimmt, da mit diesem Gerät eine Ortung der Gasblasen über dem Boden möglich war. Auch standen die Methan-Bestimmungen der Hydrochemiker zur Verfügung. Von Wasserproben wurden Meerwasseragar- und Plattenagar-Kulturen angesetzt. Jeweils ein Liter Wasser wurde durch Membranfilter filtriert und diese in ein spezielles *Beggiatoa*-Medium eingebracht. Außerdem wurden größere Mengen Seewasser (8 - 50 l) durch einen 0,2 µm Membranfilter filtriert und die Filter im Kühlschrank feucht aufbewahrt. Sie sollen später für Kulturversuche thermophiler Bakterien bei mindestens 72°C verwendet werden.

Für die Makro- und Megafauna waren Video-Beobachtungen mit dem System "Sprint" vorgesehen, die die Einsatzpunkte für das Tauchboot "GEO" festlegen helfen sollten. Außerdem wurde Material aus den von der geologisch/petrographischen Arbeitsgruppe eingesetzten Kettendredgen gewonnen. Diese Proben stammen sowohl aus dem weiteren Hydrothermalgebiet als auch von eindeutig nicht aktiven Zonen im Süden und Norden. Zur Erfassung der mobilen Fauna wurden mit Fischfleisch beköderte Reusenfallen ausgesetzt. Das gewonnene Material wurde nach kurzer Lebenduntersuchung zur späteren Bearbeitung mit Formaldehydlösung fixiert.

Schwierigkeiten für die Durchführung des Programmes ergaben sich dadurch, daß das Tauchboot "GEO" nicht eingesetzt werden konnte. Damit war eine gezielte Probennahme im Nahbereich der Hydrothermalquellen nicht möglich. Auch war wegen technischer Schwierigkeiten nur ein Einsatz des Videosystems "Sprint" möglich, so daß sich die visuelle Dokumentation auf ein Mindestmaß beschränkte. Dredgen und Fallen wurden unter Zuhilfenahme des Fischereiecholotes möglichst genau in wahrscheinlich aktive Bereiche gesteuert. Trotz guter Fangergebnisse konnte natürlich keine Sicherheit darüber vorhanden sein, Hydrothermalbereiche exakt getroffen zu haben. Daher beschränkten sich die Untersuchungen auf die qualitative Faunenzusammensetzung.

Erste Ergebnisse

Die Video-Aufnahmen und Dredge-Fänge bestätigten den Eindruck, daß im Bereich der Hydrothermalquellen eine "normale" Fauna vorkommt, allerdings in großer Dichte. Dies wird durch das Vorkommen

der atlantisch-borealen Seeanemonen *Tealia lofotensis* und *Diadumene cincta* sowie der arktisch-borealen Krabbe *Hyas coarctatus* bestätigt. Auffällig ist die hohe Abundanz von Filtrierern und Partikelfressern in der Nähe der Quellen (Schwämme, Sabelliden). Reiche Faunengebiete in der Umgebung zeigten eine andere Zusammensetzung. Damit scheint klar, daß die Verteilung der Fauna der wesentliche Gesichtspunkt bei der Beurteilung hydrothermalen Einflusses ist. Besondere Arten der Makrofauna scheinen nicht vorzukommen. Zur Bestätigung wäre allerdings eine lückenlose Kartierung des Gebietes erforderlich. Die vorgenannte Feststellungen sind also noch hypothetisch.

Die auf dem Hydrothermalplateau abgesetzte Falle erbrachte das Vorliegen hoher Populationsdichten von Lysianassiden (Amphipoda), die auch in anderen Seegebieten bei der Aufarbeitung von großen Nahrungsbrocken die Hauptrolle spielen. Nach einer Expositionszeit von ca. 20 Stunden waren drei große Fischfilets völlig verzehrt. Die Amphipoden hatten die große Falle durch die Netzmaschen verlassen und wurden lediglich in einer kleinen Falle erbeutet, die an die große angebunden war.

Auf einem benachbarten Plateau, das wahrscheinlich keinen Hydrothermaleinfluß hatte, war der Köder nach ebenso langer Exposition noch nicht aufgezehrt, und eine große Zahl Amphipoden konnte an ihm eingebracht werden. Bei einer zweiten Falle im selben Gebiet war der Köder völlig unberührt. Wegen der geringen Anzahl von Einsätzen kann nicht festgestellt werden, ob diese Ergebnisse durch hydrothermale Einflüsse bedingt sind.

Die während der Fahrt durch das Fischereiecholot vorgenommene genaue Einpeilung von aktiven "vents" erlaubt es jetzt, die wichtigen Punkte ohne größere Schwierigkeiten wiederzufinden. Dieses ist eine entscheidende Voraussetzung für eine gezielte und effektive Fortführung des Forschungsvorhabens in diesem schwierigen Seegebiet. Nach Meinung aller beteiligten Wissenschaftler ist eine solche Fortsetzung überaus wünschenswert und wissenschaftlich sehr vielversprechend.

2.3.2 Geologisch-chemische Untersuchungen am Kolbeinsey-Rücken (P. Stoffers, J. Thiede, F. Werner)

2.3.2.1 Einführung

Im Rahmen des Geomar-Projektes "der Grönland-Schottland Rücken: moderne submarine Geodynamik des wichtigsten "hot spot" Systems

der Weltmeere" werden von einer interdisziplinären Gruppe Kieler Wissenschaftler geologische, petrologische, sedimentologische und geophysikalische Untersuchungen am Grönland-Schottland-Rücken inklusive der aktiven vulkanischen Zonen im Bereich des Kolbeinsey-Rückens durchgeführt. In diesem Projekt sollen Aufbau der tiefen Kruste, Zusammensetzung der vulkanischen Gesteine, Auftreten, Verteilung und Stratigraphie der Sedimente, Lage und Eigenschaften der submarinen "Spreading Center" und der mit diesen Zonen verbundene Hydrothermalismus sowie die Wechselwirkung zwischen den submarinen vulkanischen Prozessen und den ozeanographischen Eigenschaften dieses Gebietes untersucht werden.

Während der Arktis V/1b-Kampagne bot sich für die Teilprojekte

- A Submariner Vulkanismus und hydrothermale Mineralisationen (Stoffers)
- B Sedimentdynamik und Sedimentverteilung (Werner)
- C Altersbestimmung und Zusammensetzung sedimentärer Ablagerungen in der Nähe des aktiven mittelozeanischen Rückens (Thiede)

die Möglichkeit, erste Untersuchungen an einem aktiven Abschnitt des Kolbeinsey-Rückens durchzuführen. Ziel war die Klärung der Sedimentationsverhältnisse, der strukturellen Entwicklung sowie der Zusammenhänge zwischen Tektonik/Morphologie, Vulkanismus und Hydrothermalismus.

Folgende Arbeitsmethoden wurden dazu eingesetzt:

- Vermessung mit dem Tiefschlepp-Sonar
- bathymetrische Aufnahme
- hydrochemische Untersuchungen
- Petrographie der vulkanischen Gesteine
- Sedimentpetrographische Untersuchungen

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen sind nachfolgend zusammengestellt.

2.3.2.2 Vermessung mit dem Tiefschlepp-Sonar (F. Werner, H. Beese, W. Dorn)

Zur Klärung der Bathymetrie und Topographie der Umgebung wurde zunächst eine engmaschige Matratze gefahren. Die N-S und E-W-Profile hatten einen Abstand von 0,5 - 1 sm. Eine schnelle Auswertung führte zu einer vorläufigen bathymetrischen Karte (s. 2.3.2.6, Abb. 33).

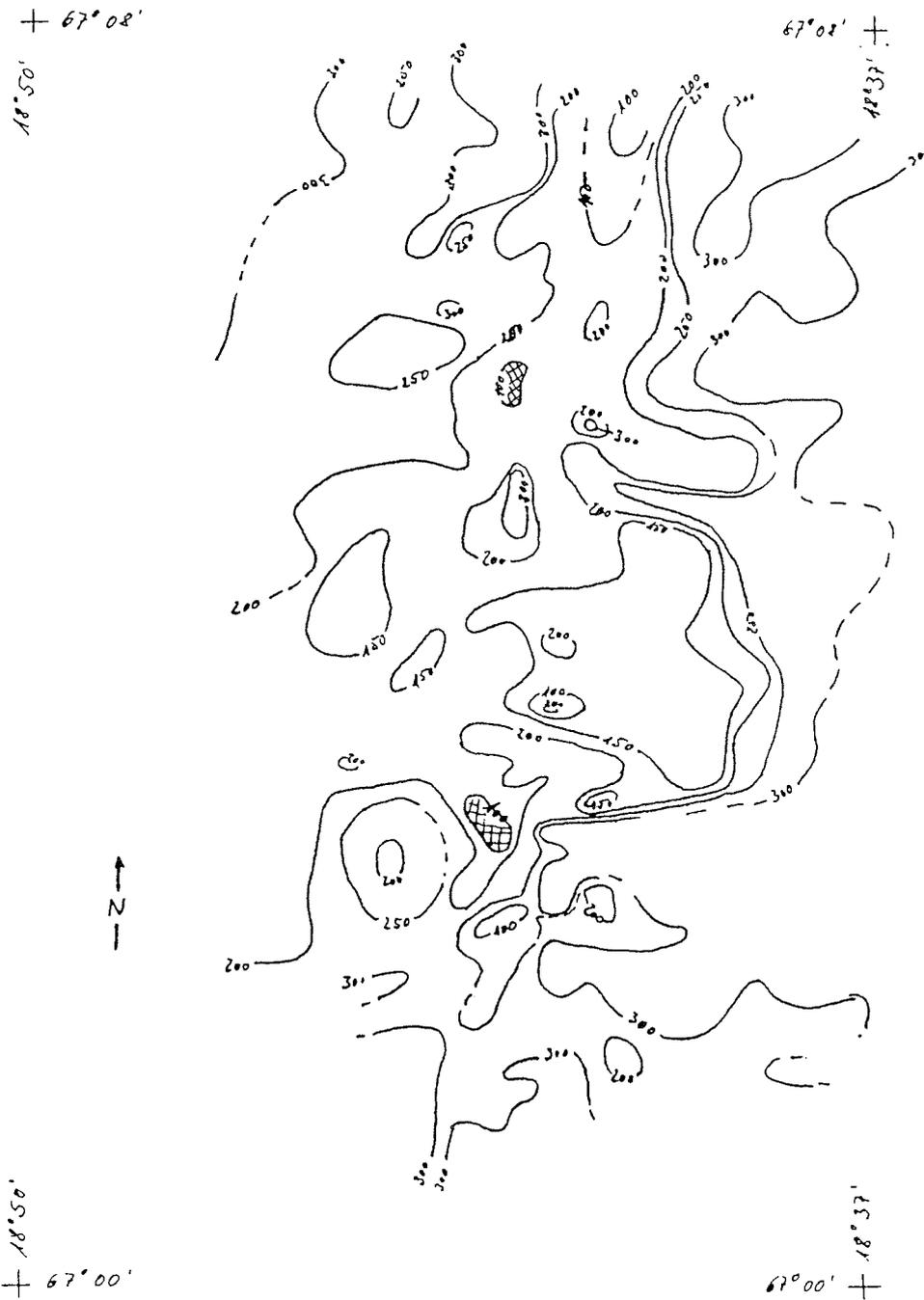


Abb. 33. Vorläufige bathymetrische Auswertung des Untersuchungsgebietes südlich des Kolbeinsey-Felsens.

Fig. 33. Preliminary bathymetry of the area south of Kolbeinsey.

Der anschließende Einsatz des tiefgeschleppten Seitensichtsonars (Sidescan Sonar) sollte eine geomorphologische Karte der weiteren Umgebung des submarinen Vulkans mit den hydrothermalen Ausstritten liefern. Zu erwarten waren hierbei vor allem Strukturen von Lavaausstritten, tektonischen Elementen und Vorkommen sedimentbedeckter Gebiete.

Das verwendete Tiefschleppsystem des GIK bestand im wesentlichen aus dem Schleppfisch Modell 990 der Firma EG&G/USA, dem Schreiber 260 und dem Modem 996 derselben Firma, dazu kommt ein Datenaufnahmesystem mit Monitoranzeige der vom Schleppfisch übertragenen Sensordaten: Tiefe, Kurs und Geschwindigkeit. Das Profilvernetz für diese Vermessung deckte das der Echolotvermessung ab, es wurden jedoch nur N-S-Profile und 2 diagonale Verbindungsprofile gefahren. Theoretisch sollte dieses Netz für eine komplette Flächendeckung ausreichen, da der Profilabstand 1/3 Seemeile und der Horizontalbereich 400 m je Kanal also insgesamt 800 m Breite, betrug. Beim Stand der Satellitennavigation waren jedoch Kursabweichungen, die zu Lücken in der Flächendeckung führten, unvermeidlich. Die N-S-Profile wurden gewählt, weil in dieser Richtung (parallel zur Riftachse) durchschnittlich etwas geringere Böschungswinkel auftreten als bei den E-W-Kursen. Über das flächendeckende Aufnahmegebiet hinaus wurden noch Profillinien rings um die Klippen Kolbeinsey gefahren (Abb. 33).

Die durchschnittliche Fahrtgeschwindigkeit beim Schleppen betrug 3 Knoten. Obwohl von der Kabellänge her bei den für das Tiefschleppsystem relativ geringen Wassertiefen große Geschwindigkeiten möglich gewesen wären, wurde dies wegen der in einem Riftgebiet extrem rauhen Topographie als nicht ratsam angesehen. Der bei den Aufnahmen optimale Bodenabstand liegt bei der gewählten Aufnahmebreite von 400 m etwa zwischen 25 und 40 m. Er konnte in der Tat über große Bereiche des Aufnahmegebiets eingehalten werden dank der schnellen Hievgeschwindigkeiten der Friktionswinde. Trotzdem war es nicht möglich, den Schleppfisch streng bodenparallel zu führen. So mußten die engen Senken zwischen Auftragungen mit größerem Bodenabstand überbrückt werden. Auch hier wurden aber in den meisten Fällen noch brauchbare Bodenaufzeichnungen erhalten.

Die Tiefschleppaufnahmen wurden in zwei Einsätzen gefahren, vom 31. Mai, 21.30 Uhr bis 1. Juni, 14.00 Uhr und vom 1. Juni, 22.00 Uhr bis 2. Juni, 8.00 Uhr. Die gefahrenen Profile ergeben insgesamt eine Strecke von 78 sm.

Bodentypen nach der Sonographie

Die sonographischen Aufzeichnungen lassen sich bezüglich ihrer Interpretation in drei Kategorien aufteilen

- Muster, die aufgrund ihrer Geometrie ohne weiteres interpretierbar sind,
- Muster, die bei nur sorgfältiger Analyse zusammen mit der Auswertung der Echolotaufnahmen eine Interpretation ermöglichen,
- Muster, deren Interpretation erst mit Hilfe von zusätzlichen Daten (Photos, Bodenproben) möglich sein wird.

Vorbehaltlich dieser Einschränkungen für spätere Auswertungen lassen sich folgende Typen von Meeresböden unterscheiden:

a) Zentralgraben - Rift valley: Als sehr markanter Zug erscheint auf den Aufnahmen ein hell reflektierendes Band, daß riftachsenparallel, jedoch in etwas geschlängeltem Verlauf über größere Strecken zieht (Abb. 34). Es stellt sich im allgemeinen als mit steiler Böschung (> 60 Grad) begrenzte Senke dar. Sie erreicht bis zu einigen hundert Metern Breite und ist - wegen ihrer schwachen Reflektivität - als wahrscheinlich mit wenig Sediment bedeckt anzunehmen. Über ihre Natur als Zentralgraben kann kaum Zweifel bestehen. Dafür spricht auch, daß die Struktur axial meist von einem wolkig-zerlappten Band extrem hoher Reflektivität begleitet wird (Abb. 34). Er ist 100 - 200 m breit und besitzt kaum Relief. Die Interpretation als Rift-axiale Effusion von Basalt ist suggestiv. Es ist mehrfach zu beobachten, daß das breite Band an seinen longitudinalen Rändern in einen dünnen "Gang" übergeht. Offensichtlich sind dies Spalten, aus denen stellenweise die Lava an deren Oberfläche überquillt.

b) Hartgrundflächen: Über weite Bereiche beherrschen Flächen mittlerer Reflektivität das Bild, die eine rauhe, ungerichtete Feinstruktur besitzen und, nicht zuletzt nachweislich der Dredgen, unbedecktes vulkanisches Material darstellen. Solche Flächen treten auf Hängen verschiedener Neigung auf.

c) Lavafluß auf Seamounts: Im wesentlichen auf die höchsten Aufragungen beschränkt, dort aber typisch fanden sich rundliche Formen starken Reliefs und äußerst intensiver Reflektivität, die an Tiefseephotos von Pillow-Basalt erinnern.

d) Flächen mit groben Blöcken: Flächen mit hartem Boden, auf denen blockartige Massen unregelmäßig verteilt sind, kommen hauptsächlich rings um die Klippen Kolbeinsey vor, in kleinerem Ausmaß an einigen anderen Stellen.

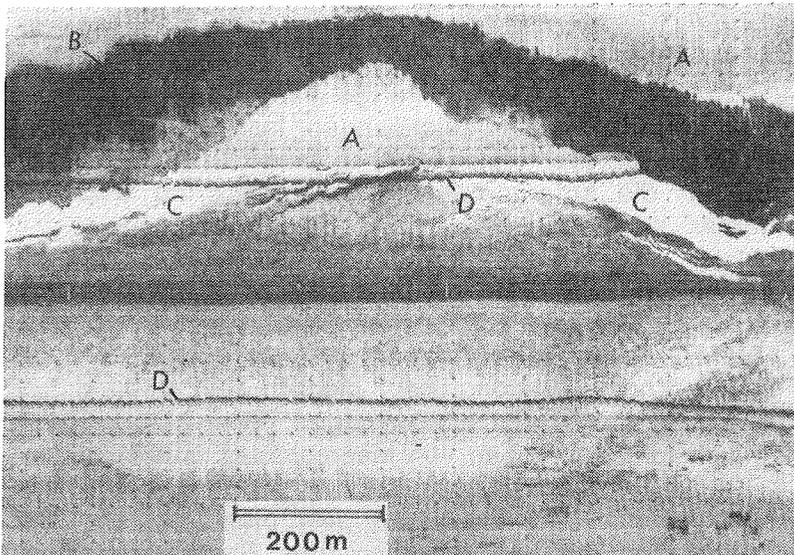


Abb. 34. Sonographie-Beispiel aus dem Rift-Tal. Längserstreckung N-S, parallel zur Riftachse. A: Ebener Boden des Rift-Tals, mit geringmächtigem Sediment bedeckt. B: Band mit extremer Reflektivität, als Basalt interpretiert. C: Akustische Schattenzone, bis 20 m hohe Steilkante (im Bild nach oben gerichtet), das Rift-Tals anzeigend. D: Reflexion der Wasseroberfläche (ca. 180 m Wassertiefe).

Fig. 34. Example of sonography of a rift valley. Longitudinal direction is N-S, parallel to the rift axis. A: Plane floor of the rift valley, with little sediments. B: Area of extreme reflexion, which is interpreted as basalt. C: Acoustically shadow zone with 20 m high steep edge (directed upwards) indicating the rift valley. D: Reflexion of water surface (about 180 m water depth).

e) Sedimentflächen, z.T. mit Sohlformen: In starkem Kontrast zu den vorgenannten, vorwiegend vulkanisch geprägten Flächen stehen ebene, in sich monotone Böden mit geringer Reflektivität von verschiedener Ausdehnung. Daß sie Sediment, und zwar wohl vorwiegend Feinkies-Mittelsand, repräsentieren, geht aus nur punktueller Beprobung (Kastengreifer) ebenso wie aus der mehrfach auf Flächen dieses Reflektivitäts-Grades beobachteten Großrippelfeldern (ca. 20 m Wellenlänge) hervor. Diese sind besonders westlich und östlich von Kolbeinsey konzentriert. Die Flächen können sowohl relativ weit gespannte Ebenen oder flache Hänge einnehmen oder mit aufragenden Hartböden des unter b) genannten Typs in engräumigen Flächenmustern auftreten.

f) Tektonische Elemente: Tektonische Störungen prägen häufig das Sonarbild. Dominierend sind dabei riftachsen-parallele (N-S) Strukturen, untergeordnet sind E-W gerichtet Störungen und auch schräg verlaufende Strukturen zu beobachten. Vielfach treten gescharte Spalten auf, die oft regelmäßige Abstände zueinander aufweisen und versetzt sind. Breite und Länge sind variabel. Sie treten besonders in unmittelbarer Riftnähe auf. Ein typisches Beispiel für diese Spaltenscharen gibt Abbildung 35 wieder.

Bezeichnend für die E-W Störungen sind ihre messerscharfen Charaktere. Offsets nach Natur von Transform/Verwerfungen wurden jedoch nicht beobachtet. Die Zentralgraben-Struktur kann jedoch von solchen Störungen begrenzt sein.

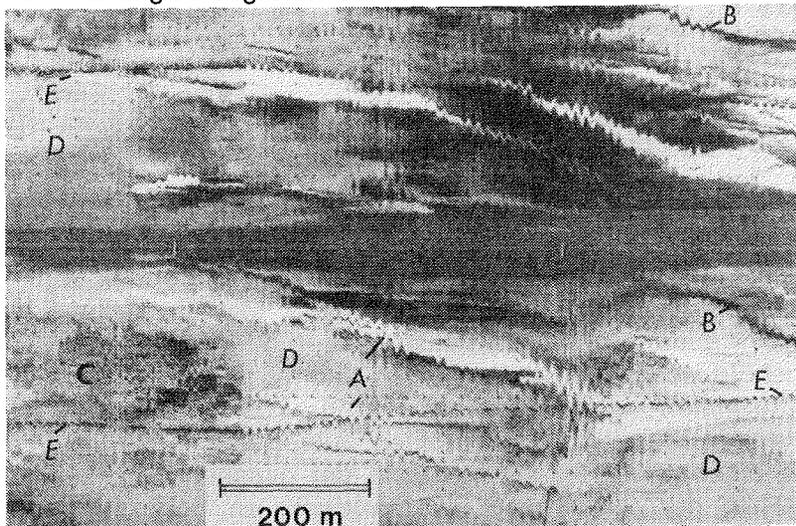


Abb. 35. Sonographie-Beispiel aus Spaltenzone des Rift-Tals. Längserstreckung N-S, parallel zum Rift-Tal. A: Offene Längsspalten (Zickzackverlauf durch Seegangsbewegungen bedingt). B: Basalt-gefüllte Spalten. C: Rauher Boden (anstehende Lava, z.T. mit Sediment bedeckt). D: Ebener Boden, mit (geringmächtigem) Sediment bedeckt. E: Reflexion der Wasseroberfläche (ca. 300 m Wassertiefe).

Fig. 35. Example of sonography of a fissure zone. Longitudinal direction is N-S, parallel to the rift valley. A: Longitudinal fissures (zick-zack caused by wave action). B: Basalt-filled fissures. C: Rough sea floor (lava partially covered by sediments). D: Plane seafloor, covered by small amounts of sediment. E: Reflexion of water surface (about 300 m water depth).

Tab. 5. Stationsdaten der GKG-Beprobung am 2.6.1988.

Tab. 5. Station data for large box grap samples on 2.6.1988.

St.-Nr.	h	N	W	WT (m, unkor.)	Bem.
13014-1	08.17-09.37	67 13.2	18 50.0	461	35 cm
13015-2	10.57-11.22	67 09.7	18 49.8	443	22 cm
13016-1	11.53-12.02	67 06.6	18 54.3	450	23 cm
13017-1	12.57-13.05	67 06.2	18 43.5	290	umgekip.
13018-1	13.30-13.45	67 05.4	18 36.5	315	23 cm
13019-1	14.24-14.35	67 03.5	18 46.4	174	23 cm

2.3.2.3 Hydrochemische Untersuchungen

Austretende hydrothermale Lösungen verändern das umliegende Meerwasser. Innerhalb bestimmter Dispersionshöfe treten Anomalien ozeanographischer Parameter (z.B. Temperatur, Salinität) sowie chemischer Parameter (z.B. Mangan, Methan, Helium) auf. Durch die Anwendung neu entwickelter Methoden sollten diese Dispersionshöfe schnell erkannt werden und so zur Lokalisierung von hydrothermalen Austrittsstellen führen. Hierzu wurde die Wassersäule in Längs- und Querprofilen zum Kolbeinsey-Rücken systematisch beprobt. Neben der Messung der ozeanographischen Parameter mit Hilfe der CTD-Sonde wurden direkt an Bord der Methan- und Mangangehalt im Meerwasser bestimmt. Ferner wurden an ausgewählten Profilen Wasserproben für Helium-Messungen genommen.

2.3.2.3.1 Ozeanographische Parameter (D. Puteanus, P. Haushahn)

Auf dem Fahrtabschnitt ARK V/1b wurden 17 vertikale Wasserprofile mit Hilfe der Multisonde (Firma Hydrobios/ADM) gefahren (Tab. 6). Die Multisonde war bestückt mit 6 Sensoren - Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, pH und Referenzelektrode, Sauerstoff und Trübung. Der Salzgehalt wird berechnet auf der Basis der Leitfähigkeit, Temperatur und Druck. Die Datenerfassung erfolgte online als Datensatz und konnte gleichzeitig in Abhängigkeit vom Druck dargestellt werden.

Tab. 6. Wasserschöpfer-Einsätze im Kolbeinsey-Rücken Gebiet.

Tab. 6. Water sample stations in the area of the Kolbeinsey ridge.

Stat.	Druck dbar	Leit ms	Temp. °C	Sauerst. %	pH	Att. %	Salz ppt
2MS	23	31.05	2.65	84.0	-	1.86	34.67
	127	30.67	1.98	80.25	-	1.98	34.82
	178	30.61	1.88	78.55	-	1.92	34.84
	198	30.62	1.87	77.50	-	1.88	34.84
4MS	12	30.24	2.24	83.9	8.52	1.84	34.07
	23	30.26	2.24	84.6	8.52	1.85	34.09
	37	30.55	2.33	82.1	8.44	1.85	34.31
	52	30.94	2.57	78.8	8.36	1.83	34.56
	64	31.46	2.99	76.7	8.30	1.86	34.74
	70	31.44	2.94	76.9	8.30	1.85	34.77
6MS	54	30.67	2.53	83.0	8.46	1.82	34.30
	73	31.11	2.72	78.8	8.35	1.82	34.60
	95	31.38	2.93	75.6	8.30	1.83	34.72
	101	31.47	2.95	75.6	8.29	1.84	34.78
	109	31.51	2.97	75.7	8.28	1.85	34.78
	119	31.42	2.86	75.8	8.29	1.86	34.80
7MS	24	30.52	2.49	82.6	8.50	1.84	34.10
	42	31.14	2.72	78.2	8.33	1.82	34.64
	81	31.32	2.86	75.0	8.29	1.83	34.70
	100	31.38	2.87	74.5	8.29	1.85	34.75
	113	31.19	2.57	74.6	8.29	1.88	34.82
8MS	20	30.49	2.51	82.7	8.47	1.84	34.08
	40	30.73	2.54	82.6	8.40	1.83	34.35
	70	31.47	2.96	74.8	8.24	1.86	34.82
	95	30.90	2.26	75.4	8.25	1.88	34.82
	112	30.89	2.24	75.9	8.25	1.89	34.82
9MS	35	31.08	2.71	76.5	8.35	1.83	34.59
	65	31.23	2.80	74.2	8.32	1.83	34.67
	85	31.44	2.94	72.9	8.28	1.86	34.76
	115	31.13	2.54	74.5	8.31	1.88	34.80
	134	31.08	2.44	74.6	8.30	1.89	34.82
	167	31.06	2.40	74.3	8.30	1.89	34.82
10MS	36	30.61	2.54	76.5	8.50	1.85	34.20
	77	31.26	2.80	72.6	8.33	1.86	34.69
	97	31.35	2.82	73.1	8.32	1.87	34.77
	116	31.17	2.56	73.1	8.30	1.90	34.82
	158	31.10	2.47	73.4	8.31	1.95	34.82
	202	31.06	2.39	73.3	8.30	1.90	34.82
11MS	23	30.64	2.50	81.8	8.45	1.93	34.26
	38	30.67	2.49	81.3	8.42	1.92	34.32
	56	30.73	2.50	80.1	8.40	1.94	34.38
	77	31.16	2.69	76.2	8.31	1.96	34.69
	92	31.09	2.49	76.5	8.28	1.98	34.80
	112	30.89	2.24	75.0	8.24	1.93	34.82

Stat.	Druck dbar	Leit ms	Temp. °C	Sauerst. %	pH	Att. %	Salz ppt
12MS	16	30.70	2.73	82.0	8.31	2.00	34.11
	129	30.90	2.28	74.9	8.32	1.95	34.80
15MS	44	30.55	2.17	72.1	-	1.94	34.51
	108	32.04	3.50	72.8	-	2.04	34.87
	178	31.23	2.59	73.5	-	2.04	34.83
	259	30.83	2.08	73.6	-	2.03	34.84
	377	30.30	1.38	71.0	-	2.02	34.87
	439	29.25	0.06	67.5	8.32	2.01	34.94
20MS	14	30.79	2.70	85.1	-	2.03	34.26
	97	31.01	2.37	79.3	-	1.33	34.85
21MS	19	30.79	2.78	85.9	-	2.01	34.17
	39	30.823	2.63	82.8	-	2.02	34.36
	54	31.10	2.65	79.3	-	2.04	34.67
	99	31.10	2.50	78.2	-	1.84	34.80
	105	31.02	2.41	79.7	-	1.79	34.81
30MS	25	31.27	3.12	81.0	-	1.50	34.39
	40	31.11	2.71	74.3	-	1.51	34.63
	66	31.48	2.98	73.0	-	1.52	34.77
	86	31.46	2.94	73.2	-	1.53	34.78
	106	31.18	2.56	73.8	-	1.60	34.84
38MS	108	31.02	2.37	72.7	-	2.05	34.85
39MS	76	31.05	2.63	74.1	-	2.02	34.62
	93	30.97	2.35	74.0	-	2.06	34.85
	99	30.99	2.32	74.0	-	2.07	34.85
	111	30.98	2.32	73.9	-	2.06	34.85
	118	30.99	2.33	73.0	-	2.09	34.85
41MS	67	31.21	2.82	73.0	-	1.95	34.61
	101	31.84	3.30	72.0	-	2.03	34.84
	128	31.56	3.02	74.5	-	2.04	34.84
	208	30.77	2.04	74.6	-	2.05	34.84
	388	29.33	0.20	69.5	-	2.03	34.94
	422	29.13	-0.10	68.8	-	2.02	34.98

Erste Ergebnisse

Die Station 15 MS charakterisiert den für die Gegend typischen Verlauf der ozeanographischen Parameter (Abb. 36). Das Oberflächenwasser, das eine Temperatur von 2,65°C und einen Salzgehalt von 34,16 ‰ aufweist, stellt eine kühlere, salzärmere Wasserschicht - Arktisches Schmelzwasser - dar. Bei 25 m Wassertiefe befindet sich die erste Sprungschicht, die sich durch wärmeres Wasser auszeichnet. Bei 42 m sinkt die Wassertemperatur wieder auf 2,15°C ab. Die zweite Sprungschicht, die von 70 - 135 m Wassertiefe deutlich ausgebildet ist, weist Wassertemperaturen von bis zu 3,6°C auf. Ab dieser Wassertiefe fällt die Temperatur kontinuierlich bis auf 1,4°C bei 400 m ab. Unterhalb dieses Bereiches kommt der Einfluß des Arktischen Tiefenwassers zum Tragen, das sich durch ein weiteres steiles Absinken der Temperatur bis auf -0,6°C auswirkt. Das Leitfähigkeitsprofil korreliert sehr gut mit dem der Temperatur. Die Konzentration des Salzgehaltes nimmt in der Wasserschicht 0 -70 m um 0,8 ‰ ab. Der Sauerstoffgehalt wurde mit der Temperatur und dem Druck umgerechnet auf die Sauerstoffsättigung. Trotz der Abhängigkeit zur Temperatur zeigt der Sauerstoffgradient ein deutlich gegenläufiges Verhalten in der zweiten Sprungschicht. Ebenso ist ein deutlicher Abfall der Sauerstoffsättigung im Oberflächenwasser und im bodennahen Wasser um ca 10 % zu erkennen, was deutlich auf einen erhöhten Sauerstoffverbrauch in dieser Wasserschicht hindeutet. Die gemessenen pH-Werte weisen im Oberflächenwasser leichter alkalische Werte auf (8,5 pH) als in der übrigen Wassersäule, in der sich der pH auf den Wert von 8,2 pH einpendelt.

Die im Nordmeer vorliegende Wassersäule wird im Oberflächenbereich beeinflusst von arktischem Schmelzwasser. Dieses wird abgelöst von zwei deutlichen Sprungschichten mit höherer Bioproduktivität. Darunter geht die Wassersäule kontinuierlich über in den bodennahen Horizont, der stark vom arktischen Tiefenwasser beeinflusst ist.

Die überwiegenden Profile wurden im Bereich eines Tiefseevulkans gefahren, der sich durch hydrothermale Aktivität auszeichnet (Abb. 37). Die Spitze des Tiefseeberges ragt in die warme Sprungschicht bei ca. 80 m hinein. Die hier gefahrenen Profile zeigen lokale kleinräumige Veränderungen. Die Aufzeichnungen der ozeanographischen Parameter beim auf- und nieder-Profilieren, die in einem sehr kurzen Abstand (Minutenbereich) gefahren wurden zeigen bei gleichem Druck Unterschiede im Sauerstoffgehalt von bis zu

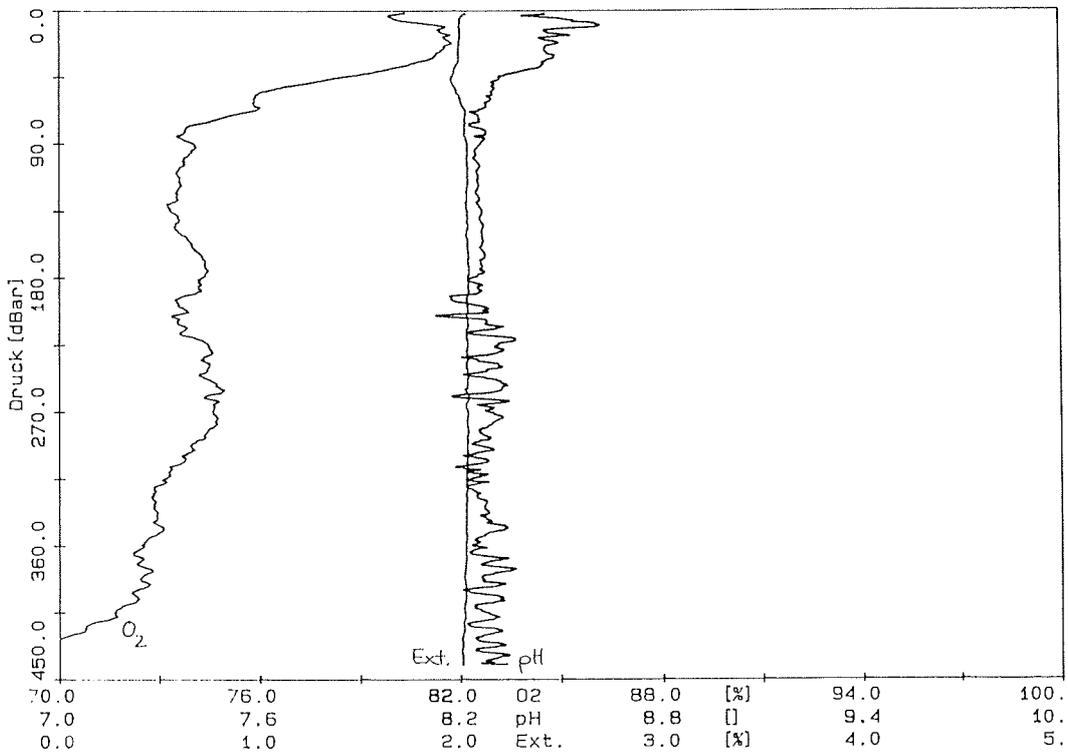
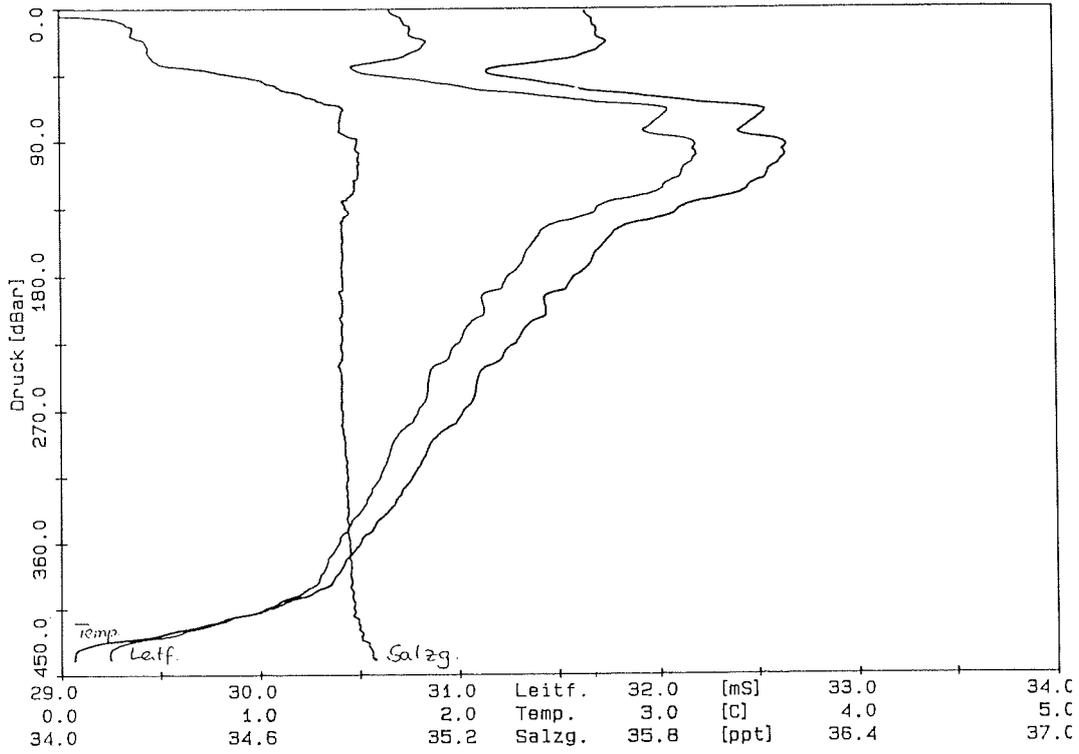


Abb. 36. Ozeanographische Parameter, Station 15 MS.

Fig. 36. Oceanographic parameters, Station 15 MS.

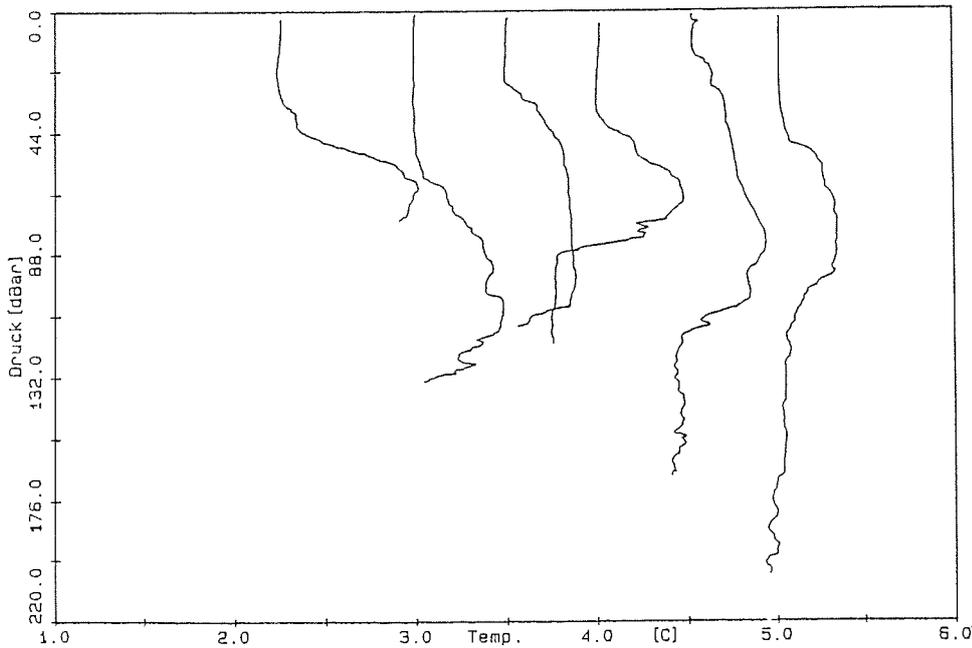


Abb. 37. Temperaturprofile an der hydrothermalen Austrittsstelle des Kolbeinsey-Rückens.

Fig. 37. Temperature profiles close to hydrothermal vents.

0,5 % Sättigung, 1/10 Grad in der Temperatur und 100 μ S Abweichung in der Leitfähigkeit.

Generell läßt sich sagen, daß die Parameter Leitfähigkeit, Temperatur und Salzgehalt gleichmäßig zunehmen und sich der Gradient sowie die Konzentration an der Sprungschicht angleichen und nur kleinräumige Differenzen auftreten. Aufgrund der ozeanographischen Parameter können keine eindeutigen Anzeichen für starke hydrothermale Aktivität nachgewiesen werden, da die Temperatur und die Leitfähigkeit jeweils im bodennahen Meerwasser noch abnehmen. Eine Ausnahme bilden hier nur 8 MS und 9 MS (Abb. 38 Die Sauerstoffsättigung ist in diesem Bereich sehr ausgeprägt, im Oberflächenwasser sind die Konzentrationen um 6 % höher angereichert als in Bodennähe. Der pH-Wert zeigt denselben Kurvenverlauf über der Hydrothermalstelle wie im normalen Nordmeerprofil.

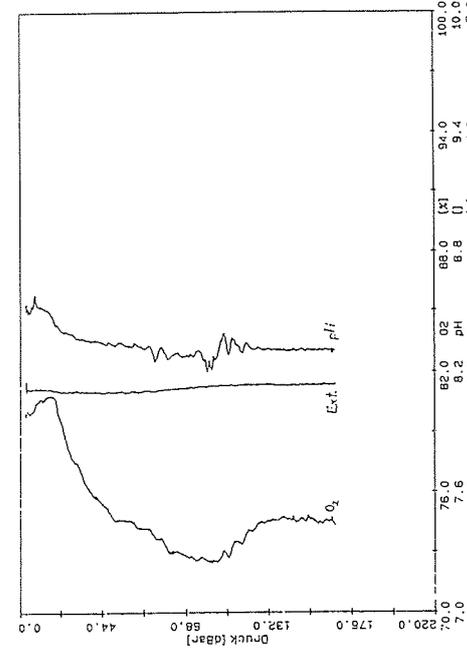
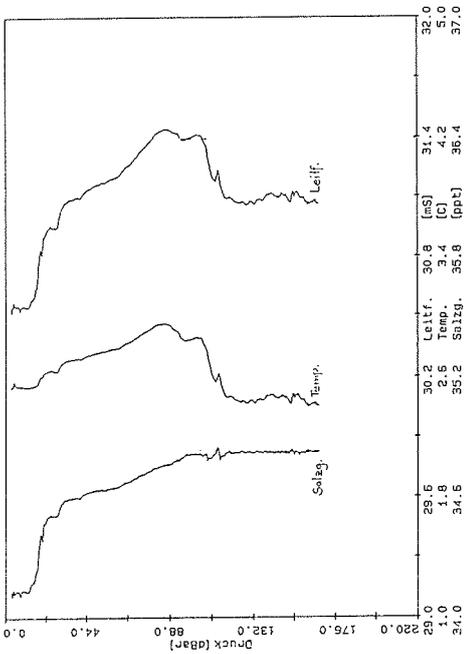
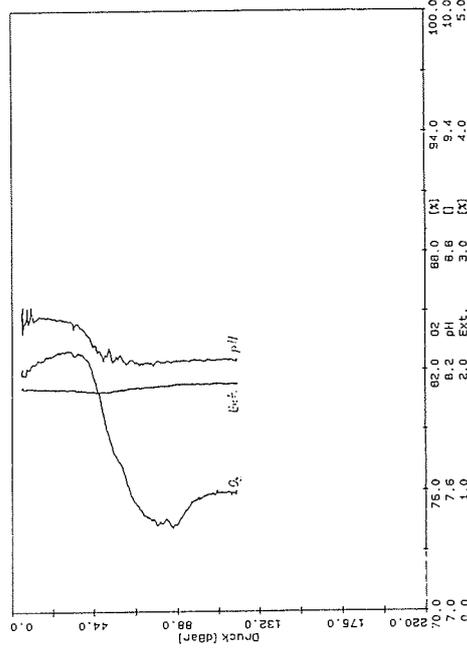
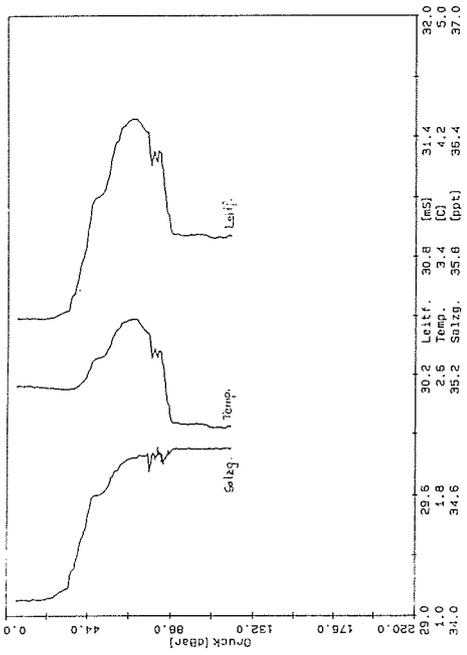


Abb. 38. Temperatur, Leitfähigkeits- und Salzgehaltsprofile, 8 + 9 MS.

2.3.2.3.2 Manganbestimmung im Meerwasser (D. Puteanus, H. Lass, E. Steinwender)

Fällung und Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometer

In einer genau definierten Wasserprobenmenge (Probenahme mit Kranzwasserschöpfer, 5 l Niskin-Schöpfer) - 250 ml - wird durch Zugabe von NaOH und Sauerstoff bei einem pH-Wert zwischen 9 und 10 durch die Fällung von $Mg(OH)_2$ Mangan kolloidal quantitativ mitgerissen. Mit Hilfe einer Zentrifuge wird der Niederschlag konzentriert und mit HNO_3 wieder gelöst. Somit kann Mangan bis zu einem Faktor von 1:10 bis 1:50 angereichert werden und mit Hilfe der Graphitrohr-Atomabsorption direkt an Bord innerhalb kürzester Zeit gemessen werden. Besondere Bedeutung kommt bei der Messung dem Temperaturprogramm zu, da das in der Probe verbleibende NaCl den Meßvorgang empfindlich stören würde, wenn es nicht vorher abgeraucht wird. Aufgrund einer Matrixmodifikation kann bei Anwesenheit von NaCl die Probe bis auf $1400^\circ C$ aufgeheizt werden, ohne daß Verluste an Mangan auftreten. Um die Salzfracht zu reduzieren ist das Aufheizprogramm so aufgebaut, daß zwischen dem 1. und 2. Mal Aufheizen auf 950 und $1150^\circ C$ ein Zeitraum von 60 sec eingehalten wird. Die verbleibende Salzfracht wird durch die Zeeman-Kompensation problemlos korrigiert.

Da Mangan mit dieser Methode im absoluten Spurenbereich (0,1 - 10 ppt Mn) nachgewiesen werden kann, ist das Arbeiten mit vorgereinigten Gefäßen und in sauberer Umgebung unbedingt notwendig. Der Analysenfehler beträgt ca. 20 %, die Wiederfindbarkeit 95 %.

Für die Bestimmung weiterer Spurenmetalle im Meerwasser wurden zusätzliche Wasserproben für die Messung im Heimatlabor konserviert.

Erste Ergebnisse

Die mittlere Mangankonzentration im Meerwasser beträgt ca. 100 ng/l, der Minimumwert liegt bei 60 ng/l und die Maximumkonzentrationen bei 888 ng/l. Die Wasserproben, die im Bereich der hydrothermalen Austrittsstellen genommen worden sind, zeigen keine deutlichen Gradienten (Tab. 7), die Mangankonzentrationen liegen im Bereich von 60 bis 150 ng/l Mn. Verglichen mit denen in der Literatur bekannten Mangankonzentrationen in den offenen Ozeanen von 5 - 10 ng/l Mn fallen die hier gemessenen Mangangehalte sehr hoch aus. Die Ursache hierfür konnte auf der Fahrt nicht

geklärt werden, da aufgrund des Ausfalls der Videoüberwachung eine gezielte Wasserprobennahme aus den einzelnen "vents" nicht möglich war. Berücksichtigen muß man hier, daß das Seegebiet im Schelfbereich liegt und daß in der photischen Zone eine hohe Bio-produktivität, die ebenso wie hydrothermale Stellen einen ähnlichen Manganumsatz haben, herrscht.

Nur in einem Wasserprofil (15MS) konnte ein linearer Anstieg der Mangangehalte zur Tiefe hin nachgewiesen werden. Hierbei handelt es sich um eine Wasserstationen, die deutlich außerhalb des Hydrothermalfeldes liegt aber beeinflusst wird vom arktischen Tiefenwasser.

2.3.2.4 Spurengasanalytische Untersuchungen von Seewasser (R. Botz, M. Schmitt)

Einführung

Eine mobile Analysenapparatur zur Entgasung von Wasserproben und Analyse der erhaltenen Gase wurde an Bord von "Polarstern" zum Nachweis von hydrothermal gebildeten Gasen eingesetzt.

Methode

Ein Liter der mit dem Kranzwasserschöpfer aus verschiedenen Tiefen gewonnenen Wasserproben wurde unmittelbar nach dem Hieven in gasdichte Glasflaschen abgefüllt und mit der Ultraschall-Entgasungsanlage entgast. Nach ca. 5 min war die Gasentwicklung beendet. Durch Zugabe von Sperrflüssigkeit wurden die entwickelten Gase konzentriert und mit einem Kapillar-Gaschromatographen auf den Gehalt an Kohlenwasserstoffen im Bereich C1 - C6 hin untersucht. Der Rest des Probengases wurde bei ausreichender Menge zur späteren Analyse der $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ - bzw. D/H- Isotopenverhältnisse in entsprechenden Gasprobenbehältern gesammelt. Dadurch kann später die Genese der Gase nachgewiesen werden.

Die Anlage ist für die Bestimmung sehr kleiner Gasmengen im Nanoliterbereich geeignet. Durch Anwendung von Ultraschall in Verbindung mit Vakuum konnte die Effektivität der Entgasung im Vergleich zur Helium-Stripping-Methode gesteigert werden. Das Entgasungsverfahren eliminiert auch die Gefahr von Isotopenfraktionierungen bei der Gewinnung der Gase. Im Routinebetrieb können mit dieser Apparatur Analysen des im Meerwasser enthaltenen Methans in ca. 15 min erstellt werden.

Tab. 7. Mangankonzentrationen im Kolbeinsey-Rücken-Gebiet.
 Tab. 7. Manganese concentrations in the Kolbeinsey ridge area .

Station	Zeit	Druck	Long.	Lat.	Mn (ng/l=ppt)
2 M		23	6700.00'	17 15.35'	129
		127			169
		178			376
		189			370
4 MS	10:58:23	52	67 02.37'	18.24.54'	83
		64			74
		70			75
6.MS	13:57:28	95	67 05.52'	18 39.28'	18
		101			236
		109			117
		119			115
7 MS	15:02:03	81	67 05.74'	18 42.81'	131
		113			154
8 MS	15:59:33	95	67 05.78'	18 43.86'	168
		112			153
9 MS	17:10:03	134	67 05.64'	18 42.31'	155
		167			154
10 MS	17:44:18	150	67 05.63'	18 42.32'	112
11 MS	18:21:22	56	67 05.82'	18 42.79'	78
		77			102
		92			61
		112			176
		150			111
12 MS	19:08:02	129	67 05.78'	19 43.10'	158
15 MS	10:30:10	44	67 09.32'	18 55.34'	80
		107			72
		178			105
		258			167
		377			455
		440			888
20 MS	15:37:41	96	67 05.67'	18 42.41'	150
21 MS	16:13:26	78	67 05.75'	18 42.27'	102
		100			134
		104			144
30 MS	23:15:18	86	67 02.95'	18 42.91'	77
		106			92
38 MS	09:22:21	108	67 05.50'	18 42.81'	110
39.MS	09:53:07	99	67 05.49'	18.42.93'	116

Ergebnisse (Abb. 39-43)

Die Gasuntersuchungen während der Fahrt ARK V/1 ergaben Methan- Konzentrationen im Bereich von 30,6 nl/L bis 332,4 nl/L im Meerwasser gelöst. Generell waren die gemessenen Konzentrationen zu Beginn der Fahrt (Ausnahme die Proben der Station MS-11, ca. 90 m und 112 m WT) deutlich geringer (von 30,6 nl/L bis 106,9 nl/L) als in den letzten beiden Messtagen, an denen das Schiff überwiegend in dem bekannten Hydrothermalgebiet operierte. In diesem Hydrothermalgebiet war vor allem auch der Anteil an höheren Kohlenwasserstoffen (Äthan, Propan und Butan sowie auch teilweise ungesättigter Kohlenwasserstoffe) deutlich erhöht (siehe Tab. 8).

In der ersten Phase der Messungen (am 1.6.1988) wurde eine Methananreicherung in den beiden unteren Proben (aus ca. 90 und 112 m Wassertiefe) der Station MS11 nachgewiesen. Die Konzentrationen nahmen an dieser Station von oben (65 - 86 nl/L) nach unten (bis 332 nl/L) zu.

Ab dem 2. Juni abrupt erhöhte Spurengaskonzentrationen in den Seewasserproben führten zu umfangreichen Untersuchungen an Bord von "Polarstern" und gaben erste Hinweise darauf, daß das Problem der Kontamination des Bordwasser- und Raumlufsystems eine Rolle bei der Spurengasbestimmung spielen kann. Leider war es in der zur Verfügung stehenden Bordzeit nicht möglich, das genaue Ausmaß der Verunreinigung durch schiffsinterne Prozesse (z.B. mögliche Anreicherung von Kohlenwasserstoffen bei der Frischwasser-Produktion durch Meerwasser-Destillation, Verunreinigung durch an Bord verwandte technische Gase), oder auch eventuell durch lokal erhöhte, natürliche, Kohlenwasserstoff-Konzentrationen festzustellen.

Nach dem Absichern der Blindwert-Freiheit des Gaschromatographie- und Extraktionssystems wurden an zahlreichen Stellen im Schiff, sowie auch außerhalb des Schiffes, Luft- und Wasserproben untersucht. Es zeigten sich Konzentrationsunterschiede des Methans in Abhängigkeit von den Probenahmestelle. Die höchsten Konzentrationen reichen bis zu 175 nl/L im Leitungswasser. Die Herkunft dieser Kohlenwasserstoffe ist unklar.

Kurz vor Beendigung der Forschungsfahrt, nach ca. 24-stündiger Fahrzeit außerhalb des Hydrothermalgebietes wurden wiederholt Messungen des Backgrounds vorgenommen. Es zeigte sich, daß die Methankonzentration in der Luft deutlich abgenommen hatten.

Tab. 8. Kolbeinsey: Multisonde und Gasdaten.

Tab. 8. Kolbeinsey: data for multisondes and different gases.

B = Butane; E = Ethane; M = Methane; Pr = Propane.

Station	Druck (dbar)	Leit. (mS)	Temp. (°C)	O ₂ (%)	pH	Salz (‰)	Vol. (ml)	M (%)	E (%)	Pr (%)	B (%)	M/(E+Pr)	M (nl/l)
MS 002.1	198	30.62	1.87	77.50	-	34.84	19.2	100.00	-	-	-	-	81.2
MS 002.2	178	30.61	1.88	78.55	-	34.84	21.0	100.00	-	-	-	-	106.9
MS 002.3	127	30.87	1.98	80.25	-	34.82	19.1	100.00	-	-	-	-	90.8
MS 004.1	0	-	-	-	-	-	22.9	100.00	-	-	-	-	88.9
MS 004.3	64	31.46	2.99	76.70	8.30	34.74	22.2	100.00	-	-	-	-	84.1
MS 004.7	37	30.55	2.33	82.10	8.44	34.31	17.8	96.43	2.63	0.94	-	27.03	67.3
MS 006.1	95	31.38	2.93	75.60	8.30	34.72	22.2	97.82	1.27	-	0.91	77.20	97.9
MS 007.2	0	-	-	-	-	-	21.6	95.92	1.77	0.64	1.04	39.76	77.9
MS 006.3	95	31.38	2.93	75.60	8.30	34.72	19.7	95.43	3.85	0.72	-	20.90	61.4
MS 006.7	95	31.38	2.93	75.60	8.30	34.72	20.5	95.23	3.38	1.38	-	19.99	81.4
MS 006.9	73	31.11	2.72	78.80	8.35	34.60	24.2	97.57	2.43	-	-	40.13	86.1
MS 008.1	112	30.89	2.24	75.90	8.25	34.82	18.5	96.05	2.71	1.24	-	24.31	73.4
MS 008.4	95	30.90	2.26	75.40	8.25	34.82	27.3	100.00	-	-	-	-	79.4
MS 009.1	115	31.13	2.54	74.50	8.31	34.80	16.1	96.75	2.72	0.53	-	29.76	61.1
MS 009.5	167	31.06	2.40	74.30	8.30	34.82	18.7	95.79	2.31	0.46	1.44	34.59	68.5
MS 010.1	202	31.06	2.39	73.30	8.30	34.82	25.9	98.18	1.82	-	-	54.02	80.1
MS 010.5	116	31.17	2.56	73.10	8.30	34.82	9.0	93.26	4.98	0.65	-	16.56	30.6
MS 011.1	112	30.89	2.24	75.00	8.24	34.82	22.8	93.00	6.28	0.73	-	13.28	332.4
MS 011.3	92	31.09	2.49	76.50	8.28	34.80	21.7	94.36	4.86	0.79	-	16.72	232.5
MS 011.5	77	31.16	2.69	76.20	8.31	34.69	16.4	95.90	3.00	1.10	-	23.39	68.5
MS 011.7	56	30.73	2.50	80.10	8.40	34.38	23.5	93.09	3.76	3.15	-	13.48	64.8
MS 011.11	23	30.64	2.50	81.80	8.45	34.26	23.4	93.79	3.92	1.16	1.13	18.46	86.0
MS 012.4	129	30.90	2.28	74.90	8.32	34.80	19.2	94.19	4.36	1.45	-	16.22	71.8
MS 015.1	440	-	-	-	-	-	24.2	93.69	5.37	0.73	-	15.36	246.8
MS 015.3	377	-	-	-	-	-	21.1	93.76	5.48	0.76	-	15.02	189.9
MS 015.5	258	-	-	-	-	-	18.1	92.30	5.77	1.01	-	13.61	179.1
MS 015.7	178	-	-	-	-	-	24.2	92.17	6.60	1.03	-	12.08	279.0
MS 015.9	107	-	-	-	-	-	21.2	92.68	6.38	0.95	-	12.65	167.3
MS 020.1	96	-	-	-	-	-	21.8	81.67	17.12	0.93	-	4.52	256.1
MS 020.4	96	-	-	-	-	-	21.8	91.24	7.46	1.10	-	10.65	245.8
MS 021.1	104	-	-	-	-	-	13.7	91.31	7.13	1.07	-	11.14	160.2
MS 021.3	100	-	-	-	-	-	24.3	90.92	7.95	1.12	-	10.02	214.3
MS 021.5	78	-	-	-	-	-	21.7	91.62	7.35	1.03	-	10.94	224.2
MS 021.7	55	-	-	-	-	-	22.5	69.75	6.80	1.45	-	8.76	215.9
MS 021.9	40	-	-	-	-	-	22.9	90.81	7.90	1.29	-	9.88	201.7
37	0	-	-	-	-	-	1.0	100.00	-	-	-	-	-

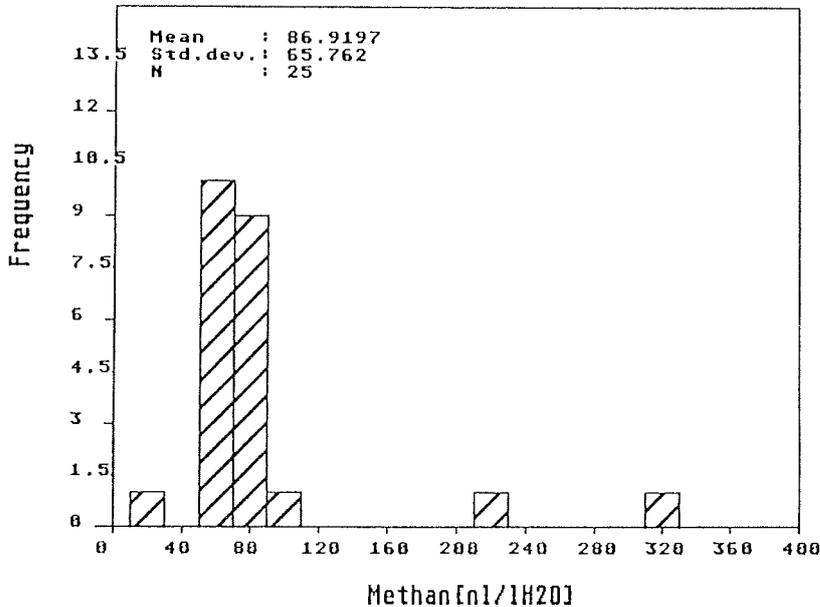


Abb. 39. Methankonzentration in Seewasserproben nahe Kolbeinsey.

Erste Beurteilung der gasanalytischen Untersuchungen

Die während des Fahrtabschnitts gewonnenen Background-Methan-konzentrationen des "normalen" Seewassers (< 100 nl/L) sind im Mittel ungefähr um das zwei- bis dreifache höher als die, welche in der Vergangenheit oft von anderen Untersuchungsgebieten berichtet wurden. Die Ursache für die während dieser Reise gemessenen höheren Methan-Background Werte ist vermutlich in der Anwendung einer für anschließende Isotopenuntersuchungen modifizierten (fraktionierungsfrei entgasenden) Methode begründet. Es ist aus Voruntersuchungen bekannt, daß mit der hier eingesetzten Ultraschall-Methode zwei- bis dreifach höhere Ausbeuten erzielt werden, als bei der Entgasung mittels Helium-stripping.

Nimmt man den niedrigsten gemessenen Gehalt an Methan von 31 nl/L, wie er an Station MS10 in der Probe 5 gemessen wurde als Background-Wert für normales nicht hydrothermal beeinflusstes Seewasser an (dieser Wert ist auch vergleichbar mit in der Literatur beschriebenen Methankonzentrationen in normalen Tiefseegebieten), kann folgendes festgestellt werden:

Anomal hohe Methangehalte wurden in den beiden tiefsten Proben der Station MS11 nachgewiesen. Hier nehmen die Konzentrationen von 86 nl/L in einer Tiefe von ca. 23 m bis auf 332 nl/L in einer Tiefe von ca. 112 m zu. Die Verhältnisse Methan/(Äthan+Propan) sind generell niedrig und sprechen daher nicht für eine bakterielle Entstehung der Spurengase. Daraus wird geschlossen, daß die nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe entweder aus der thermokatalytischen Zersetzung von sedimentärem organischem Material, oder aber hydrothermalen Ursprungs sind. Das offensichtliche Fehlen von Sedimenten in diesem Gebiet läßt eine hydrothermale Entstehung des Metans wahrscheinlicher erscheinen. Es sind Isotopenanalysen an den gewonnenen Gasen geplant, die Aufschluß über die Genese geben sollen.

Die spurengasanalytischen Untersuchungen der Raumluft und des Leitungswassers an Bord der "Polarstern" weisen darauf hin, daß zu bestimmten Zeiten Kontaminationen des Probenmaterials sehr wahrscheinlich sind. Es konnte hierbei nicht mit letzter Sicherheit nachgewiesen werden, welche Kohlenwasserstoffe in der Raumluft und den Leitungswasserproben die Kontamination verursachen. Allerdings sind die Retentionszeiten dieser peaks nahezu identisch mit denen von Methan und Äthan. Das parallele Auftreten von hohen Konzentrationen in den Seewasserproben, der Raumluft, sowie dem Leitungswasser (welches zum Betrieb einer Wasserstrahlpumpe und

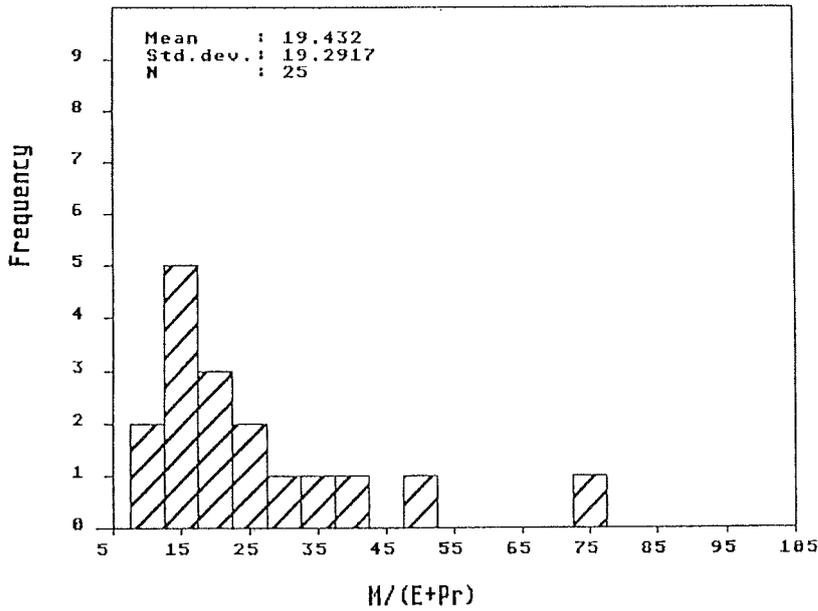


Abb. 40. Verhältnis Methan zu Äthan + Propan in Seewasserproben nahe Kolbeinsey.

Fig. 40. Relationship of methane to ethane + propane in sea water samples off Kolbeinsey.

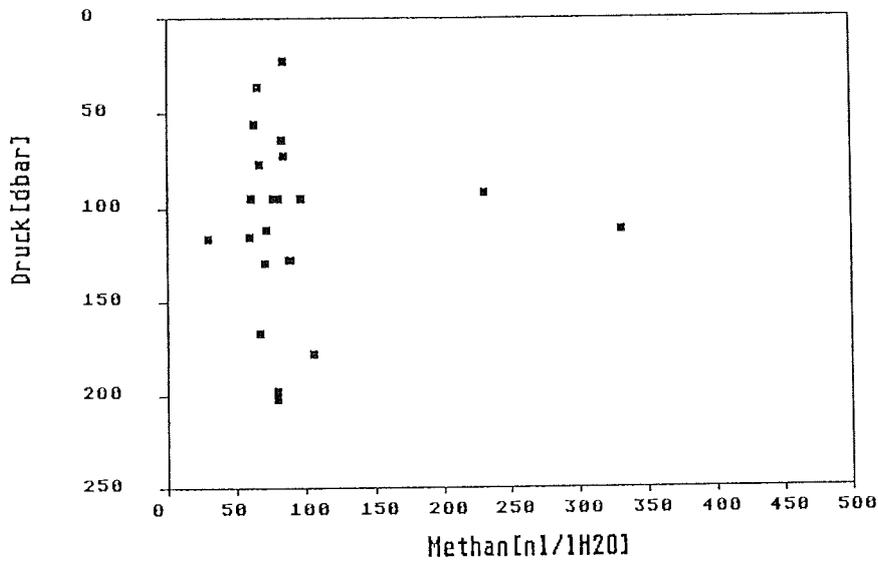


Abb. 41. Methanvorkommen in Relation zu Wassertiefe in Seewasserproben nahe Kolbeinsey.

Fig. 41. Relationship between methane and water depth in sea water samples off Kolbeinsey.

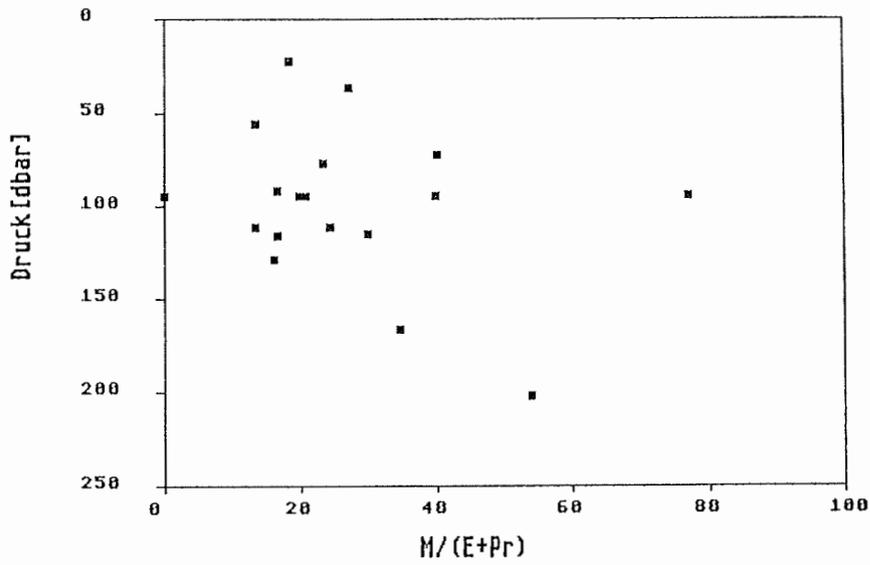


Abb. 42. Verhältnis Methan zu Äthan + Propan in Relation zu Wassertiefe in Seewasserproben nahe Kolbeinsey.

Fig. 42. Methane to ethane + propane relationship against water depth in sea water samples off Kolbeinsey.

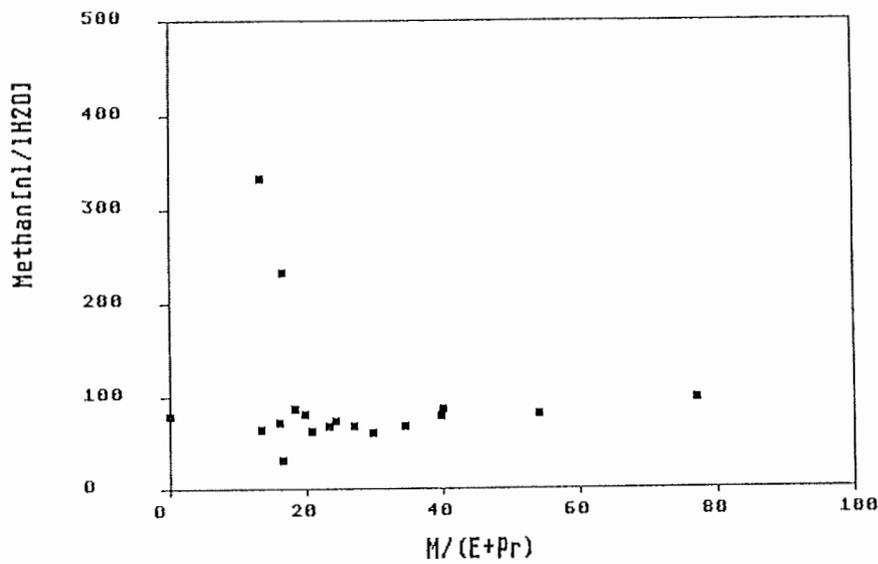


Abb. 43. Verhältnis Methan zu Äthan + Propan in Relation zu Methankonzentration in Seewasserproben nahe Kolbeinsey.

Fig. 43. Methane to ethane + propane relationship against methane concentrations in sea water samples off Kolbeinsey.

zum Ansetzen von Sperrflüssigkeit verwandt wurde) macht es daher wahrscheinlich, daß die relativ hohen Konzentrationen an Methan und auch höheren Kohlenwasserstoffen in Wasserproben der Stationen MS15 bis MS41 auf Kontamination zurückzuführen sind.

2.3.2.5 Petrographie der Vulkanite (C. Devey, H. Bäcker, R. Mühe, P. Stoffers)

Einleitung

Das Ziel unserer Arbeit an Bord "Polarstern" war eine erste petrographische Ansprache und Beschreibung der gewonnenen vulkanischen Gesteine.

Island ist der einzige Ort auf der Welt, an dem ein mittelozeanischer Rücken (der Atlantische Rücken) über den Meeresspiegel auftaucht. Die vulkanischen Gesteine Islands zeigen höhere Sr-Isotopenverhältnisse und sind vergleichsweise in den leichten Seltenen Erden angereichert gegenüber den typischen mittelozeanischen Rücken-Basalten (MORB): Noch in weitem Abstand zu Island verläuft sowohl nördlich als auch südlich der ozeanische Rücken in geringer Wassertiefe und taucht nur langsam tiefer ab. In dem Maße wie der Rücken südlich Island ins Meer abtaucht, nähern sich seine Gesteine geochemisch wieder den MORB an. Im Norden hingegen findet man schon unmittelbar vor der Küste Islands am Kolbeinsey-Rücken ganz normale MORB, obwohl der Rücken hier in ca. 100 m Tiefe anzutreffen ist. Die Klärung der Frage, warum solche typischen MORB-Gesteine im Bereich dieses sehr flachen Rückensegmentes auftreten, ist das Hauptziel der geplanten geochemischen und petrographischen Untersuchung.

Gesteinsbeschreibung

Die Proben gliedern sich in Vulkanite, vulkanoklastische Krusten und eisverfrachtete, gerundete Gerölle. Hydrothermale Präzipitate, wie Sulfide etc., wurden nicht gefunden.

Vulkanite aus Dredgen

Die gedregten Vulkanite sind überwiegend einsprenglingsfrei und reich an Gasblasen, deren Durchmesser bis ca. 3 cm im Maximum, im Durchschnitt 1 bis 4 mm beträgt. Die Gesteine sind massig; plattige oder Kissen-Typen (37 DC) treten selten auf. In zwei Fällen (29 und 36 DC) fanden sich handstücksgroße Aa-Laven-Typen, die aufgrund ihrer geringen Gesteinsfestigkeit äußerst zubrechlich

sind. Bei ca. zwei Drittel der Proben ist eine Glaskruste ausgebildet und sie kann bis 1 cm mächtig sein. Der biogene Bewuchs der Proben läßt diese Glasrinde mitunter fast unsichtbar werden. Zwei Proben, 5 und 31 DC, führen Plagioklas (Durchmesser bis 10 mm) als Einsprenglingsmineral. Die Probe 31 DC kann als stark porphyrisch bezeichnet werden (bis 30 Vol.-% Einsprenglinge).

Der Zustand der Proben ist mit wenigen Ausnahmen (13 und 22 DC) frisch. Auf Abkühlungsrissen treten nur hin und wieder in geringen Mengen die für submarine Vulkanite charakteristischen Smektit- und Eisenmineral-Beschläge auf. In den Gesteinsblasen finden sich, außer gelegentlichem biogenen Bewuchs, keine sekundären Mineralien. Eine geochemische Klassifizierung der Proben im Heimatlabor erscheint daher möglich. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die gefahrenen Dredge-Stationen und die Gesteinsproben.

Vulkanite der Insel Kolbeinsey

Die Insel Kolbeinsey ist, in ihrem aus dem Wasser ragenden Teil, aus vulkanischem Gestein gebildet und erstreckt sich von N nach S etwa 30 m, von O nach W etwa 25 m (Diese Werte gelten nur für den Zeitpunkt der Beprobung zu Niedrigwasser). Zwei, etwa 5 Meter voneinander entfernte, Spaltensysteme durchziehen in N-S Streichrichtung die Insel. Der Ostteil der Insel ragt etwa 3 m höher aus dem Wasser als der Westteil. Die gesamte Insel ist aus einem mächtigen Lavafluß aufgebaut, dessen Fließrichtung ca. N-S ausgerichtet war. Die N-S verlaufenden Felswände zeigen viele übereinander geschichtete, kissenähnlich geformte Einzelströme von jeweils 2 - 3 m Erstreckung und bis max. 50 cm Mächtigkeit. Die Ströme sind an ihrer Basis und im Mittelteil sehr gasblasenreich, während sie im Hangenden eine bis 10 cm mächtige Abkühlungsrinde tragen, welche gasblasenfrei ist. Die Vulkanite führen makroskopisch keine Einsprenglinge.

Wo gasblasenreiche Partien dem Wasser und der Atmosphäre ausgesetzt sind, zeigen sie als Folge ihrer sehr großen Oberfläche eine tiefgehende Verwitterung. Die Verwitterung der Gesteine erfaßt vollständig die ehemals glasige Grundmasse, die jetzt häufig aus Smektiten und Eisenoxy-hydroxiden besteht. Das überschüssige Eisen wird in Form von Nadeleisenerz (oder auch Hämatit?) zusätzlich in den Gasblasen abgelagert.

Vulkanoklastische Krusten

Die erste Dredge (3 DC) enthielt handtellergroße Krusten und bis eigroße, gerundete vulkanoklastische Gesteinsbrocken. In einer grünlichen, feinkörnigen Matrix schwimmen bis 1 cm große Klaster überwiegend vulkanischen Ursprungs (Glaspartikel), sowie biogene Komponenten. Einige größere Gerölle (bis 5 cm Durchmesser) ragen teilweise aus der Kruste heraus. Sie bestehen aus dunklen, feinkörnigen Vulkaniten. Ob bei der Entstehung der Krusten hydrothermale Bildungsbedingungen vorherrschten, kann hier noch nicht entschieden werden.

Eisdrift-Gerölle

In der Dredge 37 DC fanden sich zahlreiche bis faustgroße eistransportierte Gerölle. Beim Aufsägen ergaben sich ausschließlich feinkörnige, zum Teil stark angewitterte Vulkanite basaltischer Natur.

Tab. 9. Gedredgte Gesteine.

Tab. 9. Collected rock samples

Stnr.	Gesteinsansprache	Wassertiefe
3 DC	vulkanoklast. Krusten, grünlich verwittert	220 m
5 DC	porphyrisch (Plagioklas), blasenreich, klein	56 m
13 DC	stark verwittertes, vulkanisches Material	80 m
22 DC	1. Aa-Lava-Typ, 2. blasenreich, massiv mit Glasrinde, 3. leicht alteriert, massiv	110 m
23 DC	massive Kissen-Typen mit Glasrinde	92 m
24 DC	blasenreiche Gesteine	84 m
25 DC	blasenreich, mit Glasrinde	91 m
26 DC	leer	93 m
27 DC	blasenreich, mit Glasrinde	110 m
28 DC	blasenreiche Gesteine	95 m
29 DC	1. massiv, blasenreich, 2. kleine Brocken, Aa-Lava-Typ	153 m
31 DC	stark porphyrisch (Plagioklas) mit Glasrinde	236 m
32 DC	leer	
33 DC	sehr blasenreich (< 60 Vol.-%)	131 m
34 DC	dichte Kissen-Typen, blasenfrei mit Glasrinde	150 m
35 DC	Kissen-Typ, blasenfrei mit Glasrinde	275 m
36 DC	Aa-Typ-Lava und massive Gesteine	197 m
37 DC	1. blasenfrei mit Glasrinde, 2. Eis-Drift Gerölle	170 m
40 DC	blasenreich, mit Glasrinde	

2.3.2.6 Sedimente und ihre Verteilung südlich Kolbeinsey
(W. Dorn, J. Matthiesen, J. Thiede, H.-J. Wallrabe-Adams)

Aktive mittelozeanische Rücken durchziehen das Weltmeer auf einer Länge von 60.000 km. Die unmittelbare Rückenachse, entlang derer sich kontinuierlich neuer Ozeanboden bildet, ist in der Regel sedimentfrei oder nur fleckenhaft von vulkanischen oder pelagischen Ablagerungen bedeckt, während eine zusammenhängende Sedimentdecke das ozeanische Basement erst in einiger Entfernung von der eigentlichen Rückenachse bedeckt. Über die Prozesse, die die Sedimentverteilungen im Bereich des mittelozeanischen Rückens und das Einsetzen der regelmäßigen pelagischen Sedimentation entlang seiner Flanken kontrollieren, ist nur wenig bekannt.

Am Beispiel des Kolbeinsey-Rückens, unmittelbar nördlich Islands, der durch seine geringen Wassertiefen, seine gut definierte, junge, ozeanische Kruste und seine hydrothermalen Quellengebiete bekannt war, sollten solche Sedimentverteilungen in unmittelbarer Nähe eines hydrothermal aktiven Gebietes im Bereich des Kolbeinsey-Rückens nachgewiesen werden.

Die vorgesehenen Einsätze eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs und eines für geringe Wassertiefen geeigneten Tauchbootes schienen für dieses Untersuchungsziel hervorragende Voraussetzungen zu bieten. Nachdem das Tauchboot wegen technischer Mängel nicht zum Einsatz kommen konnte, und das unbemannte Unterwasserfahrzeug seine Aufgaben für unsere Ziele nur in unzulänglichem Maße erfüllte, galt es, den oben genannten Problemen mit alternativen Methoden nachzugehen.

Für die wenigen Tage Schiffszeit, die in dem von uns ausgewählten Seegebiet nördlich von Island zur Verfügung standen, wurde daher ein Programm bathymetrischer Vermessungen (Echolot, 3,5 kHz Sedimentechograph) und der Beprobung weniger ausgewählter Positionen vorgeschlagen, das außerordentlich erfolgreich abgewickelt werden konnte, und das erlaubt, ansatzweise sowohl Sedimentzusammensetzung wie auch wichtige Muster der Sedimentverteilung in diesem morphologisch so komplexen Gebiet zu erfassen.

Bathymetrie und Sedimentverteilungen

Für die Untersuchungen zu Bathymetrie und Sedimentverteilung standen die Echolote (18 kHz) und der Sedimentechograph (3,5 kHz) der "Polarstern" zur Verfügung. Beide Systeme wurden während der gesamten Ausfahrt eingesetzt, die systematischen Untersuchungen

konzentrierten sich jedoch auf 2 längere, zusammenhängende Einsätze.

Da das verfügbare Kartenmaterial die Bathymetrie des Gebietes um Kolbeinsey nur sehr unzulänglich zeigte, galt es, zunächst eine Detailvermessung der bekannten Position der hydrothermalen Quellsysteme ($67^{\circ}05.47'N$ $18^{\circ}42.78'W$ in ca. 90 m Wassertiefe) und ihrer unmittelbaren Umgebung vorzunehmen. Für diesen Zweck wurde ein 6×3 sm großes Seegebiet ausgewählt, das südlich des Kolbeinsey-Felsens liegt und in seinem südlichen Teil noch ein morphologisch in den vorliegenden Seekarten bereits groß angedeutete Transform-Verwerfung überdecken sollte. Das Meßgebiet war so geplant, daß das Gebiet mit den hydrothermalen Quellen, das uns bereits auf der Anreise von isländischen Kollegen in Reykjavik im Film vorgestellt worden war, in seiner nordwestlichen Ecke lag. Das Profilnetz bestand aus 8 Nord-Süd und 10 Ost-West verlaufenden Meßstrecken, die in 0,5 - 1 sm Abstand voneinander lagen und eine grobe Übersicht über Bathymetrie und Sedimentverteilung im Untersuchungsgebiet geben sollten.

Sedimente konnten in einzelnen, kleinräumigen, isolierten Flecken nur im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes beobachtet werden (s.a. 2.3.2.2).

Eine erste, sehr vorläufige Darstellung der bathymetrischen Aufnahme wird in Abbildung 33 gegeben. Die Morphologie der "Spreading"-Achse zwischen der Insel Grimsey im Süden und dem Kolbeinsey-Felsen ist durch geringe Wassertiefen und den vermutlich raschen Wechsel von kurzen Segmenten der aktiven "Spreading"-Zone mit relativ kleinen Transform-Verwerfungen gekennzeichnet. Im eigentlichen Meßgebiet erhebt sich in einem Seegebiet mit < 300 - < 500 m Wassertiefe ein in großen Zügen Nord-Süd verlaufender 2 - 3 sm breiter Sockel, mit durchschnittlichen Wassertiefen um 200 m und flacher. Er wird im südlichen und nördlichen Teil von vermutlich vulkanischen, in Wassertiefen < 100 m aufragenden Kegeln überragt. Die Morphologie deutet eine Segmentierung des vermessenen Gebietes in 5 - 6 Blöcke an, die durch etwa Ost-West verlaufende Grenzen voneinander getrennt werden, und die auf eine intensive tektonische, durch andere Meßmethoden kaum erfaßbare Zerstückelung des eigentlichen Rückengebietes schließen lassen. Daß das vorhandene Meßnetz für eine genaue Aufnahme der Morphologie viel zu grob ist, wird durch die Tatsache verdeutlicht, daß der bis auf < 100 m aufragende Peak an der angegebenen Position des nur 100×200 m großen, sehr flachen Gebietes mit der bekannten hydrothermalen Aktivität hier nicht erfaßt worden ist.

Das zweite Meßgebiet wurde erst am letzten Arbeitstag aufgesucht und sollte dazu dienen, Bathymetrie und Sedimentverteilung südwestlich des Kolbeinsey-Felsens in einem sich Ost-West quer zur Rückenachse erstreckenden, 10 sm langen und 3 sm breiten Meßgebiet zu erfassen. Ein Teilstück der südlichsten Meßstrecke ist in Abbildung 44 wiedergegeben, da es in seinen wesentlichen Zügen den 3 anderen Profilen ähnelt. Die eigentliche Rückenachse bricht nach W steil über 150 - 200 m Wassertiefe ab und geht mit einer morphologisch komplexen Zone in das > 300 - > 500 m tiefe Gebiet westlich des Kolbeinsey-Rückens über. Auf dem in Abbildung 10 dargestellten Teilprofilen wird diese Zone durch ein etwa 100 m tiefes und 0,7 - 1 sm breites Tal gekennzeichnet, an das sich nach Westen eine Reihe kleiner Hügel anschließt. In diesem Gebiet beginnt abrupt, nach Westen an Mächtigkeit bis auf < 10 m zunehmend, eine vollständige Sedimentbedeckung der vulkanischen Gesteine der Rückenflanke. Durch welche Prozesse die östliche Begrenzung der Sedimentbedeckung, die in ähnlich scharf abgegrenzter Form auch auf den 3 anderen Teilprofilen gefunden wurde und die ihr Äquivalent auf der östlichen Rückenflanke hat, hervorgerufen wird, ist bisher ungeklärt.

Sedimente und ihre Zusammensetzung

Wegen der wenigen verfügbaren Schiffstage konnte kein umfangreiches, systematisches Programm zur Beprobung der Sedimentoberfläche durchgeführt werden. Um einen Ansatz zur Beschreibung der Sedimentverteilungen zu gewinnen, wurden daher nur große Kastengreifer gezogen, die sich in ihren Positionen (Tab. 5) auf ein Profil westlich und südlich des Kolbeinsey-Felsen (Station 14 - 17) und 2 nach den Side-Scan-Sonar-Profilen (s. 2.3.2.2) ausgewählte Vorkommen von Sedimenten im engeren Untersuchungsgebieten beschränken. Wegen der wenigen zur Verfügung stehenden Zeit, konnten die Kastengreifer nur geöffnet, im Detail beschrieben und für weitere Untersuchungen beprobt werden. Zusätzlich wurden in einigen Dredgen Sedimente ("Basaltsande"), z.T. aber auch nicht-basaltische, offensichtlich eistransportierte kristalline Gesteine gewonnen.

Die Kastengreiferproben zeigen eine systematische Änderung der Sedimentzusammensetzung von reinen Basaltsanden (Mittel- bis Grobsand) im eigentlichen Untersuchungsgebiet zu fast reinen, siltig-tonigen grau-grünen terrigenen Schlämmen an der Flanke des Rückens. Alle beprobten Lokalitäten sind zusätzlich durch reiches benthisches Leben gekennzeichnet, das von den biologischen Arbeitsgruppen dieser Ausfahrt bearbeitet wird.

Im Einzelnen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

13014-1: Dunkelgelblichbraune Oberfläche von Sedimenten, die hauptsächlich aus tonig-siltigen terrigenen Schlämmen bestehen. In 5 cm Tiefe geht die Sedimentfärbung in ein Olivgrau über, das Sediment bleibt aber sehr homogen in seiner Zusammensetzung. Es ist über die ganze Tiefe verwühlt, z.T. wurden noch lebende Tiere ("Würmer") im Sediment gefunden.

13015-2: Auf der Oberfläche wurde eine dünne Lage sehr dunklen basaltischen Sandes (? vulkanische Asche) gefunden, die intensiv durch Bioturbation mit darunter liegenden terrigenen Schlämmen verwühlt ist. In Tiefe 4 - 9 cm fand sich eine weitere Lage dunklen basaltischen Sandes (Mittel- bis Grobsand), der wiederum von einer 9 cm mächtigen Lage terrigenen Siltes unterlagert wird, der nach unten noch einmal mit einem scharfen Kontakt an einen groben dunklen Sand grenzt.

13016-1: dunkelbrauner siltiger Ton mit viel Makrobenthos. Eine obere, nur 1 - 2 cm mächtige Lage ist stark bioturbiert und wird im Liegenden durch eine zerbrochene olivbraune, 1 - 2 cm mächtige Kruste begrenzt, die eine sehr unregelmäßige Oberfläche aufweist. Diese Kruste überlagert eine Schicht homogenen, relativ groben basaltischen Sandes mit zahlreichen Molluskenbruchstücken.

13018-1. Schwarzer Basaltsand, ausgewaschen und mit einem dünnen Schleier grau-grünlichen tonigen Materials überzogen. Wenige Foraminiferen (Pyrgo) und Mollusken.

13019-1: Dunkelgrauer, ausgewaschener Basaltsand mit einem Schleier grünlichen tonig, siltigen Materials. Im unteren Teil des Kastengreifers ein "Muschelpflaster" mit zahlreichen angelösten, aber sonst gut erhaltenen, großwüchsigen *Mya truncata*, *Pecten* sp., etc.

Die Kastengreifer, die ungestörte Sedimentabfolgen enthielten, wurden im Detail für folgende Spezialuntersuchungen beprobt, die in Kiel (GIK, GEOMAR) und Bremerhaven (AWI) nach Rückkehr des Schiffes durchgeführt werden: Wassergehalt, CaCO₃, TOC, benthische Foraminiferen und andere Mikrofossilien, Geochemie, Sedimentologie, Mineralogie, Stratigraphie.

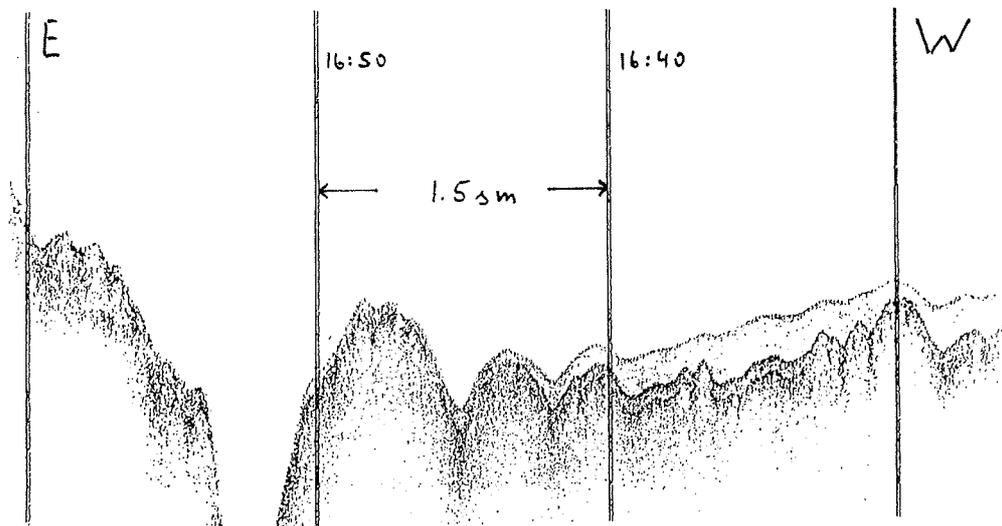


Abb. 44. Sedimentechographenaufnahme (3,5 kHz) eines Teils des südlichsten von Westen nach Osten verlaufenden Teilprofiles.

Fig. 44. Sediment echosoundings (3.5 kHz) from the southernmost west - east profile.

3. ARK V/2, REYKJAVIK - TROMSÖ
06.06.88 - 04.07.88

3.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf (J. Meincke)

Der zweite Fahrtabschnitt diente interdisziplinären Arbeiten in der westlichen Grönlandsee und in der Framstraße zwischen Spitzbergen und Grönland. Die Arbeiten in der Grönlandsee sind ein Beitrag zum internationalen Grönlandsee-Projekt, in dessen Mittelpunkt die saisonale Erfassung des physikalischen, chemischen und biologischen Zustandes der Grönlandsee steht. Ziel dieses Projektes ist die Klärung der Rolle, die die Grönlandsee aufgrund der tiefreichenden Konvektion während der Wintermonate im globalen Klimasystem spielt. In direktem Zusammenhang damit sind die bereits seit 1983 laufenden Messungen in der Framstraße zu sehen, aus denen die Schwankungen des Wassermassenaustausches zwischen dem Arktischen Ozean und dem Europäischen Nordmeer analysiert werden sollen.

Das Schiff verließ Reykjavik am 6. Juni und lief durch die Dänemarkstraße und die Islandsee in die westliche Grönlandsee, wo am 9. Juni mit den hydrobiologischen Arbeiten auf Schnitten senkrecht zum grönländischen Kontinentalabfall begonnen wurde. War zunächst die Eisbedeckung im Gebiet des Jan-Mayen-Stromes ungewöhnlich dicht und weit nach Osten ausgedehnt, so wurde sie auf den Schnitten zwischen 74 und 78°N unerwartet leicht und anfängliche Zeitverluste konnten ausgeglichen werden. Eine besondere Hilfe für die Routenplanung stellte das erstmalig an Bord eingesetzte, hochauflösende Satellitenbild-Empfangssystem dar: Unter Ausnutzung von Wolkenlücken konnten so detaillierte Eisbilder gewonnen werden, die für die aktuelle Nautik verwendbar wurden. Leider waren weite Zeiträume des Fahrtabschnittes von großräumig geschlossenen Wolkenfeldern begleitet. Dann mußte, soweit wegen Nebels möglich, auf die traditionelle Eisauflklärung durch den Hubschrauber zurückgegriffen werden.

Bis 24. Juni konnte das Netz der Stationen des Grönlandsee-Projektes im eisbedeckten Teil der Grönlandsee abgearbeitet werden. Zusammen mit den von der "Valdivia" in der ersten Juni-Hälfte durchgeführten Stationen war damit das international abgestimmte Stationsnetz für den Sommer 1988 vollständig bearbeitet. Weiterhin waren 9 der im vergangenen Jahr ausgelegten 11 Strommesser-Verankerungen geborgen sowie 7 von 13 neuen Systemen ausgelegt worden.

Es verblieben die Arbeiten auf dem Framstraßen-Schnitt sowie Verankerungsarbeiten im eisfreien Teil der Grönlandsee. Eingeschoben wurde die Erprobung eines semipelagischen Netzes unmittelbar vor der Küste Spitzbergens und die Abholung von zwei Wissenschaftlern mit einem neuentwickelten CTD-System durch den Hubschrauber von Longyearbyen. Die anschließende Bearbeitung des Framstraßen-Schnittes und die weiteren Verankerungsarbeiten verliefen zügig. So wurde die letzte Station, die als Intercalibration-Station des Grönlandsee-Projektes festgelegt ist, am Morgen des 3. Juli erreicht. Das ebenfalls am Grönlandsee-Projekt beteiligte norwegische Forschungsschiff "Haakon Mosby" hatte die Station kurz vor der "Polarstern" erreicht. Nach Übergabe von Doppelproben zur Analyse auf "Polarstern" nahmen beide Schiffe Kurs auf Tromsø. "Polarstern" machte dort am 4. Juli nachmittags fest.

3.2 Summary and Itinerary (J. Meincke)

The second cruise leg comprised interdisciplinary work in the western Greenland Sea and in the Fram Strait between Spitsbergen and Greenland. It is a contribution to the international Greenland Sea Project, focussing on the seasonal description of the physical, chemical and biological status of the Greenland Sea. The aim is to understand the role the Greenland Sea plays in the global climate because of its deep convection in winter.

The vessel left Reykjavik on June 6. After passing through Denmark Strait and the Iceland Sea the work on hydro-biological sections normal to the Greenland continental slope was resumed at 72 degrees north. Interrupted by recoveries and deployments of moored current meter systems, five sections were completed under varying ice-conditions by June 24 at 78°N. A newly installed satellite-receiving system for high-resolution images of the sea-ice distribution proved to be an extremely useful tool for avoiding severe ice-passages, provided cloud-free or only partly cloud-covered skies. Unfortunately conditions with complete cloud-coverage prevailed throughout the cruise leg, thus the helicopter had to be used frequently for ice reconnaissance.

The completion of the station-grid in the ice-covered part of the Greenland Sea on June 24 also meant the completion of the internationally agreed set of stations for the summer 1988 under the Greenland Sea Project, since RV "Valdivia" had worked all stations in the ice-free part of the Greenland Sea during the first half of June.

Following a trial on a new semi-pelagic trawl close to the west coast of Spitsbergen the remaining period was used to work a hydro-biological section across Fram Strait along 79°N and then complete the recoveries and deployments of current meters in the central and eastern part of the Greenland Sea. As a last station "Polarstern" occupied the so-called "Intercalibration"-station for the Greenland Sea Project on July 3 jointly with RV "Haakon Mosby", which by that time had also finished its participation in the project. Upon completion both vessels set course for Tromsø, where "Polarstern" arrived in the afternoon of July 4.

3.3 Berichte der Arbeitsgruppen

3.3.1 Physical Oceanography (E. Fahrbach, J. Breitenbach, J. Costello, C. Darnell, U. Drübbisch, F. Larisch, M.C. Johnson, P. Mahnke, J. Meincke, C. Meinke, V. Rehberg, M. Schröder, K. Schulze, E. Schütt, M. Walter, H. Witte)

The aim of the physical oceanography program was to obtain appropriate data to allow a better understanding of the circulation and water mass formation in the Greenland Sea. The required data set consists of long term direct current measurements by means of moored instruments and of measurements of water mass characteristics and stratification by means of CTD-probes. The obtained data set will be used together with data collected by a number of other ships of various nations involved in the Greenland Sea Project.

Besides the scientific aim of the cruise, some instrumental tests were carried out. Namely SIS electronic reversing thermometers and pressure meters were compared with the CTD and reversing mercury thermometers. Two CTDs manufactured by Salzgitter Elektronik GmbH were tested. The CTD tests are not yet evaluated.

Water mass census work

The oceanographic work was dominated by CTD-measurements which will permit a water mass census of the Greenland Sea. In this respect, a set of 74 standard stations were established by scientists involved in the Greenland Sea Project. Those stations should be repeated in a seasonal sequence. "Polarstern" worked simultaneously with "Valdivia" to acquire the first set of observations during summer. The stations located in the East Greenland ice

belt were measured by "Polarstern"; the ones in the open water by "Valdivia".

"Polarstern" contributed with 33 profiles to the water mass census. The profiles were run with a Neil-Brown Mark III CTD to the bottom with an average horizontal distance of about 60 nm. The station distance was reduced on three sections perpendicular to the East Greenland continental slope by profiles reaching to 500 db. Across Fram Strait a narrow spaced section was run with 19 stations. It resulted in 74 profiles altogether. The CTD work is summarized in Table 9 and Figure 45.

Preliminary data are presented on five sections across the East Greenland slope and one across Fram Strait (Figs. 46 to 51). A quasi-meridional section is shown in Figure 52. The data are preliminary because no laboratory nor in-situ-calibration is yet applied. Whereas the temperature and pressure corrections due to pre- and post cruise calibrations are relatively small and will not affect the structures to be observed in the sections, the corrections due to the in-situ-salinity intercomparison might have some effect. The corrections are depth dependent and represent a significant time variability. To give an impression of the changes to be expected we show the differences between the CTD and bottle salinities for three levels in Figure 53. Because of the post cruise lab-calibrations of temperature and pressure we expect slight changes of these data as well.

The sections show the familiar water masses of the Greenland Sea. The surface layers consist of cold and fresh Polar Water west of the Polar Front and more saline Arctic Surface Water east of it. The underlying temperature minimum can be attributed to Polar or Upper Arctic Intermediate Water. Below this layer temperature and salinity maxima reveal the presence of the Lower Arctic Intermediate Water due to the Return Atlantic Current. Leaning against the slope a slight salinity maximum between 1200 and 2000 dbar indicates the influence of the Arctic Ocean Deep Water. Greenland Sea Deep Water represents the largest volume of the observed water masses.

In the Fram Strait section Atlantic Water of the West Spitzbergen Current dominates the near surface layers with its pronounced salinity and temperature maxima. In intermediate levels of about 800 to 1000 m depth, plumes of high saline waters emanating most likely from the fjords of the Svalbard coast are visible as salinity maxima. Figure 54 presents a typical profile.

Current meter mooring work

The study of the circulation of the Greenland Sea by means of long time series of directly measured current is one of the major objectives of the Greenland Sea Project. With regard to this aim 11 current meter moorings which were deployed in summer 1987 were recovered (Tab. 10) and 13 new ones were laid (Tab. 11). The locations of the moorings are depicted in Figure 55. In two of the moorings an acoustic Doppler Current Profiler was mounted and in an additional one an upward looking sonar.

The mooring work proceeded without particular problems except for the recovery of mooring AWI 403. This mooring was encountered at 12 June in the ice about 200 km southeast of its supposed position.

The data showed that it surfaced at 16 March. It broke at a shakel, connecting a sediment trap to the flotation and the mooring cable most likely due to corrosion. As the flotation of the sediment trap was not enough to carry the trap and the release to the surface, they were both lost.

The data recovery rate of the meters is about 80 %. Four of them failed due to mechanical problems in the meters. The batteries blocked the encoder wheels after their fasteners were loosened due to vibrations. All the others meters did not show any problems.

The preliminary evaluation of the moorings on the East Greenland shelf and slope provides some statistics on the East Greenland Current (Tabs. 12 - 14). The mean currents are shown in Figure 56. The time dependence of the temperature field is depicted on isopleth-diagrams derived from the records of four thermistor cables. Figure 57 presents the records obtained at two moorings in 57 km distance along the continental slope and Figure 58 the ones of two moorings in 61 km distance perpendicular to the slope.

Instrumental tests

Electronic reversing thermometers and pressure meters

Whenever it was possible electronic reversing thermometers and pressure meters manufactured by SIS (Sensoren-Instrumente-Systeme), Kiel, were mounted on the rosette sampler. After an initial period, when protected and unprotected Kahl mercury reversing thermometers from Scripps Institution of Oceanography were used in four levels to ascertain the reliability of the CTD,

only one rack was maintained. Three other racks were filled with electronic reversing instruments. As often as possible several bottles were tripped in the same level to allow for the intercomparison between the mercury and the electronic instruments.

A certain number of intercomparisons failed because the linejard of one of the thermometer racks would jam between the bottles. Those data were evident because of systematic differences between the three electronic instruments and the CTD and were excluded from the calculations.

The test was carried out with 10 thermometers and 6 pressure meters. Overall 216 pressure and 257 temperature intercomparisons were evaluated. Two thermometers and three pressure meters failed during the observation period.

The accuracy of the CTD temperatures and pressures is supposed to be better than ± 0.003 K and ± 2 dbar with the lab-calibration applied. The reversing thermometers are accurate to ± 0.002 K excluding reading errors. According to the manufacturer the accuracy of the electronic thermometers is within ± 0.01 K. Two types of pressure meters were used, the H-type with an accuracy of $\pm 0.3\%$ of full scale and the S-type with $\pm 0.1\%$ of full scale or ± 18 or 6 dbar respectively.

The results of the thermometer intercomparisons are given in Table 15. All mean differences are significantly smaller than 0.01 K and consequently fit the specifications given by the manufacturer. However 80 % of the differences are below 0.002 K. The standard deviations are typically 0.002 K and less. Only one thermometer scattered by 0.004 K which is still within the range of its expected accuracy. Two instruments were subject to a time drift with 0.0020 K per 17 days and 0.0009 K per 3 days.

The intercomparison of the CTD-temperatures with 56 observations from mercury reversing thermometers resulted in a mean difference of -0.001 K. However the standard deviation with 0.006 K is much higher than the one observed with the electronic instruments. This reflects most likely the much smaller possibility of misreadings using a digital display in comparison to the interpolation between graduation marks.

The good agreement in the mean temperatures of three different types of instruments is an indication not only for the quality of the instruments, but also for the reliability of the calibration pro-

cedures, because all instruments were subject to lab-calibrations which have had a significant influence on the results.

The intercomparisons of the pressure meters show similar results. All instruments correspond better to the CTD-pressures than expected according to manufacturers specification. The electronic meters showed a difference of less than 6 dbar to the CTD-pressures. This was significantly smaller than the ones obtained from protected and unprotected thermometers. The standard deviations of the electronic instruments reached with 3 dbar only 50 % of the ones obtained with thermometers. There was no significant difference between the H-type and S-type electronic pressure meters. No instrument showed a significant time drift.

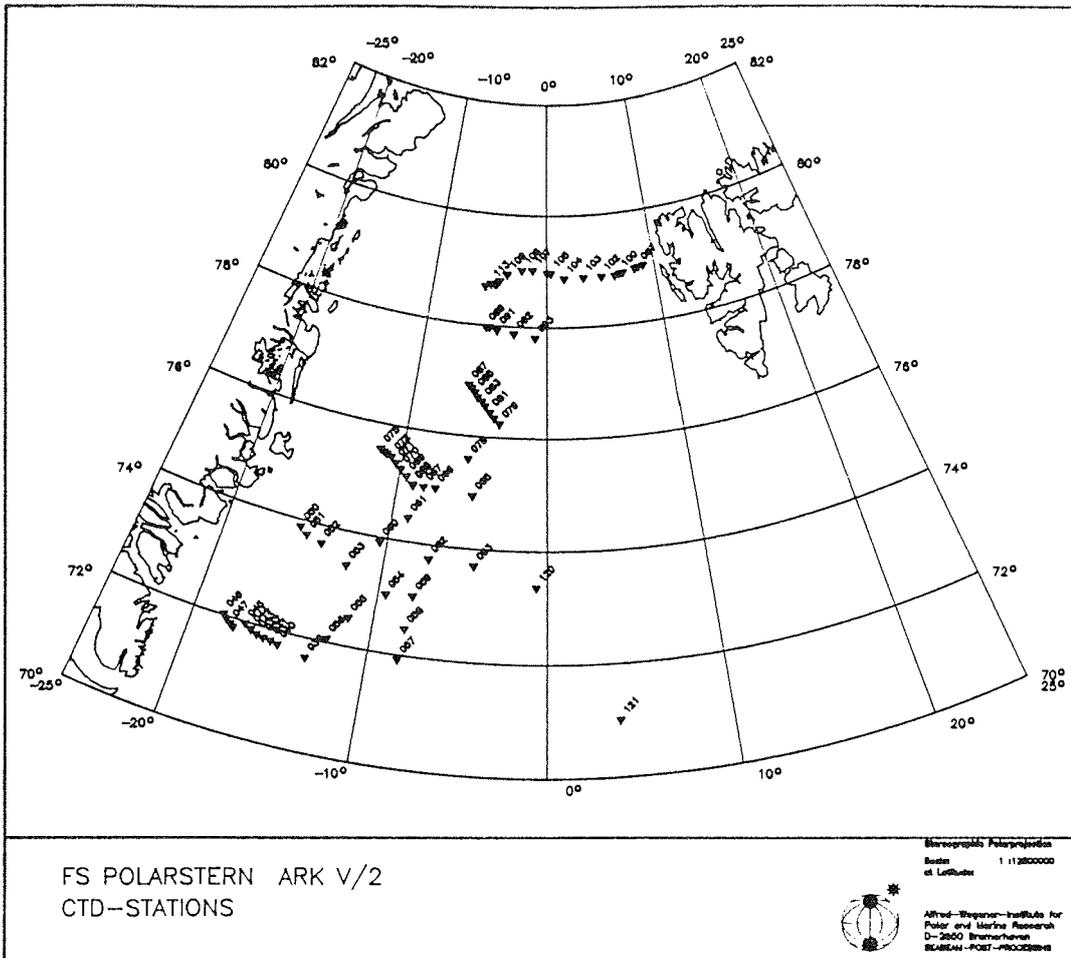


Fig. 45. CTD-stations.

Tab. 9. Station list of CTD-Profiles.

Nr.	Stat.	Date	Time	Depth	Pmax	Lat.	Lon.	G
001	03801	08-06-88	13.12	1348	500	69 49.0 N	16 50.2 W	
			13.20	1340				
			14.02	1340		69 49.0 N	16 49.9 W	
----- Section F -----								
002	03902	09-06-88	05.44	1785	1760	71 39.7 N	13 19.2 W	
	G1		06.35	1782				
			08.10	1782		71 39.3 N	13 19.0 W	
003	04003	09-06-88	13.48	870	867	71 45.7 N	14 59.3 W	
			14.03	875				
			14.58	886		71 45.8 N	14 58.4 W	
004	04104	09-06-88	18.02	1019	518	71 47.7 N	15 24.9 W	
			18.15	1090				
			19.05	991		71 47.1 N	15 23.9 W	
005	04205	09-06-88	21.11	1066	505	71 48.7 N	15 49.7 W	
			21.24	1067				
			22.07	1070		71 48.6 N	15 50.2 W	
006	04306	10-06-88	00.04	1112	1099	71 50.4 N	16 14.5 W	
	F4		00.23	1110				
			01.25	1105		71 50.5 N	16 13.2 W	
007	04407	10-06-88	03.22	1448	534	71 53.9 N	16 37.1 W	
			03.43	1453				
			04.24	1400		71 54.0 N	16 36.3 W	
008	04508	10-06-88	07.00	1721	1706	71 58.1 N	17 00.5 W	
	F3		07.25	1720				
			08.40	1717		71 56.6 N	17 02.6 W	
009	04609	10-06-88	11.25	1578	500	71 50.8 N	17 35.5 W	
			11.45	1572				
			12.34	1571		71 50.7 N	17 35.9 W	
010	04710	10-06-88	14.45	1315	1289	71 53.3 N	17 48.3 W	
	F2		15.20	1322				
			16.24	1345		71 51.6 N	17 44.1 W	
011	04811	10-06-88	19.19	926	500	71 56.7 N	18 05.1 W	
			19.28	942				
			20.10	904		71 56.4 N	18 07.6 W	
012	04912	10-06-88	22.20	415	420	72 01.0 N	18 18.4 W	
	F1		22.30	420				
			23.10	428		72 00.2 N	18 18.0 W	
----- Section E -----								
013	05013	12-06-88	03.45	885	866	73 52.6 N	15 29.9 W	
	E1		04.03	872				
			04.53	854		73 51.6 N	15 41.7 W	
014	05114	12-06-88	07.54	1775	1706	73 45.9 N	14 59.8 W	
	E2		08.25	1743				
			09.39	1727		73 45.7 N	14 56.4 W	
015	05215	12-06-88	15.16	2439	2420	73 40.9 N	13 59.0 W	
	E3		15.58	2431				
			17.24	2419		73 40.1 N	13 58.9 W	

Nr.	Stat.	Date	Time	Depth	Pmax	Lat.	Lon.	G
----- Section E -----								
016	05316 E4	13-06-88	01.25 02.15 03.59	2796 2796 2800	2780	73 24.4 N 73 25.4 N	12 11.1 W 12 09.0 W	
017	05417 G4	13-06-88	10.16 11.10 13.02	2920 2921 2934	2902	73 01.7 N 73 02.0 N	09 34.1 W 09 35.2 W	

018	05518 G3	13-06-88	18.39 19.17 20.44	2211 2210 2213	2200	72 30.3 N 72 30.7 N	11 27.7 W 11 27.9 W	
019	05619 G2	14-06-88	00.26 01.07 02.35	2382 2378 2383	2323	72 03.8 N 72 03.7 N	12 25.5 W 12 24.5 W	
020	05720 H1	14-06-88	13.38 14.19 15.58	2464 2453 2474	2401	71 55.4 N 71 55.4 N	08 20.1 W 08 20.5 W	
021	05821 H1	14-06-88	22.12 22.55 00.18	2502 2500 2528	2479	72 28.1 N 72 28.3 N	08 10.4 W 08 08.5 W	
022	05922 (H3)	15-06-88	09.34 10.14 11.45	2646 2643 2649	2579	73 03.7 N 73 03.3 N	07 58.4 W 07 59.3 W	
023	06023 E5	15-06-88	21.37 22.40 00.24	3058 3055 3058	3041	73 55.0 N 73 55.0 N	10 29.7 W 10 29.5 W	
024	06124 E6	16-06-88	06.02 07.07 08.50	3290 3290 3296	3238	74 25.1 N 74 28.3 N	08 59.2 W 08 58.4 W	
025	06225 G5	16-06-88	15.08 16.09 17.49	3362 3362 3360	3360	73 45.0 N 73 45.0 N	07 19.9 W 07 19.9 W	
026	06326	16-06-88 17-06-88	23.20 00.21 02.00	3241 3252 3163	3172	73 42.0 N 73 41.1 N	04 30.0 W 04 26.2 W	
----- Section D -----								
027	06527 D6	17-06-88	21.15 22.15 00.00	3596 3598 3602	3531	74 56.3 N 74 56.3 N	04 57.8 W 04 51.3 W	
028	06628 D5	18-06-88	06.27 06.38 07.25	3420 3419 3418	500	75 00.0 N 74 59.3 N	07 30.5 W 07 32.7 W	
029	06729	18-06-88	09.50 10.04 10.33	3398 3402 3393	500	74 59.9 N 74 59.9 N	08 17.0 W 08 19.5 W	
030	06830 D4	18-06-88	14.00 15.00 16.43	3324 3323 3322	3317	75 00.0 N 75 00.0 N	09 00.2 W 09 00.2 W	
031	06831	18-06-88	21.37 9999 22.34	3311 9999 3303	900	75 01.0 N 75 01.5 N	09 04.4 W 09 05.3 W	

Nr.	Stat.	Date	Time	Depth	Pmax	Lat.	Lon.	G
----- Section D -----								
032	06932	19-06-88	00.18	3152	500	75 08.5 N	09 32.6 W	
			00.35	3149				
			01.20	3147		75 09.4 N	09 31.4 W	
033	07033	19-06-88	03.36	2884	2866	75 14.7 N	10 00.9 W	
	D3		04.25	2904				
			06.10	2861		75 15.3 N	10 01.7 W	
034	07134	19-06-88	08.12	2504	500	75 20.7 N	10 25.3 W	
			08.20	2511				
			09.05	2530		75 19.9 N	10 26.7 W	
035	07235	19-06-88	11.09	1803	1764	75 26.7 N	10 47.6 W	
	D2		11.30	1823				
			13.27	1801		75 26.3 N	10 50.2 W	
036	07336	19-06-88	18.30	1315	1307	75 28.7 N	11 08.6 W	
			18.52	1315				
			19.50	1310		75 28.8 N	11 08.5 W	
037	07437	20-06-88	01.50	890	850	75 30.4 N	11 22.2 W	
	D1		02.12	885				
			02.56	884		75 30.5 N	11 22.4 W	
038	07538	20-06-88	05.27	416	408	75 32.6 N	11 37.6 W	
			05.40	413				
			06.15	420		75 32.5 N	11 37.9 W	
----- Section C -----								
039	07839	21-06-88	08.35	3490	3422	75 35.1 N	05 28.8 W	
			09.35	3489				
			11.15	3491		75 34.3 N	05 33.9 W	
----- Section C -----								
040	07940	21-06-88	17.45	3628	3582	76 14.9 N	03 27.9 W	
	C4		18.50	3630				
			20.25	3634		76 15.2 N	03 26.3 W	
041	08041	21-06-88	22.24	3577	500	76 20.9 N	03 53.3 W	
			22.35	3575				
			23.07	3576		76 21.0 N	03 54.5 W	
042	08142	22-06-88	01.00	2729	500	76 26.9 N	04 15.8 W	
			01.44	2742				
			02.04	2715		76 26.9 N	04 18.0 W	
043	08243	22-06-88	03.53	2582	2558	76 33.3 N	04 38.5 W	
	C3		04.36	2576				
			05.55	2577		76 33.2 N	04 41.9 W	
044	08344	22-06-88	07.40	2374	500	76 38.2 N	04 54.6 W	
			07.53	2373				
			08.25	2369		76 38.3 N	04 54.4 W	
045	08445	22-06-88	10.10	1892	500	76 42.5 N	05 16.3 W	
			10.20	1894				
			10.55	1889		76 42.5 N	05 16.7 W	
046	08546	22-06-88	12.44	1651	1608	76 47.5 N	05 30.0 W	
	C2		13.14	1649				
			14.10	1660		76 47.1 N	05 33.5 W	
047	08647	22-06-88	15.46	1371	500	76 51.5 N	05 45.7 W	
			16.00	1372				
			16.30	1376		76 51.9 N	05 43.6 W	
048	08748	22-06-88	18.20	1024	987	76 55.0 N	06 00.7 W	
	C1		18.45	1018				
			19.33	1012		76 55.7 N	06 00.8 W	

Nr.	Stat.	Date	Time	Depth	Pmax	Lat.	Lon.	G
Section B								
049	08949	23-06-88	22.43	896	879	77 58.2 N	05 06.8 W	
	B1		23.00	902				
			23.42	949		77 58.4 N	05 05.6 W	
050	09050	24-06-88	01.38	1700	1699	77 58.5 N	04 48.2 W	
	B2		02.08	1737				
			03.01	1841		77 58.1 N	04 45.3 W	
051	09151	24-06-88	04.19	2509	2467	77 55.3 N	04 10.9 W	
	B3		05.05	2518				
			06.13	2496		77 53.0 N	04 13.7 W	
052	09252	24-06-88	08.53	2901	2880	77 52.4 N	02 45.5 W	
	B4		09.45	2911				
			11.26	2925		77 52.0 N	02 32.8 W	
053	09353	24-06-88	13.33	3082	3091	77 48.6 N	01 01.0 W	
	B5		14.30	3091				
			16.05	3075		77 47.1 N	01 03.7 W	
Fram Strait Section								
054	09654	24-06-88	22.48	202	200	79 00.3 N	09 00.1 E	
			22.55	204				
			23.22	200		79 00.0 N	09 01.1 E	
055	09755	26-06-88	00.52	413	400	78 59.5 N	08 31.2 E	
			01.02	407				
			01.22	400		78 59.8 N	08 31.1 E	
056	09856	26-06-88	03.03	997	970	78 58.0 N	08 07.9 E	
			03.22	1002				
			03.54	990		78 58.4 N	08 08.0 E	
057	09957	26-06-88	06.20	1294	1268	78 55.5 N	06 59.9 E	
			06.45	1257				
			07.25	1263		78 54.9 N	07 11.5 E	
058	10058	26-06-88	13.55	1620	1579	78 54.9 N	06 39.9 E	
			14.35	1631				
			15.16	1642		78 54.8 N	06 41.0 E	
059	10159	26-06-88	16.48	2246	2181	78 53.0 N	06 14.2 E	
			17.32	2227				
			18.39	2196		78 53.6 N	06 14.6 E	
060	10260	26-06-88	22.34	2697	2643	78 52.9 N	05 00.9 E	
			23.15	2664				
		27-06-88	00.36	2661		78 52.6 N	05 03.9 E	
061	10361	27-06-88	03.40	2383	2331	78 53.2 N	03 19.2 E	
			04.23	2383				
			05.27	2384		78 53.4 N	03 15.5 E	
062	10462	27-06-88	10.31	2555	2534	78 52.3 N	01 34.1 E	
			11.10	2553				
			12.25	2544		78 51.7 N	01 32.8 E	
063	10563	27-06-88	15.05	2578	500	78 58.2 N	00 20.8 E	
			15.18	9999				
			16.12	2576		78 57.8 N	00 17.7 E	
064	10663	27-06-88	20.15	2726	2552	78 58.5 N	00 00.6 W	
			20.55	2703				
			22.05	2664		78 58.5 N	00 02.2 W	
065	10764	28-06-88	02.57	2744	2621	79 01.3 N	01 19.1 W	
			03.45	2732				
			05.06	2768		79 01.7 N	01 19.3 W	

Nr.	Stat.	Date	Time	Depth	Pmax	Lat.	Lon.	G
Fram Strait Section								
066	10865	28-06-88	08.33	2728	2540	79 01.1 N	02 18.3 W	
			09.15	2737				
			10.30	2633		79 00.9 N	02 23.2 W	
067	10966	28-06-88	16.24	2250	2254	78 55.7 N	03 36.5 W	
			17.00	2349				
			18.15	2437		78 55.4 N	03 27.0 W	
068	11067	28-06-88	21.17	1775	1643	78 48.3 N	04 16.3 W	
			21.45	1768				
			22.39	1773		78 47.2 N	04 14.7 W	
069	11168	29-06-88	01.12	1560	1408	78 45.6 N	04 27.5 W	
			01.40	1558				
			02.31	1436		78 45.6 N	04 29.6 W	
070	11269	29-06-88	04.00	1296	1266	78 44.8 N	04 37.3 W	
			04.24	1295				
			05.16	1296		78 45.8 N	04 35.7 W	
071	11370	29-06-88	08.31	934	857	78 45.1 N	05 00.4 W	
			08.45	954				
			09.25	960		78 45.4 N	04 59.2 W	
072	11471	29-06-88	11.30	414	382	78 41.8 N	05 27.8 W	
			11.37	416				
			12.06	415		78 41.9 N	05 27.5 W	
073	12072	02-07-88	12.38	3083	3017	73 21.9 N	00 41.3 W	
			13.30	3081				
			14.51	3065		73 21.4 N	00 40.3 W	
Intercalibration Station								
074	12173	03-07-88	06.11	3183	3000	71 00.7 N	03 56.4 E	
			08.09	3183				
			09.30	3188		71 01.4 N	03 54.4 E	

Tab. 10. Current meter moorings recovered during ARK V/2.

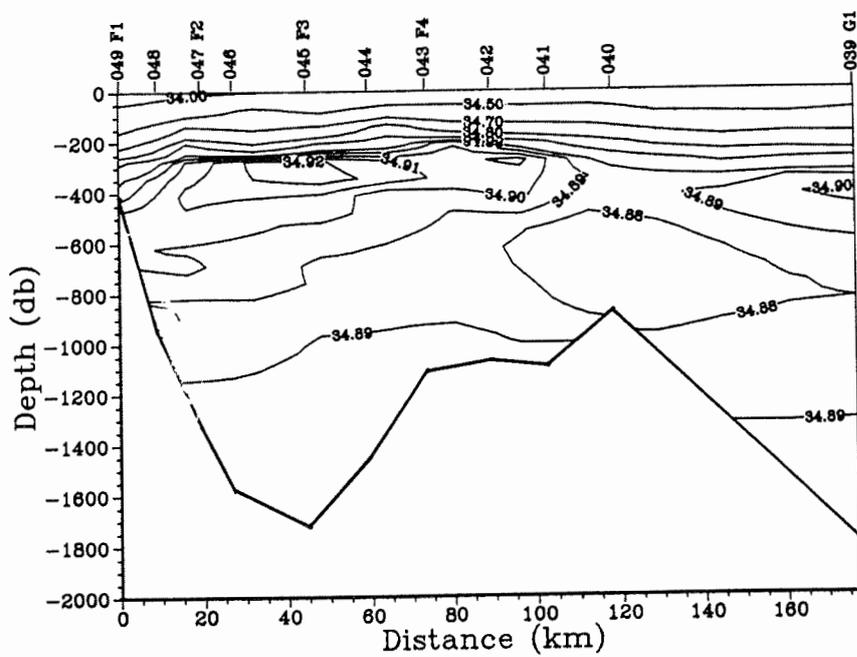
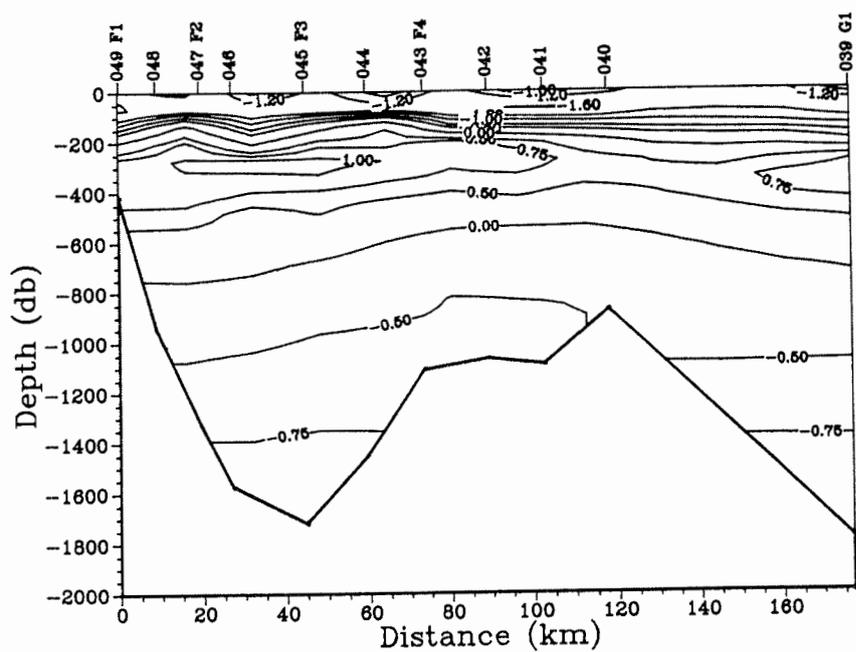
*mooring broke and drifted

Mooring	Latitude Longitude	Date Deployed Date Recovered	Water Depth (m)	Instr. Depth (m)
IfMH 015	78° 45.8'N 00° 10.7'E	18-06-87 24-06-88	2487	119
				572
				1498
				2452
IfMH 016 (FS-7)	78° 53.3'N 06° 44.5'E	17-06-87 26-06-88	1618	72
				474
				1087
				1583
IfMH 017	76° 40.8'N 02° 06.3'W	18-06-87 23-06-88	2610	2600
IfMH 018	74° 42.0'N 03° 44.9'E	29-06-87 01-07-88	3585	3575
PMEL GS-1	71° 55.7'N 08° 21.7'W	24-06-87 14-06-88	2424	74
				214
				2374
PMEL GS-2	72° 27.7'W 08° 11.0'W	24-06-87 14-06-88	2460	60
				200
				1560
				2410
PMEL GS-3	73° 03.8'N 08° 01.7'W	23-06-87 15-06-88	2620	80
				220
				2570
AWI 401	75° 32.6'N 11° 39.2'W	20-06-87 20-06-88	348	82
				TC 87-337
				343
AWI 402	75° 28.6'N 11° 07.3'W	22-06-87 19-06-88	1312	81
				TC 102-352
				359
				617
				1307
AWI 403	75° 13.5'N 09° 55.2'W	21-06-87 16-03-88*	2906	74
				TC 107-357
				(363)
				(656)
AWI 404	75° 03.2'N 12° 11.2'W	22-06-87 20-06-88	1247	ULS 51
				72
				TC 101-351
				357
				530
	1242			

Tab. 11. Current meter moorings deployed during ARK V/2.
 TC = Thermistor cable; ULS = Upward looking sonar;
 DCP = Acoustic Doppler current profiler; SED = Sediment
 trap; SC = Seacat conductivity recorder

Moorings	Latitude Longitude	Date Deployed	Water Depth (m)	Instr. Depth (m)
IfMH 0161	78° 54.0'N 06° 41.0'E	26-06-88	1640	91 494 SED 1110 1121 1603
IfMH 0171	76° 42.4'N 02° 24.2'W	23-06-88	2683	262 725 1638 2587
IfMH 0250 IfMK	73° 23.2'N 00° 49.7'W	02-07-88	3131	109-309 DCP 389 399 857 1467 2472
IfMH 0260	78° 26.8'N 04° 07.3'W	29-06-88	1793	ULS 113 168 576 SED 1191 1203 1703
IfMK 319	74° 55.6'N 05° 00.7'W	17-06-88	3602	TC 120-320 DCP 400 405 700 1400
PML GSP-1	74° 24.3'N 02° 28.3'E	01-07-88	3573	SC 63/64 SC 213/214 1413 3523
PML GSP-3	73° 47.8'N 04° 49.8'W	17-06-88	3561	SC 64/65 215 SC 1413/1414 3526
PML GSP-5	75° 17.0'N 01° 11.5'E	30-06-88	2526	45 195 2477
PML GSP-6	75° 46.2'N 00° 24.6'E	30-06-88	2500	50 200 2450
AWI 401-2	75° 32.8'N 11° 38.9'W	20-06-88	362	88 TC 99-349 357

Mooring	Latitude Longitude	Date Deployed	Water Depth (m)	Instr. Depth (m)
AWI 402-2	75° 26.2'N 10° 50.2'W	19-06-88	1774	72 TC 84-334 412 1202 1769
AWI 403-2	74° 59.7'N 09° 05.9'W	18-06-88	3263	71 TC 83-333 411 1181 2000 3258
AWI 404-2	75° 01.4'N 11° 52.8'W	20-06-88	1788	86 TC 98-348 426 1216 1783



46. Temperature (top) and salinity (below) profiles across East Greenland slope. Station number at top of graph.

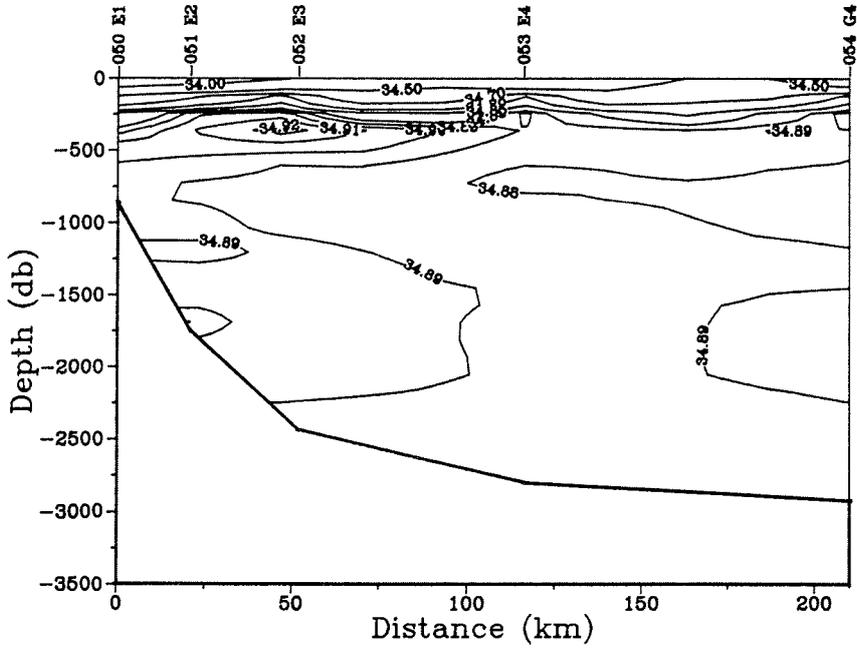
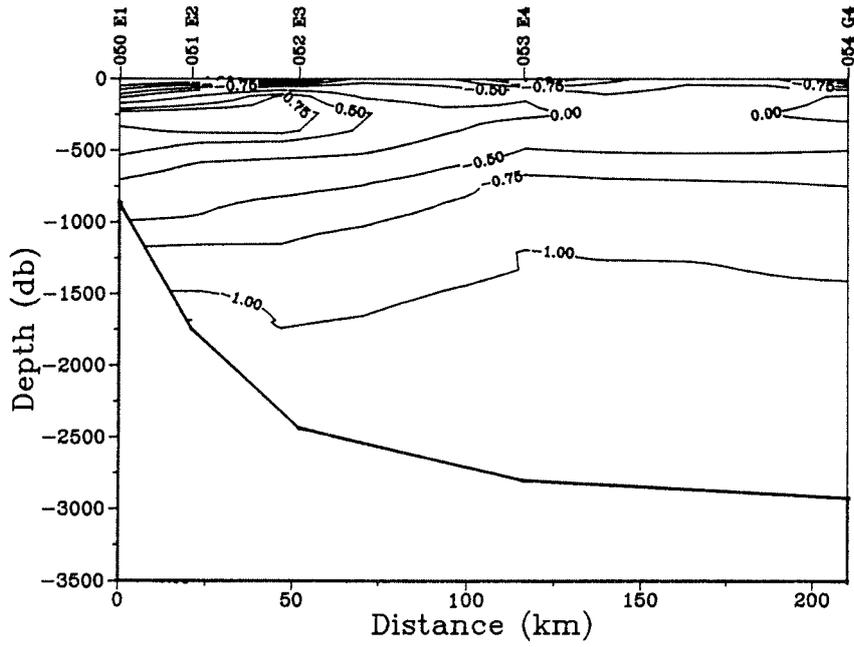


Fig. 47. Temperature (top) and salinity (below) profiles across East Greenland slope. Station number at top of graph.

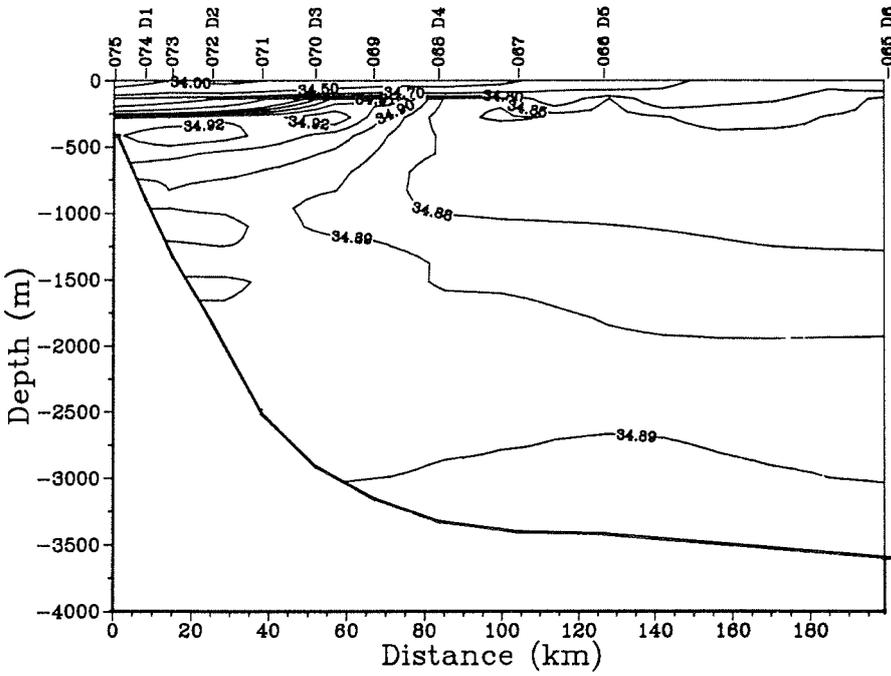
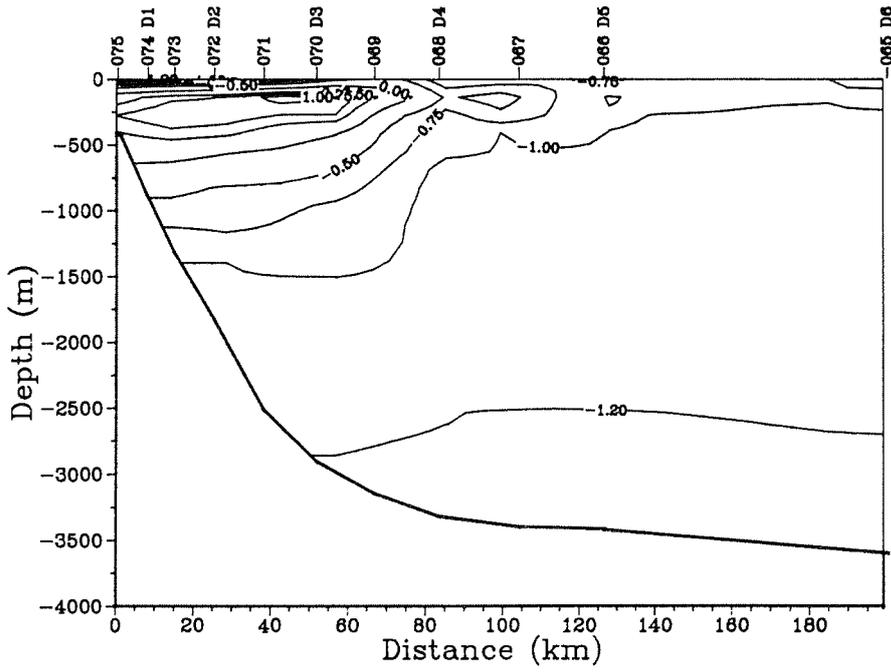


Fig. 48. Temperature (top) and salinity (below) profiles across East Greenland slope. Station number at top of graph.

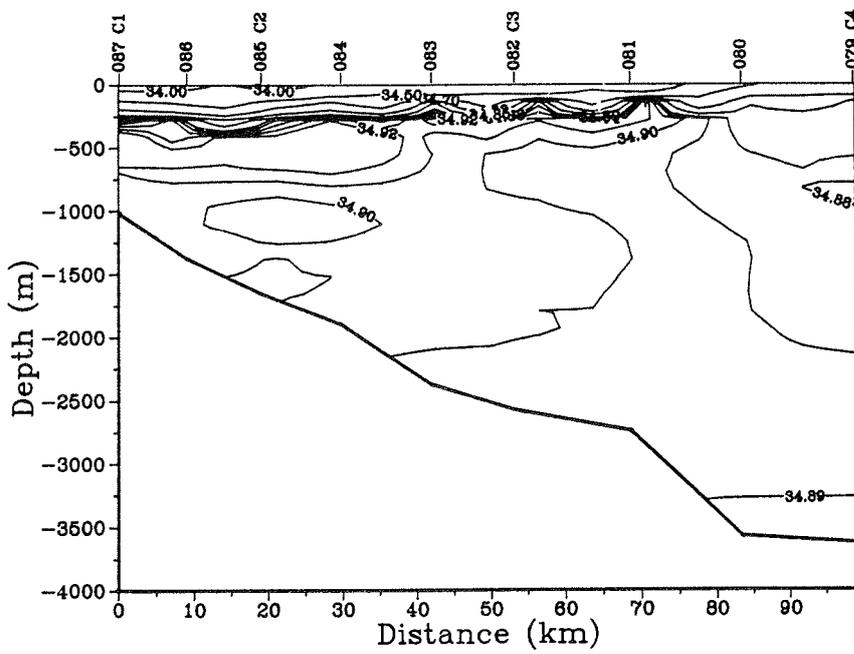
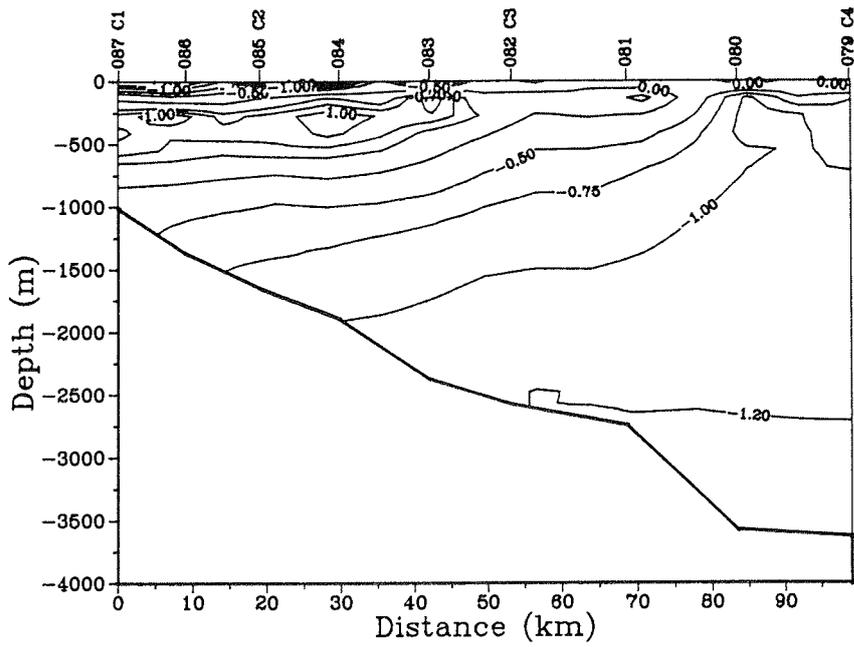


Fig. 49. Temperature (top) and salinity (below) profiles across East Greenland slope. Station number at top of graph.

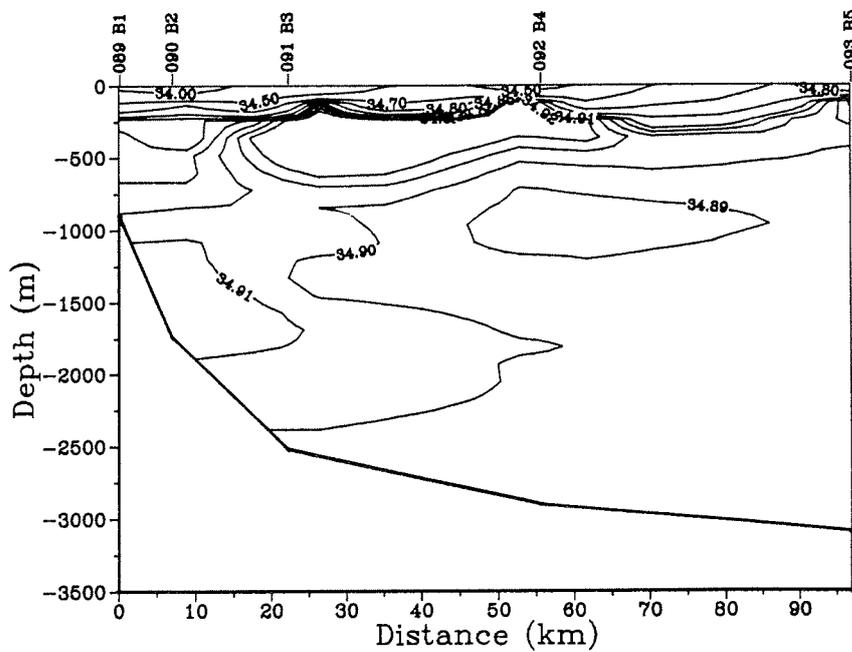
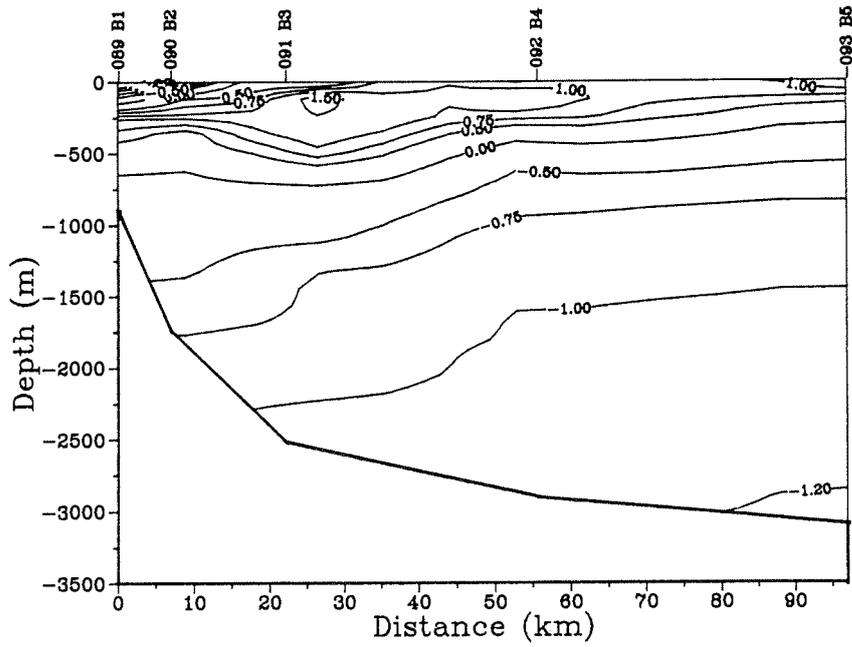


Fig. 50. Temperature (top) and salinity (below) profiles across East Greenland slope. Station number at top of graph.

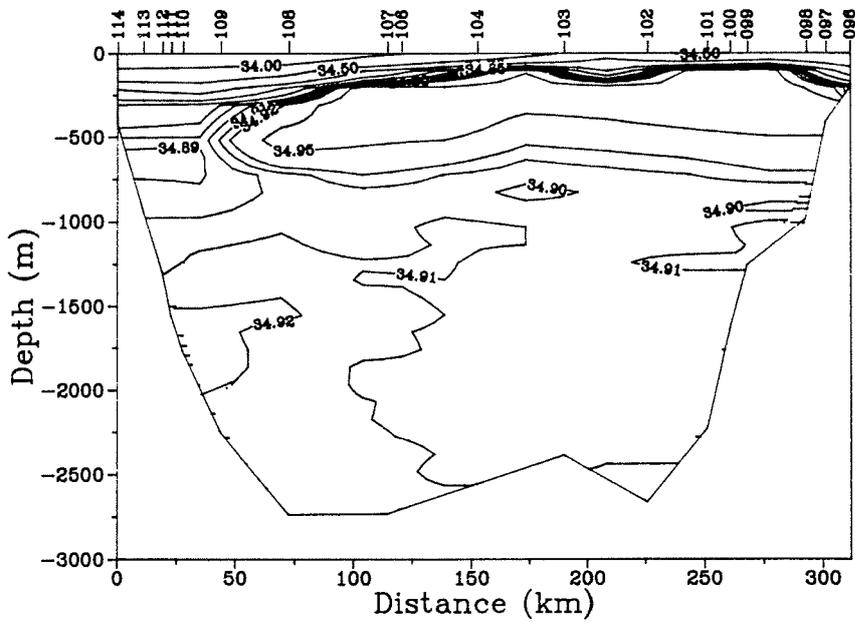
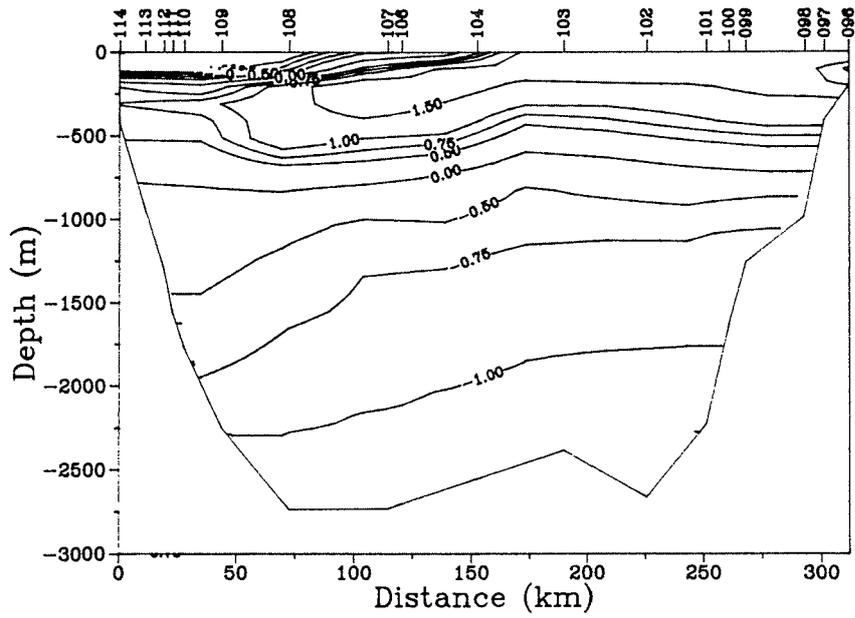


Fig. 51. Temperature (top) and salinity (below) profiles across Fram Strait. Station number at top of graph.

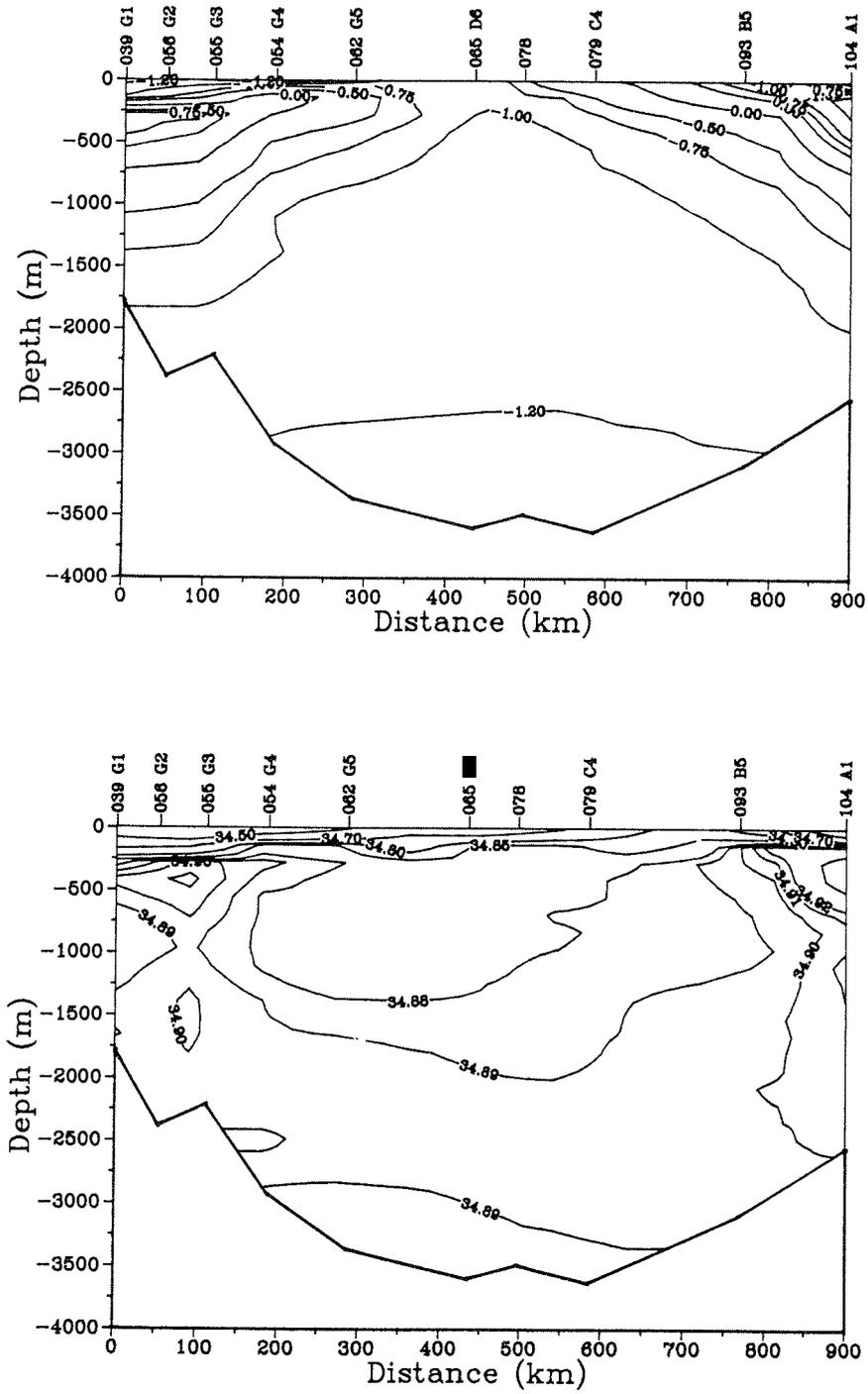


Fig. 52. Temperature (top) and salinity (below) profiles as a quasi meridional section. Station number at top of graph.

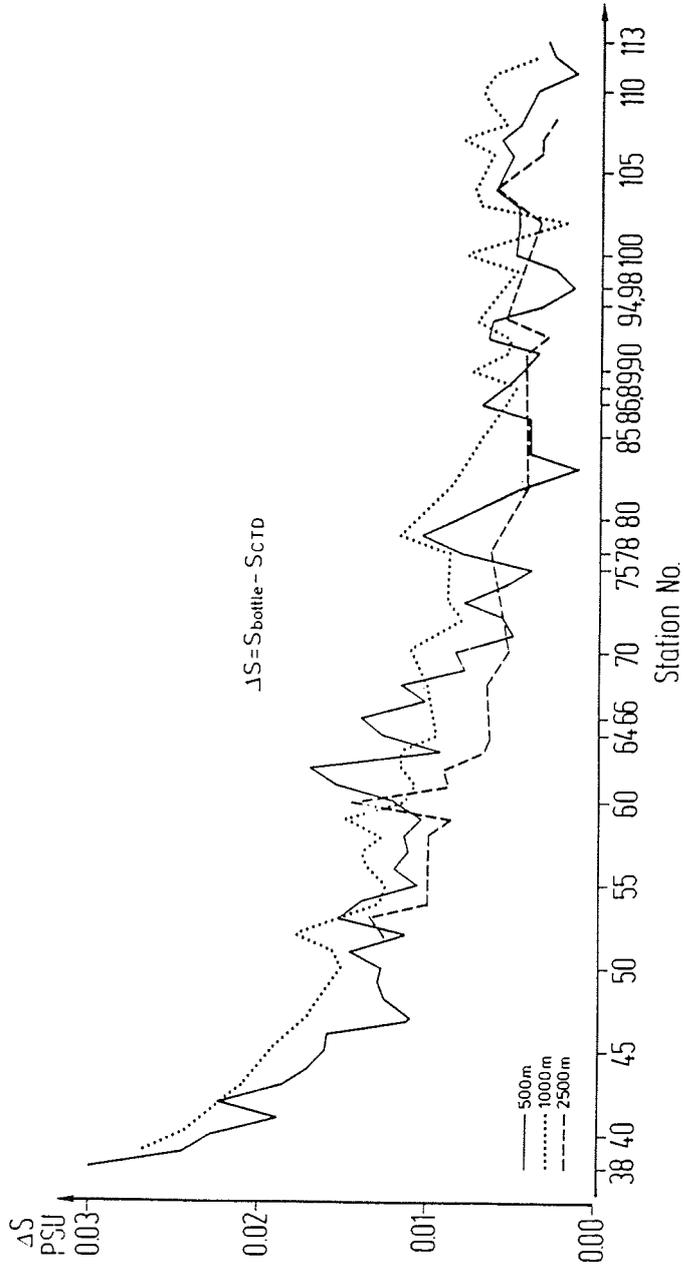


Fig. 53. Differences between salinities obtained from bottle casts and CTD records.

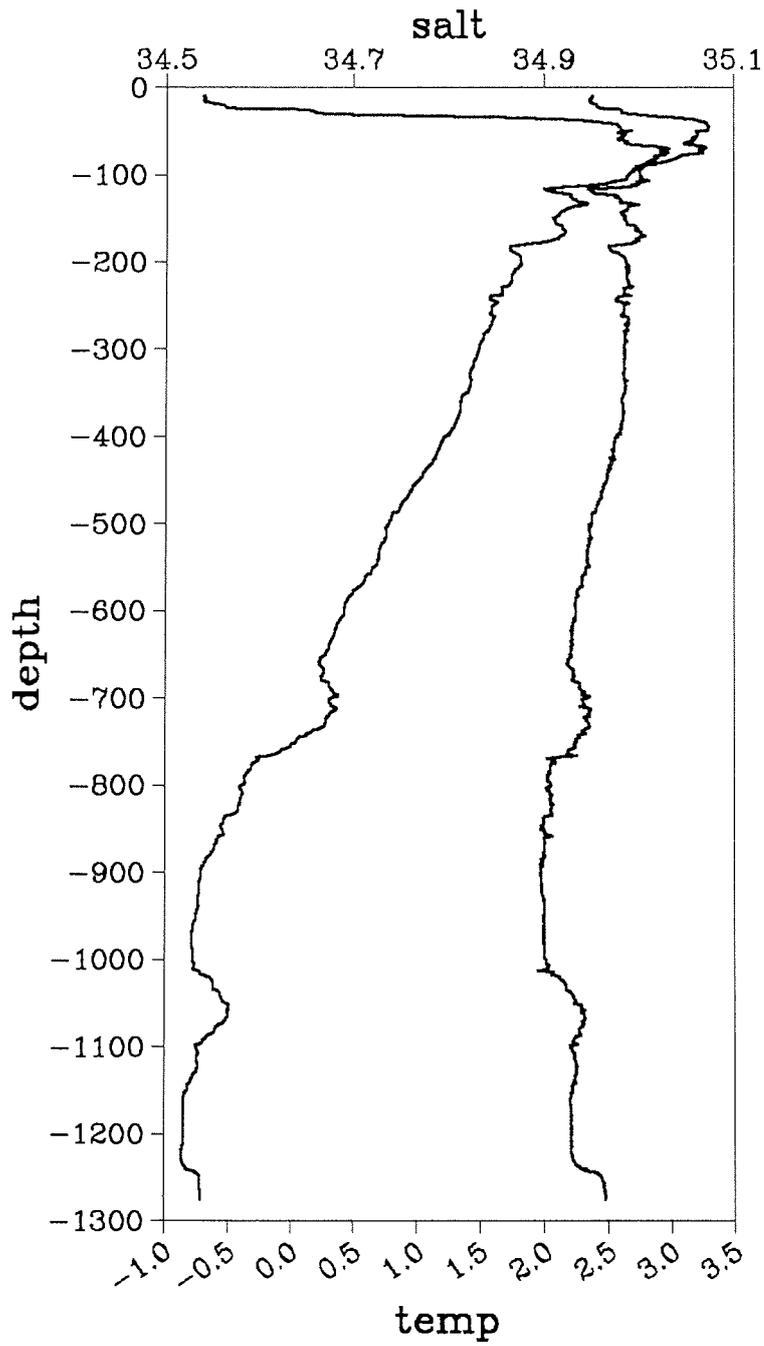


Fig. 54. CTD-profile off Svalbard showing plumes of high saline water.

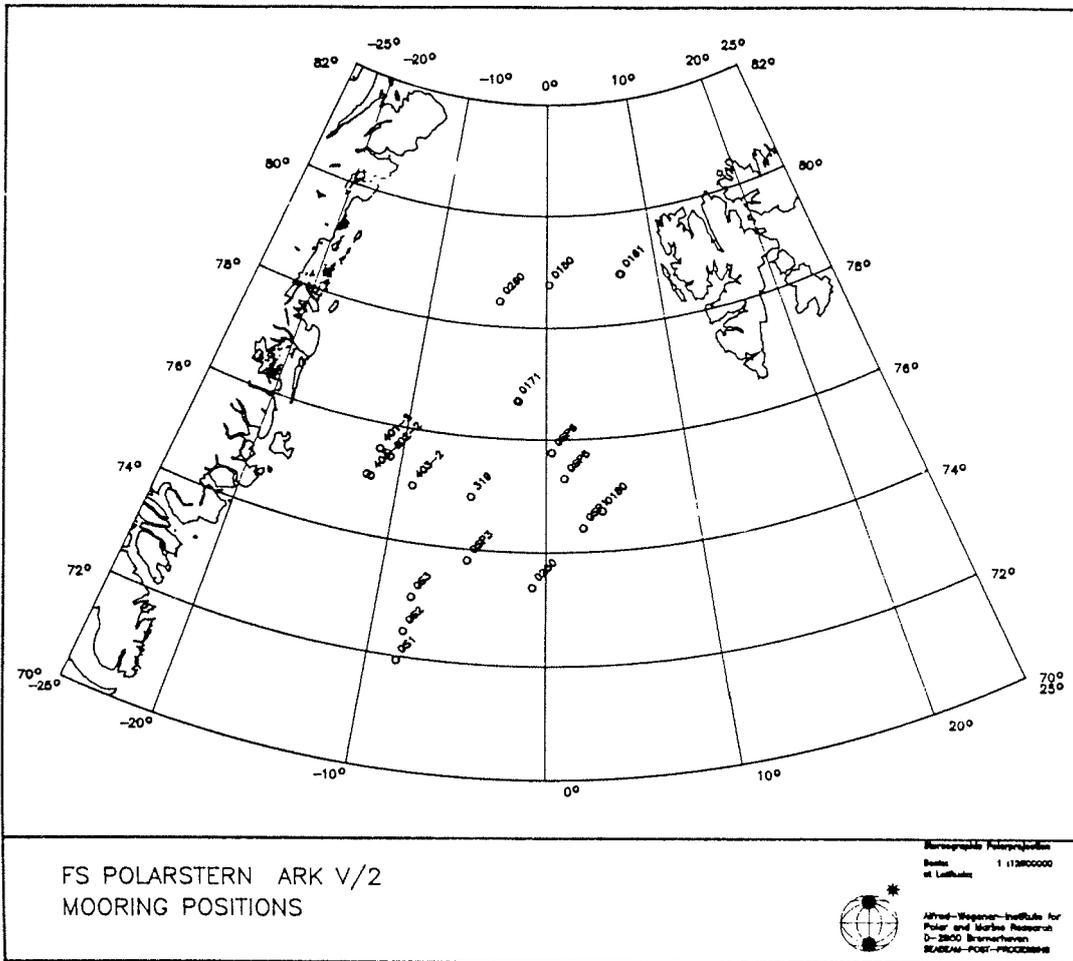


Fig. 55. Map of mooring positions.

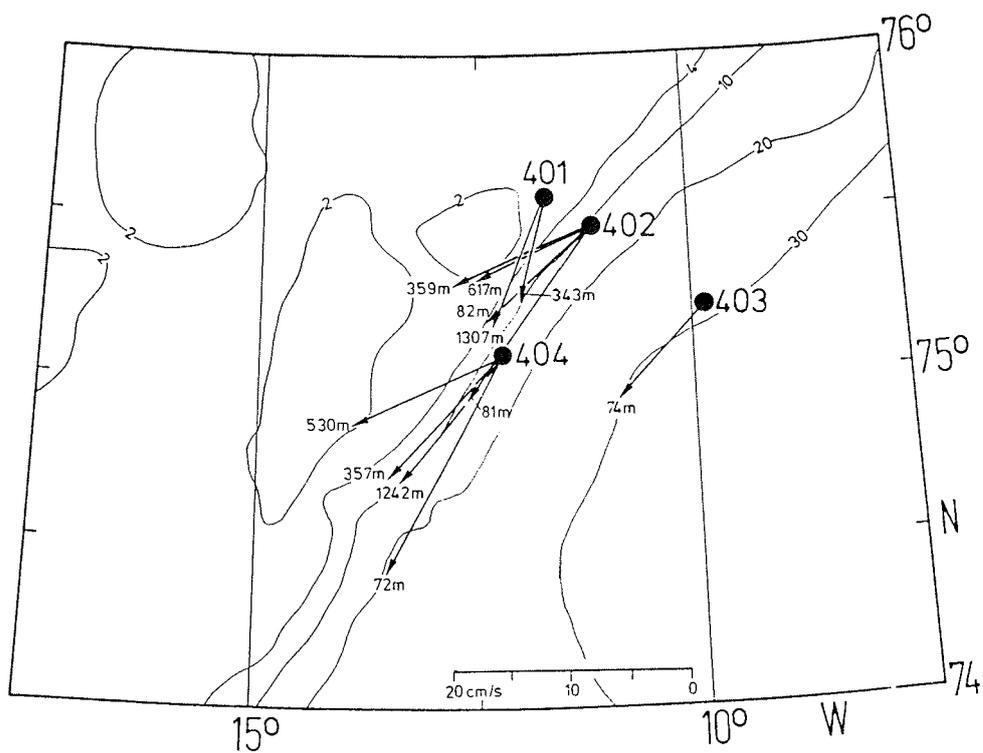
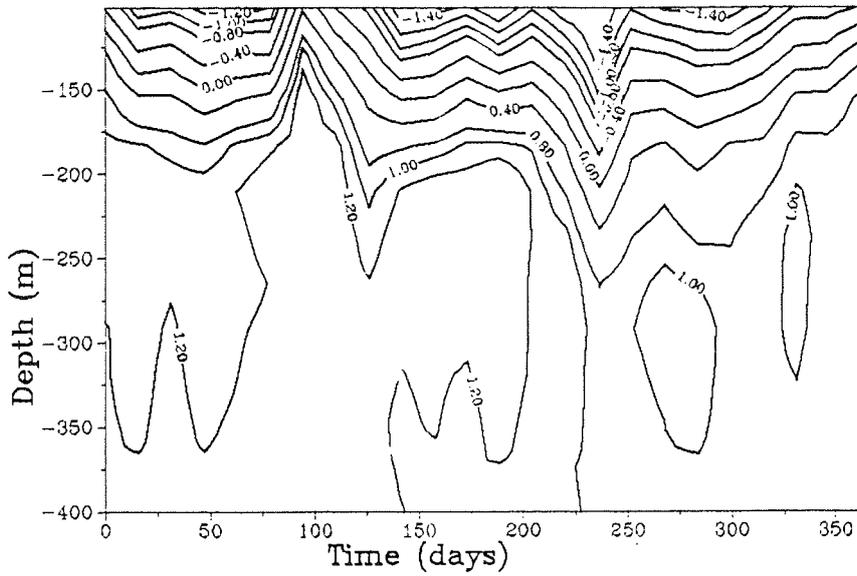


Fig. 56. Mooring positions and mean currents observed from June 1987 to June 1988 on the East Greenland continental slope.

AWI402



AWI404

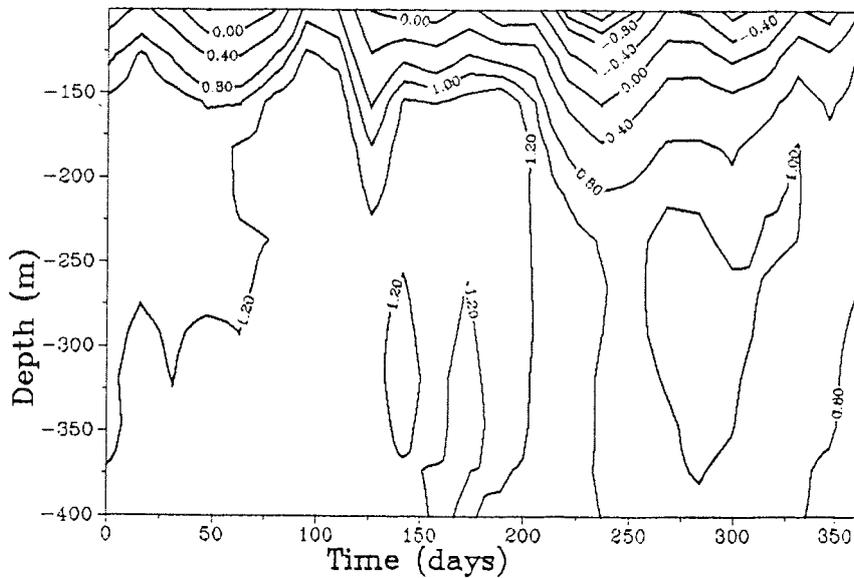
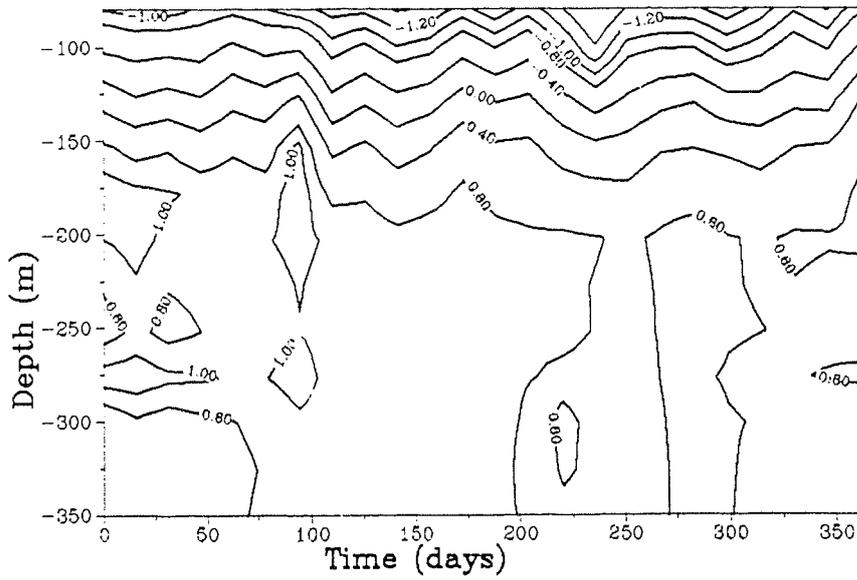


Fig. 57. Isopleth-diagrams from two days averages of thermistor cable records from June 1987 to June 1988. For location see Figure 12.

AWI401



AWI403

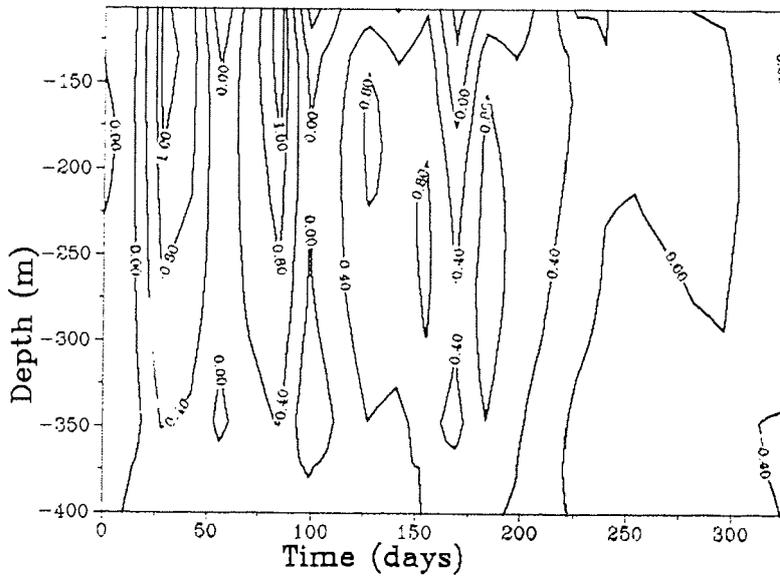


Fig. 58. Isopleth-diagrams from two days averages of thermistor cable records from June 1987 to June 1988 (upper panel) and June 1987 to March 1988 (lower panel). For location see Figure 12.

Tab. 12. Statistics of records measured at moorings AWI 401 and AWI 403.

Mooring : AWI401

r.	Units	Cycles	Minimum	Maximum	Mean	Variance	STRDDEV
M 1289 (82 m)							
	CM/S	8824	-50.193	18.842	-10.926	0.6569E+02	0.8105E+01
	CM/S	8824	-41.164	26.043	-4.788	0.3833E+02	0.6191E+01
MP	DEG. C	8824	-1.950	0.600	-1.546	0.8102E-01	0.2846E+00
. 943 (337,312,287,262.237,212,187,162,137,112,87 m)							
MP	DEG. C	2911	0.017	1.370	0.773	0.3179E-01	0.1783E+00
MP	DEG. C	2911	0.046	1.621	0.803	0.2243E-01	0.1498E+00
MP	DEG. C	2911	0.060	1.797	0.847	0.1872E-01	0.1368E+00
MP	DEG. C	2911	0.104	1.783	0.861	0.1629E-01	0.1276E+00
MP	DEG. C	2911	0.118	1.830	0.898	0.1857E-01	0.1363E+00
MP	DEG. C	2911	-0.346	1.739	0.884	0.3382E-01	0.1839E+00
MP	DEG. C	2911	-1.445	1.724	0.766	0.7774E-01	0.2788E+00
MP	DEG. C	2911	-1.848	1.790	0.481	0.1565E+00	0.3956E+00
MP	DEG. C	2911	-1.877	1.562	-0.040	0.2202E+00	0.4692E+00
MP	DEG. C	2911	-1.895	0.911	-0.645	0.2281E+00	0.4776E+00
MP	DEG. C	2911	-1.917	0.663	-1.218	0.1489E+00	0.3859E+00
M 8400 (343 m)							
MP	DEG. C	8729	0.006	1.349	0.760	0.3241E-01	0.1800E+00
	CM/S	8729	-13.866	22.808	-2.406	0.1436E+02	0.3790E+01
	CM/S	8729	-52.012	19.254	-8.273	0.1209E+03	0.1100E+02
	1/1000	8729	34.786	34.981	34.905	0.4819E-03	0.2195E-01

Mooring : AWI403

ar.	Units	Cycles	Minimum	Maximum	Mean	Variance	STRDDEV
CM 1288 (74 m)							
C	CM/S	7860	-31.428	24.335	-7.579	0.3476E+02	0.5896E+01
C	CM/S	7860	-38.349	14.082	-7.799	0.5351E+02	0.7315E+01
EMP	DEG. C	7860	-1.950	1.500	-0.159	0.9009E+00	0.9492E+00
R 992 (357,332,307,282,252,232,207,182,157,132,107 m)							
EMP	DEG. C	2621	-0.983	1.363	0.084	0.1983E+00	0.4453E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.094	1.509	0.144	0.2187E+00	0.4677E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.167	1.545	0.200	0.2416E+00	0.4915E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.387	1.472	0.259	0.2671E+00	0.5168E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.373	1.596	0.314	0.2886E+00	0.5372E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.542	1.684	0.348	0.3189E+00	0.5647E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.711	1.567	0.385	0.3517E+00	0.5931E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.799	1.538	0.396	0.4185E+00	0.6469E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.836	1.596	0.377	0.5486E+00	0.7407E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.829	1.604	0.313	0.6807E+00	0.8250E+00
EMP	DEG. C	2621	-1.858	1.676	0.143	0.8287E+00	0.9103E+00

Tab. 13. Statistics of records measured with mooring AWI 402.

Mooring : AWI402							
Var.	Units	Cycles	Minimum	Maximum	Mean	Variance	STRDDEV
ACM 1284 (81 m)							
VC	CM/S	8749	-44.808	29.834	-14.484	0.8555E+02	0.9249E
UC	CM/S	8749	-44.787	17.965	-11.164	0.5058E+02	0.7112E
TEMP	DEG. C	8749	-2.100	3.750	-1.552	0.3152E+00	0.5614E
TR 944 (352,327,302,277.252,227,202,177,152,127,102 m)							
TEMP	DEG. C	2918	-0.680	1.941	1.108	0.6023E-01	0.2454E
TEMP	DEG. C	2918	-0.642	1.979	1.124	0.6078E-01	0.2465E
TEMP	DEG. C	2918	-0.757	2.195	1.141	0.6311E-01	0.2512E
TEMP	DEG. C	2918	-0.793	2.356	1.140	0.7176E-01	0.2679E
TEMP	DEG. C	2918	-0.598	2.757	1.116	0.8746E-01	0.2957E
TEMP	DEG. C	2918	-0.381	2.941	1.101	0.1371E+00	0.3703E
TEMP	DEG. C	2918	-1.564	2.871	1.018	0.2321E+00	0.4818E
TEMP	DEG. C	2918	-1.866	2.680	0.764	0.3795E+00	0.6160E
TEMP	DEG. C	2918	-1.897	2.597	0.238	0.5977E+00	0.7731E
TEMP	DEG. C	2918	-1.909	2.709	-0.473	0.6797E+00	0.8244E
TEMP	DEG. C	2918	-1.906	3.059	-1.157	0.4948E+00	0.7034E
RCM 8367 (359 m)							
PRES	DBAR	8746	352.340	449.630	358.788	0.9694E+02	0.9846E
TEMP	DEG. C	8746	-0.559	1.947	1.136	0.5886E-01	0.2426E
UC	CM/S	8746	-46.960	33.934	-12.080	0.5611E+02	0.7491E
VC	CM/S	8746	-35.674	23.115	-4.805	0.2645E+02	0.5143E
RCM 8399 (617 m)							
TEMP	DEG. C	8499	0.007	1.781	0.568	0.8165E-01	0.2857E
UC	CM/S	8499	-37.977	25.772	-10.478	0.3740E+02	0.6115E
VC	CM/S	8499	-21.404	18.840	-4.457	0.1596E+02	0.3995E
S	1/1000	8499	34.829	34.993	34.910	0.3476E-03	0.1864E
RCM 8417 (1307 m)							
TEMP	DEG. C	8747	-1.327	-0.187	-0.603	0.3634E-01	0.1906E
UC	CM/S	8747	-46.237	17.055	-9.398	0.6147E+02	0.7840E
VC	CM/S	8747	-35.563	17.478	-8.265	0.3699E+02	0.6082E

Tab. 14. Statistics of records measured of mooring AWI 404.

Mooring : AWI404							
Var.	Units	Cycles	Minimum	Maximum	Mean	Variance	STRDDEV
CM 1281 (72 m)							
C	CM/S	8743	-44.597	10.711	-17.712	0.5958E+02	0.7719E+01
C	CM/S	8743	-44.371	25.008	-10.569	0.5290E+02	0.7273E+01
EMP	DEG. C	8743	-2.100	3.300	-1.231	0.5464E+00	0.7392E+00
R 981 (351,326,301,276,251,226,201,176,151,126,101 m)							
EMP	DEG. C	2914	-0.562	2.580	1.120	0.6651E-01	0.2579E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.474	2.558	1.126	0.5971E-01	0.2444E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.496	2.580	1.143	0.5659E-01	0.2379E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.364	2.609	1.143	0.5603E-01	0.2367E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.518	2.667	1.142	0.5958E-01	0.2441E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.665	2.842	1.142	0.7150E-01	0.2674E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.782	2.996	1.121	0.9640E-01	0.3105E+00
EMP	DEG. C	2914	-0.973	3.076	1.070	0.1543E+00	0.3928E+00
EMP	DEG. C	2914	-1.186	2.828	0.908	0.2622E+00	0.5120E+00
EMP	DEG. C	2914	-1.819	2.718	0.478	0.4421E+00	0.6649E+00
EMP	DEG. C	2914	-1.871	2.696	-0.211	0.6712E+00	0.8193E+00
CM 8370 (357 m)							
RES	MMHO/CM	8739	350.720	414.560	356.583	0.4646E+02	0.6816E+01
EMP	DEG. C	8739	-0.542	2.572	1.100	0.6623E-01	0.2574E+00
C	CM/S	8739	-41.148	17.473	-10.400	0.2768E+02	0.5261E+01
C	CM/S	8739	-33.936	11.146	-10.053	0.1977E+02	0.4447E+01
CM 8396 (530 m)							
RES	DBAR	8215	523.380	581.100	530.297	0.3146E+02	0.5609E+01
EMP	DEG. C	8215	0.001	1.716	0.714	0.7097E-01	0.2664E+00
C	CM/S	8215	-38.696	22.035	-13.401	0.3312E+02	0.5755E+01
C	CM/S	8215	-24.075	13.246	-5.526	0.1067E+02	0.3266E+01
C	1/1000	8215	34.802	35.006	34.911	0.8018E-03	0.2832E-01
CM 8418 (1242 m)							
EMP	DEG. C	8741	-1.109	-0.153	-0.523	0.2909E-01	0.1706E+00
C	CM/S	8741	-44.701	16.045	-9.632	0.4346E+02	0.6592E+01
C	CM/S	8741	-36.626	17.186	-10.093	0.3509E+02	0.5923E+01

Tab. 15. Intercomparisons between electronic thermometers and pressure meters with CTD records in K and dbar. n = number of intercomparisons; $\Delta T/\Delta p$ = mean difference; S = standard deviation; C = 95 % confidence interval of the mean value; T Hg/p Hg = intercomparisons with mercury instruments

Thermometer	n	ΔT	S	C
T150	50	0.0058	0.0021	0.0006
T171	50	0.0000	0.0015	0.0004
T163	50	0.0012	0.0018	0.0005
T164	7	0.0004	0.0025	0.0018
T168	36	0.0015	0.0019	0.0006
T173	32	0.0006	0.0036	0.0012
T165	5	-.0019	0.0009	0.0008
T166	5	0.0015	0.0011	0.0010
T167	12	0.0036	0.0008	0.0004
T169	10	-.0006	0.0014	0.0009
THg	56	-.0009	0.0059	0.0015

pressure-meter	n	Δp	S	C
pHg	51	-8.85	5.64	1.55
6063H	57	1.15	2.54	0.66
6070S	57	-0.57	2.71	0.71
6056H	47	3.20	2.87	0.82
6069S	46	1.64	2.80	0.81
6073S	9	5.54	2.22	1.45

3.3.2 Geologic investigations (S. Pfirman, B. Larssen, C. Measures)

The aim of the geologic investigations was to characterize the sedimentary environment of the Greenland Sea and Fram Strait. The following three approaches were used:

1. Light attenuation profiles in conjunction with all CTD-stations
2. Sediment profiling with a 3.5 kHz echosounder
3. Sampling of sea ice along transects through the East Greenland ice.

Light attenuation profiles are used to estimate the suspended particulate material in the water column. In the surface layers biogenic material accounts for most of the signal. The data will be compared with Mie-scattering profiles and biological parameters such as chlorophyll measurements and cell counts of phytoplankton. Below the surface layer elevated suspended particulates may indicate resuspended or advected sediments.

Seafloor sediment profiling with the 3.5 kHz echosounder was carried out for analysis of surface sediment character. Profiles were obtained from June 7 to 17 and June 29 to July 1. Sediment disturbances were observed, which were most likely caused by slumping and faulting, gouging by icebergs and bottom current reworking. These data will be compiled together with previous profiles and hydrographic measurements.

Sea ice sampling and observations from the ship and helicopter were conducted along 4 transects from the Greenland Sea basin to the East Greenland Shelf. Fifty surface snow and ice samples were collected primarily from ice floes with "dirty" surfaces, and the sampling site was filmed and photographed in order to document the sediment content and composition of sea ice. This investigation was motivated by observations of extremely high sediment concentrations in the Eastern Arctic Basin during the ARK IV/3 cruise in 1987.

Sediment may be included in sea ice from a variety of sources: Beach material may be incorporated in the ice foot of shore fast ice which grows in early winter and usually melts in place in spring. Cliff sediments can avalanche, slump or slide onto sea ice along the shore. Sediment-laden river ice may discharge to the sea or turbid river water may flood over and under the ice, when the river ice breaks up in spring. Sea floor sediments may be incorporated from shallow continental shelves by anchor ice rafting, frazil ice formation in turbid waters, sediments accumulating through under-ice plating and ice gouging of the sea floor. These processes are thought to contribute sediment to sea ice formed on the Siberian shelf, which is then transported with the Transpolar Drift to Fram Strait. Sediment deposition on sea ice may also occur from long distance aeolian transport, local redistribution by wind and snow on the polar ice pack and aeolian transport from snow and ice free terrain onto nearshore ice.

During this cruise, individual floes were found to contain high concentrations of particulates. These dirty floes appear to be randomly distributed across the East Greenland Current. As a preliminary

attempt to estimate aeolian deposition of aluminium (Al) to northern surface waters determinations were made on 13 filtered (0.2 μm) samples of melted snow and melt water ponds. While the number of samples and their diversity is quite small, some interesting results appear from this data set:

1. Visually clean snow (i.e. no obvious particulate material) contained dissolved Al concentrations of between 4 and 8 nM.
2. Samples from two melt water ponds, which appeared visually to have no major sedimentary contaminants around their edges, contained 53 and 60 nM Al.
3. Two water samples collected from melt ponds within and around which large amounts of sedimentary material were observed, contained relatively low levels of Al (6 and 20 nM).
4. A snow sample scraped from the surface of a large, well defined sediment accumulation contained 23 nM Al.
5. Snow samples collected from areas with more evenly distributed (possibly wind blown) particulate material gave the highest Al concentrations with values of 30, 53, 305 and 323 nM.

While this is a preliminary survey and there is at this time no corresponding data for particulate load in the samples, it does appear that the majority of the Al is derived from the dissolution of finely dispersed wind blown material rather than from larger aggregated sediment accumulations.

3.3.3 Chemical investigations

3.3.3.1 Nutrients and nitrogeous substances (G. Kattner, H. Becker, S. Rüte)

Nutrients are used by phytoplankton in the euphotic zone and may become the limiting factor for phytoplankton growth. Other nitrogen containing compounds may also serve as nutrients when nitrate and ammonium are depleted. The total dissolved organic nitrogen is an indicator for the amount of these components. Furthermore the classical nutrients, nitrate, silicate and phosphate may serve as an additional tracer for the water mass identification.

From water samples, taken with the CTD sampler, nutrients were determined routinely with an autoanalyzer system. According to the water depth up to 24 samples from different depths were analyzed. At stations where biological investigations were carried out additional samples were analyzed from the euphotic zone.

Nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, silicate and total dissolved free amino acids were determined on 1342 samples from 70 stations. Additionally 120 samples from 19 stations were analyzed for total nitrogen and total dissolved nitrogen. Total dissolved nitrogen alone were determined on 81 samples drawn from 10 stations.

The data show that despite total depletion of individual nitrogenous nutrients, a considerable amount of dissolved nitrogen is still present in the euphotic zone. To characterize these other nitrogenous substances, about 200 1-liter samples were taken for further chemical analyses on shore. The nutrients showed large variations between the different transects. In some areas the euphotic zone was totally depleted of all nutrients, while in other areas no decrease in concentrations could be observed. The Atlantic water of the Fram Strait transect for example was totally depleted of nutrients. A clear characterization of water masses of Polar and Atlantic origin was possible by the nitrate to silicate ratio. The data will be interpreted in more detail with the biological and physical investigations.

3.3.3.2 Aluminium measurements (C. Measures)

Aluminium (Al) has previously been demonstrated to be delivered to the ocean by the partial dissolution of wind blown (eolian) material. This property coupled with a relatively short residence time in the ocean makes it a useful tracer of water masses that have been recently ventilated. Al measurements in the waters of the Greenland Sea and Fram Strait region are crucial to gaining an understanding of the source of enriched Al values observed in the North Atlantic Deep Water off the eastern seaboard of North America. The element's unique properties may also be helpful in constraining mixing theories in the complex hydrographic regime in this area. A total of 301 Aluminium determinations were performed on board ship on samples collected from 18 profiles located in the northern Iceland Sea, central Greenland Sea, the Fram Strait and the Norwegian Sea. Preliminary examination of the data revealed the following features. The upper polar water of the eastern Greenland Sea was extremely depleted in Al with values of

ca. 0 - 2 nM. These values rose to the Arctic Ocean Deep water outflow where bottom water values of 10 - 12 nM were observed. The deep water values in the central Greenland Sea were ca. 14 - 15 nM. In the Fram Strait region the Atlantic origin waters had rather low Al values (2 - 3 nM), however quite high values (ca. 17 nM) were observed in a deep high salinity water mass (shelf brine) encountered in the eastern Fram Strait. A more detailed assesment and interpretation of the data set will be made when final corrections and calibrations have been made.

3.3.4 Sinkstoff-Fallenexperimente

3.3.4.1 Aktuopaläontologie (D. Hebbeln)

Im Rahmen eines langjährigen Programms zur Messung des Partikelflusses in der Fram-Strasse und in der Norwegisch-Grönländischen See wurden im Laufe dieses Fahrtabschnittes in der Fram-Strasse zwei Sinkstoff-Fallen geborgen und zwei weitere neu ausgebracht. Das Ziel dieses Programmes ist es, mehr Informationen über die Größe des Partikelflusses, seine saisonale Verteilung und seine Zusammensetzung zu erhalten. Eine genauere Kenntnis dieser Parameter soll helfen, die Prozesse der Partikelsedimentation besser zu verstehen.

Die Sinkstoff-Fallen wurden jeweils in ozeanographische Verankerungen des IFM Hamburg eingehängt. Zum Einsatz kamen dabei ausschließlich HDW - Sinkstoff-Fallen, die eine Trichteröffnung von 0,5 qm haben und die mit 20 Probenbechern ausgerüstet sind.

Am 24. Juni konnte die Sinkstoff-Falle FS 3 auf 78°45.76'N und 0°10.66'O geborgen werden. Die Falle hing in einer Wassertiefe von 1488 m bei einer Gesamtwassertiefe von 2487 m. Die im Juni 1987 ausgelegte Falle hat das ganze Jahr hindurch planmäßig gearbeitet und 20 Proben über jeweils 17,5 Tage gesammelt. In einigen Probenbechern hat sich die Vergiftung mit HgCl₂ als unzureichend erwiesen, so daß sich in ihnen ein anoxisches Milieu entwickeln konnte. Der Jahresverlauf der Sedimentation zeigt eine deutliche Saisonalität mit einem relativ großen Partikeleintrag vom Beginn der Meßperiode im Juli bis in den September und wieder vom April bis zum Ende der Meßperiode im Juni. Dem gegenüber steht ein sehr geringer Eintrag im Spätherbst und im Winter.

Die Verankerung mit der Sinkstoff-Falle SP 1 konnte am 27. Juni bei ruhigem Wetter auf 78°53.33'N und 6°44.46'O problemlos geborgen werden. Die Falle war bei einer Wassertiefe von 1618 m in

1087 m Tiefe verankert. Infolge eines Wassereinbruches in den Elektronikteil, der auf starke Korrosion am Stecker zurückzuführen ist, war die Sinkstoff-Falle in der 2. Oktoberhälfte 1987 auf dem 7. Loch stehengeblieben. Das bedeutet, daß von diesem Experiment nur 6 intakte Proben zur Verfügung stehen. Aber schon in diesen 6 Proben zeigt sich deutlich die Abnahme der Sedimentation nach dem sommerlichen Maximum.

Bei der Neuauslegung dieser Verankerung an der gleichen Position wurde wieder eine Sinkstoff-Falle (SP 2) eingehängt, die diesmal bei einer Gesamtwassertiefe von 1661 m in einer Tiefe von 1110 m hängt. Mit der Programmierung von kurzen Fangintervallen in Zeiten großen Partikelflusses, wie sie aus vorhergehenden Experimenten bekannt sind, und langen Intervallen in Zeiten geringen Partikelflusses soll mit dieser Falle versucht werden, das Hauptsedimentationsgeschehen höher aufzulösen. Diese Sinkstoff-Falle soll im Sommer 1989 wieder geborgen werden.

Das gleiche gilt für die Sinkstoff-Falle FS 4, die am 29. Juni auf 78°26.5'N und 4°05.7'W ausgebracht wurde. Da dies das erste Sinkstoff-Fallenexperiment in ständig eisbedeckten Gebiet ist, wurden hier einheitliche Probenintervalle gewählt, um erst einmal einen Überblick über die saisonale Entwicklung des Partikelflusses unter ständiger Eisbedeckung zu bekommen.

Um bereits bestehende Datensätze über die horizontale und vertikale Verteilung planktischer Foraminiferen in den Oberflächenwässern der Fram-Strasse und in der Norwegisch-Grönländischen See zu erweitern, wurde auf insgesamt 13 Stationen ein Multinetz mit 63 µm - Maschenweite eingesetzt. Mit den fünf zur Verfügung stehenden Netzen wurden die Planktonfänge in den Tiefenintervallen 500 m - 300 m, 300 m - 200 m, 200 m - 100 m, 100 m - 50 m und 50 m - 0 m durchgeführt. Beprobt wurden in erster Linie die Eckpunkte der biologischen Profilschnitte und die Sinkstoff-Fallenpositionen. Es soll dabei untersucht werden, ob die beiden fast ausschließlich in diesem Gebiet vorkommenden Arten *Neogloboquadrina pachyderma* und *Globigerina quinqueloba* an bestimmte Wassermassen gebunden sind und in welchen Wassertiefen, bzw. Wassermassen das Schalenwachstum bevorzugt stattfindet. Das Wissen über diese Populationen und ihre Lebensweise, in Verbindung mit den Ergebnissen aus den Sinkstoff-Fallenexperimenten und der Analyse von Sedimentoberflächenproben, soll die Möglichkeit bieten, die Sedimentationsprozesse und die Abbildung der Umweltfaktoren in biogenen Hartteilen besser zu verstehen.

3.3.4.2 Chemische Untersuchungen (G. Petrick)

Das vorrangige Ziel dieser Fahrt war die Aufnahme von zwei Sinkstoff-Fallen, die ein Jahr in getrennten Verankerungen ausgelegt waren. Leider ist eine der Fallen verloren gegangen. Etwa 100 sm südlich ihrer ursprünglichen Position wurden jedoch alle Auftriebskörper und Strommesser gesichtet und geborgen. Eine eindeutige Klärung, warum die Falle sich lösen konnte, ist nicht möglich. Es wird aber angenommen, daß die Kombination von Niro-Ringen und Kauschen mit verzinktem Schäkkel in der Verankerung die Ursache war. Durch die so gebildeten Dipole konnte möglicherweise eine Korrosion des Schäkels erfolgen.

Die zweite Falle wurde ohne Probleme aufgenommen, und es zeigte sich, daß sie einwandfrei funktioniert hat. Ein Vergleich der Schaltzeiten mit dem Inhalt der 16 Einzelproben zeigt, daß während bzw. nach den Hauptproduktions-Zyklen viel organisches Material sedimentierte, im Winter dagegen fast nichts. Die Konservierung der organischen Substanz ist, soweit dies ein erster Blick erlaubt, immer geglückt. Alle Proben wurden sofort unter einer Clean-Banch ohne Kontamination umgefüllt und verpackt. Die weitere Aufarbeitung zur Spurenmetall-Analyse und nach biologischen Gesichtspunkten erfolgt an Land.

Aus insgesamt 8 Wasserproben, die aus der aus Edelstahl bestehenden Seewasserleitung entnommen wurden, sind jeweils etwa 0,8 - 1,4 m³ nach einer Filtration durch Glasfaser extrahiert worden. Als Absorber diente hochreines XAD-2. Von diesem Polymer wurden die absorbierten, gelösten Substanzen mit Acetonitriol wieder eluiert. Während dieser Aufbereitung wurde die entsprechende Glasapparatur mit Stickstoff gespült. Es war möglich, auf jedem der Schnitte über dem Ostgrönland-Strom, eine Probe zu entnehmen. Zusätzliche Proben stammen aus der Grönlandsee und dem Atlantik-Strom. Die Analyse dieser Proben auf organische Spurenstoffe wie PCB, Pestizide, polyzyklische Aromate, Weichmacher und Fettsäuren erfolgt nach Abschluß der Reise.

3.3.5 Biological investigations

3.3.5.1 Phytoplanktological investigations (M. Baumann, N.K. Keene, J. Blatt, U. Stute, U. Tillmann)

Objectives

Fronts are known to be areas of special hydrological conditions that favor enhanced biological development. Investigations during the summer 1987 showed high biological activity at the Polar Front at that time of year. The aim of this cruise was to study the relationship between hydrography and biology, and gain information about phytoplankton dynamics along the Polar Front. This was accomplished by analyzing the composition of the various phytoplankton populations in the East Greenland Current, at the Polar Front, and in the Greenland Gyre, measuring primary production, ^{14}C incorporation rates in the photosynthetic end products (lipid, carbohydrates, proteins and small metabolites), as well as ^{15}N uptake, ammonium regeneration, and the effect of prokaryotic and eukaryotic inhibitors on ammonium uptake. Measurements of the spectral light distribution within the euphotic zone by means of a newly developed instrument were also included.

Work at sea

Taxonomy and ^{14}C work was done at a total of 50 stations on four separate transects during the cruise. Samples were taken from six light depths (100 %, 50 %, 30 %, 15 %, 5 %, and 1 %) estimated with the aid of a secchi disk, using a 6 x 30 or a 12 x 10 L rosette sampler. Samples of 100 ml from each depth were preserved for later microscopic analysis of the phytoplankton distribution. Primary production was measured using the ^{14}C technique in untreated samples and size fractionated ones ($< 20 \mu\text{m}$) under standardized conditions (light from $400 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ to $4 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$, temperature 0°C .) in a laboratory incubator. In some cases (see Tab. 16), productivity versus irradiance rates, and ^{14}C incorporation rates in the photosynthetic end products were performed. ^{15}N uptake and ammonium regeneration were measured at 25 stations on the four transects (see Tab. 17). Samples for these measurements were taken from three light depths (100 %, 50 % and 1 %). All nitrogen experiments were carried out under natural light conditions in a temperature controlled deck incubator. From regeneration experiments 189 ammonium and nitrate samples were measured by the group of nutrient chemists. Due to the lack of sta

Tab. 16. Investigations on carbon uptake and phytoplankton species distributions (RWTH), x: was undertaken, -: not done.

Station	Secchi depth (m)	primary production	P/I	¹⁴ C-Incorporation rates	PON POC	Phyto-pl.distr.
first transect						
39	11	x	x	-	x	x
40	7	x	x	x	x	x
41	11	x	x	-	x	x
42	8	x	x	x	x	x
43	6	x	x	-	x	x
44	7	x	x	x	x	x
45	9	x	x	-	x	x
46	8	x	x	x	x	x
47	10	x	x	x	x	x
48	14	x	x	-	x	x
49	13	x	x	x	x	x
second transect						
65	8	x	x	-	x	x
66	11	x	x	x	x	x
67	7	x	x	-	x	x
68	8	x	x	x	x	x
69	10	x	x	-	x	x
70	10	x	x	x	x	x
71	11	x	x	-	x	x
72	20	x	x	x	x	x
73	20	x	x	-	x	x
74	16	x	x	x	x	x
75	14	x	x	-	x	x
third transect						
79	4	x	x	x	x	x
80	4	x	x	-	x	x
81	14	x	x	x	x	x
82	10	x	x	-	x	x
83	15	x	x	x	x	x
84	16	x	x	-	x	x
85	15	x	x	x	x	x
86	16	x	x	-	x	x
87	16	x	x	x	x	x
fourth transect						
96	6	x	x	-	x	x
97	6	x	x	-	x	x
98	5	x	x	-	x	x
99	9	x	x	-	x	x
100	15	x	x	-	x	x
101	10	x	x	-	x	x
102	8	x	x	-	x	x
103	9	x	x	-	x	x
104	14	x	x	-	x	x
105	18	x	x	-	x	x
106	15	x	x	-	x	x
107	16	x	x	-	x	x
108	18	x	x	-	x	x
109	22	x	x	-	x	x
110	18	x	x	-	x	x
111	15	x	x	-	x	x
112	18	x	x	-	x	x
113	17	x	x	-	x	x
114	19	x	x	-	x	x

Tab. 17. Investigations on nitrogen uptake and regeneration (UOT), x: was undertaken, -: not done. Glycine and glucose refer to experiments where initial experiments were repeated after separate, heavy additions of these organic compounds.

station	secchi depth (m)	15N-uptake rates				regeneration experiments	PON POC
		(not inhibited)		(inhibited)			
		ammonium	nitrate	ammonium	nitrate		
39	11	x	x	x	x	x	x
(glycine)		x	x	x	x	x	x
(glucose)		x	x	x	x	x	x
40	7	x	x	x	x	x	x
43	6	x	x	x	x	x	x
46	8	x	x	-	-	x	x
49	13	x	x	x	x	x	x
51	22	x	x	x	x	x	x
(glycine)		x	x	x	x	x	x
(glucose)		x	x	x	x	x	x
62	-	x	x	-	-	x	x
63	6	x	x	x	x	x	x
(glycine)		x	x	x	x	x	x
(glucose)		x	x	x	x	x	x
65	8	x	x	x	x	x	x
66	11	x	x	-	-	x	x
69	10	x	x	-	-	x	x
71	10	x	x	-	-	x	x
73	20	x	x	-	-	x	x
75	16	x	x	-	-	x	x
79	4	x	x	x	x	x	x
81	5	x	x	-	-	x	x
82	10	x	x	-	-	x	x
85	15	x	x	-	-	x	x
87	16	x	x	x	x	x	x
96	6	x	x	x	x	x	x
99	9	x	x	-	-	x	x
102	8	x	x	-	-	x	x
104	16	x	x	-	-	x	x
107	16	x	x	x	x	x	x
110	18	x	x	-	-	-	x

tion time, underwater light spectral measurements were only performed occasionally.

Preliminary results

Figure 59 gives an overview of the primary production measurements. The rates (given in mg C/m²/day) are integrated over the euphotic zone. The hollow bars give the total production, the solid bars the contribution of the phytoplankton < 20 µm. On the most southerly transect highest production values during the whole cruise (up to 3 g C/m²/day). First results of the microscopic analysis of the phytoplankton composition from net hauls on this transect are presented in Table 18. The high production rates were mostly due to diatoms. *Thalassiosira* was dominating in the more easterly stations, affected by the Greenland Gyre, while mostly benthic diatoms (ice algae) such as *Fragilaria* and *Nitzschia* occur in the more westerly stations influenced by the East Greenland Current. In this transect, *Phaeocystis* did not play an important role. This differed from the other transects, where *Phaeocystis* dominated in nearly all stations in the Greenland Gyre. However, production was definitely lower than in the south. When comparing these with the results of the 1987 cruise (ARK V/2), it is obvious that only the first transect shows similar results to those of last year when maximum primary production and phytoplankton production is concerned. The low production values and the almost exclusive occurrence of *Phaeocystis* in the more northern transects differed distinctly from those of last year. The 15N data will be analyzed back home. These and further information from other investigations will help to interpret the preliminary data presented here.

3.3.5.2 Microplanktological investigations (R. Gradinger, H. Auf dem Venne, P. Fritsche)

Recent research pointed out the importance of protists in marine food webs. Our investigation focussed on the occurrence and activity of bacteria, auto- and heterotrophic flagellates and ciliates as dominating members of the "microbial loop" in the different water masses of the Greenland Sea. Five standard depths (0, 20, 40, 75, 100 m) were sampled at each of 25 stations along 4 transects. In all samples cell densities were determined using the epifluorescence technique after staining the organisms with the DNA-specific fluorochrome DAPI. From 0 m depth 1 - 2 l water were filtered on Whatman GF/F filters for POC, PON and pigment analysis. The pigment analysis by HPLC will provide information on

Tab. 18. ARK V/2, 1st transect, species distribution. Values determined microscopically from phytoplankton net haul-samples. Frequency classes from 5 (very abundant) down to - (no occurrence). Results are preliminary.

station	39	40	41	42	43	44	45	46	47
<i>Thalassiosira antarctica</i>	5	5	5	5	5	4	1	1	1
<i>Lauderia glacialis</i>	2	1	-	2	3	-	2	-	3
<i>Eucampia grenlandica</i>	2	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	1	-	1	1	2	1	-	-	-
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Chaetoceros borealis</i>	-	-	1	-	2	-	-	-	-
<i>Chaetoceros convolutus</i>	-	2	-	3	1	-	-	-	-
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros pseudocrinitus</i>	-	2	-	-	1	-	-	-	-
<i>Chaetoceros criophilum</i>	-	-	-	-	3	-	-	-	-
<i>Chaetoceros spec.</i>	1	-	-	-	2	3	1	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	1	-	1	1	-	-	3	-	-
<i>Fragilaria islandica</i>	1	1	1	1	1	2	4	4	4
<i>Fragilaria cylindrus</i>	-	-	-	-	-	-	3	3	4
<i>Navicula pelagica</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	-
<i>Nitzschia seriata</i>	1	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Nitzschia frigida</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia grunowii</i>	1	-	1	2	-	3	4	4	5
<i>Phaeocystis pouchetii</i>	2	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Dinobryon spec.</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-

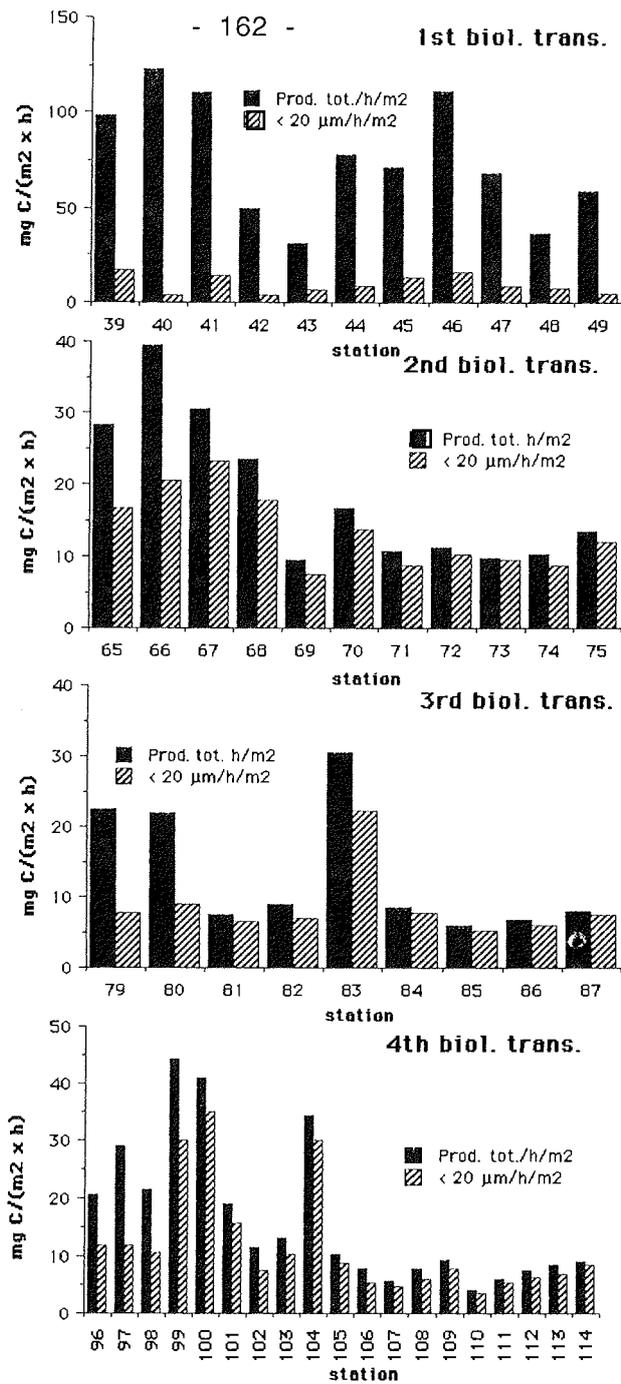


Abb. 59. ARK V/2, primary production at all biological transects. Production values given were integrated over the euphotic zone. The solid bar gives the production of the total phytoplankton, the striped one the contribution of the phytoplankton smaller than 20 μm.

the taxonomical composition of the autotrophic nanoflagellate community. The prey/predator relationship between bacteria and flagellates was investigated to better understand the dynamics and metabolism of the nanoplankton. In incubation experiments the growth rates of bacteria and the grazing rates of flagellates on bacteria were measured after the addition of eukaryont- and prokaryont-specific inhibitors, respectively. In both experiments the excretion rates of phosphate, ammonia and urea were determined.

Special emphasis was set on the observation of ciliates containing high numbers of chloroplasts. Our investigations showed that a large fraction (up to 80 %) of the oligotrichous ciliates contained more than 20, in most cases even more than 40 chloroplasts with a bright red chlorophyll autofluorescence. Transmission electron microscopy is planned to find out if the chloroplasts are partly digested or ultrastructurally intact and could therefore still be functioning within the ciliates. This phenomenon is well-documented for the non-oligotrichous ciliate *Mesodinium rubrum*, which was frequently found in high densities as well.

If the assumption is true that a large fraction of the oligotrichous ciliates are capable of functioning at least as partially autotrophic organisms, then this would lead to new pathways of energy and carbon in the marine food web.

In the different water masses of the investigated area, different stages of the phytoplankton development could be observed. In the ice-covered parts of the Fram-Strait very low densities of protists were found similar to conditions during the ARK V/1 drifting experiment one month ago (see 1.3.5). In the open water of the Greenland Sea *Phaeocystis pouchetii* blooms were observed. The higher primary productivity is also reflected in high bacterial ($> 10^6$ /ml), flagellate ($> 10^3$ /ml) and ciliate (> 5000 /l) numbers. The western part of the southernmost transect was dominated by pennate diatoms (genus *Fragillariopsis*) which are typical for the first stage of the phytoplankton spring development, while in the eastern part characteristic species for the second successive stage (*Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp.) formed the largest fraction of the microphytoplankton.

The comparison of our results with those from different successive stages will elucidate the temporal reaction of the nanoplankton community to changing abiotical (e. g. light, water column stratification, nutrient concentration) and biological (e. g. primary productivity) regimes in the high Arctic ecosystem of the Greenland Sea.

3.3.5.3 Zooplanktological investigations (H.-J. Hirche, K. Knickmeier, N. Mumm, S. Nehring)

Our studies are part of the biological component of the Greenland Sea Project dealing with regional relationships between hydrography and biological production in the Greenland Sea. Therefore, our studies are based on a close cooperation with the oceanography and the phytoplankton group. Another effort addressed the import of zooplankton from the Arctic Ocean into the Greenland Sea via the East Greenland Current.

Chlorophyll distribution was measured from 6 - 10 depths intervals at 50 stations on 4 hydrobiological transects. Continuous vertical profiles of Mie-scattering were obtained at most of these stations and will be compared with chlorophyll data and phytoplankton counts.

Biomass of the dominant herbivorous copepods (*Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus*, and *C. glacialis*) in the upper 80 m will be determined from vertical hauls with a bongo net (300 and 500 μm mesh size) at every station. Horizontal and vertical distribution of zooplankton species will be studied from 23 hauls with a multiple opening and closing net, which was usually sampling in 500 - 200 - 100 - 50 - 25 - 0 m depth intervals. Samples from three stations in 1500 - 1000 - 500 - 200 - 100 - 0 m depth intervals will be compared with later cruises covering a complete seasonal cycle. This data set then will allow us to study seasonal ontogenetic migration of the above mentioned herbivorous copepod species.

From the 500 μm net of the bongo, live animals were picked for egg production experiments and grazing measurements. Egg production of the two copepod species *Calanus finmarchicus* and *C. glacialis* is a direct measure of their secondary production. 30 - 50 females were incubated and their egg production measured after 24 hours. During the cruise egg production experiments were set up at 48 stations for *C. finmarchicus* and at 7 stations for *C. glacialis*.

In addition to these egg production experiments the spawning physiology of *C. glacialis* and *C. finmarchicus* was studied on single females over more than three weeks. Special objectives were the effect of time on clutch size and spawning frequency under constant optimum food conditions.

The grazing rates of herbivorous copepods, and especially various stages of *C. hyperboreus*, were determined using the gut fluorescence methodology. Animals were sorted directly after collection and deep frozen or were sorted from filters containing deep frozen animals. After analyzing their pigment content in the laboratory the grazing rate can be calculated using pigment content and gut clearance rate. This rate was experimentally determined in starvation experiments and subsequent removal of specimens at different time intervals.

3.3.5.4 Radiolarians as indicators of productivity (N. Swanberg, L. Eide)

The temporal and spatial scales at which we are able to measure biological events in the sea play a critical role in our ability to interpret pelagic marine processes. Geologists can estimate rates of skeleton production in water columns overlying sediment beds on scales of thousands of years to decades or even years in some cases and with the use of sophisticated sediment traps we are approaching the ability to measure the results of biological activity in a water mass on a seasonal or monthly scale. With in-situ and shipboard techniques we can readily document events in the frame of reference of a given water parcel on a scale of a few minutes or hours to days, but the time scale between days and months remains a difficult one to study. A great deal seems to happen in the ocean on that time scale, particularly in polar areas where environmental forcing plays a large role. It is costly and logistically difficult to keep a ship on station for that long a period, and virtually impossible to consistently study one parcel of water even if one could. Yet it is exactly at this time scale at which many of the zooplankton bloom events occur, which are so important to economic use of the sea in high latitudes. Those of us studying these events have often been forced to extrapolate upwards or downwards from processes occurring on the larger scales measured by us.

With the advent of the ability to collect synoptic data from satellites over a large spatial scale, it would seem ideal if, in our ground-truth assessments, we could find some indicator of the recent trophic history of a water parcel other than just the current status of its most recent algal bloom. The most direct way to do this would seem to examine the composition of the zooplankton. However, most zooplankton are motile and well-adapted for moving at least vertically through the water column. Their survival strategy is based on complex and dynamic interaction with the

other organisms in the general water mass. Therefore, while the motile zooplankton composition is an indicator of something, it is by no means a simple indicator of trophic history in the frame of reference of a given water parcel. In order to assess that, we need some organism that is linked to the processes in a given water parcel as much as the phytoplankton are, but which is at a higher trophic level and has a life cycle similar to that of zooplankton. Ideally it would also be an organisms which appeared in sediment traps and even sediments.

The fate of the non-motile sarcodine protozoa (foraminifera, radiolaria, acantharia) is tightly coupled to the trophic status of a parcel of water and the abundance and composition of their fauna should be indicative of the integrated trophic history of that water. One group of sarcodines, the radiolaria, is sufficiently diverse and abundant in polar waters that its composition should provide substantial information about the surrounding trophic history. Preliminary evidence that the radiolarian fauna in the Norwegian Sea responds to changes in production does suggest that radiolaria from these waters might be excellent indicators of longer term biological processes at lower trophic levels.

The high latitude radiolarian fauna has never been studied in the plankton during or after a bloom. The project described here, will sample the radiolarian fauna during several spring and summer cruises along a latitudinal gradient from Reykjavik to Spitsbergen, with the intent of straddling the spring bloom event. Detailed multivariate population analyses will be made of the radiolarian fauna along the cruise tracks to document its change during the bloom. Particular attention will be paid to the kinds of organisms which prevail prior to and after the bloom, and which thus could be indicative of bloom events, and to the kinds of changes which occur in their skeletons.

As a side-benefit to this work, the radiolarians constitute one of the significant fossil groups in high-latitude waters and there is a considerable body of data on their flux to and distribution in the sediments of Norwegian sea. Information about how the plankton fauna responds to the bloom will thus be immediately applicable to ongoing analyses of existing sediment data.

On cruise ARK V/2, vertical hauls with a multiple closing net (0.25 m² net opening, 64 μ m) were carried out during fifteen biological and oceanographical stations. Maximum hauling depth for radiolarian samples was 400 m. One net was used from 400 - 25 m. At 25 m the 4 last nets were released. The samples from

25 m to 0 m were not saved. The samples (400 - 25 m) were fixed with 4 % formaldehyde-seawater solution immediately after the haul.

Information on species composition and abundance will be available after examination of the samples.

3.3.5.5 Higher trophic levels: seabirds and marine mammals (C. Joiris)

Seabirds and mammals were counted at standard half-an-hour periods, when the ship was moving (350 counts) or stationary (50 counts). The aim is to calculate their densities in the main water masses, and then translate these results into biomass and food uptake. Compared with data on primary production and zooplankton grazing, this will allow to reconstruct and quantify the ecological structure in the different zones.

Results of the first 300 counts (+ 29 fixed stations) allow a preliminary discussion (see Tab. 19): a total of 30000 birds were encountered, with 21000 alcids, including 15000 Little Auks (*Alle alle*). This situation is very different from what is observed in the North Sea and the northern Atlantic, where Fulmar *Fulmarus glacialis* and Kittiwake *Rissa tridactyla* form the vast majority of the avifauna. Of all observed birds 22000 are mainly plankton feeders (Little Auk, Fulmar, Kittiwake and Black Guillemot *Cephus grylle*).

The correlation between birds and water masses is striking: for the alcids, Razorbill *Alca torda*, Common Guillemot *Uria aalge*, and Puffin *Fratercula arctica* are bound to warm (Atlantic) water, while Little Auk, Brünnich's Guillemot *Uria lomvia* and Black Guillemot are bound to cold (polar) water. The high Arctic larids were mainly Ivory Gull *Pagophila eburnea*, and a few Sabine's and Ross's Gulls (*Xema sabini* and *Rodostethia rosea*).

Cetaceans were encountered in low numbers, especially in polar water: 2 Sperm Whales *Physeter macrocephalus* and a Minke Whale *Balaenoptera acutorostris* only. Seals observed belong to three species: Ringed Seal *Phoca hispida*, Harp Seal *Phoca groenlandica* and a few Grey Seals *Halichoerus grypus*; two Walruses *Odobenus rosmarus* were noted as well.

Tab. 19. Bird counts during ARK V/2.

Species		Sum (n birds)	Average (birds/station)		
Fulmarus (dark)	Fulmar (northern)	1315	4,0		
Fulmarus (light)	-	2411	7,4		
Σ Fulmarus	-			3726	11,3
Sula bassana (local)	Gannet	5	0,0		
Sula bassana (moving)	-	9	0,0		
Stercorarius skua	Great Skua	7	0,0		
St. pomarinus	Pomarine Skua	12	0,0		
St. parasiticus	Arctic Skua	15	0,0		
St. longicaudus	Long-tailed Skua	23	0,1		
Σ Stercorarius				57	0,2
Pagophila eburnea	Ivory Gull	361	1,1		
Larus hyperboreus	Glaucous Gull	81	0,2		
L. glaucoides	Iceland Gull	6	0,0		
L. marinus	Great Black-backed Gull	18	0,1		
L. fuscus	Lesser Black-backed Gull	127	0,4		
Rissa tridactyla (local)	Kittiwake	4349	13,3		
Rissa tridactyla (moving)	-	37	0,1		
Xema sabini	Sabine's Gull	2	0,0		
Rhodostethia rosea	Ross's Gull	1	0,0		
Sterna paradisaea	Arctic Tern	171	0,5		
Alca torda (local)	Razorbill	219	0,7		
Alca torda (moving)	-	113	0,3		
Uria aalge (local)	Common Guillemot/Murre	315	1,0		
Uria aalge (moving)	-	601	1,8		
Uria lomvia (local)	Brünnich's Guillemot	2759	8,4		
Uria lomvia (moving)	-	1439	4,4		
Alle alle (local)	Little Auk	14255	43,5		
Alle alle (moving)	-	908	2,8		
Cepphus grylle (local)	Black Guillemot	76	0,2		
Cepphus grylle (moving)	-	24	0,1		
Fratercula arctica (local)	Puffin	354	1,1		
Fratercula arctica (moving)	-	141	0,4		
Σ Alcidae	Σ Alcids			21204	64,4
	Σ birds (plankton eaters)	22330	68,1		
	Σ birds	30156	91,9		
	Σ Cetaceans	12	0,9		
	Σ Pinnipeds	616	1,9		
Urus maritimus	Polar Bear	2	0,0		

3.3.6 Satellite remote sensing (T. Viehoff)

Objectives

- To test the operational capability of the High Resolution Picture Transmission (HRPT)-receiving station for the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) onboard the NOAA polar orbiter under ship-board and polar conditions.
- To support the ship navigation and the scientific cruise planning with respect to ice conditions.

Work at sea

The antenna was mounted on the starboard side of the compass observation platform of "Polarstern" at a height of about 20 m above the water line. This allowed undisturbed receiving in a sector of nearly 310 degrees in azimuth. The electronic receiving equipment and the computer system was installed one deck below the antenna just behind the bridge. The actual information on ship's position and course had to be typed into the computer manually. During slow variations of the course this proved to be satisfactory.

In the time period between June 5 and June 28 a total of 76 passes of the NOAA-9 and NOAA-10 satellites were received. 54 of the passes were received without any problems. Data from 10 more passes had minor data losses due to ship motions, frame synchronisation errors, or timing errors of the computer. Only for 12 of the passes no contact was established for unknown reasons. The greatest tracking problems occurred due to high frequency ship motions and inaccurate orbit calculations because of old (> 3 days) TBUS orbital element data. For two days no data reception was possible caused by motion of heavy seas. It turned out that horizontal deviations of up to 2 degrees in pitch- and roll- angle could be accepted. Even at those large deviations, data losses occurred only at very high elevation angles (> 80 degrees). Some minor problems arose due to the shortwave radio communication (4 - 12 GHz) because the antenna system for this communication network was also mounted on the compass observation platform. The motor unit of the upper axis of the pedestal started to move when radio communication at the wavelengths mentioned above was active. Therefore no reception was possible during the time of shortwave radio communication. The receiving operation stopped on June 28 because of a break down of the motor unit for the lower axis.

Preliminary results

Up to now only a few images were processed to a final stage. The processing was restricted to channels 1 and 2 of the AVHRR, located at the visible/near infrared part of the spectrum.

Cloud free conditions existed in the area around the ships position mainly during the first part of the cruise. Therefore it was possible to support the ship navigation in finding the most effective track through the ice edge to the hydrographic section "F" and along the open water area (Polynya) off the east coast of Greenland to the western starting point of the section "E". In Figure 60 the cruise track from the beginning of section "F" to the end of section "E" is superimposed on the AVHRR channel 1 image from the NOAA-9 pass at June 11. The dark gray-tones indicate low albedo values, and white covered areas represent high albedo values. In the left part of the image the east coast of Greenland is visible. The ship position at the time of the satellite pass is marked by an arrow.

Unfortunately the weather conditions between June 13 and June 26 were dominated by a sequence of low pressure cells moving offshore the east coast of Greenland from southwest to northeast, hindering a continuous ice observation. Therefore only time-lagged (2 - 5 days) information deduced from images normally received one or two days before travelling into the observation area could be given to support the ship navigation. Nevertheless even this kind of information was much more helpful than the coarse resolution images of the APT-receiving station onboard the ship. During the last part of the cruise up to the time of the motor damage, weather conditions again permitted to help navigation with detailed ice distribution charts.

Some small to mesoscale ice eddies, with horizontal diameters in the order of the local Rossby-radius of deformation (20 - 30 km), could be observed along the marginal ice zone. In Figure 61 an ice eddy is shown, located on the line of the hydrographic section "B" of the cruise track. The image was received from the NOAA-10 pass on June 24 at 16:46 GMT. The cross on the image between stations "B4" and "B5" indicates the position of "Polarstern" at the time of data reception. Section "B" was sampled from station "B1" to "B5" such that the ship passed the eddy half a day before the image was taken. Unfortunately due to cloud cover it was not possible to detect the ice eddy earlier before the section sampling had started. Nevertheless the station grid was distributed in such a way that one station lay nearly in the center of the eddy and the two adja-

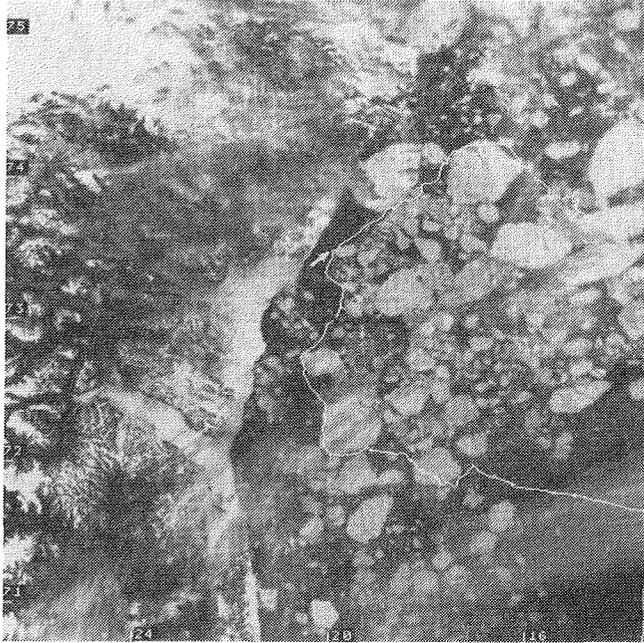


Fig. 60. NOAA-9 channel 1 HRPT-image at 14:58 GMT 11 June 1988. The image is navigated into an equal area map projection with a resolution of 1 km/pixel. The ship track of RV "Polarstern" is superimposed. The ship position at the time of the satellite pass is marked by an arrow.

cent stations at the northwest and southeast side, respectively. The single bands of ice floes had widths of 4 to 8 km. Again due to bad weather conditions and to the break down of the antenna system, a time series of the development of this ice eddy could not be obtained. More work is needed, specifically analysis of images received at the Tromso Satellite Station during the breakdown period to get a clearer idea of the evolution of the eddy.

The clearly observed eastward displacement of ice floes along 73°N and 77°N can be interpreted as a result of the two recirculation current branches known as Boreas current and Jan Mayen current. These results must be interpreted with care because the floes are not only moved by the underlying current system but also by the atmospheric drag due to wind stress. Nevertheless the small band of ice moving eastward verifies the assumption of mainly ocean driven forcing of the ice floes.

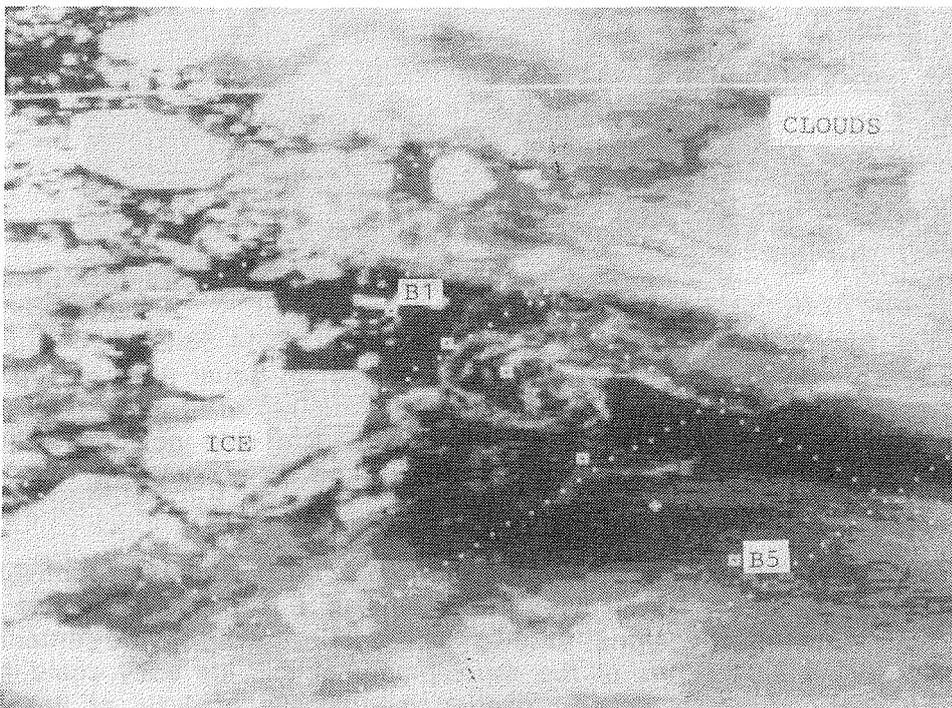


Fig. 61. NOAA-10 AVHRR channel 1 HRPT-image at 16:46 GMT 24 June 1988. Locations of the hydrographic stations along the section "B" are added in (white triangles). The ship position at the time of satellite pass is marked by a cross.

A. Stationslisten / Station lists

Abkürzungen / Abbreviations

BO	=	Bongo-Netz/Bongo net
BRO	=	Bio-Rosette
CTD	=	24. Rosette mit Neil-Brown-Sensoren/24. rosette with Neil-Brown-Sensors
CTD2	=	12. Rosette mit HDW-Sensoren/12. rosette with HDW-Sensors
DRG	=	Dredge
FLU	=	Fluoreszenz-Sonde/Fluorescence sonde
FluSe	=	Fluoreszenz-Sonde + Secchi-Scheibe/Fluorescence sonde + Secchi-Disk
GKG	=	Großkastengreifer/Large box grap
LN	=	Larven-Netz/Larva net
MS	=	Multi-Sonde/Multi sonde
MJ	=	Multi-Netz/Multi net
PLA	=	Plankton-Netz/Plankton net
QM	=	Quantameter
SED	=	Secchi-Scheibe/Secchi disk
SSS	=	Side Scan Sonar
UWE	=	Unterwasserfahrzeug/Remotely operated vehicle
UWS	=	Unterwasser-Spektrometer/Underwater-Spectrometer

A.1 ARK V/1

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/001	02.05.88	22.10-23.30		80°24.5'N	02°57.9'E	1497	Aussetzen Argos Boje Eiskernbohrer
13/002	03.05.88	09.50		80°26.6'N	02°09.0'E	2267	Eisbohrer, Erkundungs- gang
		12.30-		80°25.8'N	02°08.0'E	2267	Eisbohrer, Erkundungs- gang
		13.10		80°25.9'N	02°07.8'E	2268	
	04.05.88	16.50		80°24.0'N	02°04'E	2291	PLA
05.05.88	14.00-14.40		80°24.0'N	02°04.2'E	2301	CTD	
	14.15-14.25		80°24.0'N	02°04.2'E	2301	SED	
	14.53-15.00		80°24.1'N	02°03.6'E	2316	BRO	
	15.11-15.30		80°24.1'N	02°03.5'E	2315	BRO	
	16.05-16.15		80°24.1'N	02°03.5'E	2319	PLA	
06.05.88	08.30-08.43		80°24.5'N	02°02.1'E	2359	CTD	
	08.52-09.05		80°24.5'N	02°02.0'E	2364	BRO	
	09.14-09.23		80°24.5'N	02°01.8'E	2368	BRO	
	09.38-09.49		80°24.5'N	02°01.7'E	2371	BRO	
	18.33-18.42		80°23.9'N	01°54.8'E	2451	CTD	
	18.51-19.02		80°23.9'N	01°54.5'E	2450	BRO	
	19.13-19.20		80°24.1'N	01°57.0'E	2449	BRO	
07.05.88	08.24-08.31		80°26.7'N	02°10.2'E	2214	CTD	
	08.42-09.04		80°26.7'N	02°10.2'E	2203	BRO	
	16.06-16.33		80°28.1'N	02°18.2'E	2093	MU	
08.05.88	08.36-08.41		80°33.6'N	02°49.7'E	1542	CTD	
	08.49-09.01		80°33.6'N	02°49.4'E	1537	BRO	
	09.07-09.15		80°33.6'N	02°49.4'E	1537	BRO	
	16.30-16.53		80°34.5'N	02°51.8'E	1480	MU	
	18.37-18.41		80°34.6'N	02°51.0'E	1486	CTD	
	18.48-19.00		80°35.0'N	02°51.0'E	1489	SED	
	19.04-19.16		80°35.1'N	02°50.0'E	1482	BRO	
	19.22-19.29		80°35.2'N	02°49.9'E	1476	BRO	
09.05.88	08.30-08.40		80°38.6'N	03°25.7'E	1074	CTD	
	08.50-09.02		80°38.9'N	03°26.3'E	1067	BRO, SED	
	09.14-09.21		80°39.0'N	03°27.2'E	1056	BRO	
	09.34-09.44		80°39.2'N	03°29.0'E	1042	BRO	
	13.50-14.20		80°40.2'N	03°34.7'E	991	PLA	
	18.15-18.39		80°40.6'N	03°32.9'E	996	CTD	
	18.45-18.55		80°40.6'N	03°32.8'E	992	BRO, SED	
	19.09		80°40.7'N	03°32.6'E	989	BRO	
10.05.88	09.56-10.03		80°44.8'N	03°32.7'E	969	BRO	

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/002	11.05.88	08.35-08.43		80°51.0'N	03°47.3'E	763	CID
		08.35-08.40		80°51.0'N	03°47.3'E	758	PLA
		08.46-08.54		80°51.1'N	03°47.8'E	755	BRO, SED
		09.00-09.09		80°51.1'N	03°48.6'E	751	BRO
		11.15-11.26		80°50.8'N	03°56.0'E	745	UWS
		18.28-18.33		80°45.6'N	04°12.2'E	749	CID
		18.37-18.50		80°45.5'N	04°12.4'E	752	BRO
		18.55-19.04		80°45.3'N	04°12.8'E	751	BRO
12.05.88	12.05.88	08.26-08.36		80°46.1'N	04°17.1'E	712	CID
		08.42-08.56		80°46.3'N	04°17.9'E	709	BRO, SED
		09.12-09.20		80°46.4'N	04°18.9'E	703	BRO
		11.11-11.40		80°46.9'N	04°23.6'E	688	UWS
		18.27-18.39		80°45.9'N	04°28.4'E	687	CID
		18.43-18.54		80°45.8'N	04°28.3'E	693	BRO, SED
		19.02-19.12		80°45.7'N	04°28.0'E	689	BRO
13.05.88	13.05.88	08.33-08.41		80°46.6'N	04°16.3'E	715	CID
		08.46-08.56		80°46.6'N	04°16.3'E	715	BRO, SED
		09.03-09.08		80°46.6'N	04°16.3'E	715	BRO, SED
		09.09-09.21		80°46.6'N	04°16.3'E	715	BRO
		11.30-11.50		80°46.6'N	04°18.0'E	709	PLA
		13.08-13.41		80°46.5'N	04°19.8'E	699	UWS
		13.10-15.30		80°46.2'N	04°21.1'E	686	Schlauchbooteinsatz
		16.58-17.05		80°45.4'N	04°26.5'E	693	CID
		17.07-17.20		80°45.4'N	04°26.5'E	693	BRO, SED
		17.22-17.26		80°45.4'N	04°26.5'E	693	BRO
14.05.88	14.05.88	08.22-08.32		80°42.2'N	04°20.4'E	756	CID
		08.37-08.47		80°42.1'N	04°20.4'E	749	BRO, SED
		08.50-08.58		80°42.0'N	04°20.4'E	749	BRO
		09.05-09.15		80°42.2'N	04°20.4'E	750	BRO
		10.16-10.45		80°41.8'N	04°20.6'E	749	MU
		11.00-11.31		80°41.7'N	04°21.0'E	748	UWS
15.05.88	15.05.88	08.35-08.42		80°40.3'N	04°17.6'E	782	CID
		08.45-08.52		80°40.2'N	04°17.7'E	779	BRO
		08.54-09.00		80°40.1'N	04°17.5'E	780	BRO
		10.53-11.26		80°39.8'N	04°16.6'E	787	UWS
		13.00-14.20		80°39.9'N	04°14.3'E	790	SED, Schlauchbooteinsatz
		15.00-15.30		80°39.6'N	04°13.4'E	799	MU
16.05.88	16.05.88	08.27-08.37		80°36.9'N	03°42.5'E	993	CID
		08.43-08.51		80°36.8'N	03°41.9'E	988	BRO, SED
		09.01-09.02		80°36.7'N	03°41.1'E	988	BRO
		10.58-11.25		80°36.0'N	03°36.5'E	1041	UWS
		18.25-18.35		80°34.5'N	03°22.5'E	1184	CID
		18.37-18.49		80°34.5'N	03°21.9'E	1189	BRO

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/002	17.05.88	08.25-08.36		80°33.0'N	02°57.5'E	1453	CTD
		08.38-08.50		80°33.0'N	02°56.7'E	1460	BRO, SED
		08.57-09.05		80°33.0'N	02°56.0'E	1468	BRO
		11.02-11.37		80°32.4'N	02°51.5'E	1533	UWS
		18.30-18.40		80°31.8'N	02°34.8'E	1765	CTD
		18.43-18.57		80°31.8'N	02°33.9'E	1765	BRO
	18.05.88	08.24-08.34		80°30.8'N	02°05.8'E	2296	CTD
		08.37-08.46		80°30.7'N	02°05.2'E	2310	BRO
		08.53-09.02		80°30.6'N	02°04.8'E	2323	BRO
		10.58-11.25		80°30.2'N	01°59.3'E	2444	UWS
		16.19-16.39		80°29.4'N	01°45.8'E	2720	MU
		18.30-18.38		80°29.4'N	01°41.4'E	2784	CTD
		18.40-18.53		80°29.4'N	01°41.1'E	2787	BRO, SED
	19.05.88	08.25-08.37		80°28.7'N	01°23.4'E	2942	CTD
		08.39-08.53		80°28.6'N	01°23.1'E	2969	BRO, SED
		09.00-09.08		80°28.6'N	01°22.7'E	2965	BRO
		09.10-09.12		80°28.6'N	01°22.7'E	2965	BRO
		10.56-11.25		80°22.9'N	01°18.5'E	3007	UWS
16.03-16.33			80°26.6'N	01°04.6'E	2964	MU	
18.30-18.42			80°26.3'N	00°57.4'E	2951	CTD	
18.46-19.57			80°26.3'N	00°57.3'E	2976	BRO, SED	
19.02-19.18			80°26.3'N	00°56.6'E	2953	BRO	
20.05.88	08.26-08.36		80°25.5'N	00°23.0'E	3030	CTD	
	08.44-09.02		80°25.5'N	00°23.0'E	3030	BRO, SED	
	09.08-09.20		80°25.4'N	00°22.3'E	3044	BRO	
	09.20-13.20		80°25.4'N	00°22.3'E	3044	Polarfuchs-Einsatz	
	17.02-17.13		80°23.8'N	00°11.8'E	3025	CTD	
	17.17-17.32		80°23.7'N	00°11.6'E	3008	BRO, SED	
	17.45-17.56		80°23.7'N	00°11.9'E	2993	BRO	
	21.05.88	08.26-08.37		80°24.1'N	00°08.7'E	2992	CTD
08.43-08.52			80°24.2'N	00°08.7'E	3011	BRO, SED	
08.59-09.07			80°24.2'N	00°09.3'E	3006	BRO	
22.05.88	07.59-08.10		80°22.5'N	00°00.3'E	2793	CTD	
	08.14-08.25		80°22.4'N	00°00.1'E	2783	BRO, SED	
	08.32-08.51		80°22.4'N	00°00.0'E	2771	BRO	
	18.29-18.39		80°21.0'N	00°05.0'W	2445	CTD	
	18.42-18.58		80°20.1'N	00°05.6'W	2443	BRO, SED	
23.05.88	08.23-08.33		80°19.1'N	00°03.7'E	2541	CTD	
	08.37-08.46		80°18.2'N	00°03.6'E	2519	BRO, SED	
	16.03-16.26		80°17.6'N	00°03.2'E	2621	MU	
	16.30-16.42		80°17.3'N	00°03.0'E	2645	CTD	
	16.45-17.00		80°17.3'N	00°02.6'E	2658	BRO, SED	
13/003	30.05.88	06.27-	67°01.4'N	18°39.0'W	302	Profil 1-2	
		07.07	67°03.0'N	18°38.0'W	335		
	07.15-	07.15-	67°07.0'N	18°40.3'W	335	Profil 3-4	
		07.52	67°01.3'N	18°40.4'W	315		

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/003	30.05.88	07.59-		67°01.5'N	18°41.1'W	241	Profil 3
		08.40		67°07.7'N	18°40.1'W	225	
		08.52-		67°07.3'N	18°41.8'W	230	Profil 4
		09.45		67°01.2'N	18°41.9'W	360	
		10.08-		67°01.2'N	18°42.5'W	317	Profil 5
		10.50		67°02.2'N	18°42.5'W	369	
		10.54-		67°07.2'N	18°43.6'W	374	Profil 6
		11.34		67°01.2'N	18°43.1'W	291	
		11.40-		67°01.2'N	18°44.4'W	330	Profil 7
		12.19		67°07.2'N	18°44.3'W	265	
		12.25-		67°07.2'N	18°45.7'W		Profil 8
		13.02		67°02.1'N	18°45.6'W	329	
		13.02-		67°01.2'N	18°45.7'W		Profil 9
		13.23		67°01.2'N	18°38.7'W	289	
		13.48-		67°02.3'N	18°39.0'W	315	Profil 10
		14.06		67°02.2'N	18°45.7'W	187	
		14.16-		67°02.2'N	18°45.7'W	171	Profil 11
		14.38		67°02.2'N	18°38.0'W	323	
14.44-		67°03.7'N	18°38.0'W	266	Profil 12		
14.59		67°03.7'N	18°45.7'W	168			
15.06-		67°04.2'N	18°45.7'W	116	Profil 13		
15.24		67°04.3'N	18°38.0'W	296			
15.32-		67°04.8'N	18°38.0'W	283	Profil 14		
15.48		67°04.7'N	18°45.7'W	201			
15.54-		67°05.2'N	18°45.7'W	225	Profil 15		
16.12		67°05.2'N	18°38.1'W	293			
16.20-		67°07.7'N	18°38.0'W	323	Profil 16		
16.37		67°05.7'N	18°45.8'W	264			
16.44-		67°06.2'N	18°45.8'W	288	Profil 17		
17.04		67°06.2'N	18°38.0'W	298			
17.15-		67°07.1'N	18°38.7'W	316	Profil 18		
17.30		67°07.2'N	18°45.7'W	311			
13/004	30.05.88	18.51-		67°05.6'N	18°43.3'W	106	CID
		19.02		67°05.4'N	18°43.2'W	135	
13/005	31.05.88	06.04-		67°00.0'N	17°15.3'W	197	CID
		06.21		66°59.9'N	17°15.4'W	202	
13/006	31.05.88	06.30-		66°59.9'N	17°15.4'W	205	Such-Kurse f. DRG
		07.00		67°00.2'N	17°07.9'W	219	
		07.00-		67°00.2'N	17°07.9'W	219	DRG
		07.28		67°00.3'N	17°07.6'W	232	
13/007	31.05.88	10.58-11.15		67°02.4'N	18°24.6'W	69	MS
13/008	31.05.88	11.49-		67°01.5'N	18°29.2'W	58	DRG
		12.19		67°01.4'N	18°28.5'W	89	
13/009	31.05.88	13.57		67°05.6'N	18°39.7'W	84	MS
		15.00-15.15		67°05.9'N	18°41.4'W		MS
		16.19-16.26		67°05.8'N	18°43.9'W	120	MS
		17.12-17.25		67°05.6'N	18°42.2'W	151	MS
		17.40-18.00		67°05.6'N	18°42.3'W	203	MS

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear		
		Start	End						
13/010	31.05.88	18.35-	19.03	67°08.2'N	18°46.6'W	303	SSS		
		19.03-		67°07.0'N	18°45.6'W	297	Profil 1		
		21.21		67°01.5'N	18°45.6'W	331			
		22.22-		67°01.5'N	18°42.0'W	189	Profil 2		
		00.01		67°07.0'N	18°42.0'W	207			
		00.35-		67°07.0'N	18°44.6'W	255	Profil 3		
		02.21		67°06.5'N	18°44.6'W	220			
		01.06.88	03.14-		67°01.5'N	18°41.2'W	196	Start Profil 4	
		04.33		67°05.0'N	18°41.1'W	221	Sensor a. D.		
	04.51-		67°04.7'N	18°41.3'W	192	Sensor z. W.			
	05.57		67°07.0'N	18°41.1'W	292	Ende Profil 4			
	06.28-		67°07.0'N	18°42.8'W	364	Profil 7			
	08.14		67°01.5'N	18°42.9'W	283				
	08.32-		67°01.5'N	18°43.6'W	284	Profil 5			
	10.11		67°07.0'N	18°43.7'W	210				
	10.48-		67°07.0'N	10°40.4'W	324	Profil 6			
	12.26		67°07.5'N	18°39.5'W	303				
	12.50-		67°01.5'N	18°41.7'W	200	Profil 7			
	14.26		67°07.0'N	18°41.2'W	192				
13/011	01.06.88	15.23-		67°05.6'N	18°42.5'W	85	UWE		
		17.38		67°05.6'N	18°42.5'W	90			
		18.20-		67°05.8'N	18°42.6'W	97	MS		
		18.36		67°05.8'N	18°42.7'W	129			
		19.12-		67°05.8'N	18°43.1'W	109	MS		
		19.28		67°05.7'N	18°43.6'W	120			
		19.36-		67°05.8'N	18°43.0'W	172	DRG		
		20.01		67°05.6'N	18°42.0'W	172			
		20.31-20.33		67°05.8'N	18°42.5'W	88	Aussetzen Falle		
13/012	01.06.88	21.31		67°00.9'N	18°37.7'W	295	SSS		
		21.35-		67°01.0'N	18°38.0'W	294	Start Profil 8		
		23.43		67°07.0'N	18°46.1'W	296	Ende Profil 8/ Start Profil 9		
	02.06.88	01.01-		67°10.8'N	18°42.6'W		Ende Profil 9		
		01.39		67°10.0'N	18°37.3'W	254	Start Profil 10		
		02.33		67°08.0'N	18°42.9'W	300	Ende Profil 10/ Start Profil 11		
		04.35-		67°00.9'N	18°44.3'W	288	Ende Profil 11/ Start Profil 12		
		04.46		67°00.9'N	18°45.8'W	321	Ende Profil 12/ Start Profil 13		
		07.22		67°01.0'N	18°38.5'W	259	Ende Profil 13		
		13/013	02.06.88	08.06-		67°13.2'N	18°58.0'W	401	Profilfahrt
				08.46		67°13.2'N	18°57.9'W	460	
		13/014	02.06.88	08.17-		67°13.2'N	18°58.0'W	461	GKG
				09.37		67°13.5'N	18°57.9'W	461	

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/015	02.06.88	10.30-		67°09.3'N	18°55.3'W	439	MS
		10.53		67°09.5'N	18°50.2'W		
		10.57-11.22		67°09.7'N	18°49.8'W	443	GKG
13/016	02.06.88	11.53-		67°07.4'N	18°48.6'W	451	GKG
		12.02		67°06.9'N	18°54.5'W	450	
13/017	02.06.88	12.51-		67°06.5'N	18°41.0'W	302	GKG
		13.05		67°06.2'N	18°43.5'W	290	
13/018	02.06.88	13.30-		67°05.3'N	18°36.8'W	318	GKG
		13.45		67°05.4'N	18°36.5'W	315	
13/019	02.06.88	14.24-		67°03.6'N	18°46.5'W	177	GKG
		14.35		67°03.5'N	18°46.4'W	174	
13/020	02.06.88	15.00-15.16		67°05.7'N	18°43.0'W	120	Falle aufgenommen
13/021	02.06.88	15.37-		67°05.7'N	18°42.4'W	88	MS
		15.47		67°05.7'N	18°42.3'W	103	
13/022	02.06.88	16.11-		67°05.7'N	18°42.3'W	103	MS
		16.23		67°05.8'N	18°42.3'W	116	
		16.39-16.45		67°05.7'N	18°42.5'W	136	Schlauchboot z. W.
13/023	02.06.88	16.54-		67°05.7'N	18°42.3'W	90	DRG
		17.10		67°05.7'N	18°42.3'W	90	
		17.45-		67°05.7'N	18°42.3'W	90	DRG
		18.01		67°05.7'N	18°42.1'W	161	
		18.08-		67°05.7'N	18°42.3'W	96	DRG
		18.28		67°05.7'N	18°42.0'W	170	
		18.39-		67°05.7'N	18°42.2'W	91	DRG
		19.01		67°05.7'N	18°42.1'W	158	
		19.29-		67°05.7'N	18°42.3'W	95	DRG
		19.50		67°05.7'N	18°42.1'W	156	
		19.58-20.30		67°05.7'N	18°42.1'W	104	DRG
		21.11-		67°05.7'N	18°41.6'W	94	DRG
13/024	02.06.88	21.21		67°05.7'N	18°42.0'W	178	
		21.39-		67°05.7'N	18°42.3'W	166	DRG
		22.01		67°05.7'N	18°42.0'W	140	
		23.16-		67°03.0'N	18°42.9'W	95	MS
13/025	02.06.88	23.26		67°03.0'N	18°42.9'W	113	
		23.39		67°02.9'N	18°42.0'W	95	Falle Nr. 1 z. W.
13/026	03.06.88	23.43		67°02.9'N	18°42.7'W	98	Falle Nr. 2 z. W.
		00.35-		67°02.6'N	18°42.8'W	256	DRG
13/026	03.06.88	01.12		67°02.3'N	18°41.2'W	207	
		01.42-		67°04.9'N	18°40.5'W	143	DRG
		02.07		67°04.9'N	18°40.7'W	135	
		02.12-		67°05.1'N	18°40.9'W	132	DRG
		02.41		67°05.1'N	18°41.5'W	177	

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/026	03.06.88	03.14-		67°09.3'N	18°38.3'W	152	DRG
		03.38		67°09.3'N	18°38.1'W	120	
		04.10-		67°10.1'N	18°42.8'W	239	DRG
		04.36		67°09.9'N	18°43.8'W	295	
		05.09-		67°06.7'N	18°43.4'W	196	DRG
		05.36		67°05.4'N	18°43.3'W	177	
		05.50-		67°04.3'N	18°44.4'W	138	DRG
		06.13		67°04.5'N	18°45.5'W	134	
13/027	03.06.88	06.34-		67°04.9'N	18°43.5'W	164	Profil Hydroth. 1
		07.06		67°07.8'N	18°42.7'W		
		07.12-		67°06.9'N	18°42.7'W	210	Profil Hydroth. 2
		07.30		67°05.2'N	18°43.4'W	181	
		07.37-		67°05.1'N	18°43.3'W	175	Profil Hydroth. 3
		07.54		67°06.6'N	18°42.9'W	190	
		08.02-		67°06.5'N	18°42.9'W	192	Profil Hydroth. 4
		08.14		67°05.8'N	18°43.7'W	186	
		08.27-		67°05.1'N	18°43.3'W	190	Profil Hydroth. 5
		08.39		67°06.2'N	18°42.9'W	188	
08.48-		67°06.1'N	19°42.5'W	184	Profil Hydroth. 6		
		08.58		67°05.2'N	18°42.6'W	190	
13/028	03.06.88	09.23-		67°05.5'N	18°42.1'W	104	MS
		9.32		67°05.5'N	18°42.1'W	102	
		09.54-		67°05.5'N	18°42.9'W	95	MS
		10.08		67°05.5'N	18°42.8'W	109	
13/029	03.06.88	10.19-10.21		67°05.5'N	18°42.8'W	89	UWE
		11.03-11.00		67°05.5'N	18°42.9'W	86	UWE
13/030	03.06.88	11.42-		67°05.4'N	18°42.8'W	88	DRG
		12.00		67°05.5'N	18°42.5'W	199	
13/031	03.06.88	12.05-		67°05.5'N	18°42.6'W	180	3,5 kHz
		13.13		67°05.1'N	19°07.9'W	436	
13/032	03.06.88	13.17-		67°05.5'N	19°07.8'W	437	MS
		13.37		67°06.1'N	19°07.8'W	438	
13/033	03.06.88	14.00-		67°04.1'N	19°08.3'W	438	3,5 kHz
		15.02		67°04.1'N	18°42.6'W	177	Profil Ende
13/034	03.06.88	15.13-		67°02.7'N	18°42.6'W	166	3,5 kHz
		16.15		67°03.0'N	19°08.0'W	166	Profil Ende
13/035	03.06.88	16.20-		67°02.0'N	19°06.0'W	448	3,5 kHz
		17.29		67°02.1'N	18°42.6'W	267	Profil Ende
13/036	03.06.88	17.35-		67°03.1'N	18°45.3'W	180	2 Fallen aufgenommen
		18.18		67°03.2'N	18°45.4'W	210	

A.2 ARK V/2

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/037	07.06.88	12.13-	14.17	68°00.1'N 67°59.3'N	19°57.7'W 20°02.3'W	1062 1059	CTD, MU, LN BRO, BO
13/038	08.06.88	13.10-	14.03	69°49.0'N 69°49.0'N	16°50.2'W 16°49.9'W	1362 1344	CID
13/039	09.06.88	05.16-	09.57	71°39.7'N 71°37.9'N	13°19.6'W 13°17.7'W	1782 1632	BRO, FLU, CTD, PLA, MU, BO
13/040	09.06.88	13.20-	16.35	71°45.8'N 71°46.0'N	14°59.5'W 14°57.4'W	874 876	BRO, CTD, MU, BO, UWS, QM
13/041	09.06.88	17.48-	19.47	71°47.4'N 71°46.9'N	15°24.6'W 15°23.4'W	1033 992	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/042	09.06.88	20.57-	22.46	71°48.8'N 71°48.5'N	15°49.7'W 15°50.4'W	1067 1069	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/043	09.06.88 10.06.88	23.48-	02.01	71°49.9'N 71°50.4'N	16°14.5'W 16°12.3'W	1113 1100	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/044	10.06.88	03.05-	05.17	71°54.2'N 71°53.5'N	16°37.9'W 16°35.8'W	1475 1418	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/045	10.06.88	06.32-	09.17	71°58.3'N 71°58.1'N	17°00.3'W 17°02.3'W	1735 1716	BRO, CTD, MU, BO
13/046	10.06.88	11.10-	13.14	71°50.7'N 71°50.7'N	17°35.8'W 17°35.9'W	1604 1571	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/047	10.06.88	14.30-	17.05	71°53.6'N 71°50.8'N	17°48.9'W 17°43.2'W	1309 1352	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/048	10.06.88	18.46-	21.20	71°56.7'N 71°55.9'N	18°04.3'W 18°08.2'W	927 874	BRO, PLA, CTD, MU, BO, UWS
13/049	10.06.88 11.06.88	22.07-	00.02	72°01.2'N 72°00.0'N	18°18.4'W 18°18.8'W	419 391	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/050	12.06.88	03.45-	05.27	73°52.6'N 73°51.1'N	15°29.9'W 15°30.0'W	882 836	CTD, MU
13/051	12.06.88	07.55-	09.39	73°45.9'N 73°45.7'N	14°59.8'W 14°56.4'W	1775 1727	CID
13/052	12.06.88	15.16-	17.38	73°40.9'N 73°40.1'N	13°59.0'W 13°58.9'W	2439 2419	CTD, BO
13/053	13.06.88	01.25-	03.58	73°24.4'N 73°25.4'N	12°11.1'W 12°09.0'W	2796 2800	CID

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/054	13.06.88	10.16-	13.36	73°01.7'N 09°34.1'W 73°02.3'N 09°35.1'W	2920 2927	CTD, SED, MU	
13/055	13.06.88	18.39-	20.44	72°30.3'N 11°27.7'W 72°30.7'N 11°27.9'W	2211 2213	CTD	
13/056	14.06.88	00.26-	03.03	72°03.8'N 12°25.5'W 72°03.6'N 12°24.5'W	2408 2381	CTD, MU	
13/057	14.06.88	11.27-	15.58	71°55.7'N 08°20.3'W 71°55.0'N 08°20.5'W	2463 2474	<u>GS1</u> Moor.rec. CID	
13/058	14.06.88 15.06.88	19.48- 01.34		72°27.3'N 08°11.6'W 72°28.0'N 08°08.4'W	2508 2554	SED, CTD, MU <u>GS2</u> Moor.rec.	
13/059	15.06.88	07.02-	11.45	72°03.7'N 08°01.9'W 72°03.3'N 07°59.3'W	2664 2649	CTD <u>GS3</u> Moor.rec.	
13/060	15.06.88 16.06.88	21.37- 00.19		73°55.0'N 10°29.7'W 73°53.3'N 10°29.5'W	3056 3062	CID	
13/061	16.06.88	06.01-	08.56	74°25.4'N 08°59.2'W 74°28.3'N 08°58.4'W	3292 3297	CID	
13/062	16.06.88	15.11-	17.50	74°45.0'N 07°19.9'W 74°44.3'N 07°20.9'W	3362 3359	CTD, SED	
13/063	16.06.88 17.06.88	23.23- 02.00		73°42.0'N 04°30.0'W 73°41.1'N 04°26.2'W	3240 3161	CTD, SED	
13/064	17.06.88	09.14-	11.19	73°48.4'N 04°53.5'W 73°47.8'N 04°49.8'W	3622 3588	<u>GSP3</u> Moor.depl.	
13/065	17.06.88 18.06.88	17.05- 01.17		74°55.6'N 05°00.7'W 74°54.4'N 04°48.6'W	3602 3604	BRO, PLA, CTD, MU, BO, <u>V-319</u> Moor.depl.	
13/066	18.06.88	06.08-	08.08	75°00.0'N 07°30.7'W 74°59.0'N 07°35.8'W	3420 3417	BRO, CTD, MU, BO	
13/067	18.06.88	09.29-	11.37	74°59.9'N 08°16.0'W 75°00.3'N 08°20.2'W	3380 3388	BRO, PLA, CTD, MU, BO	
13/068	18.06.88	13.09-	22.34	74°59.9'N 09°01.8'W 75°01.5'N 09°05.3'W	3323 3303	UWS, PLA, BRO, CTD, MU, BO <u>403-2</u> Moor.depl.	
13/069	18.06.88 19.06.88	23.52- 01.58		75°07.7'N 09°32.1'W 75°09.6'N 09°32.4'W	3164 3144	BRO, PLA, CTD, MU, BO	
13/070	19.06.88	03.07-	06.38	75°14.6'N 10°02.5'W 75°15.3'N 10°01.3'W	2890 2871	BRO, PLA, CTD, MU, BO	

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/071	19.06.88	07.50-	09.18	75°20.6'N 75°19.7'N	10°25.3'W 10°26.6'W	2532 2537	BRO, PLA, CTD, BO
13/072	19.06.88	10.40-	16.18	75°27.0'N 75°26.2'N	10°47.1'W 10°50.2'W	1800 1810	BRO, CTD, MU, BO, <u>402-2</u> Moor.depl.
13/073	19.06.88 20.06.88	17.30-	00.40	75°28.6'N 75°28.6'N	11°06.5'W 11°10.5'W	1324 1266	BRO, PLA, CTD, BO, <u>402-1</u> Moor.rec.
13/074	20.06.88	01.24-	03.34	75°30.4'N 75°30.6'N	11°21.3'W 11°21.9'W	942 903	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/075	20.06.88	04.26-	12.41	75°32.4'N 75°32.9'N	11°37.5'W 11°39.1'W	415 361	BRO, PLA, CTD, BO, MU, <u>401-1</u> Moor.rec. <u>401-2</u> Moor.depl.
13/076	20.06.88	17.46-	19.04	75°03.4'N 75°03.8'N	12°11.2'W 12°13.2'W	1248 1259	<u>404-1</u> Moor.rec.
13/077	20.06.88	20.38-	22.39	75°02.1'N 75°01.4'N	11°53.7'W 11°52.8'W	1798 1824	<u>404-2</u> Moor.depl.
13/078	21.06.88	08.23-	12.16	75°35.1'N 75°34.3'N	05°28.8'W 05°37.1'W	3489 3489	CTD, MU
13/079	21.06.88	17.27-	21.01	76°14.7'N 76°15.2'N	03°27.8'W 03°25.6'W	3638 3664	BRO, CTD, MU, BO
13/080	21.06.88	22.07-	23.44	76°20.8'N 76°21.1'N	03°53.4'W 03°54.4'W	3575 3574	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/081	22.06.88	00.39-	02.38	76°26.9'N 76°26.4'N	04°15.7'W 04°18.8'W	2731 2694	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/082	22.06.88	03.34-	06.33	76°33.1'N 76°33.3'N	04°38.9'W 04°45.0'W	2583 2607	BRO, PLA, CTD, MU
13/083	22.06.88	07.18-	08.58	76°37.9'N 76°38.4'N	04°55.8'W 04°53.0'W	2374 2392	BRO, PLA, CTD, BO, MU
13/084	22.06.88	09.52-	11.40	76°42.6'N 76°43.8'N	05°16 1'W 05°18.1'W	1893 1886	BRO, PLA, CTD, BO, MU
13/085	22.06.88	12.28-	14.41	76°47.7'N 76°45.3'N	05°30.1'W 05°36.3'W	1642 1652	BRO, CTD, MU, BO
13/086	22.06.88	15.27-	17.08	76°51.7'N 76°52.0'N	05°45.2'W 05°44.0'W	1364 1372	BRO, PLA, CTD, MU, BO
13/087	22.06.88	18.02-	20.37	76°55.0'N 76°56.4'N	06°00.3'W 05°59.8'W	1025 1008	BRO, PLA, CTD, BO, MU

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/088	23.06.88	05.12-		76°40.9'N	02°05.0'W	2548	<u>0170</u> Moor.rec.
		09.58		76°42.4'N	02°24.2'W	2783	<u>0171</u> Moor.depl.
13/089	23.06.88	22.43-		77°58.2'N	05°06.8'W	896	CID
		23.42		77°58.4'N	05°05.6'W	949	
13/090	24.06.88	01.38-		77°58.5'N	04°48.2'W	1700	CID
		03.00		77°58.1'N	04°45.3'W	1841	
13/091	24.06.88	04.19-		77°55.3'N	04°10.9'W	2509	CID
		06.13		77°53.0'N	04°13.7'W	2496	
13/092	24.06.88	08.53-		77°52.4'N	02°45.5'W	2901	CID
		11.26		77°52.0'N	02°32.8'W	2925	
13/093	24.06.88	13.33-		77°48.6'N	01°01.0'W	3080	CID
		16.05		77°47.1'N	01°03.7'W	3071	
13/094	24.06.88	20.31-		78°45.8'N	00°11.4'E	2519	<u>0150</u> Moor.rec.
		22.35		78°46.7'N	00°12.1'E	2519	
13/095	24.06.88	12.06-		78°20.8'N	10°03.4'E	148	Fishing Test
		17.28		78°15.5'N	10°41.1'E	334	
13/096	25.06.88	22.32-		78°59.9'N	09°00.2'E	204	BRO, PLA, CTD, BO
		23.34		79°00.1'N	09°01.3'E	201	
13/097	26.06.88	00.28-		78°59.1'N	08°30.2'E	437	BRO, PLA, CTD, MU, BO
		01.59		78°59.9'N	08°31.6'E	397	
13/098	26.06.88	02.46-		78°57.5'N	08°07.1'E	1001	BRO, PLA, CTD, MU, BO
		04.27		78°57.6'N	08°08.2'E	999	
13/099	26.06.88	06.04-		78°55.3'N	07°00.5'E	1301	BRO, PLA, CTD, MU, BO
		08.06		78°55.6'N	07°08.2'E	1243	
13/100	26.06.88	09.04-		78°53.5'N	06°44.6'E	1616	<u>0160</u> Moor.rec. <u>0161</u> Moor.depl. MU, SED, BO, BRO, FluSe, CTD
		15.16		78°54.8'N	06°41.0'E	1640	
13/101	26.06.88	16.04-		78°52.8'N	06°12.9'E	2237	FluSe, BRO, CTD, BO, CTD2
		20.20		78°53.1'N	06°14.8'E	2112	
13/102	26.06.88	22.05-		78°53.0'N	05°00.3'E	2667	SED, FluSe, BRO, PLA, CTD, BO, MU
	27.06.88	01.12		78°52.5'N	05°03.7'E	2664	
13/103	27.06.88	03.15-		78°53.0'N	03°20.6'E	2381	FluSe, PLA, BRO, CTD, MU, BO, CTD2
		07.50		78°53.7'N	03°14.5'E	2382	
13/104	27.06.88	09.56-		78°52.5'N	01°35.6'E	2557	FluSe, BRO, PLA, CTD, BO
		12.37		78°51.7'N	01°32.4'E	2544	

Stat. No.	Date	Time (GMT)		Position		Depth (m)	Gear
		Start	End				
13/105	27.06.88	14.10-	16.12	78°56.9'N 00°19.2'E	78°57.8'N 00°17.7'E	2576 2576	FluSe, BRO, BO,CTD
13/106	27.06.88	16.56-	21.50	78°58.8'N 00°00.7'E	78°58.5'N 00°02.2'W	2787 2631	FluSe, BRO, PLA, QM, BO, MU, CTD, UWS, CTD2
13/107	28.06.88	02.25-	05.31	79°01.2'N 01°18.4'W	79°01.7'N 01°19.4'W	2741 2766	FluSe, BRO, PLA, QM, CTD, MU, BO
13/108	28.06.88	08.00-	13.03	79°02.4'N 02°19.9'W	78°59.5'N 02°24.4'W	3987 2567	FluSe, BRO, CTD, MU, BO, CTD2
13/109	28.06.88	15.55-	18.42	78°55.7'N 03°34.8'W	78°55.8'N 03°32.6'W	2250 2463	FluSe, BRO, CTD, MU, BO
13/110	28.06.88 29.06.88	20.53-	00.26	78°51.4'N 04°23.0'W	78°46.5'N 04°16.0'W	1798 1742	FluSe, PLA, BRO, QM, CTD, MU, BO, CTD2
13/111	29.06.88	00.51-	03.02	78°45.9'N 04°26.7'W	78°45.5'N 04°29.3'W	1579 1437	FluSe, BRO, CTD, MU, BO
13/112	29.06.88	03.34-	06.59	78°44.3'N 04°38.3'W	78°45.9'N 04°33.8'W	1298 1451	FluSe, BRO, CTD, MU, BO, CTD2
13/113	29.06.88	07.58-	09.57	78°45.3'N 05°01.5'W	78°45.7'N 05°00.1'W	909 965	FluSe, BRO, CTD, MU, BO
13/114	29.06.88	11.04-	12.42	78°42.3'N 05°26.9'W	78°42.0'N 05°28.0'W	414 409	FluSe, BRO, CTD, MU, BO
13/115	29.06.88	15.37-	17.06	78°26.8'N 04°07.3'W	78°26.5'N 04°05.7'W	1793 1797	<u>0260</u> Moor.depl.
13/116	30.06.88	10.50-	14.42	75°46.0'N 00°22.1'E	75°46.9'N 00°28.3'E	2025 2775	<u>GSP6</u> Moor.depl. CTD
13/117	30.06.88	17.30-	22.16	75°17.9'N 01°14.7'E	75°15.5'N 00°57.2'E	2559 3306	<u>GSP5</u> Moor.depl. CTD,BO
13/118	01.07.88	05.00-	07.02	74°42.2'N 03°42.9'E	74°42.3'N 03°42.5'E	3620 3623	<u>0180</u> Moor.rec.
13/119	01.07.88	09.33-	20.34	74°25.3'N 02°24.3'E	74°23.4'N 02°40.8'E	3750 3841	<u>GSP1</u> Moor.depl. CTD, BRO, MU, CTD2
13/120	02.07.88	07.41-	17.46	73°23.2'N 00°49.7'W	73°20.7'N 00°38.5'W	3131 2963	<u>0250</u> Moor.depl. CTD2, CTD, MU
13/121	03.07.88	06.11-	09.30	71°00.7'N 03°56.4'E	71°01.4'N 03°54.4'E	3183 3188	CTD

B. Fahrtteilnehmer / Participants

B.1 ARK V/1a

Name name	Institut institute
--------------	-----------------------

Aletsee, L.	RWTH
Auf dem Venne, H.	IFMK
Bauer, P.	IGMK
Baumann, M.	RWTH
Becker, B.D.	MIH
Becker, K.	MIH
Beyer, K.	AWI
Biselli, W.	MPI
Bittner, K.	AWI
Blatt, J.	RWTH
Brammann, H.	MIH
Brecht, H.H.	MPI
Eicken, H.	AWI
Fischer, B.	MIH
Goldbach, O.	MIH
Gradinger, R.	IFMK
Hehl, O.	IMKH
Helwig, A.	HSW
Henschel, D.	AWI
Hillebrand, O.	HSW
Hoeber, H.	MIH
Jeske, H.	MIH
Jezek, K.C.	CRREL
Kapp, R.	MIH
Kirtzel, H.J.	MIH
Köhler, A.	MIH
Köhler, H.	SWA
Krämer, M.	RWTH
Lange, M.	AWI
Lohse, H.	GKSS
Mahler, G.	HSW
Münster, H.	MPI
Peters, G.	MIH
Richter, K.	MIH
Röd, E.	SWA
Schaumann, K.	AWI
Schmidt, O.	HSW
Schriever, D.	MPI

Name name	Institut institute
Spindler, M.	AWI
Springer, K.	AWI
Stahmann, M.	MIH
Steinmetz, R.	AWI
Tüg, H.	AWI
Vater, B.	IFMH
Vogel, U.	AWI
Wamser, C.	AWI
Wunderle, S.	AWI
Zwölfer, U.	MIH

B.2 ARK V/1b

Name name	Institut institute
Alfredsson, G.	IBI
Auf dem Venne, H.	IFMK
Bäcker, H.	GEOM
Baumann, M.	RWTH
Beese, H.	GIK
Beyer, D.	TUM
Beyer, K.	AWI
Botz, R.	GIK
Devey, C.	GIK
Dorn, W.	GIK
Fricke, H.	MPIV
Galan, A.	MRI
Giere, O.	ZIM
Goldbach, O.	MIH
Gradinger, R.	IFMK
Gudmundsson, H.	MRI
Gutt, J.	AWI
Haushahn, P.	GIK
Helwig, A.	HSW
Hertling, P.	PKH
Hillebrand, O.	HSW
Hoeber, H.	MIH
Horender, M.	PKH
Kasang, L.	MPIV

Name name	Institut institute
Kerler, W.	MPIV
Klindt, H.	AWI
Köhler, H.	SWA
Kristjansson, J.K.	IBI
Langheld, C.	ZIM
Lass, H.	GIK
Mahler, G.	HSW
Matthießen, J.	GEOM
Mühe, R.	GIK
Neuner, A.	MUR
Puteanus, D.	GIK
Rachor, E.	AWI
Reinecke, O.	MPIV
Riemann, K.	BAH
Röd, E.	SWA
Schauer, J.	MPIV
Schaumann, K.	AWI
Schmidt, O.	HSW
Schmitt, M.	GIK
Spindler, M.	AWI
Springer, K.	AWI
Stark, R.	PKH
Steinmetz, R.	AWI
Steinwender, E.	GIK
Stoffers, P.	GIK
Svarvarsson, J.	IBI
Thiede, J.	GEOM
Türkay, M.	FIS
Wallrabe-Adams, H.-J.	GIK
Werner, F.	GIK

B.3 ARK V/2

Name name	Institut institute
Auf dem Venne, H.	IFMK
Babst, U.	AWI
Blaschko, M.	AWI
Baumann, M.	RWTH

Name name	Institut institute
Becker, H.	AWI
Blatt, J.	RWTH
Costello, J.	SIO
Darnell, C.	PMEL
Drübbisch, U.	IFMH
Eide, L.	IMB
Fahrbach, E.	AWI
Fritsche, P.	IFMK
Gradinger, R.	IFMK
Hebbeln, D.	FG/UB
Hillebrand, O.	HSW
Hirche, H.-J.	AWI
Johnson, M.C.	SIO
Joiris, C.	FUB
Kattner, G.	AWI
Keene, N.K.	UOT
Knickmeier, K.	AWI
Köhler, H.	SWA
Larisch a.W., F.	IFMH
Larssen, B.	NPI
Mahler, G.	HSW
Mahnke, P.	IFMH
Measures, C.	MIT
Meincke, J.	IFMH
Meinke, C.	IFMK
Mumm, N.	IPÖ
Nehring, S.	IFMK
Paysen, I.	IFMH
Petrick, G.	IFMK
Pfirman, S.	GEOM
Rehberg, V.	IFMK
Röd, E.	SWA
Rüte, S.	AWI
Schröder, M.	AWI
Schütt, E.	AWI
Stute, U.	RWTH
Tillmann, U.	RWTH
Viehoff, T.	AWI
Walter, M.	AWI
Weidemann, H.	IFMH
Witte, H.	AWI

C. Beteiligte Institute / Participating institutions

	Adresse address	Teilnehmer participants	Fahrtabschnitt leg
<u>Bundesrepublik Deutschland</u>			
AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 2850 Bremerhaven	29	1,2
BAH	Biologische Anstalt Helgoland Taxonomische Arbeitsgruppe Notkestraße 31 2000 Hamburg 52	1	1
FG/UB	Fachbereich 5 - Geowissenschaften Universität Bremen Postfach 33 04 40 2800 Bremen 33	1	2
FIS	Forschungsinstitut Senckenberg Senckenberganlage 25 6000 Frankfurt 1	1	1
GEOM	GEOMAR Forschungszentrum Wischofstraße 1-3, Gebäude 4 2300 Kiel 14	4	1,2
GIK	Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Universität Kiel Olshausenstraße 40-60 2300 Kiel	13	1
GKSS	Forschungszentrum Geesthacht Reaktorstraße 7-9 2054 Geesthacht	1	1
HSW	Helicopter Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 2000 Hamburg 65	4	1,2

	Adresse address	Teilnehmer participants	Fahrtabschnitt leg
IFMH	Institut für Meereskunde Universität Hamburg Tropowitzstraße 7 2000 Hamburg 54	7	1,2
IFMK	Institut für Meereskunde an der Universität Kiel Düsternbrooker Weg 20 2300 Kiel	7	1,2
IGMK	Institut für Geophysik und Meteorologie Kerpener Straße 13 5000 Köln 41	1	1
IMKH	Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover Herrenhäuser Straße 2 3000 Hannover 21	1	1
IPÖ	Institut für Polarökologie der Universität Kiel Olshausenstraße 40-60 2300 Kiel	1	2
MIH	Meteorologisches Institut der Universität Hamburg Bundesstraße 55 2000 Hamburg 13	14	1
MPI	Max-Planck-Institut für Meteorologie Bundesstraße 55 2000 Hamburg 13	4	1
MPIV	Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie 8130 Seewiesen	5	1

	Adresse address	Teilnehmer participants	Fahrtabschnitt leg
MUR	Lehrstuhl für Mikrobiologie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 8400 Regensburg	1	1
PKH	P.K.H.-Film- und Fernseh- produktion Peter K. Hertling Uhrendorf 1 2211 Beidenfleth	3	1
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Worringer Weg 5100 Aachen	6	1,2
SWA	Seewetteramt Bernhard-Nocht-Straße 76 2000 Hamburg 4	2	1,2
TUM	Physiologisches Institut Technische Universität München Biedersteinerstr. 29 8000 München 40	1	1
ZIM	Universität Hamburg Zoologisches Institut und Zoologisches Museum Martin-Luther-King-Platz 3 2000 Hamburg 13	2	1
<u>Belgien</u>			
FUB	Free University of Brussels APNA Pleinlaan 2 B-1050 Brussels	1	2

	Adresse address	Teilnehmer participants	Fahrtabschnitt leg
<u>Island</u>			
IBI	Institute of Biology University of Iceland Grensasvegur 12 108 Reykjavik	3	1
MRI	Marine Research Institute of Iceland 108 Reykjavik	2	1
<u>Norwegen</u>			
IMB	Institut for Marin Biologi Univ. i. Bergen N-5065 Blomsterdalen	1	2
NIP	Norsk Polar Institutt Rolfstangveien 12 N-1330 Oslo	1	2
<u>Vereinigte Staaten von Amerika</u>			
CRREL	CRREL 72 Lyme Road Hanover, NH 03755	1	1
MIT	Massachusetts Institute of Technology Dept. of Oceanography Cambridge, MA 02139	1	2
PMEL	NOA Pacific Marine Environmental Laboratory	1	2
SIO	Scripps Institution of Oceanography University of California La Jolla, CA 92093	2	2

	Adresse address	Teilnehmer participants	Fahrabschnitt leg
UOT	University of Tennessee Graduate Program in Ecology Knoxville, TN 37996	1	2

D. Schiffspersonal / Ship's Crew

D.1 ARK V/1

Greve	Kapitän
Allers	1. Offizier
Schiel	Naut. Offizier
Fahje	Naut. Offizier
Dr. Böhm	Arzt
Briedenhahn	Ltd. Ingenieur
Böhm	1. Ingenieur
Delff	2. Ingenieur
Simon	2. Ingenieur
Erdmann	Elektriker
Mutter	Elektroniker
Thonhauser	Elektroniker
Husmann	Elektroniker
Hoops	Elektroniker
Geiger	Funkoffizier
Raeder	Funkoffizier
Tanger	Koch
Kubicka	Kochsmaat/Bäcker
Bender	Kochsmaat/Koch
Scheel	1. Steward
Pötsch	Stewardess/Krankenschwester
Friedrich	Stewardess
Feigler	Stewardess
Gollmann	Stewardess
Chiang	2. Steward
Fang	2. Steward
Shyzu	Wäscher
Schwarz	Bootsmann
Marowsky	Zimmermann
Suarez Peisal	Matrose
Iglesias Bermudez	Matrose
Soage Curra	Matrose
Gil Iglesias	Matrose
Abreu Dios	Matrose
Pousada Martinez	Matrose
Schierl	Lagerhalter
Wittfoth	Maschinen-Wart
Dufner	Maschinen-Wart
Carstens	Maschinen-Wart
Husung	Maschinen-Wart
Ulbricht	Maschinen-Wart

D.2 ARK_V/2

Greve	Kapitän
Allers	1. Offizier
Schiel	Naut. Offizier
Fahje	Naut. Offizier
Dr. Böhm	Arzt
Briedenhahn	Ltd. Ingenieur
Böhm	1. Ingenieur
Delff	2. Ingenieur
Simon	2. Ingenieur
Erdmann	Elektriker
Mutter	Elektroniker
Thonhauser	Elektroniker
Husmann	Elektroniker
Hoops	Elektroniker
Geiger	Funkoffizier
Raeder	Funkoffizier
Tanger	Koch
Kubicka	Kochsmaat/Bäcker
Bender	Kochsmaat/Koch
Scheel	1. Steward
Pötsch	Stewardess/Krankenschwester
Friedrich	Stewardess
Feigler	Stewardess
Gollmann	Stewardess
Chiang	2. Steward
Fang	2. Steward
Shyzu	Wäscher
Woltin	Bootsmann
Kassubeck	Zimmermann
Meis Torres, A.	Matrose
Meis Torres, M.	Matrose
Sobral Sobral	Matrose
Novo Loveira	Matrose
Prol Otero	Matrose
Pereira Portela	Matrose
Schierl	Lagerhalter
Wittfoth	Maschinen-Wart
Dufner	Maschinen-Wart
Carstens	Maschinen-Wart
Husung	Maschinen-Wart
Ulbricht	Maschinen-Wart

