



**BERICHTE  
aus dem  
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE  
an der  
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT KIEL**

**Nr. 196**

**1990**

**ZUR BEDEUTUNG DES PICO- UND NANOPLANKTONS IN POLAREN  
REGIONEN AM BEISPIEL DER GRÖNLÄNDISCHEN SEE**

**VON**

**ROLF GRADINGER**

**Kopien dieses Berichtes können bezogen werden durch:  
Institut für Meereskunde  
Abt. Marine Planktologie  
Düsternbrooker Weg 20  
D - 2300 Kiel, FRG**

**ISSN 0341-8561**

## **ABSTRACT**

This study focused on the dynamics of the "microbial loop" in the cold water ecosystem of the Greenland Sea. On three cruises in 1987 and 1988 both the abundance and the activity of bacteria and auto- and heterotrophic flagellates were measured.

The abundance of the pico- and nanoplankton in the upper 100 m of the water column was determined by epifluorescence microscopy. The growth rates of bacteria and the grazing rates of eucaryotic pico- and nanoplankton on bacteria were studied with the selective inhibitor technique (Sherr et al., 1986). Furthermore the occurrence of organisms living inside ice floes was investigated in early spring 1988.

The results of the sea ice investigations demonstrated that bacteria, diatoms and auto- and heterotrophic flagellates are most abundant in the lowermost 10 cm of the ice floes. An experiment on one ice floe using graded snow cover showed the importance of the snow cover for the growth of the ice algae by regulating the light supply.

Using multivariate factor analysis four different stages of plankton succession could be determined from early spring until summer. The first stage represents the late winter phase, dominated by flagellates. Stage 2 was characterized by the spring bloom of diatoms, stage 3 by Phaeocystis pouchetii and stage 4 by autotrophic flagellates as main primary producers. Generally the occurrence of organisms of the pico- and nanoplankton size range was not related with water masses with the exception of picocyanobacteria. These cells are proposed to be indicator organisms for Atlantic Water in the Arctic.

During spring and summer both bacteria and flagellates reached their abundance maxima during the succession stages 3 and 4 (bacteria:  $1.6 \cdot 10^6 \cdot \text{ml}^{-1}$ ; autotrophic pico- and nanoflagellates:  $13.7 \cdot 10^3 \text{ cells} \cdot \text{ml}^{-1}$ ; heterotrophic pico- and nanoflagellates:  $1.7 \cdot 10^3 \text{ cells} \cdot \text{ml}^{-1}$ ). The relation between primary and bacterial production peaked during stage 4 (23 %). The relation between primary production and carbon incorporation of heterotrophic flagellates by consuming bacteria was nearly identical (20 %).

At the end of the Arctic summer the abundance of the pico- and nanoplankton decreased in relation to the summer values. Furthermore a drastic decrease in the relation between autotrophic to heterotrophic flagellates was observed, indicating the existence of a pool of dissolved

organic matter which could prolong the growth of heterotrophic organisms under the conditions of the polar night.

The results indicate a close coupling between bacterial growth and grazing by heterotrophic flagellates. Nearly 100 % of the bacterial production was ingested by heterotrophic flagellates on a daily base. Therefore the flagellates do not feed on the bacterial biomass but on the bacterial production.

A comparison with data from tropical and boreal regions demonstrate that both the biomass and the activity of the pico- and nanoplankton in the Greenland Sea are of the same magnitude as in other sea areas. Also the carbon flow inside the "microbial loop" correspond to the results on carbon ingestion by Arctic mesozooplankton (herbivorous copepods). Thus it can be stated that the microbial loop is a significant part of the epipelagic food web of the cold water ecosystem of the Greenland Sea.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2. HYDROGRAPHIE DER GRÖNLÄNDISCHEN SEE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>6</b>
3.1. Vorexperimente.....	6
3.1.1. Fixierung, Fluorochromierung und Lagerung von Wasserproben zur Bestimmung von Zellzahlen.....	6
3.1.2. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien durch eucaryontisches Protozooplankton durch Einsatz selektiver Inhibitoren.....	8
3.2. Durchführung der Freilanduntersuchungen.....	11
3.2.1. Untersuchungszeitraum der einzelnen Fahrtabschnitte.....	11
3.2.2. Probennahme zur Ermittlung der horizontalen und vertikalen Verteilung des Pico- und Nanoplanktons im Untersuchungsgebiet.....	17
3.2.3. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien.....	19
3.2.4. Hydrographische, chemische und planktologische Umweltparameter.....	19
3.2.5. Analyse der Populationsstruktur mittels mathematischer Verfahren.....	20
<b>4. ERGEBNISSE.....</b>	<b>23</b>
4.1. Klassifikation der Stationen anhand hydrographischer Parameter.....	23
4.1.1. Definition der charakteristischen Wassermassen.....	23
4.1.2. Klassifizierung der auf den Expeditionen beprobten Stationen anhand der Hydrographie.....	26
4.2. Verteilung und Aktivität der Organismen im Pelagial der Untersuchungsregion.....	28
4.2.1. Die Verteilung des Planktons auf vier ausgewählten Schnitten durch die Grönländische See.....	30
4.2.1.1. Ergebnisse von Schnitt 1.....	30
4.2.1.2. Ergebnisse von Schnitt 2.....	35
4.2.1.3. Ergebnisse von Schnitt 3 .....	42
4.2.1.4. Ergebnisse von Schnitt 4.....	48
4.2.2. Verteilung der Organismen in den hydrographisch charakterisierten Region A1-3, B1-2 und C.....	52

4.2.2.1. Verteilung des Planktons im Frühling/Sommer.....	52
4.2.2.1.1. Ergebnisse der Stationsgruppe A1.....	54
4.2.2.1.2. Ergebnisse der Stationsgruppe A2.....	61
4.2.2.1.3. Ergebnisse der Stationsgruppe A3.....	66
4.2.2.1.4. Ergebnisse der Stationsgruppe B1.....	68
4.2.2.1.5. Ergebnisse der Stationsgruppe B2.....	70
4.2.2.1.6. Ergebnisse der Stationsgruppe C.....	71
4.2.2.2. Verteilung des Planktons im Herbst/Winter.....	73
4.2.2.3. Vergleich der Sommer- und Winterwerte.....	78
4.3. Multivariate Analyse der Populationsstrukturen.....	79
4.4. Ergebnisse der Wachstums- und Wegfraßexperimente.....	89
4.4.1. Mittlere Wachstums- und Wegfraßraten.....	89
4.4.2. Die Aktivitäten des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons in den verschiedenen Regionen der Grönländischen See.....	92
4.5. Die Lebensgemeinschaft im mehrjährigen Packeis.....	100
<b>5. DISKUSSION.....</b>	<b>116</b>
5.1. Kritische Betrachtung der eingesetzten Methoden.....	116
5.1.1. Ermittlung der Abundanzen des auto- und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons.....	116
5.1.2. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien .....	118
5.2. Die Pico- und Nanoplanktongemeinschaft des Meereises.....	123
5.3. Die Pico- und Nanoplanktongemeinschaften im Pelagial der Grönländischen See.....	126
5.3.1. Die Bedeutung von Picocyanobakterien.....	128
5.3.2. Die Bedeutung des eucaryontischen autotrophen Pico- und Nanoplanktons.....	130
5.3.3. Die Bedeutung des Bakterioplanktons.....	132
5.3.4. Die Bedeutung des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons.....	135
5.4. Der `Microbial Loop` in der Grönländischen See.....	140
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>145</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>147</b>

## Danksagung

Ich möchte mich bei allen, die mich in den letzten Jahren auf die verschiedensten Weisen unterstützt haben, sehr herzlich bedanken.

Herrn Prof. Lenz danke ich für seine ständige Diskussionsbereitschaft sowie die vielen Anregungen und Hilfestellungen bei der Anfertigung dieser Arbeit. Durch ihn konnte ich die fremdartige und faszinierende Welt der Arktis für mich entdecken.

Den Besatzungen der beiden Forschungsschiffe FS "Polarstern" und FS "Meteor" möchte ich für deren ständige Hilfsbereitschaft danken, ohne die für viele von uns Meeresbiologen eine Expedition schon vorbei wäre, bevor sie richtig angefangen hat.

Meinen früheren Zimmergenossen Klaus-Günther Barthel, Judith Gunkel, Frank Jochem und Herbert auf dem Venne sowie Peter Fritsche verdanke ich manche Aufmunterung, wenn wieder einmal nichts klappte. Ohne ihre Hilfe wären wesentliche Teile dieser Arbeit nicht entstanden.

Ihnen und den anderen Mitarbeitern der Abteilung Marine Planktologie verdanke ich viele Einsichten in die komplexen Prozesse des Pelagials der Ozeane, die sie mir in Diskussionen vermitteln konnten.

Bei Frank Jochem und Judith Gunkel möchte ich mich besonders bedanken für die tatkräftige Mitarbeit bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Für viele weitere Hilfestellungen in der Endphase der Promotion möchte ich mich bei Avan Antia, Jürgen Coy, Hanna Giesenhausen, Susanne Haluszczak, Stefan Härtling, Ingo Lange, Renate Riecken und Annegret Stuhr bedanken.

Zum Abschluß möchte ich mich bei meinen Eltern, Geschwistern und Freunden für die engelhafte Geduld und das Verständnis bedanken, das sie mir in den letzten Monaten entgegengebracht hatten.

## 1. Einleitung

Die Grönländische See umfaßt die Meeresregion, die im Westen von Grönland und im Osten auf der geographischen Länge von Spitzbergen begrenzt wird. Ihre nördliche Grenze zum Nordpolarmeer wird von der sogenannten Framstraße gebildet, ihre südliche durch die geographische Breite von Jan Mayen. Hydrographisch ist sie durch drei in ihren physikalischen Eigenschaften (Temperatur und Salzgehalt) sehr unterschiedliche Wassermassen gekennzeichnet. Im Westen befindet sich der eisbedeckte Ostgrönlandstrom polaren Ursprungs, im Osten der Westspitzbergenstrom als Verlängerung des Nordatlantischen Driftstromes. Zwischen diesen beiden großen meridionalen Strömungen bildet sich in einem zyklonalen Wirbel die dritte Wassermasse heraus, das sogenannte Atlantische Zwischenwasser (Tschernia, 1980).

Die Untersuchung des Planktons in dieser und den angrenzenden arktischen Regionen begann Ende des letzten Jahrhunderts. Cleve (1873) und Gran (1897) befaßten sich als erste mit der Diatomeen-Flora arktischer Gewässer. Weitere Erkenntnisse über das Vorkommen von Diatomeen wurden anhand von Proben erzielt, die auf der berühmten Polardrift der "Fram" (Gran, 1904) bzw. der erfolgreichen Nordostpassage der "Vega" (Cleve, 1883) gesammelt worden waren. Die große Vielfalt des Protozooplanktons wurde bereits 1910 von Meunier in der Barents- und Karasee erkannt. Die Arbeit von Braarud (1935) dokumentierte erstmalig die Dominanz von auto- und heterotrophen Flagellaten über die Diatomeen, er bezeichnete die Planktongemeinschaft unter dichtem Packeis regelrecht als "the area of flagellate vegetation".

Die Untersuchungen von Braarud (1935) und Steemann Nielsen (1935), der die Produktion des Phytoplanktons anhand von Sauerstoffmessungen in verschiedenen Regionen der Grönländischen See bestimmt hatte, trugen wesentlich zum Verständnis der Zusammenhänge zwischen abiotischen und biotischen Parametern im Pelagial der Ozeane bei. Sie erkannten, daß die Stabilisierung der Wassersäule und ausreichende Lichtintensitäten Grundvoraussetzungen für die Entwicklung von Planktonblüten darstellen. Sverdrup (1953) entwickelte dies weiter zu dem theoretischen Modell der "kritischen Tiefe". Untersuchungen in arktischen und subarktischen Regionen hatten folglich entscheidenden Einfluß auf die konzeptionelle Entwicklung der Planktonkunde. Eine mögliche Ursache hierfür liegt in der starken Saisonalität des Lichtangebotes, die sich in einer dementsprechenden Veränderung des Phytoplanktonwachstums widerspiegelt (Nemoto und Harrison, 1981; Dunbar, 1982). Folglich sind arktische Gewässer sehr gut für Studien an den Wechselwirkungen zwischen abiotischen und biotischen Parametern geeignet.

Das Meereis, das den größten Teil des Ostgrönlandstromes bedeckt, stellt in der Grönländischen See neben dem Pelagial Organismen einen weiteren Lebensraum zur Verfügung. Gran (1904) konzentrierte sich in seinen Studien an Eisalgengemeinschaften auf die Diatomeen. Die Bedeutung der Flagellaten für die Eislebensgemeinschaft wurde in der Arktis zum ersten Mal von Horner und Alexander (1972) beschrieben.

Die Eisrandregionen erwiesen sich sowohl in der Arktis (Heimdal, 1983; Smith et al., 1985, 1987) als auch der Antarktis (Smith und Nelson, 1985, 1986) als Gebiete erhöhter biologischer Produktivität.

Die Bedeutung des Pico- und Nanoplanktons (Sieburth et al., 1978) für den Stoff- und Energiekreislauf der Meere wurde erst in den letzten Jahren erkannt. Einen großen Beitrag hierzu leistete die Entwicklung adäquater Methoden zur Quantifizierung der Abundanzen des Pico- und Nanoplanktons mittels Epifluoreszenzmikroskopie (z.B. Hobbie et al., 1977; Porter und Feig, 1980).

Murphy und Haugen (1985) stellten in unterschiedlichen Regionen des Nordatlantiks hohe Abundanzen des autotrophen Pico- und Nanoplanktons fest. Coccale Cyanobakterien, die zumeist der Gattung Synechococcus zugeordnet werden, bilden neben eucaryontischen Phytoflagellaten einen Großteil der autotrophen Biomasse des Picoplanktons (Waterbury et al., 1979; Johnson und Sieburth, 1979; Stockner und Antia, 1986).

Die ersten Beschreibungen des heterotrophen Nanoplanktons gehen auf Lohmann (1911) und Griessmann (1914) zurück. Neuere Untersuchungen demonstrierten die weite Verbreitung und das Vorkommen von heterotrophen Pico- und Nanoflagellaten in hohen Dichten (Sorokin, 1981). Die Diversität und Komplexität der heterotrophen Flagellatenpopulationen ist unbekannt (Fenchel, 1986). Lediglich bei der Ordnung der Choanoflagellaten wurde von Throndsen (1970 a, 1970 b, 1974) und Thomsen (1982) die Artenzusammensetzung in arktischen Gewässern genauer untersucht. Throndsen (1970 c) gibt eine qualitative Übersicht über das Vorkommen verschiedener kleiner autotropher sowie einiger weniger heterotropher Flagellaten für die Meeresregion im Bereich der Bäreninsel.

Der traditionelle Ansatz der Planktonforschung reduzierte das komplexe Nahrungsnetz des Pelagials auf die relativ kurze Nahrungskette Primärproduzenten (Diatomeen) - Copepoden - Fische (Steele, 1974). Organischer Kohlenstoff sollte nur in partikulärer Form (POM) transferiert werden. 1983 wurde von Azam et al. das Modell des "microbial loop" vorgestellt, in dem die gelöste organische Substanz (DOM) eine zentrale Position einnimmt. Es beruhte auf der Erkenntnis, daß Phytoplanktonzellen einen signifikanten Anteil ihrer Produktion in Form

von Aminosäuren, Zuckern und Proteinen in das umgebende Wasser abgeben. Diese Exsudate werden von Bakterien aufgenommen. Bis zu 65 % der Gesamtprimärproduktion können auf diesem Wege in marinen Ökosystemen von Bakterien aufgenommen werden (Fenchel, 1987). Das Bakterioplankton wird wiederum von Protozoen (Flagellaten und Ciliaten) gefressen. Über dieses Nahrungnetz der Kleinstplankter wird das exsudierte Material dem größeren Plankton wieder zur Verfügung gestellt, der "microbial loop" erfüllt somit die Funktion eines Bindeglieds im Nahrungsnetz des Pelagials. Eine weitere ökologische Charakteristik des "microbial loop" ist die Vielzahl der trophischen Stufen, die zwischen Primärproduzenten und z.B. Copepoden eingefügt sind. Dies führt zu einer erhöhten Remineralisation von pflanzlichen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphat) (Fenchel, 1986). Der "microbial loop" ist somit das kennzeichnende Nahrungsnetz für im Sinne von Dugdale und Goering (1967) regenerierende Systeme.

Bei eigenen Untersuchungen (Gradinger, 1986) in der Framstraße wurden im Sommer 1984 unterschiedliche Sukzessionsstadien der Phytoplanktonentwicklung angetroffen, wobei Phytoplanktonmaxima im Bereich des Eisrandes regelmäßig zu beobachten waren. Flagellaten kleiner als 10  $\mu\text{m}$  und Ciliaten bildeten sowohl unter dichtem Packeis als auch in der Eisrandregion eine bedeutende Komponente des Planktons. Die Studien zur Aktivität des Mesozooplanktons am Beispiel der dominanten herbivoren Copepoden (Barthel, 1986) ergaben einen niedrigen Anteil des Kohlenstofftransfers dieser Organismengruppe in Relation zur autotrophen Produktion. Diese Ergebnisse zusammen mit den während der Sommerexpedition 1984 festgestellten Abundanzmaxima von Flagellaten führten zur Hypothese, daß der "microbial loop" auch in polaren Regionen wie der Grönländischen See in seiner Bedeutung für den Energie- und Stoffumsatz des Pelagials mit der Aktivität der traditionell als dominant erachteten Micro- und Mesozooplankter zumindest gleichzusetzen ist.

Zur Charakterisierung und Bewertung der Stellung des auto- und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons in polaren Regionen am Beispiel der Grönländischen See sollte die Größenstruktur des Pico- und Nanoplanktons während unterschiedlicher Sukzessionsstadien der pelagischen Lebensgemeinschaft festgestellt werden. Um einen Einblick in die Dynamik des Stoff- und Energiekreislaufes zu erhalten, wurden zusätzlich die Wachstums- bzw. Wegfraßraten der Bakterien experimentell bestimmt. Durch die gleichzeitige Erfassung sowohl von Bestands- als auch Aktivitätsparametern sollte die Bedeutung des "microbial loop" für das Nahrungsnetz des Pelagials dieser arktischen Region beschrieben werden.

## 2. Hydrographie der Grönländischen See

Die großskaligen hydrographischen Prozesse und die damit verbundene Verteilung der verschiedenen Wassermassen in der Grönländischen See sind seit Anfang dieses Jahrhunderts in ihren Grundzügen bekannt (Helland-Hansen und Nansen, 1909). Die Strömungsverhältnisse und die Bodentopographie der Untersuchungsregion sind in Abb. 2.1.1 dargestellt. Deutlich ist die topographische Bindung der Strömungen an die Tiefenlinien zu erkennen (Quadfasel et al., 1987; Gascard et al., 1988).

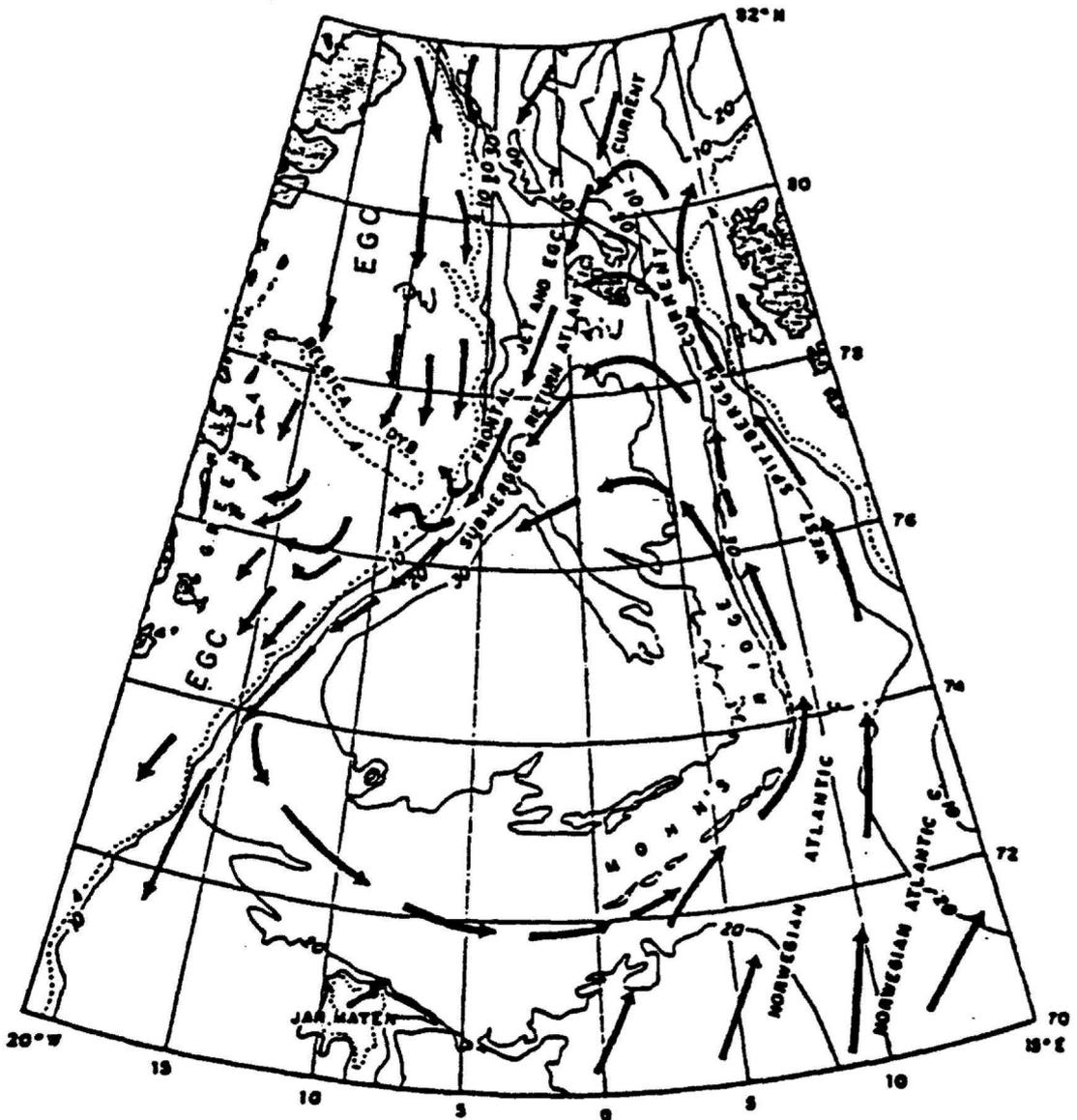


Abb. 2.1.1: Meeresströmungen und Tiefenverhältnisse in der Grönländischen See. Tiefenangaben in Hektometer (aus Paquette et al., 1985)

Der südwärts gerichtete **Ostgrönlandstrom (EGC)** bildet den Hauptausstrom von kaltem, salzarmen Polaren Wasser aus dem Nordpolarmeer. Unterhalb der etwa 50-80 m dicken Schicht Polaren Wassers findet sich wärmeres und salzreicheres Atlantisches Zwischenwasser. Die Strömung verläuft mit ihrem Kern auf dem ostgrönländischen Schelf (Gascard et al., 1988).

Weiterhin ist für den Ostgrönlandstrom die Bedeckung der Wassersäule mit **Packeis** charakteristisch (Coachman und Aagard, 1974). Saisonal begrenzt entstehen in den Sommermonaten Polynyas. Es handelt sich dabei um eisfreie Zonen inmitten von dichtem Packeis. Ihre horizontale Ausdehnung kann bis zu 44000 km<sup>2</sup> betragen (Wadhams, 1981).

Im Osten der Untersuchungsregion ist der **Westspitzbergenstrom (WSC)** anzutreffen. Die für ihn charakteristische Wassermasse ist warmes, salzreiches Atlantisches Wasser.

Durch Vermischung dieser beiden Wasserkörper bildet sich das sogenannte Atlantische Zwischenwasser im Zentrum des zyklonalen Grönlandseewirbels.

Die Grenze des Atlantischen Zwischenwassers im zyklonalen Wirbel zu dem Westspitzbergenstrom wird als Arktisfront bezeichnet, diejenige zu dem Ostgrönlandstrom als Polarfront. Diese Frontalzonen sind durch extreme Gradienten von Temperatur und Salzgehalt auf Distanzen von wenigen Seemeilen gekennzeichnet. In der Framstraße verbinden sich die beiden Fronten, da kein Atlantisches Zwischenwasser die beiden Strömungen trennt. Diese Front wird ebenfalls als Polarfront bezeichnet. Die Frontenregionen zeichnen sich durch eine Vielzahl dynamischer, mesoskaliger Prozesse wie z.B. Wirbel (Johannessen et al., 1983), Jets (Johannessen et al., 1983) und Auftriebsereignisse (Buckley et al., 1979) aus, die in ihrer Gesamtheit zu einer hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität aller Parameter führen.

Die Polarfront fällt als Ostgrenze des Ostgrönlandstromes zumeist mit der Grenze des Packeises zusammen. Im Gegensatz zu anderen arktischen Regionen und zur Antarktis ist die Lage des Eisrandes relativ konstant (Vinje, 1977).

Da die Parameter Temperatur und Salzgehalt der einzelnen charakteristischen Wassermassen Polares Wasser, Atlantisches Zwischenwasser und Atlantisches Wasser saisonal variieren, gibt es in der Literatur keine einheitlichen Grenzwerte für deren Definition (z.B. Aagard und Coachman, 1968; Coachman und Aagard, 1974; Tschernia, 1980; Swift und Aagard, 1981; Johannessen et al., 1983; Paquette et al., 1985).

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Vorexperimente

Vor Durchführung der Expeditionen wurde mittels verschiedener Versuche getestet, wie Wasserproben, an denen die Abundanz des Pico- und Nanoplanktons ermittelt werden sollte, optimal fixiert, gefärbt und gelagert werden können. Weiterhin sollte ein Schema zur Durchführung der Experimente zur Bestimmung der Wachstums- bzw. Wegfraßrate der Bakterien (Sherr et al., 1986) aufgestellt werden.

##### 3.1.1. Fixierung, Fluorochromierung und Lagerung von Wasserproben zur Bestimmung von Zellzahlen

Zur Ermittlung der optimalen Bedingungen bei der Fixierung, Färbung und Lagerung von Wasserproben wurden 5 Experimente mit Oberflächenwasser der Kieler Innenförde durchgeführt.

Für die Zellzählungen stand ein Zeiss-Epifluoreszenzmikroskop mit den Filtersätzen 487709 (Blauanregung) und 487701 (UV-Anregung) zur Verfügung.

Als Fluoreszenzfarbstoff zur Zählung der Bakterien bzw. heterotrophen Flagellaten wurde DAPI (4',6'-Diamidino-2-Phenyl-Indol, Serva 18860) benutzt. Entgegen der Beschreibung von Porter und Feig (1980) ergaben sich die besten Färbeergebnisse bei einer DAPI-Endkonzentration von 0.4 µg/ml und einer Färbedauer der Probe von ca. 10 min. Der sich dabei bildende DNA-DAPI-Komplex zeigt bei UV-Anregung eine intensive Blaufluoreszenz.

Zur Feststellung der Abundanz der autotrophen Organismen wurde die rote Eigenfluoreszenz von Chl *a* bei Blauanregung genutzt.

Zur Zählung der Proben wurde nach der Fluorochromierung mittels DAPI ein definiertes Wasservolumen (5 ml) auf zuvor Irgalanschwarz gefärbte 0.2 µm-Nuclepore-Filter filtriert. Dabei wurden 1 µm-Millipore-Filter als Unterlegfilter (Backup-Filter) benutzt, die eine homogene Verteilung des Unterdruckes und damit auch der Zellen auf den 0.2 µm-Filtern bewirken sollten.

Im Anschluß an die Filtration wurde der Nuclepore-Filter auf Objektträger überführt. Kurz vor Auflegen des Filters wurde der Objektträger kurz angehaucht. Auf dem so entstandenen Feuchtfilm lag der Filter völlig plan. Daran anschließend wurde auf den Filter ein Tropfen fluoreszenzfreies Immersionsöl (Chroma, Schmidt GmbH, 7316 Köngen, No.

3C247) gegeben und sofort mit einem Deckglas (20\*20 mm) abgedeckt. In diesem Zustand tiefgefrorene (-18 °C) Proben zeigten noch nach mehreren Monaten sowohl Chlorophyll- als auch DAPI-Fluoreszenz.

Der Einsatz von Glutaraldehyd (2 % Endkonzentration) zur Fixierung der Wasserproben führte zu einer Intensitätsminderung der Fluoreszenz des DNA-DAPI-Komplexes. Lugol (4 % Endkonzentration) reduzierte die Eigenfluoreszenz der Chloroplasten. Folglich wurden diese beiden Fixiermittel nicht weiter benutzt.

Formalin zeigte keine negativen Effekte auf die Intensität der Fluoreszenz. Es wurde in verschiedenen Konzentrationen zur Fixierung von Parallelproben getestet (Tab. 3.1.1). Für die einzelnen Gruppen wurde jeweils die gleiche Filterfläche ausgezählt und als Bezugsniveau gewählt. Die absoluten Höchstwerte (100 %) betragen 737 Bakterien, 296 autotrophe Flagellaten und 215 heterotrophe Flagellaten. Bereits bei 1 %-Endkonzentration wurden die höchsten Zellzahlen ermittelt. Zu niedrige Zugaben von Formalin bzw. keine Fixierung führten zu einer Unterschätzung der Zellzahlen. Die Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Planktongruppen zeigten bei den heterotrophen Flagellaten stärkere Verluste als bei den autotrophen Flagellaten. Aufgrund der Ergebnisse der Vorversuche wurden die Proben mit 1 %-Borax-gepuffertem-Formalin (Endkonzentration) fixiert. Die Lagerung erfolgte stets im Dunkeln im Kühlschrank (4 °C).

**Tab. 3.1.1:** Effekt der Fixierung von Wasserproben mit unterschiedlichen Konzentrationen von Formalin auf die Abundanz von Pico- und Nanoplankton. Das jeweils höchste Zählergebnis (s. Text) wurde gleich 100 % gesetzt.

Endkonzentration Formalin (%)	0	0.1	0.5	1	4
Bakterien	95	92	98	100	96
Autotrophe Flagellaten	78	87	98	95	100
Heterotrophe Flagellaten	71	80	90	100	98

Frühere Untersuchungen (z.B. Hesse, 1979) hatten gezeigt, daß die Eigenfluoreszenz des Chl *a* bei längerer Lagerung der Proben nachläßt. Eigene Ergebnisse hierzu sind in Tab. 3.1.2 dargestellt. Sie bestätigen, daß nach ca. 7 Tagen die Anzahl der autotrophen Organismen, die anhand der Rotfluoreszenz erkannt wurden, abnimmt. Picocyanobakterien enthalten zusätzlich zu Chl *a* die sogenannten Phycobiline als akzessorische Pigmente, an deren charakteristischer Eigenfluoreszenz diese Procaryonten leicht erkannt werden können. Diese akzessorischen Pigmente sind im Pelagial der Meere lediglich noch bei den wesentlich

größerer eucaryontischen Cryptophyceen anzutreffen. Zur Bestimmung der Abundanzen wurden mindestens 200, in der Regel mehr als 300 Zellen in jeder Probe gezählt. Der Zählfehler lag folglich in der Größenordnung von 15 % (HELCOM, 1983). Die Abundanz der Blaualgen konnte selbst nach 10 Tagen Lagerung noch zuverlässig bestimmt werden. Bei der Anzahl der autotrophen Flagellaten kam es zu einer Abnahme um 25 %, vermutlich bedingt durch die nachlassende Autofluoreszenz der Chloroplasten. Ein signifikanter Unterschied zu der Ausgangskonzentration bei  $t=0$  bestand allerdings nicht. Die Konstanz der Anzahl der Blaualgen läßt vermuten, daß die Eigenfluoreszenz der Phycobiline stabiler als diejenige von Chl  $a$  ist.

**Tab. 3.1.2:** Änderung der Anzahl detektierter autotropher Organismen bei Lagerung Formol-fixierter Proben. Die Zahlen sind relative Häufigkeiten (%), bezogen auf den Anfangswert und gemittelt aus 3 Experimenten. Es wurden jeweils mindestens 200 Zellen pro Probe gezählt.

Zeit t (d)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cyanobakterien	100	98	106	102	95	99	94	103	98	92	98
Autotrophe Flag.	100	94	104	95	101	92	107	97	86	83	74

### 3.1.2. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien durch eucaryontisches Protozooplankton durch Einsatz selektiver Inhibitoren

Die Bestimmung der Wachstums- bzw. Wegfraßrate der Bakterien mittels selektiver Inhibitoren (Sherr et al., 1986) nutzt strukturelle und physiologische Unterschiede zwischen Pro- und Eucaryonten.

Die Wegfraßrate von Bakterien durch eucaryontische Einzeller wird ermittelt, indem das Bakterienwachstum durch Procaryonten-spezifische Antibiotica (Penicillin, Streptomycin, Vancomycin) gehemmt wird.

Umgekehrt wird mittels Mitose- (Colchicin) und Proteinsynthesegiften (Cycloheximid) der Stoffwechsel eucaryontischer Zellen derart gehemmt, daß kein Wegfraß von Bakterien mehr erfolgt. Hierdurch kann die Wachstumsrate der Bakterien bestimmt werden.

Pro Experiment wurden jeweils 4 Ansätze mit je 3 Parallelen inkubiert (Tab. 3.1.3). Für die Vorexperimente in Kiel wurde hierzu Oberflächenwasser der Kieler Innenförde benutzt. Zu Beginn jedes Experiments ( $t=0$ ) und über einen Zeitraum von 12 h wurde jede Stunde eine Unterprobe aus allen 12 Glaskolben entnommen und mit Formalin

fixiert (1 %-Endkonzentration). Nach Färbung mit dem Fluorochrom DAPI wurde die Anzahl der Bakterien sowie der heterotrophen Nanoflagellaten mittels Epifluoreszenzmikroskopie ermittelt.

**Tab. 3.1.3:** Zugabe der Inhibitoren zu den verschiedenen Ansätzen der Experimente zur Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate mittels selektiver Inhibition.

Ansatz	Procaryonteninhib.	Eucaryonteninhib.	Bemerkung
A	+	-	Wachstumsblockierung
B	-	+	Ausschaltung der Grazer
C	+	+	Kontrolle für Inhibition
D	-	-	unbehandelte Probe

Zeitserien dieser Art wurden im Verlauf der Expeditionen ebenfalls etwa einmal pro Woche durchgeführt, um die Wirksamkeit der Inhibitoren auf die natürlichen Populationen sowie die optimale Inkubationszeit zu ermitteln.

Aus der Zu- bzw. Abnahme der Bakterienzahl in den einzelnen Ansätzen A-D wurden die Wachstums- ( $\mu$ ) bzw. Wegfraßrate ( $g$ ) der Bakterien berechnet. Folgende Gleichungen wurden hierbei benutzt:

$$(1) N_t = N_0 * e^{(\mu - g)/t}$$

$$(2) g = \ln(N_{t,A}/N_0)/t$$

$$(3) \mu = \ln(N_{t,B}/N_0)/t$$

$$(4) t_g = \ln 2 / \mu$$

$$(5) I = (N_t - N_0) / N_{\text{Flag.}} / t$$

$N_t$  = Bakterienabundanz zum Zeitpkt.  $t$

$N_0$  = Bakterienabundanz zum Zeitpkt. 0

$\mu$  = Wachstumsrate

$g$  = Wegfraßrate

$t$  = Dauer des Experiments

$N_{t,A}$  = Bakterienabundanz zum Zeitpkt.

$t$  im Ansatz A

$N_{t,B}$  = Bakterienabundanz zum Zeitpkt.

$t$  im Ansatz B

$t_g$  = Generationszeit der Bakterien

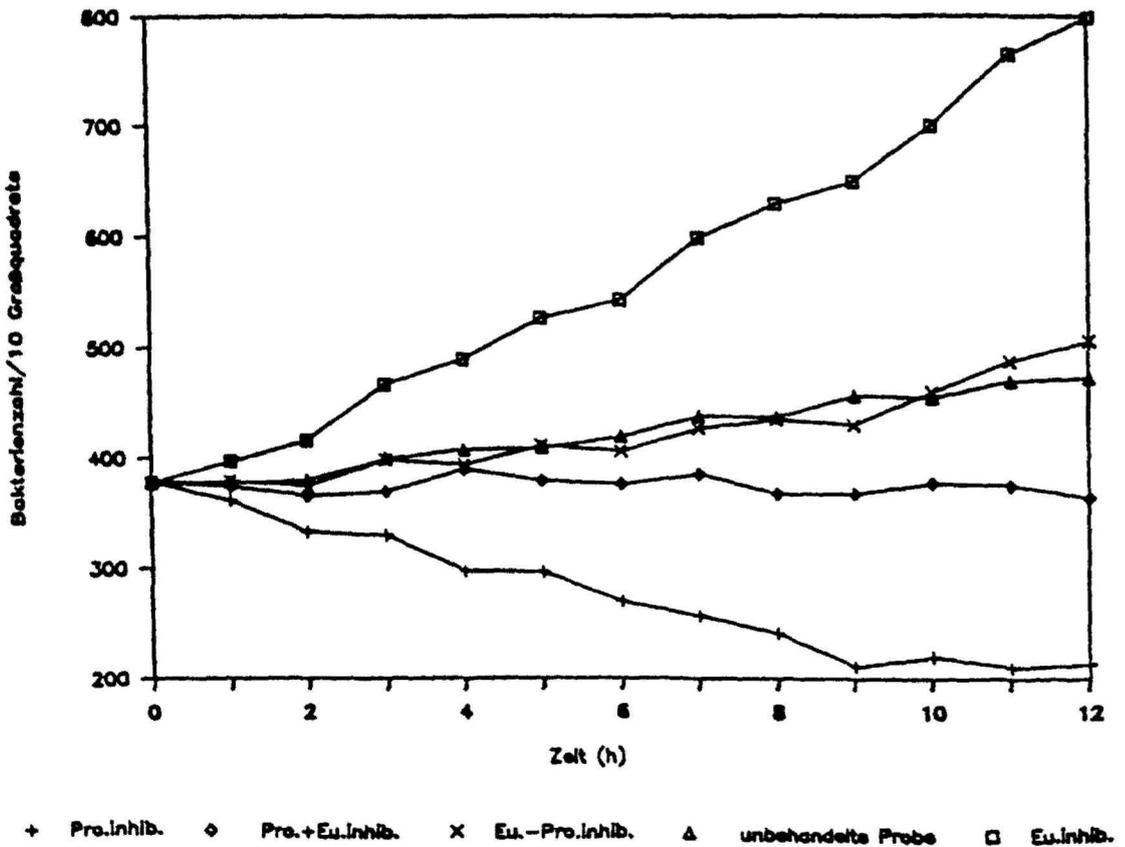
$I$  = Ingestionsrate pro Flagellat  
und Zeiteinheit

$N_{\text{Flag.}}$  = Abundanz der Flagellaten.

Die einzelnen Inhibitoren wurden entsprechend den Angaben von Sherr et al. (1986) in folgenden Konzentrationen zugegeben:

Inhibitor	Bezugsquelle	Konzentration
-Penicillin/Streptomycin	(Sigma P0781):	1 ml/l
-Vancomycin	(Sigma V2002):	200 mg/l
-Colchicin	(Serva 77120):	100 mg/l
-Cycloheximid	(Serva 10700):	200 mg/l.

### Experiment Kieler Förde



**Abb. 3.1.1:** Veränderung der Bakterienzahl in 4 Ansätzen mit unterschiedlichen Zugaben von selektiven Inhibitoren:

- ◊ =Pro- + Eu. Inhibition = Procaryonten- und Eucaryonteninhibition
- + =Pro.Inhib. = Procaryonteninhibition
- =Eu.Inhib. = Eucaryonteninhibition
- Δ =unbehandelte Probe = keine Zugabe von Inhibitoren
- x =Differenz zwischen Eu.Inhib. und Pro.Inhib.

Die Experimente zeigten, daß in den verschiedenen Ansätzen (A-D) über einen Zeitraum von 12 Stunden die Zu- bzw. Abnahme konstant erfolgte. Als Beispiel ist das Ergebnis eines Experiments in Abb. 3.1.1 dargestellt. Je nach Größe der Wachstums- bzw. Wegfraßrate konnten diese Parameter bereits durch Probenahme nach 3-6 h berechnet werden.

### 3.2. Durchführung der Freilanduntersuchungen

Auf insgesamt 3 Expeditionen (Ark4, Ark5, Met8) wurden die Struktur und Dynamik der Pico- und Nanoplanktongemeinschaften in der Grönländischen See untersucht (Tab. 3.2.1). Die Lage der einzelnen Expeditionsabschnitte in der Untersuchungsregion ist in Abb. 3.2.1 dargestellt. Da die vorliegende Arbeit im Rahmen vorgegebener ozeanographischer Untersuchungen durchgeführt wurde, waren die Positionen der beprobten Stationen vorgegeben.

Tab 3.2.1: Anzahl der Stationen und der Experimente auf den 3 Expeditionen (n=Anzahl der Stationen, a=Anzahl der Proben zur Ermittlung der Horizontal- und Vertikalverteilung des Pico- und Nanoplanktons, b=Anzahl der Experimente)

Schiff	Fahrtabschnitt	n	a	b	Bemerkungen
Polarstern	Ark4/1	25	84	16	
Polarstern	Ark4/2	21	59	15	
Polarstern	Ark5/1	19	111	13	Drift im Packeis
Polarstern	Ark5/2	28	135	23	
Meteor	Met8/1	13	65	5	
Meteor	Met8/2	27	135	8	
Summe		132	589	80	

#### 3.2.1. Untersuchungszeitraum der einzelnen Fahrtabschnitte

In Tab. 3.2.2 sind die Zeiträume und die untersuchten Regionen der einzelnen Expeditionen aufgezeigt.

Während des Abschnittes Ark4/1 wurden speziell die Wasserkörper der Arktis- (Abb. 3.2.2 a)- und Polarfront (Abb. 3.2.2 b) beprobt.

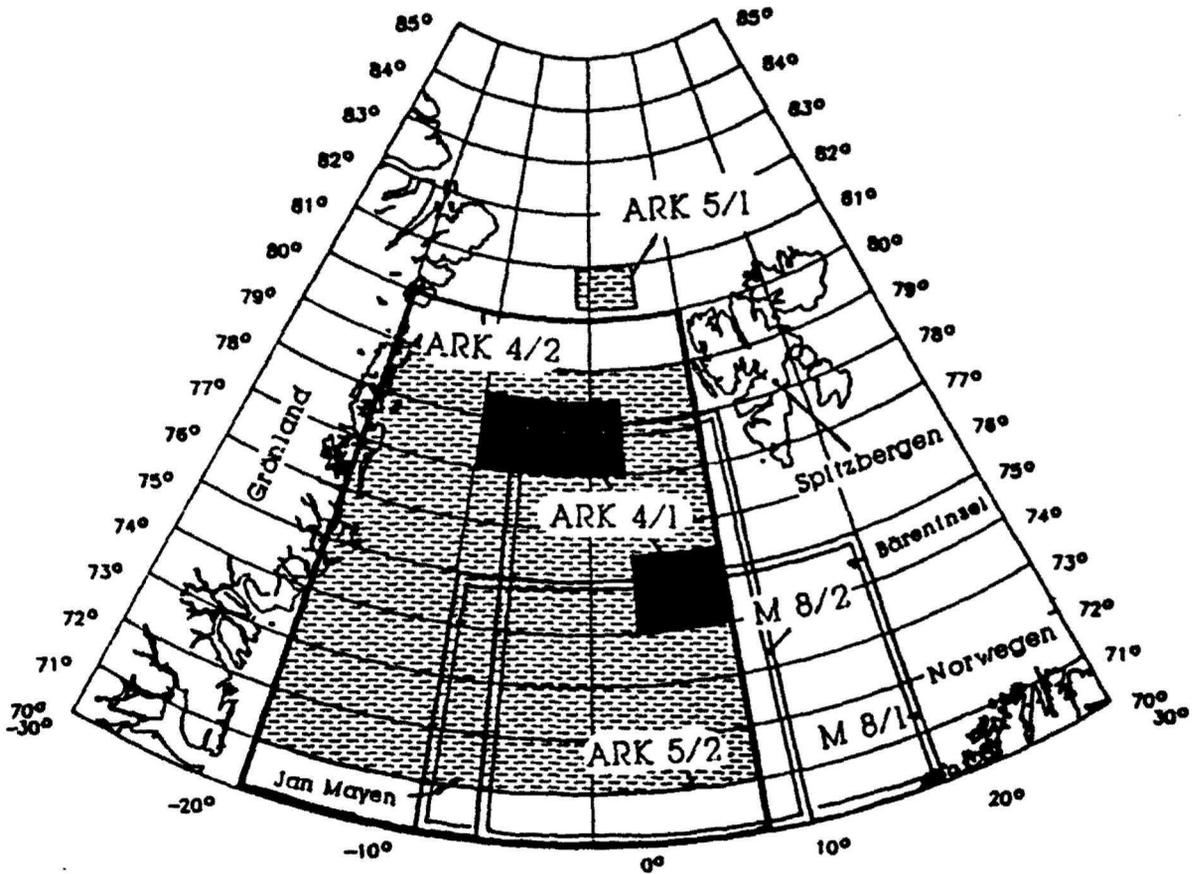
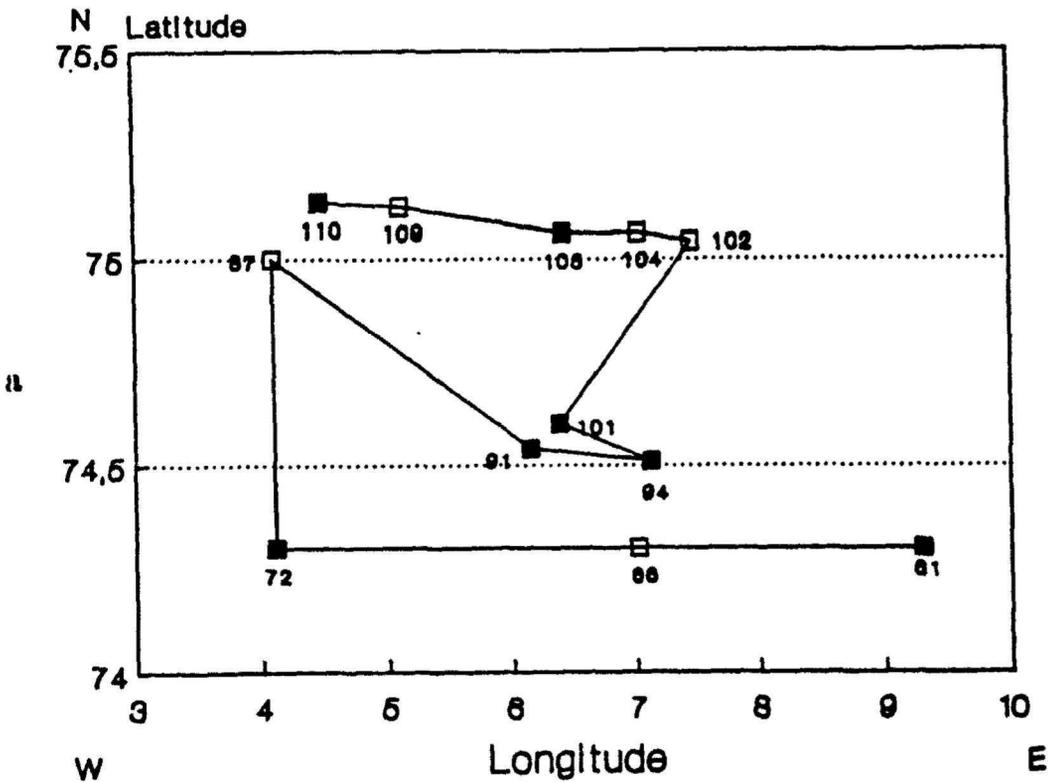


Abb. 3.2.1: Lage der einzelnen Abschnitte der Expeditionen Ark4, Ark5 und Met8 im Untersuchungsgebiet.



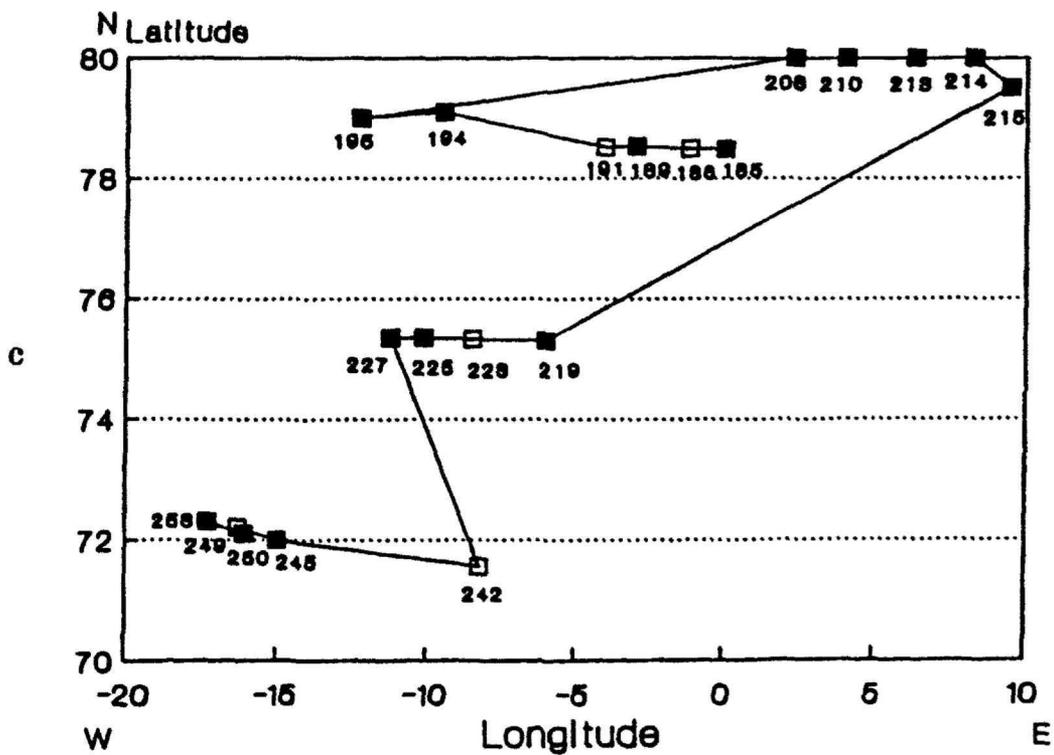
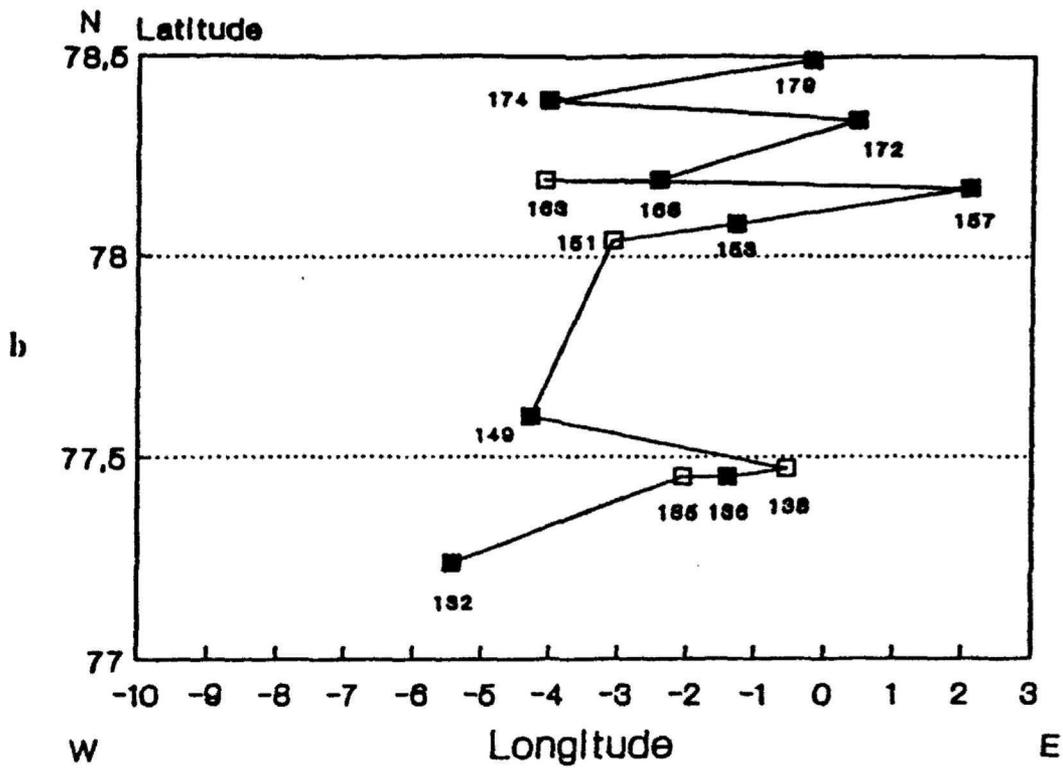


Abb. 3.2.2: Stationskarte der Expeditionsabschnitte Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b) und Ark4/2 (c). An Stationen mit offenen Quadraten wurde nur die Vertikalverteilung, an Stationen mit ausgefüllten Quadraten zusätzlich die Wachstums- und Grazingaktivitäten gemessen.

**Tab. 3.2.2:** Räumliche und zeitliche Ausdehnung der einzelnen Expeditionen.

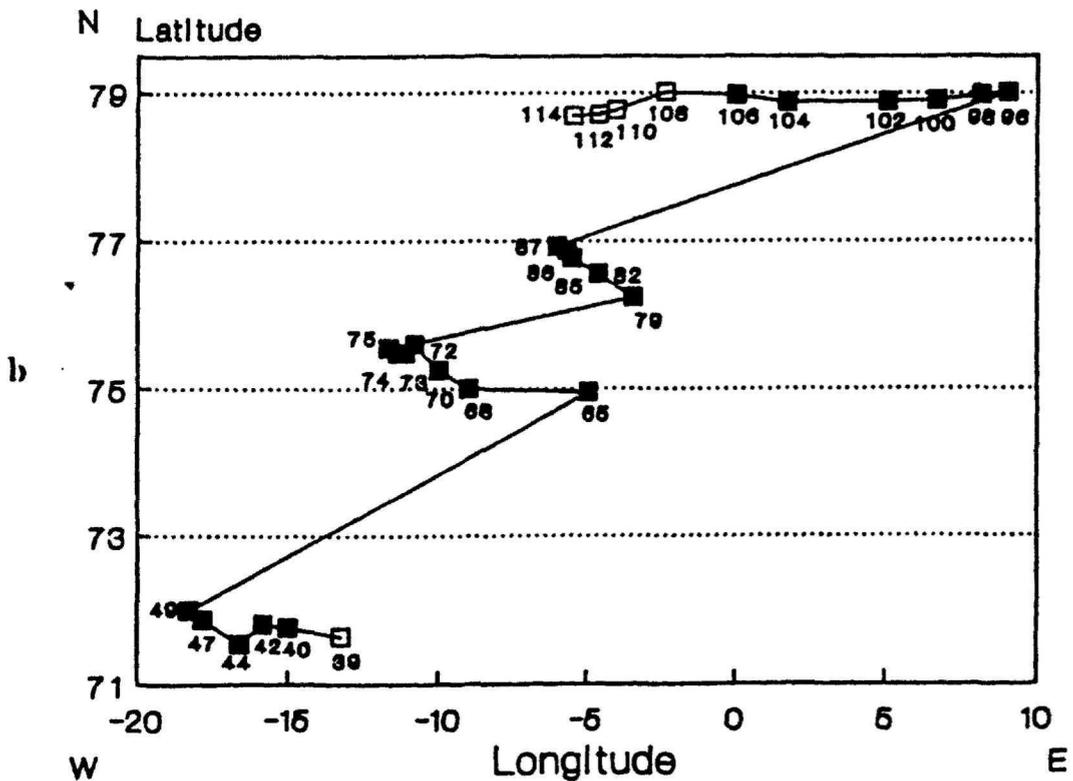
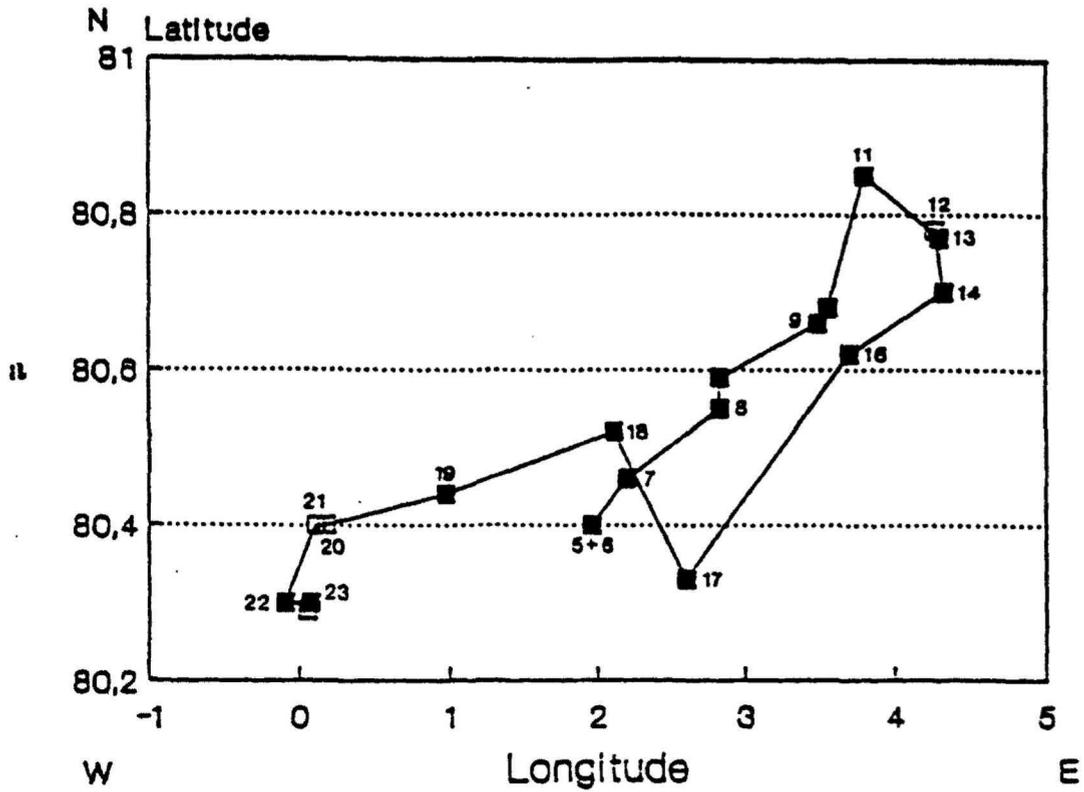
Fahrtabschnitt	Zeitraum	Regionale Ausdehnung
Ark4/1	19.05.- 4.06.87	Ostbox: 74 °N, 3 °E bis 75.5 °N, 10 °E Westbox: 77 °N, 10 °W bis 78.5 °N, 3 °E
Ark4/2	10.06.-26.06.87	71 °N, 20 °W bis 80 °N, 10 °E
Ark5/1	5.05.-23.05.88	80 °N, 1 °W bis 81 °N, 5 °E
Ark5/2	9.06.-29.06.88	71 °N, 20 °W bis 80 °N, 10 °E
Met8/1	6.11.-17.11.88	71 °N, 10 °W bis 75 °N, 20 °E
Met8/2	25.11.-12.12.88	71 °N, 6° W bis 78 °N, 10 °E

Der Abschnitt Ark4/2 umfaßte sämtliche Bereiche der Grönländischen See (Abb. 3.2.2 c), so daß Proben aus dem eisbedeckten Ostgrönlandstrom, dem Eiskantenbereich, dem Grönlandseewirbel und dem warmen Westspitzbergenstrom bearbeitet werden konnten.

Der erste Abschnitt der Expedition Ark5 befaßte sich ausschließlich mit den Prozessen im eisbedeckten Ostgrönlandstrom (Abb. 3.2.3 a). Da FS "Polarstern" durch Eisanker fest mit einer Eisscholle verbunden war, folgte sie der Drift der Eisschollen. Es konnte eine Zeitserien-Untersuchung an der mangels Schiffsbewegung ungestörten Wassersäule erfolgen, die lediglich 2-mal zum Entsorgen der Schiffabwässer unterbrochen wurde. Weiterhin wurde in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Dr. Spindler (AWI Bremerhaven) die Entwicklung der Mikroorganismen im mehrjährigen Meereis beobachtet.

Der Abschnitt Ark5/2 entsprach sowohl in seiner räumlichen wie zeitlichen Ausdehnung dem Abschnitt Ark4/2 des Vorjahres (Abb. 3.2.3 b).

Die "Meteor"-Expedition Met8 unterschied sich räumlich und zeitlich von den Expeditionen Ark4 und Ark5. Von Anfang November bis Mitte Dezember 1988 konnte erstmalig zu dieser späten Jahreszeit das Plankton der Grönländischen See beprobt werden. Eine Begrenzung der Untersuchungsaktivitäten ergab sich aus der fehlenden Eisgängigkeit der "Meteor", so daß keine Proben aus dem mit mehrjährigem Eis bedeckten Ostgrönlandstrom gewonnen werden konnten. Im Abschnitt Met8/1 wurde ein Ost-West-Schnitt durch den Grönlandseewirbel gefahren (Abb. 3.2.4 a). Der Abschnitt Met8/2 umfaßte den gesamten eisfreien Teil der Grönländischen See (Abb. 3.2.4 b).



**Abb. 3.2.3:** Stationskarten der Expeditionsabschnitte Ark5/1 (a) und Ark5/2 (b). Die Ziffern an den Stationen von Ark5/1 geben das entsprechende Datum im Mai 1988 wieder.

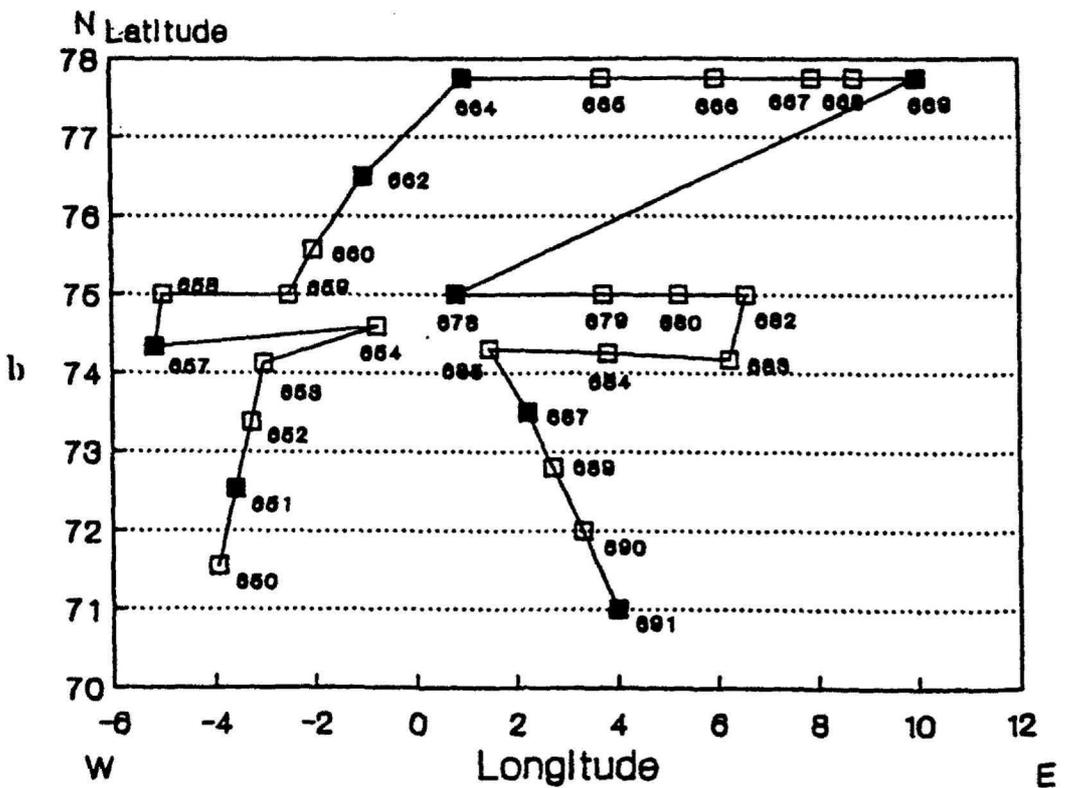
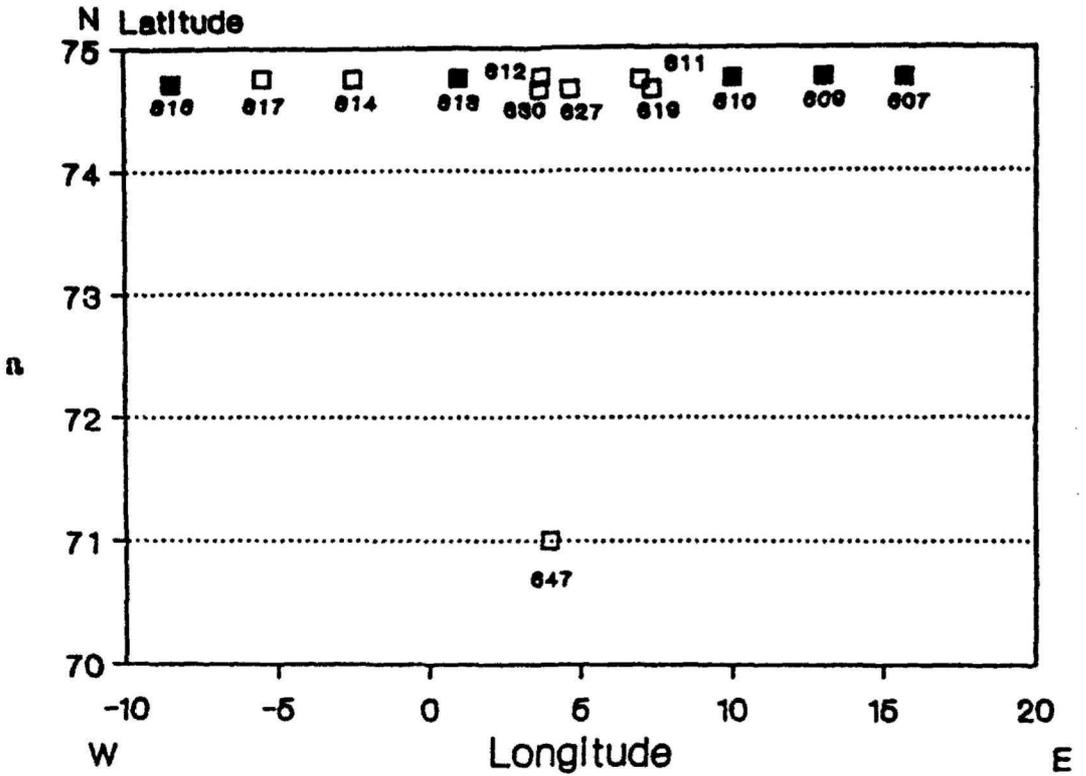


Abb. 3.2.4: Stationskarten der Expeditionsabschnitte Met8/1 (a) und Met8/2 (b). Erklärung der Symbole s. Abb. 3.2.2.

### 3.2.2. Probennahme zur Ermittlung der horizontalen und vertikalen Verteilung des Pico- und Nanoplanktons im Untersuchungsgebiet

Auf der Expedition Ark4 wurden Wasserproben mittels eines Niskin-Kranzwasserschöpfers aus verschiedenen Tiefen der euphotischen Zone (50 %, 15 %, 1 % Lichttiefe) gewonnen. Durch die Wahl der Lichttiefen für die Probennahme sollten die ermittelten Abundanzen des Pico- und Nanoplanktons direkt mit den entsprechenden Primärproduktionswerten vergleichbar sein. Da sich zeigte, daß die Verteilung der Organismen innerhalb der euphotischen Zone zumeist homogen war, wurden auf den Expeditionen Ark5 und Met8 jeweils 5 Standardtiefen (0, 20, 40, 75, 100 m) beprobt. Im Verlaufe von Ark5/1 wurden für eine detaillierte Verteilungsstudie der Picocyanobakterien in dieser Region zusätzliche Wasserproben aus maximal 200 m Tiefe gewonnen. Direkt nachdem die Rosette an Bord gehievt war, wurden je 100 ml Probe aus den einzelnen Tiefen für die quantitative Bestimmung der Anzahl der Pico- und Nanoplankter in Braunglasflaschen abgefüllt und mit Borax-gepuffertem Formalin (1 %-Endkonzentration) fixiert. Innerhalb von 5 Tagen, in der Regel nach spätestens 2 Tagen, wurden die Proben entsprechend der in Kapitel 3.1.1. beschriebenen Methode ausgezählt. Die DAPI-Stammlösung wurde mit steril filtriertem künstlichen Seewasser (Salinität =  $35 \cdot 10^{-3}$ ) angesetzt. Die Zählungen erfolgten an Bord mit einem Zeiss-Epifluoreszenzmikroskop. Das filtrierte Wasservolumen für die Anreicherung der Zellen auf den Nuclepore-Filtern betrug 10-90 ml.

Je nach Größe und Häufigkeit der einzelnen Organismengruppen wurden sie mit unterschiedlichen Vergrößerungen und auf unterschiedlich großen Filterflächen ausgezählt. Einen schematischen Anhaltspunkt hierzu liefert Tab. 3.2.3. Die Anzahl der gezählten Bakterien variierte zwischen 170 und 1200 Zellen pro Probe. Damit ergab sich eine mittlere Genauigkeit von etwa  $\pm 10$  % (HELCOM, 1983). Für die Bestimmung der Abundanzen der auto- und heterotrophen Flagellaten wurden im Mittel 200 Zellen gezählt. Dies entspricht einem mittlerer Fehler von  $\pm 15 - 20$  % (HELCOM, 1983). Die Angaben der Abundanzen des Pico- und Nanoplanktons beziehen sich mit Ausnahme der Bakterien und coccalen Blaualgen nur auf Flagellaten. Aloricate Ciliaten mit einem Durchmesser von weniger als  $20 \mu\text{m}$  traten sehr selten auf und wurden nicht mitgezählt, ebenso gelegentlich beobachtete kleine Diatomeenzellen.

**Tab. 3.2.3:** Zählmethode für die einzelnen Pico- und Nanoplanktongruppen. Das ausgezählte Wasservolumen A bezieht sich auf ein filtriertes Probenvolumen von 20 ml. Bei dem Großquadrat handelte es sich um die Fläche, die durch eine Strichplatte im Okular des Mikroskops begrenzt wurde. Die Streifen wurden über die ganze Breite des Filters gezählt.

Planktongruppe	Vergrößerung	Zählfläche	A (ml)
Bakterien	1000x	10 Großquadrate	0.0016
Autotrophes Picoplankton Cyanobakterien	1000x	20 Gesichtsfelder	0.196
Heterotrophes Picoplankton	1000x	2 Streifen	0.360
Auto- und hetero- trophes Nano- plankton	400x	2 Streifen	0.890

Im Verlauf der Reise Ark5/1 wurde zusätzlich zu den Wasserproben aus dem Pelagial des Ostgrönlandstromes das Vorkommen und die Entwicklung von Eisorganismen untersucht. Der Einfluß verschiedener Lichtintensitäten auf die Entwicklung der Meereislebensgemeinschaft wurde in einem von Dr. Spindler (AWI Bremerhaven) durchgeführten Experiment verfolgt. Hierzu wurden auf einer mehrjährigen Eisscholle 3 Felder von jeweils etwa 5 m Seitenlänge nebeneinander abgesteckt. Bei Feld 1 wurde die Schneeaufgabe von ca. 20-30 cm Mächtigkeit entfernt (maximales Lichtangebot). Feld 2 blieb unverändert (natürliche Lichtbedingungen), Feld 3 dagegen wurde mit einer schwarzen Folie abgedunkelt und zusätzlich zur Vermeidung von Erwärmung mit Schnee abgedeckt. Alle 4 Tage wurden über einen Zeitraum von 24 Tagen aus jedem Feld mittels spezieller Bohrer Eiskerne von 7.6 cm Durchmesser entnommen. Die Folie auf Feld 3 wurde bei der Probenahme durchbohrt, das herausgesägte Folienstück am Ende der Probenahme wieder eingefügt. Die Kerne wurden anschließend in 10 cm lange Segmente zersägt und diese in einem temperaturkonstanten Raum bei 2 °C langsam in 3 l steril filtriertem Seewasser aufgetaut. Nach dem Auftauen des Eises wurden Proben aus den untersten 3 Horizonten der 161-171 cm dicken Scholle genommen. Horizont 1 entsprach dem Segment in 20-30 cm Entfernung von der Eisunterseite, Horizont 2 dem in 10-20 cm Entfernung, Horizont 3 den untersten Zentimetern. Es wurde jeweils eine Unterprobe (100 ml) entnommen und mittels Epifluoreszenzmikroskopie die Abundanz der Bakterien, auto- und heterotrophen Flagellaten sowie Diatomeen ermittelt.

### 3.2.3. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien

Auf insgesamt 80 Stationen (Abb. 3.2.2-4) wurde mittels der Methode der selektiven Inhibition von Eu- bzw. Procaryonten (Sherr et al., 1986) die Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien bestimmt.

Die notwendigen Stammlösungen der Inhibitoren (Endkonzentrationen s. Kap. 3.1.2.) wurden in steril filtriertem künstlichen Seewasser ( $35 \cdot 10^{-3}$ ) angesetzt.

Auf den einzelnen Stationen wurde Probewasser aus 0 m Tiefe (bei der Fahrt Ark4 aus der 50 % Lichttiefe) einem Niskin-Schöpfer entnommen und anschließend das Mikro- und Mesozooplankton durch Vorfiltration durch eine 20  $\mu\text{m}$ -Gaze ausgeschlossen. Je 100 ml Probenvolumen wurden auf 4 Ansätze mit je 3 Parallelen verteilt und mit den Eu- und Procaryonteninhibitoren entsprechend Tab. 3.1.3 versetzt. Die Inkubation erfolgte im Dunkeln bei 0 °C in einem temperaturkonstanten Raum. Zu Beginn der Experimente und am Ende nach 3.5 bis 5.5 h wurden 40 ml aus jedem Ansatz entnommen und in Braunglasflaschen mit Borax-gepuffertem Formalin (1 % Endkonzentration) fixiert. Die Zählungen der Organismen erfolgten an einem Zeiss-Epifluoreszenzmikroskop. Es wurden in jeder Probe mindestens 1000 Bakterien (Zählfehler < 10 %) und 200 heterotrophe Flagellaten (Zählfehler < 20 %, HELCOM, 1983) gezählt. Sämtliche Glasgeräte wurden mit 10 %-iger HCl gereinigt und vor den Experimenten mit Probenwasser vorgespült.

Zur Umrechnung der Wachstumsrate der Bakterien bzw. der Ingestionsrate des Protozooplanktons in Kohlenstoffeinheiten wurde der Faktor von  $8.3 \text{ fg C} \cdot \text{Bakterium}^{-1}$  (Fuhrmann und Azam, 1980) benutzt.

### 3.2.4. Hydrographische, chemische und planktologische Umweltparameter

Prof. Krause und Dr. Fahrbach (AWI Bremerhaven) sowie Prof. Meincke und Dr. Quadfasel (IfM Hamburg) stellten die unkorrigierten Temperatur- und Salzgehaltswerte zur Verfügung. Auf der Reise Ark 5/1 wurden diese Daten eigenständig mittels einer OTS-CTD der Fa. 'Meerestechnik' ermittelt.

Zur Ermittlung der Eigenschaften der charakteristischen Wassermassen Polares Wasser, Atlantisches Zwischenwasser und Atlantisches Wasser wurden T/S-Diagramme angefertigt. Charakteristische Wassermassen sind dadurch definiert, daß sie einen bestimmten Bereich in einem T/S-Diagramm einnehmen (Dietrich et al., 1975). Die charakteristischen Wassermassen Polares Wasser, Atlantisches Wasser sowie Atlantisches Zwischenwasser wurden auf diese Weise für jede Expedition definiert.

Die Nährstoffdaten wurden von Dr. Kattner (AWI Bremerhaven) ermittelt.

Auf der Reise Met8 wurden zur Bestimmung von Chl *a* aus jeder Standardtiefe (0, 20, 40, 75, 100 m) 2 l Probe auf Whatman GF/F-Filter filtriert und tiefgefroren (-18 °C). Nach der Rückkehr nach Kiel wurde der Chl *a*-Gehalt spektrophotometrisch ermittelt (Strickland und Parsons, 1972) und nach Jeffrey und Humphrey (1975) berechnet.

J. Gunkel (1988) stellte Chl *a*-Daten der Fahrt Ark4, M. Baumann (RWTH Aachen) die von ARK5/1 und K. Knickmeier (1989) diejenigen der Expedition Ark5/2 zu Verfügung.

Die Primärproduktionsdaten von Ark4 und 5 wurden von M. Baumann (RWTH Aachen) zur Verfügung gestellt.

Die Herkunft der von anderen Arbeitsgruppen zur Verfügung gestellten Daten ist zusammenfassend in Tab. 3.2.4. aufgelistet.

**Tab. 3.2.4:** Quellen der von anderen Arbeitsgruppen zur Verfügung gestellten und in dieser Arbeit benutzten Parameter (AWI=Alfred Wegener Institut, Bremerhaven; IFMH=Institut für Meereskunde, Hamburg; RWTH=Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)

Parameter	Expedition	Quelle
Temperatur und Salinität	Ark4/1	Prof. Krause (AWI)
	Ark4/2	Dr. Fahrbach (AWI)
	Ark5/2	Prof. Meincke (IFMH)
	Met8/1	Dr. Quadfasel (IFMH)
Nährstoffkonzentrationen	Ark4	Dr. Kattner (AWI)
	Ark5	
Chl <i>a</i>	Ark4	Dipl.-Biol. J. Gunkel (1988)
	Ark5	Dipl.-Biol. K. Knickmeier (1989)
Primärproduktion	Ark4, Ark 5	Dr. M. Baumann (RWTH)

### 3.2.5. Analyse der Populationsstruktur mittels mathematischer Verfahren

Die Faktorenanalyse bietet die Möglichkeit, die wesentlichen Strukturen in einem komplexen empirischen Datensatz zu erkennen. Sie wird als ein Analyseelement zur Entdeckung von Zusammenhängen eingesetzt, man spricht auch von *explorativer Faktorenanalyse*. Relativ einfache Verfahren wie z.B. die Berechnung einer Korrelationsmatrix zeigen bereits, daß sich bestimmte Variablen ähnlich verhalten. Bei den häufig verwendeten Regressionsanalysen wird ein kausaler Zusammenhang in der Variabilität einer Variablen als Funktion einer anderen vorausgesetzt. Bei der Faktorenanalyse dagegen nimmt man an, daß hinter Variablen, die sich

gemeinschaftlich verhalten, das heißt in ähnlicher Weise variieren, ein übergeordnetes Prinzip, ein sogenannter *Faktor*, steht. Die Variablen werden bei der Anwendung der explorativen Faktorenanalyse folglich gebündelt und verdichtet zu Faktoren. Jeder der Faktoren wird von allen gemessenen Variablen beeinflusst, aber in unterschiedlichem Maß. Zur inhaltlichen Interpretation der einzelnen Faktoren wird die sogenannte *Faktorladung*, d.h. vereinfacht gesagt der Einfluß der einzelnen gemessenen Variablen auf den jeweiligen Faktor, berechnet.

Dies soll kurz beispielhaft erläutert werden. Bei der Faktorenanalyse eines sehr einfachen fiktiven planktologischen Datensatzes ergab sich, daß Faktor 1 von den Parametern Chl  $a$  und Primärproduktion am stärksten beeinflusst wurde. Dagegen wiesen die Parameter Respiration des Mesozooplanktons und die Eiproduktion eines calanoiden Copepoden die höchsten Faktorladungen auf Faktor 2 auf. Hieraus kann nun gefolgert werden, daß der Wert von Faktor 1 an einer bestimmten Station ein Maß für die dortige autotrophe Produktivität darstellt, Faktor 2 dagegen für die Aktivität des Mesozooplankton. Hat man derartige Beziehungen für einen Datensatz erkannt, so kann dieses Verfahren zur Gruppierung der Stationen genutzt werden. Stationen mit niedriger Produktivität der Algen würden im obigen Beispiel in einem Diagramm mit Faktor 1 und 2 als Abszisse bzw. Ordinate räumlich enger zueinander abgebildet werden als solche mit hoher Produktivität. Dieses Verfahren hat somit Ähnlichkeiten zu herkömmlichen Clusteranalysen (z.B. Bock 1974, Steinhausen und Langer, 1977), besitzt aber den Vorteil, daß gleichzeitig neben der Gruppierung auch eine biologische Charakterisierung der Stationen erfolgt, da die Höhe eines Faktorwertes ein Maß für die Werte der ihn bestimmenden Variablen an der jeweiligen Station darstellt. Auf eine detailliertere Beschreibung des Verfahrens wird hier verzichtet, es ist ausführlich in der Literatur beschrieben (z.B. Backhaus et al., 1987; Bernstein, 1988).

Ich ging nach dem folgenden Schema vor, das weitgehend den Empfehlungen von Backhaus et al. (1987) entspricht und dessen Ablauf kurz angegeben werden soll. Nach einer logarithmischen Transformation der biologischen Daten ( $y = \ln(x+1)$ , Field et al., 1982) zur Reduktion des Einflusses von Extremwerten wurden die Daten mittels der sogenannten z-Transformation standardisiert :  $z_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k) / s_k$

- $x_{ik}$  = Beobachtungswert der Variablen k bei Probe i
- $\bar{x}_k$  = Mittelwert der Variablen k
- $s_k$  = Standardabweichung der Variablen k
- $z_{ik}$  = Standardisierter Beobachtungswert der Variablen k bei Probe i.

Anschließend wurde eine Korrelationsmatrix berechnet, wobei die Werte der Hauptdiagonalen durch die sogenannten *Kommunalitäten* ersetzt wurden (Hauptachsenverfahren). Die Zahl der zu extrahierenden Faktoren wurde nach dem *Kaiser-Kriterium* festgelegt. Es wurden für die Interpretation folglich nur Faktoren genutzt, deren ermittelter Eigenwert (Summe der quadrierten Faktorladungen) größer eins war. Bei der graphischen Darstellung der Ergebnisse wurde das *Varimax-Rotationsverfahren* benutzt. Diese abschließende Rotation bewirkt lediglich eine optimale Kontrastierung der zu extrahierenden Faktoren. Mit einer Drehung des Koordinatensystems wird die maximale Auftrennung der Faktorladungen einzelner Variablen auf die einzelnen Faktoren angestrebt. Dies stellt gleichzeitig den wesentlichen Unterschied dieses Verfahrens zur sogenannten Principal Component Analysis (PCA) dar, die bereits verbreitet Eingang in unterschiedliche biologische Untersuchungen gefunden hat (z.B. Margalef und Estrada, 1981; Siver und Hamer, 1989). Eine weitgehende Übereinstimmung besteht dagegen mit der sogenannten Correspondance Analysis (CA), wie sie z.B. von Hopkins et al. (1985) zur Charakterisierung von Zooplanktongemeinschaften in einem nordnorwegischen Fjord eingesetzt wurde. Sämtliche Berechnungen wurden mit dem Software-Paket *Statgraphics* durchgeführt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Klassifikation der Stationen anhand hydrographischer Parameter

#### 4.1.1. Definition der charakteristischen Wassermassen

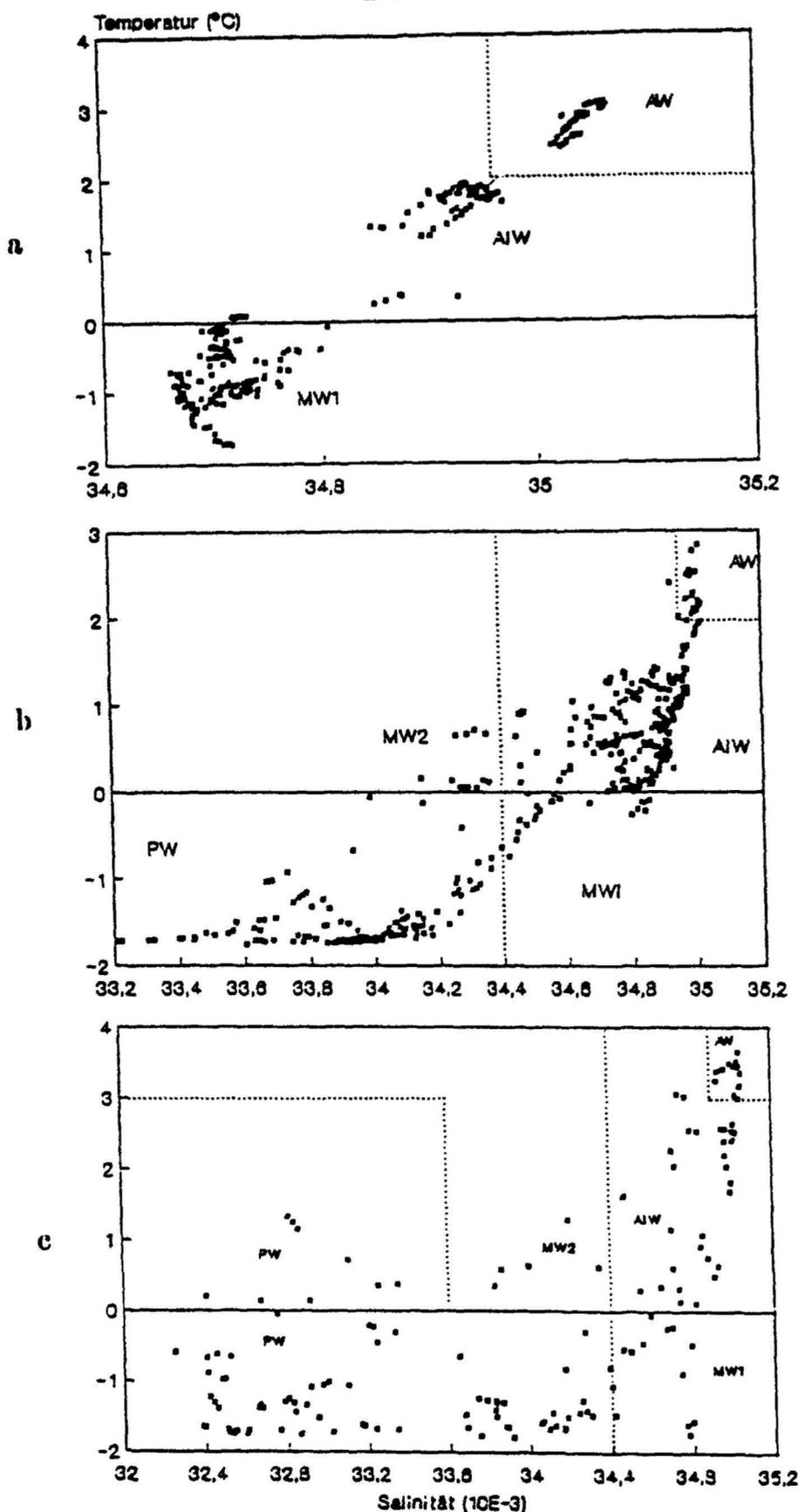
Die Abb. 4.1.1 a und b zeigen die T/S-Diagramme für den Abschnitt Ark4/1, auf dem 2 getrennte Untersuchungsregionen beprobt wurden. Bei der Arktisfrontstudie in der Ostbox wurden die charakteristischen Wassermassen Atlantisches Wasser, Atlantisches Zwischenwasser und ein Mischwasserkörper angetroffen, bei der Polarfrontstudie der Westbox zusätzlich Polares Wasser.

Auf der Reise Ark4/2 (Abb. 4.1.1. c) wies das Polare Wasser ( $S < 34.3 \cdot 10^{-3}$ ) eine große Variabilität in der Temperatur auf. Bedingt durch die sommerliche Schmelze der Eisschollen und erhöhte Sonneneinstrahlung kam es zu niedrigen Salzgehalten ( $S < 33.6 \cdot 10^{-3}$ ) und erhöhten Temperaturen ( $T > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Atlantisches Zwischenwasser nahm im T/S-Diagramm den Zwischenbereich ( $0 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $S > 34.4 \cdot 10^{-3}$ ) zu dem Atlantischen Wasser ( $T > 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $S > 34.9 \cdot 10^{-3}$ ) ein. Daneben lassen sich 2 Mischwasserkörper MW1 und MW2 erkennen, die durch Vermischung von Polarem Wasser mit Atlantischem Zwischenwasser entstanden.

Abb. 4.1.2 a zeigt das T/S-Diagramm für die Reise Ark5/1. Deutlich sind die Kernbereiche der beiden für die oberen 100 m der Wassersäule des Ostgrönlandstromes beschriebenen Wassermassen Polares Wasser ( $T < -1.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $S < 34.7 \cdot 10^{-3}$ ) und Atlantisches Zwischenwasser ( $1.3 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) zu erkennen sowie ein breiter Übergangsbereich ( $-1.5 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 1.3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

In Abb. 4.1.2 b sind die T/S-Bereiche für die charakteristischen Wassermassen während der Ark5/2-Expedition gezeigt. Polares Wasser zeichnete sich durch Temperaturen unter  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  und Salzgehalte kleiner  $34.4 \cdot 10^{-3}$  aus, Atlantisches Zwischenwasser mit Werten oberhalb von  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  und  $34.4 \cdot 10^{-3}$ . Es sind weiterhin 2 Mischwasserregionen zu kennzeichnen:

- MW1 ( $T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $S > 34.4 \cdot 10^{-3}$ ) und
- MW2 ( $T > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $S < 34.4 \cdot 10^{-3}$ ).



**Abb. 4.1.1:** T/S-Diagramme der Expeditionsabschnitte Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b) und Ark4/2 (c). Die Grenzen der einzelnen charakteristischen Wassermassen sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet. PW=Polares Wasser, AIW=Atlantisches Zwischenwasser, MW1 und MW2=Mischwasserkörper aus AIW und PW, AW=Atlantisches Wasser.

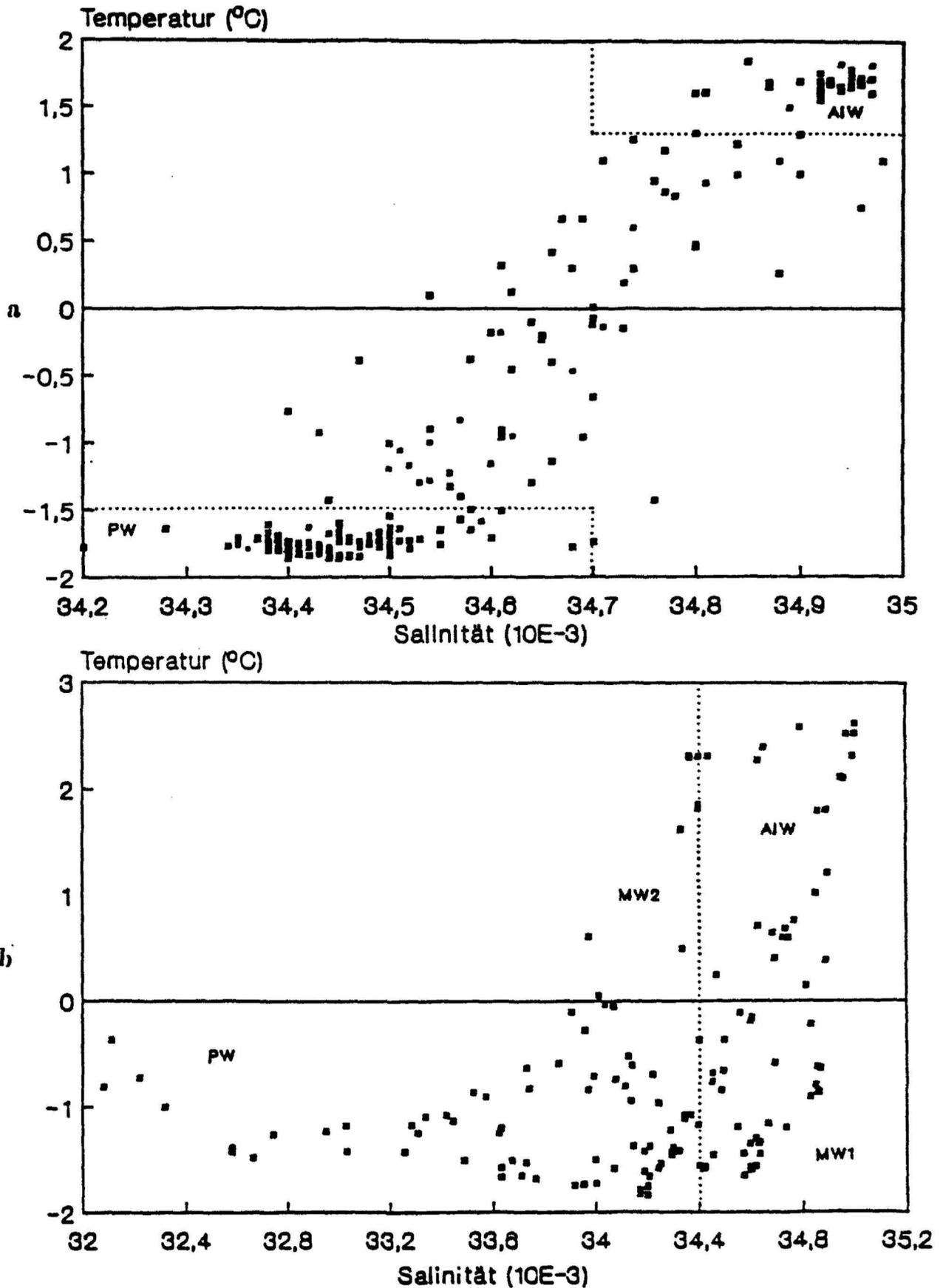


Abb. 4.1.2: T/S-Diagramme der Expeditionsabschnitte Ark5/1 (a) und Ark5/2 (b). Die Grenzen der einzelnen charakteristischen Wassermassen sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet. PW=Polares Wasser, AIW=Atlantisches Zwischenwasser, MW1 und MW2=Mischwasserkörper aus AIW und PW.

Mischwasser-Typ 1 (MW1) und 2 (MW2) entstanden als Vermischungsprodukte von unterschiedlich großen Anteilen Atlantischen Zwischenwassers und Polaren Wassers.

Für die Expedition Met8/1 und Met8/2 (Abb. 4.1.3 a und b) erfolgte die Definition der Wassermassen ausschließlich nach dem Parameter Salinität. Aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten, die im Mittel größer als 6 Bf waren, und den zeitweise niedrigen Außentemperaturen unterhalb  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Bordwetterwarte FS "Meteor", pers. Mitteilung) kam es zu einer starken Abkühlung in der Wassersäule, so daß lediglich der Salzgehalt als konservativer Parameter für die Wassermassenbestimmung erhalten blieb. Polares Wasser zeichnete sich durch Salzgehalte unterhalb  $34.4 \cdot 10^{-3}$  aus, Atlantisches Wasser durch Salzgehalte oberhalb  $34.9 \cdot 10^{-3}$  und Atlantisches Zwischenwasser durch Salzgehalte im Übergangsbereich ( $34.4\text{-}34.9 \cdot 10^{-3}$ ).

#### 4.1.2. Klassifizierung der auf den Expeditionen beprobten Stationen anhand der Hydrographie

Alle Stationen wurden entsprechend der Ausdehnung der in Kapitel 4.1.1. definierten charakteristischen Wassermassen in eine der folgenden Gruppen eingeteilt:

##### - A-Stationen: Stationen im Ostgrönlandstrom

Der obere Bereich der Wassersäule an diesen Stationen war vom für den Ostgrönlandstrom typischen Polaren Wasser gebildet. Nach der Mächtigkeit und Charakteristik dieser Wassermasse ließen sich drei Untergruppen bilden:

- A1-Stationen: An diesen Stationen wies das Polare Wasser eine Mächtigkeit von mindestens 50 m auf, die Oberflächentemperatur lag unter  $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- A2-Stationen: Die Mächtigkeit des Polaren Wassers betrug mindestens 50 m, die Oberflächentemperatur lag durch Erwärmungsprozesse über  $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zumeist war damit auch ein Erniedrigung des Salzgehalts unter  $34 \cdot 10^{-3}$  gekoppelt.

- A3-Stationen: Die Mächtigkeit der oberflächennahen Schicht von Polarem Wasser betrug weniger als 50 m. Diese Stationen fanden sich im Bereich der Polarfront.

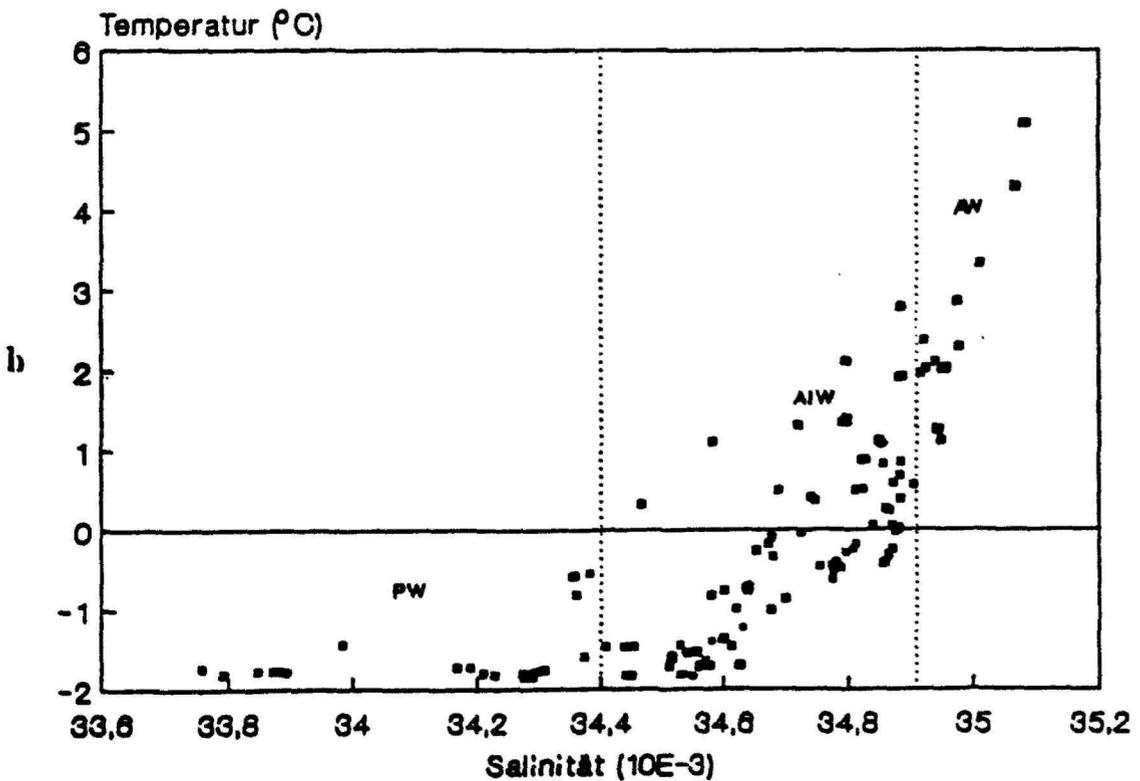
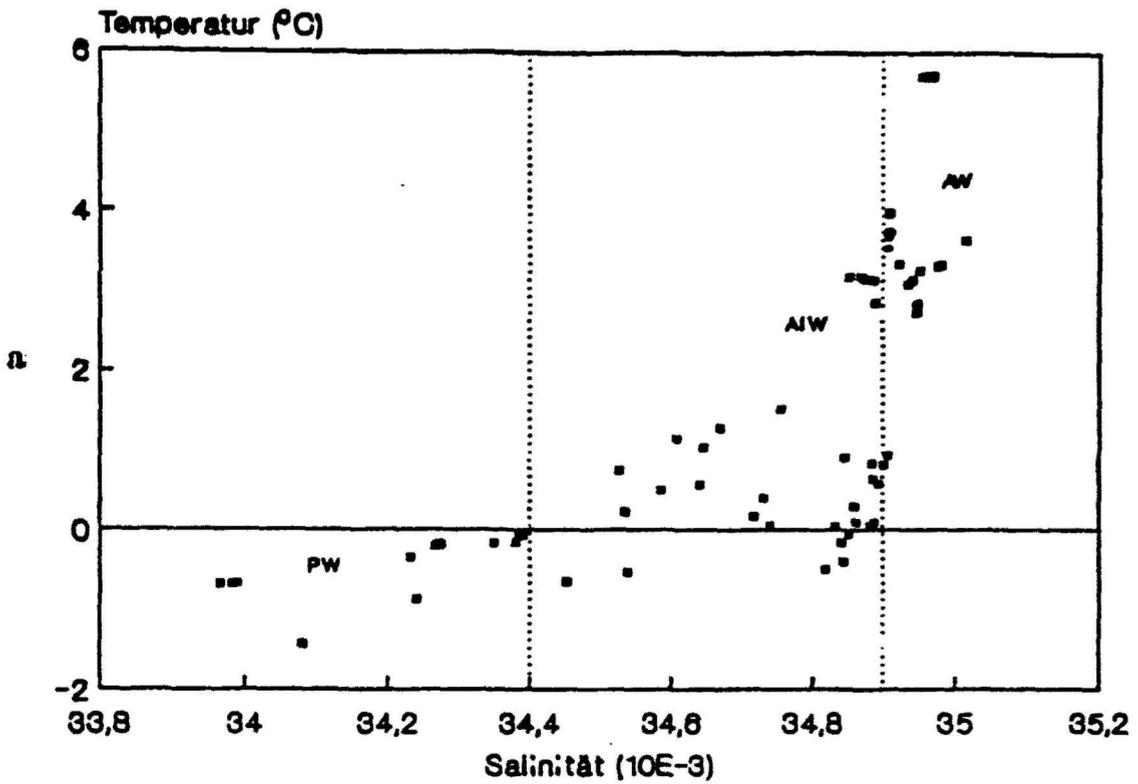


Abb. 4.1.3: T/S-Diagramme der Expeditionsabschnitte Met8/1 (a) und Met8/2 (b). Die Grenzen der einzelnen charakteristischen Wassermassen sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet. PW=Polares Wasser, AIW=Atlantisches Zwischenwasser, AW=Atlantisches Wasser.

- **B-Stationen:** Stationen im zentralen Bereich des Grönlandseewirbels. Die Klassifikation richtet sich nach dem Salzgehalt und der Temperatur an der Oberfläche.
- **B1-Stationen:** An diesen Stationen im Bereich der Polarfront bildeten die Mischwasserkörper MW1 und MW2 die ersten Meter der Wassersäule.
- **B2-Stationen:** Das Oberflächenwasser wurde durch Atlantisches Zwischenwasser gebildet.
- **C-Stationen:** Stationen im Westspitzbergenstrom  
An diesen Stationen wurden die obersten Meter der Wassersäule von Atlantischem Wasser geformt.

Tab. 4.1.1 zeigt die Zuordnung der einzelnen Stationen in die oben beschriebenen Gruppierungen.

#### 4.2. Verteilung und Aktivität der Organismen im Pelagial der Untersuchungsregion

Die Darstellung dieser Ergebnisse gliedert sich in zwei Unterkapitel. Im ersten Teil werden die Abhängigkeit und Variabilität des Planktons in Bezug auf abiotische Parameter anhand von vier Fallbeispielen, d.h. Schnitten der Expeditionen Ark5 und Met8 aufgezeigt (Kap. 4.2.1.). Hier wird auch die vertikale Verteilung der Organismen demonstriert. Der zweite Teil liefert eine zusammenfassende Darstellung der Verbreitung der Organismen auf allen Fahrten. Hierbei sollen die biologischen Charakteristika der Pico- und Nanoplanktongemeinschaften dargestellt werden (Kap. 4.2.2.).

**Tab. 4.1.1: Klassifikation der Stationen anhand der hydrographischen Parameter Temperatur und Salzgehalt. Für die Definition der Gruppen s. Text Kap. 4.1.2..**

Gruppe	A1	A2	A3	B1	B2	C
Expedition	Stationen					
Ark4/1	132		168	72	66	102
	149			87	94	157
	163			91	101	
	174			109	104	
				110	105	
				135	151	
				136	172	
				138	179	
				153		
Ark4/2	189	195	221	185	208	215
	191	225	223	210	213	
	194	227	250	219	214	
		249		245		
		253				
Ark5/1	1-19					
Ark5/2	85	47	39	96	79	
	87	49	40	102	98	
	108	72	42	106	100	
		73	44			
		74	65			
		75	68			
		86	70			
		110	82			
		112	104			
		114				
Met8/1		612	630		611	607
		613			617	609
		614			619	610
		616			627	
Met8/2	651	650	652		654	666
	653		658		657	667
	687				659	690
					660	691
					662	
					664	
					665	
					668	
					669	
					678	
					679	
					680	
					682	
					683	
					684	
					685	
					689	

#### 4.2.1. Die Verteilung des Planktons auf vier ausgewählten Schnitten durch die Grönländische See

Anhand der vier Schnitte sollen unterschiedliche Phasen der Planktonentwicklung in der Grönländischen See dargestellt werden. Jeder Schnitt repräsentiert hierzu jeweils ein ausgewähltes Beispiel. Schnitt 1 zeigt die Verteilung der Organismen im eisbedeckten Ostgrönlandstrom. Schnitt 2 führte im Bereich der Polarfront durch eine Region, in der Diatomeen dominierten. In Schnitt 3 sind die Verhältnisse während einer Phaeocystis pouchetii-Blüte im Eiskantenbereich dargestellt. Schnitt 4 wurde während Met8/2 beprobt und spiegelt die Abundanzen des Pico- und Nanoplanktons im Winter wider.

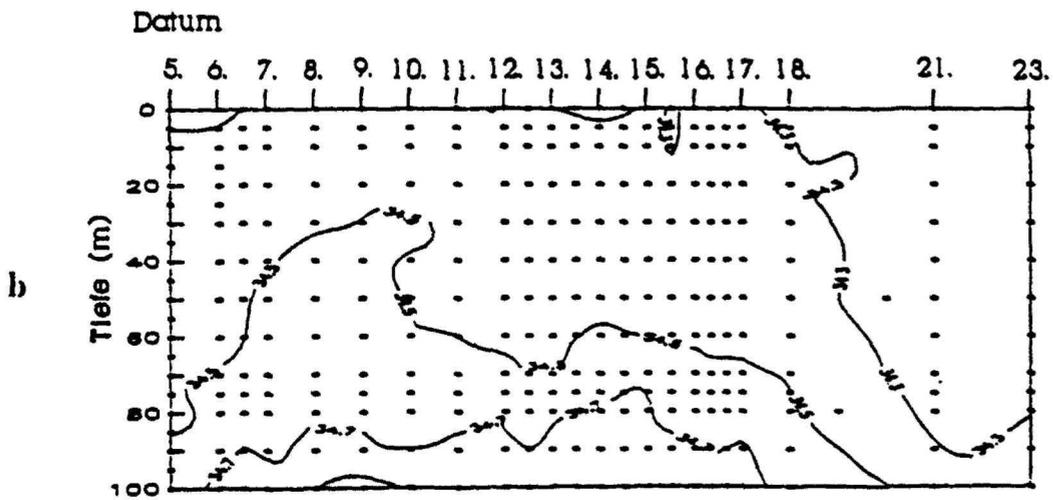
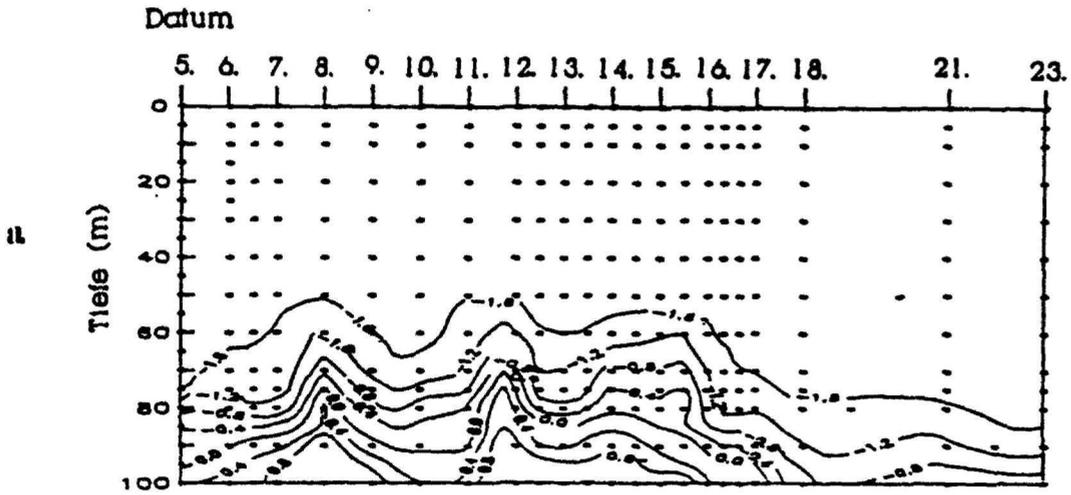
##### 4.2.1.1. Ergebnisse von Schnitt 1

Diese Stationen wurden während der Reise Ark5/1 zwischen 5 °E und 1 °W und 80.2 °N und 81 °N im Ostgrönlandstrom durchgeführt (Abb. 3.2.3 a). Sie stellen eine Zeitserie der Entwicklung des Planktons über einen Zeitraum vom 5.5. bis 23.5.88 dar, in dem das Schiff mit dem Eis driftete. Die Eisbedeckung lag im Mittel bei über 90 %.

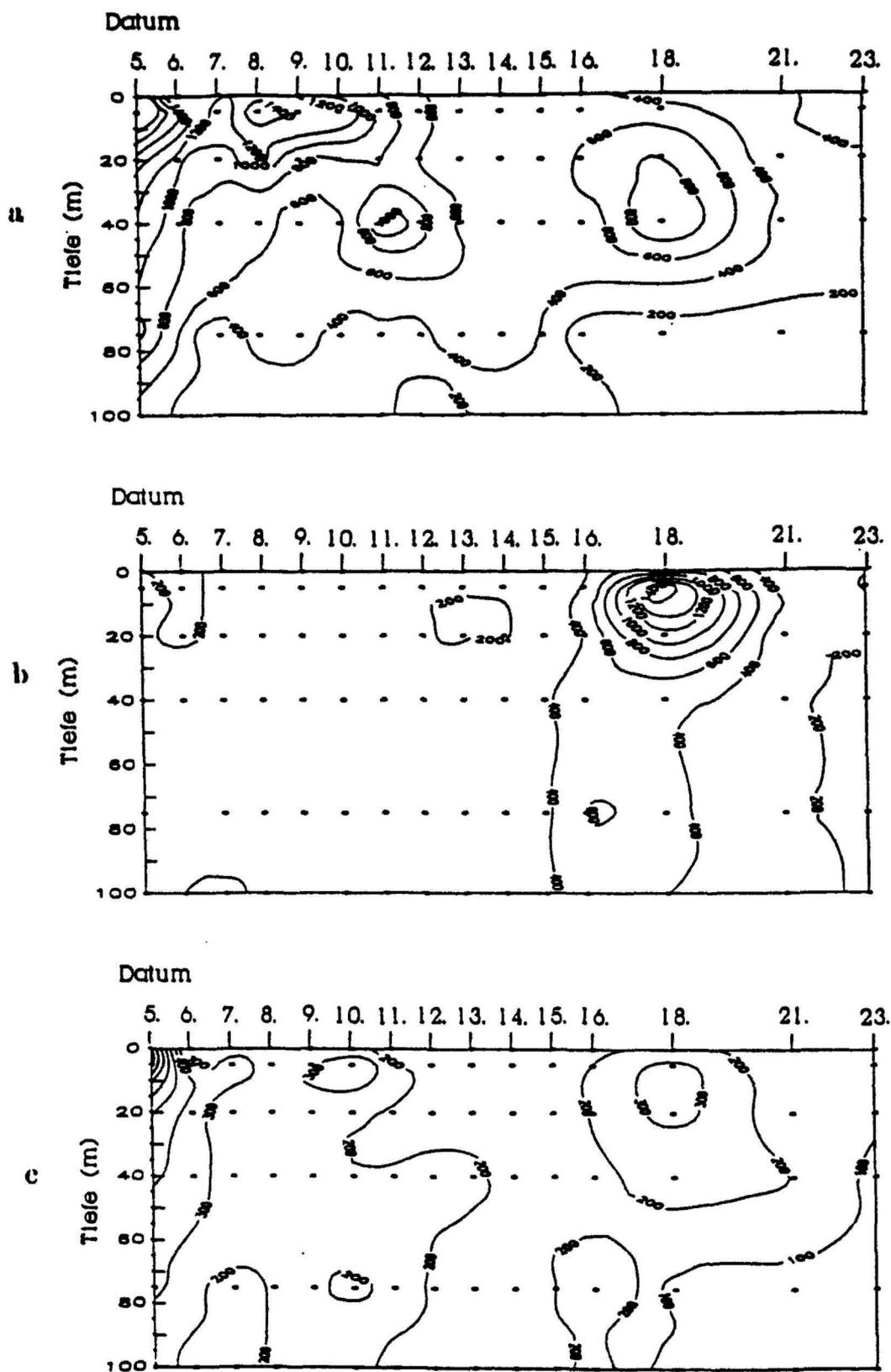
In Abb. 4.2.1 a und b sind die Temperatur- bzw. Salzgehaltsverteilung für den Zeitraum der Eisdrift dargestellt. Das Polare Wasser wies eine Mächtigkeit von 70-90 m auf, unterhalb der Pycnocline fand sich Atlantisches Zwischenwasser. In den obersten Metern der Wassersäule wurden Salzgehaltserniedrigungen und -erhöhungen durch die extrem schwankenden Lufttemperaturen und die damit verbundene Eisschmelze bzw. Neueisbildung hervorgerufen.

Diatomeen wurden im gesamten Untersuchungszeitraum in der Wassersäule nicht gefunden.

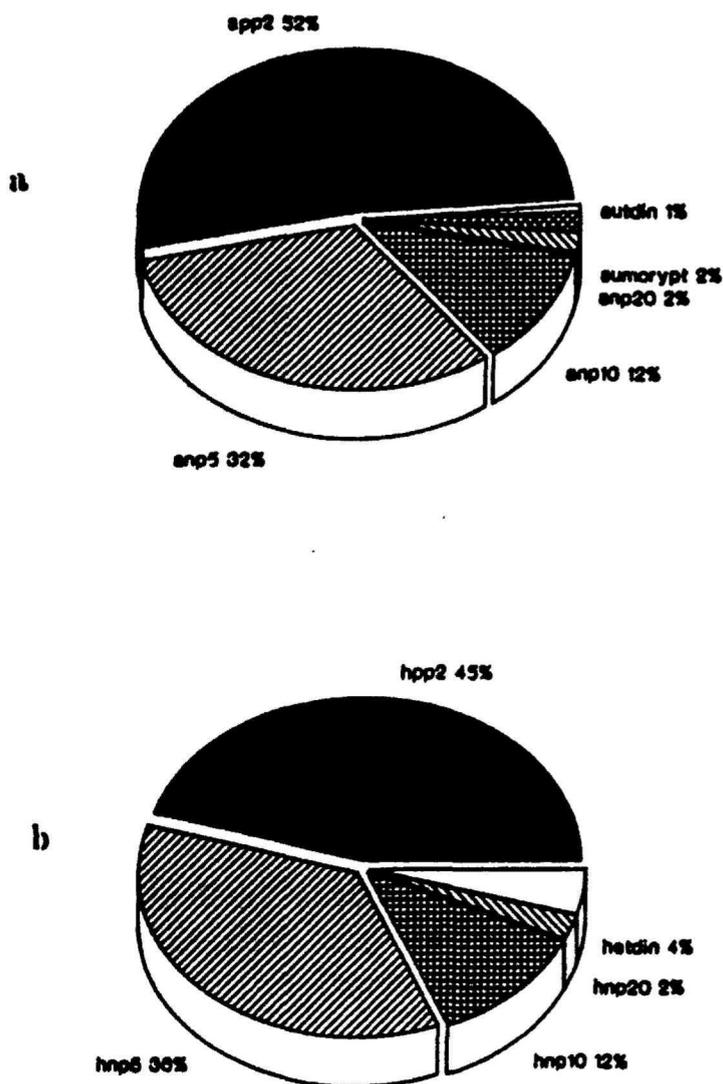
Die Verteilung der autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.2 a) wies zeitliche Schwankungen auf. Der höchste Wert wurde am ersten Tag der Untersuchung in 5 m Tiefe gemessen (2500 Zellen\*ml<sup>-1</sup>). Bis zum 13.5. kam es zu einer Abnahme auf Werte unter 600 Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Gleichzeitig stellte sich eine homogene Verteilung in der Wassersäule ein. Die mittlere Größenstruktur der autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.3 a) zeigte die Dominanz von Phytoflagellaten kleiner 2 µm. Autotrophe Dinoflagellaten und Cryptophyceen kleiner als 20 µm stellten im Mittel 2 % der Gesamtpopulation.



**Abb. 4.2.1:** Verteilung der Parameter Temperatur (a) und Salzgehalt (b) auf Schnitt 1 in den oberen 100 m der Wassersäule.



**Abb. 4.2.2:** Verteilung der Pico- und Nanoplankter auf Schnitt 1.  
 a=autotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>),  
 b=Bakterien (10<sup>3</sup>\*ml<sup>-1</sup>),  
 c=heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>).



**Abb. 4.2.3:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b) in den oberen 40 m der Wassersäule während Schnitt 1.

Coccale Blaualgen wurden an allen Tagen in Konzentrationen von wenigen Zellen\*ml<sup>-1</sup> vorgefunden. In Abb. 4.2.4 ist die Zunahme der Blaualgen in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt dargestellt. Die Zahlen im Atlantischen Zwischenwasser waren signifikant höher als die aus dem Polaren Wasser (Tab. 4.2.1).

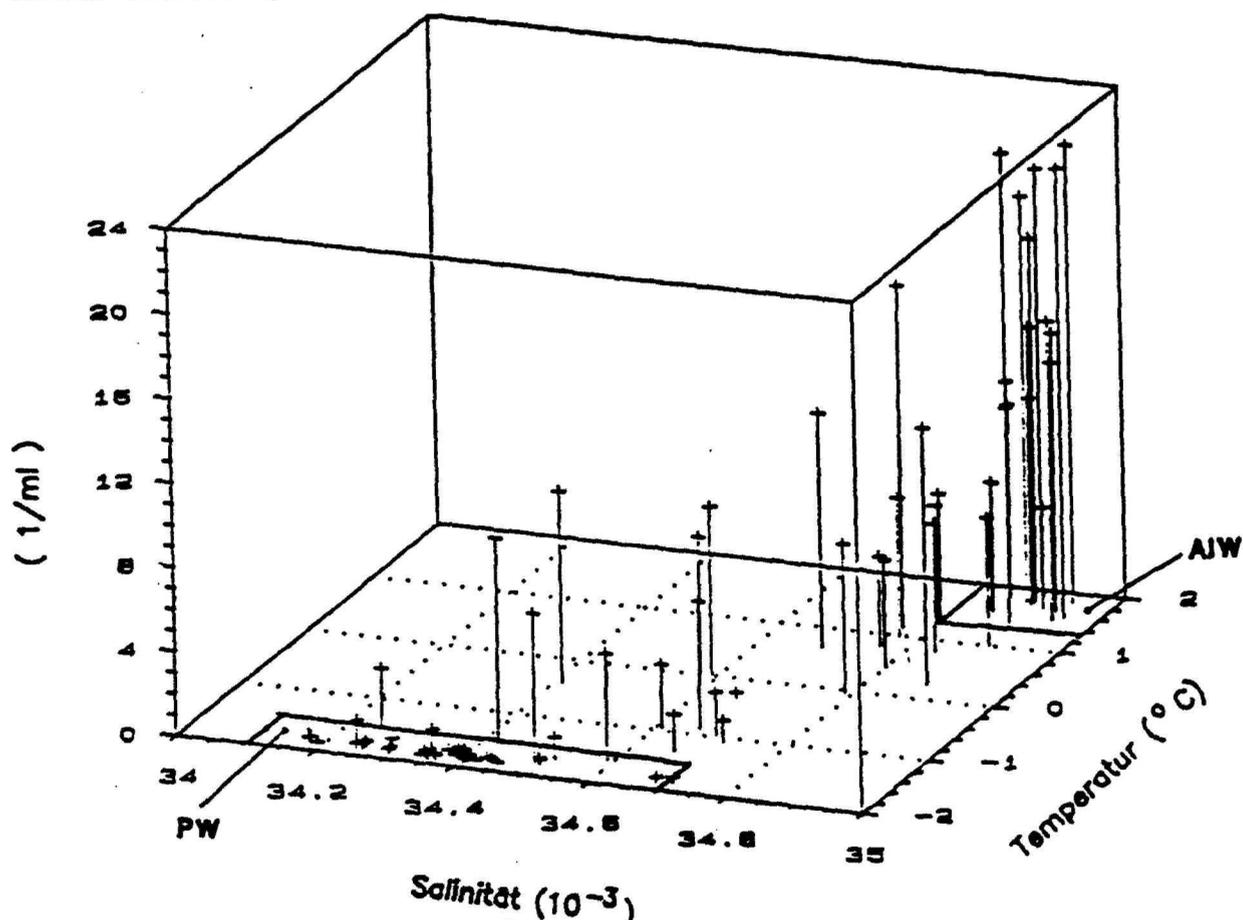
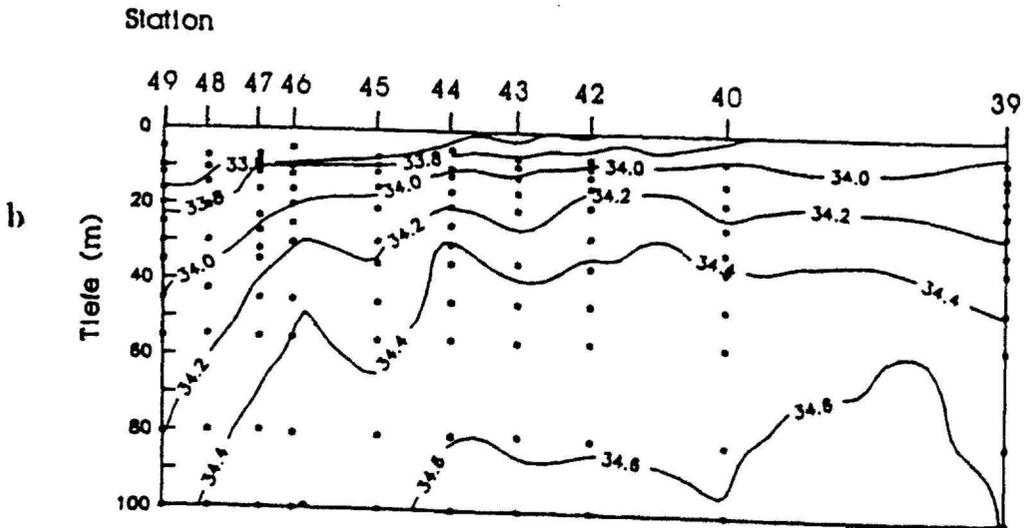
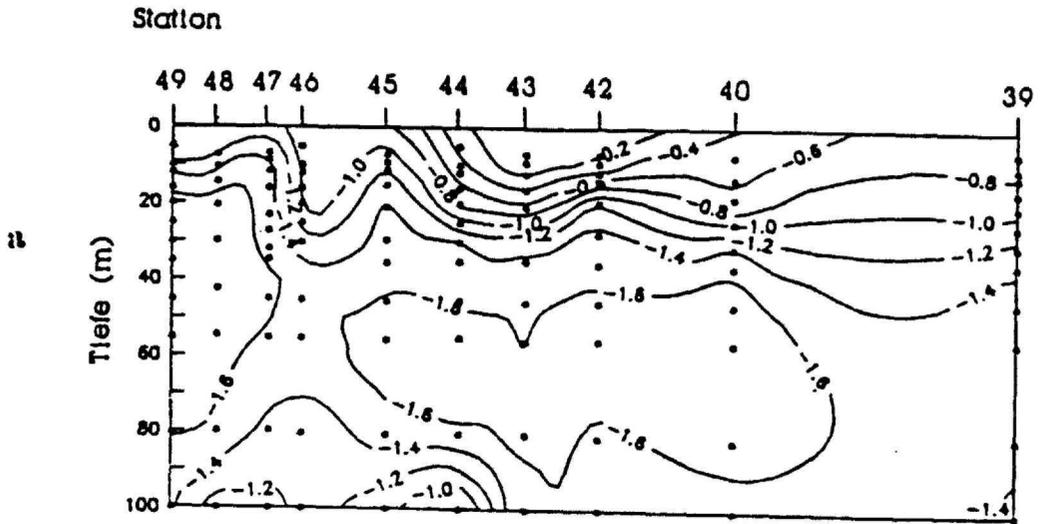


Abb. 4.2.4: Die Abundanz der Blaualgen (Zellen\*ml<sup>-1</sup>) während Ark5/1 in Relation zu Temperatur und Salzgehalt. PW=Polares Wasser, AIW=Atlantisches Zwischenwasser.

Tab. 4.2.1.: Verteilung der Blaualgen (Zellen\*ml<sup>-1</sup>) in den verschiedenen Wasserkörpern im Bereich des Ostgrönlandstromes. n: Anzahl der Proben; p: Vorkommen der Blaualgen (% der Proben); r: Bereich der Abundanzen; x: durchschnittliche Abundanz; sx: Standardabweichung; PW: Polares Wasser; AIW: Atlantisches Zwischenwasser; MW: Mischwasser aus PW und AIW.

Parameter	PW	MW	AIW
n	42	20	18
p	16.6	90.0	100.0
r	0-7	0-12	5-22
x	0.4	6.2	12.9
sx	1.3	4.1	5.9



**Abb. 4.2.5:** Verteilung der Parameter Temperatur (a) und Salzgehalt (b) auf Schnitt 2 in den oberen 100 m der Wassersäule.

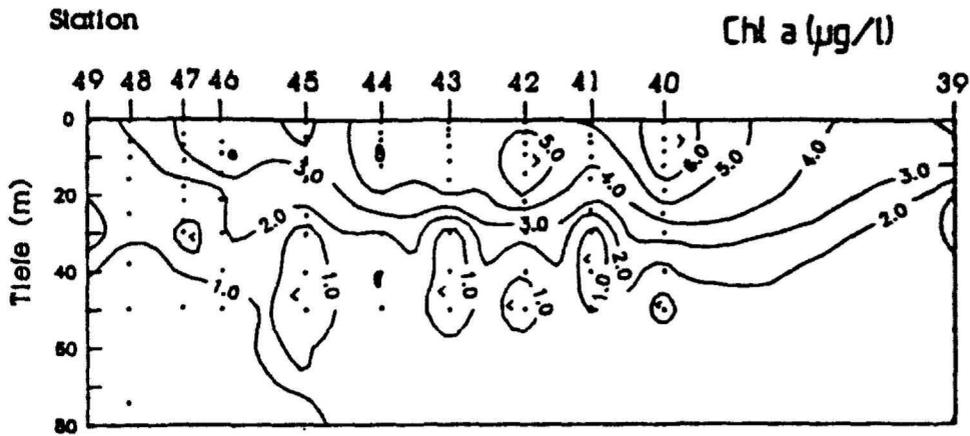


Abb. 4.2.6: Verteilung von Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) auf Schnitt 2.

An allen Stationen waren Diatomeen (Abb. 4.2.8 a) in Dichten von mehr als  $200 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  zu beobachten. Konzentrationen oberhalb  $1000\cdot\text{ml}^{-1}$  traten in den obersten Metern der Wassersäule auf Station 40 bis 44 auf. Abb. 4.2.9 zeigt, daß sich die Zusammensetzung der Diatomeengemeinschaft entlang des Schnittes änderte, von zentrischen Diatomeen der Gattung Thalassiosira (Station 40) über die Gattung Chaetoceros (Station 42 und 44) zu der pennaten Diatomee Nitzschia grunowii (Station 47 bis 49).

Die autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.8 b) wiesen 2 Maxima auf, eines an Station 47 an der Oberfläche, das andere in 40 m Tiefe an Station 39. Im Bereich der Thalassiosira- und Chaetoceros-Blüten, in denen die niedrigsten Nährstoffkonzentrationen vorlagen, wurden die geringsten Flagellatenzahlen gefunden. Abb. 4.2.10 a zeigt an Station 39, 44 und 47 einen höheren Anteil der Größenfraktion kleiner  $2 \mu\text{m}$  mit ca. 75 % der Gesamtzahl gegenüber 50 % an den Stationen 42 und 49. Autotrophe Dinoflagellaten kleiner  $20 \mu\text{m}$  und Cryptophyceen kamen in Dichten von etwa  $10 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  vor.

Die Bakterienkonzentrationen (Abb. 4.2.8 c) nahmen mit der Tiefe deutlich ab. Die höchsten Werte traten an der Oberfläche der Station 40 auf ( $1750 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ), die niedrigsten an Station 49 ( $500 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ).

Abb. 4.2.2 b zeigt, daß die Bakterienkonzentrationen mit Ausnahme der Probe vom 18.5. zwischen  $200$  und  $400 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$  lagen. Eine vertikale Zonierung war nicht festzustellen. Am 18.5. waren die Abundanzen mit maximal  $2107 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$  in 5 m Tiefe deutlich erhöht. Die Struktur der Population änderte sich ebenfalls. Während an den anderen Probetagen Coccen von ca.  $0.25$ - $0.35$   $\mu$ m Durchmesser über 90 % der Gesamtzahl stellten, bildeten am 18.5. Stäbchen und Spirillen von  $1$ - $2$   $\mu$ m Länge etwa 50 % der Gesamtzahl.

Die Verteilung der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.2 c) ähnelte der der Bakterien. Zwei Maxima traten auf, eines am 5.5. in 5 m Tiefe ( $930$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ) gemeinsam mit dem der autotrophen Flagellaten, das andere am 18.5. ( $360$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ) zusammen mit dem der Bakterien. Heterotrophe Flagellaten kleiner  $5$   $\mu$ m dominierten die mittlere Größenstruktur (Abb. 4.2.3 b) zu 75 %. Heterotrophe Dinoflagellaten wurden regelmäßig gefunden und stellten 4 % der Gesamtzahl. Choanoflagellaten wurden vereinzelt beobachtet.

#### 4.2.1.2. Ergebnisse von Schnitt 2

Dieser Schnitt von Ark5/2 (Abb. 3.2.3 b) lag auf der Höhe von ca.  $72^\circ$ N und verlief von  $13^\circ$ W bis  $18^\circ$ W. Die Eisbedeckung nahm von Station 39, an der nur vereinzelte Schollen zu sehen waren, auf über 40 % im westlichen Abschnitt des Schnittes zu.

Die Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen (Abb. 4.2.5) waren typisch für den Ostgrönlandstrom, wobei eine Erwärmung und Salzgehaltsherabsetzung in den oberen 20 m der Wassersäule festzustellen war. Aus der damit verbundenen Dichterniedrigung und somit Stabilisierung der Wassersäule resultierten günstige Wachstumsbedingungen für das Phytoplankton.

Die Chl *a*-Konzentrationen (Abb. 4.2.6) überschritten an der Oberfläche  $1$  mg $\cdot$ m $^{-3}$  mit Maximalwerten größer  $4$  mg $\cdot$ m $^{-3}$  im Bereich der Stationen 40-44.

Neben hohen Phytoplanktonbiomassen wurden in diesem Abschnitt die niedrigsten Konzentrationen der Nährstoffe Nitrat, Silikat und Phosphat gemessen (Abb. 4.2.7).

Die Abbildungen 4.2.8 a-d zeigen die Verteilungen der Diatomeen, Bakterien sowie der auto- und heterotrophen Flagellaten.

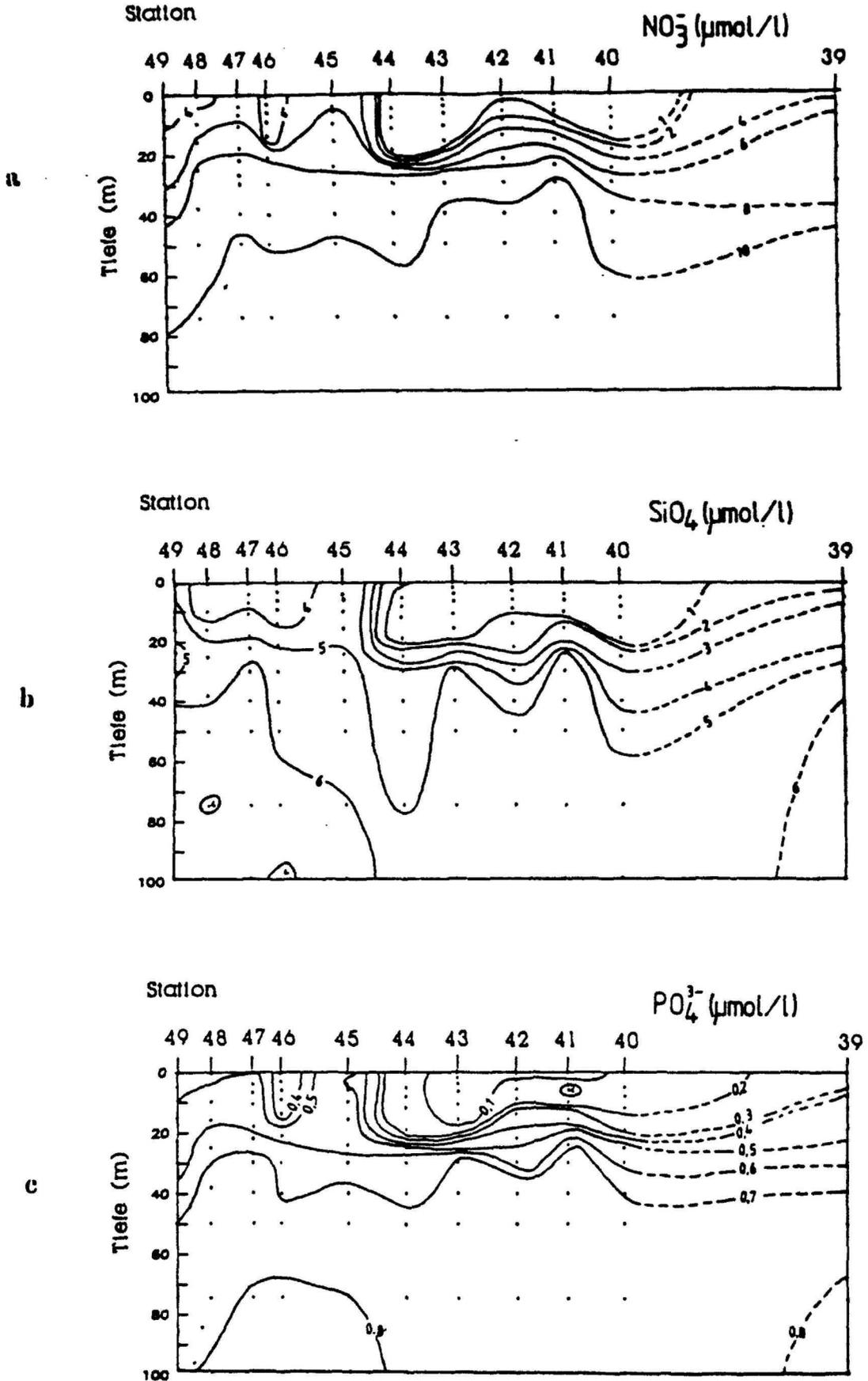
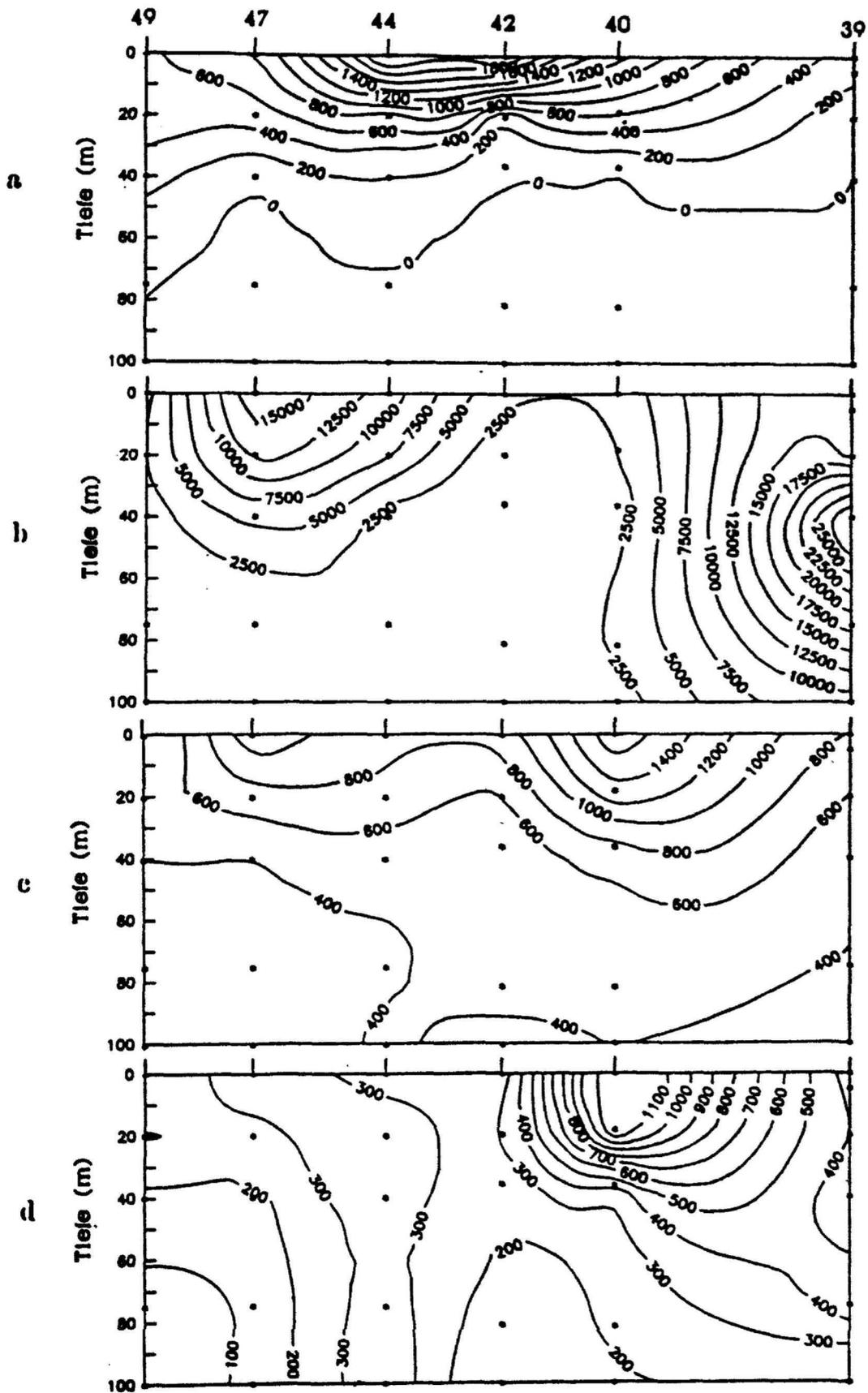


Abb. 4.2.7: Verteilung von Nitrat (a), Silikat (b) und Phosphat (c) auf Schnitt 2. Angaben jeweils in  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-3}$ .



**Abb. 4.2.8:** Verteilung verschiedener Planktonorganismen auf Schnitt 2:  
 a=Diatomeen (Zellen\*ml<sup>-1</sup>)  
 b=autotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>)  
 c=Bakterien (10<sup>3</sup>\*ml<sup>-1</sup>),  
 d=heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>).

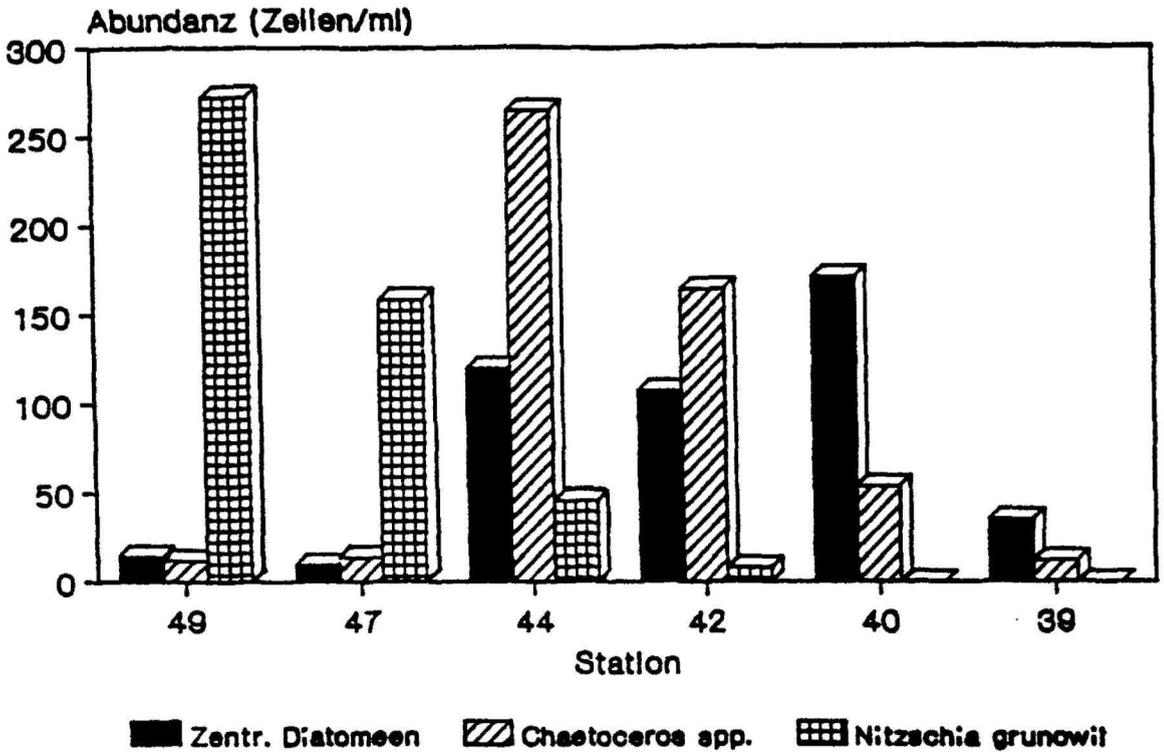
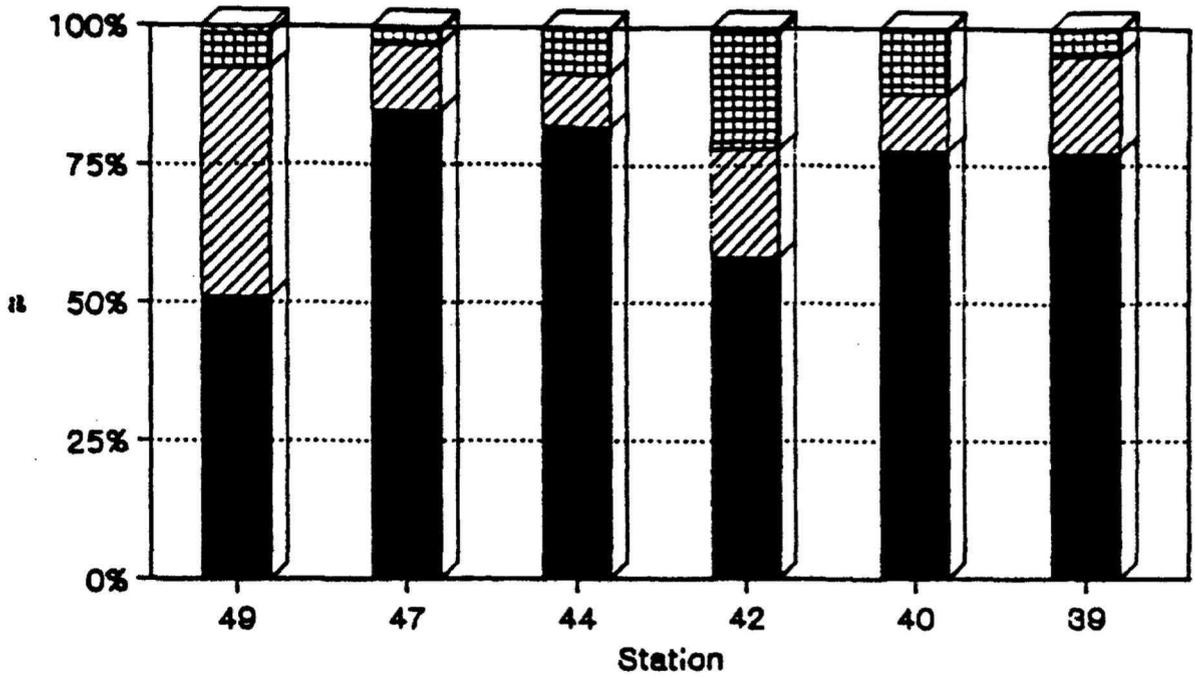
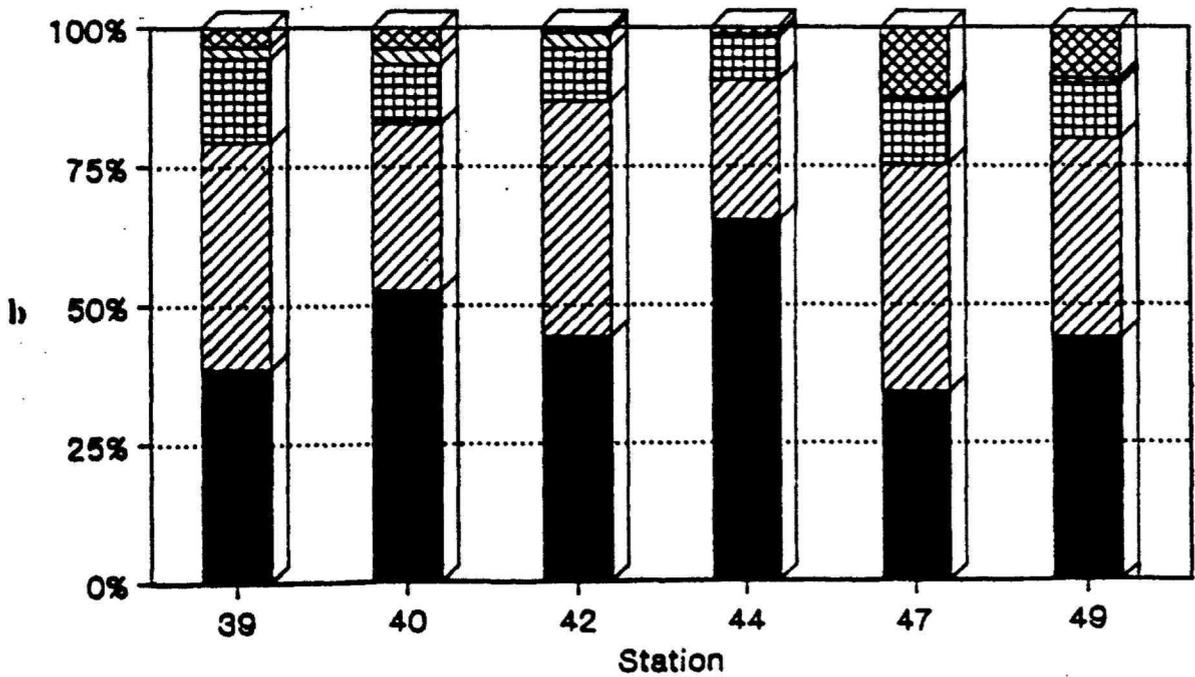


Abb. 4.2.9: Mittlere Abundanzen der Diatomeen auf den einzelnen Stationen von Schnitt 2 in den oberen 40 m der Wassersäule. zentr. Diat.= zentrische Diatomeen (ohne Gattung *Chaetoceros*).

Die Verteilung der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.8 d) wies ebenfalls das Maximum an Station 40 auf ( $1260 \cdot \text{ml}^{-1}$ ). Ein Vergleich der Größenstruktur der Populationen zeigt, daß 75 % der Gesamtzahl von Flagellaten kleiner  $5 \mu\text{m}$  gebildet wurden. Im Maximum an Station 40 stieg der Anteil der Flagellaten kleiner  $2 \mu\text{m}$  auf 50 % (Abb. 4.2.10 b). Heterotrophe Dinoflagellaten kleiner  $20 \mu\text{m}$  waren an allen Stationen in Konzentrationen zwischen 2 und  $23 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  vorhanden.



■ app2    ▨ anp5    ▩ anp10    ▧ anp20



■ hpp2    ▨ hnp5    ▩ hnp10    ▧ hnp20    ▩ hetdin

**Abb. 4.2.10:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b) auf den einzelnen Stationen von Schnitt 2 in den oberen 40 m der Wassersäule. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hpp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ .

### 4.2.1.3. Ergebnisse von Schnitt 3

Dieser während der Expedition Ark5/2 durchgeführte Schnitt verlief von 3 °W, 76 °N nach 6 °W, 77 °N. Die Eisbedeckung nahm von Station 85 (vereinzelte Schollen) nach Station 87 (ca. 40 % Eisbedeckung) zu.

An Station 79 fand sich nach der Temperatur- und Salzgehaltsverteilung (Abb. 4.2.11 a und b) Atlantisches Zwischenwasser an der Oberfläche. Die Polarfront lag zwischen den Stationen 80 und 81. Die Mächtigkeit des Polaren Wassers nahm von Station 81 nach Westen hin zu, die Tiefenlage der Sprungschicht vom Polaren Wasser zum Atlantischen Zwischenwasser sank von 40-50 m (Station 81-83) auf über 80 m (Station 85-87). Die Salzgehalte des Polaren Wassers lagen an der Oberfläche unter  $34 \cdot 10^{-3}$ .

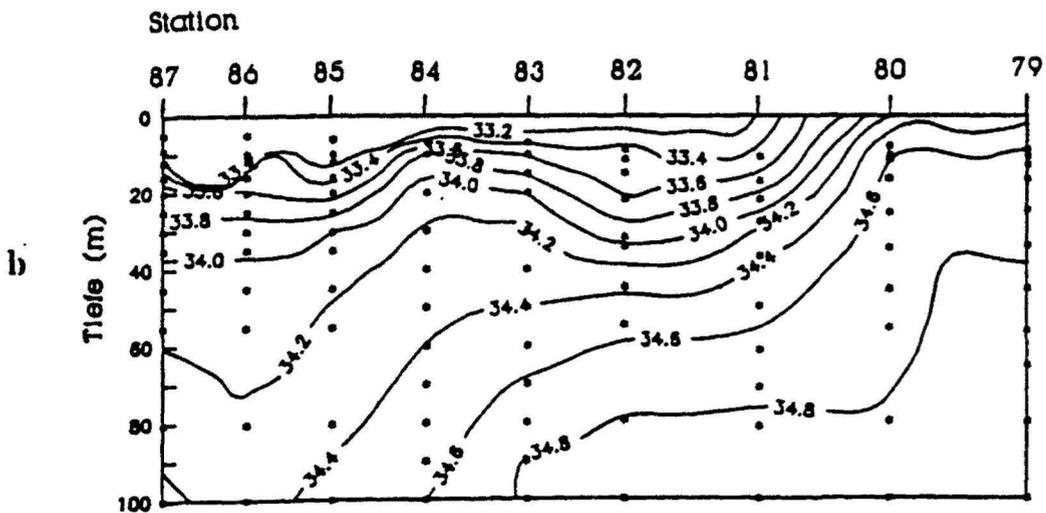
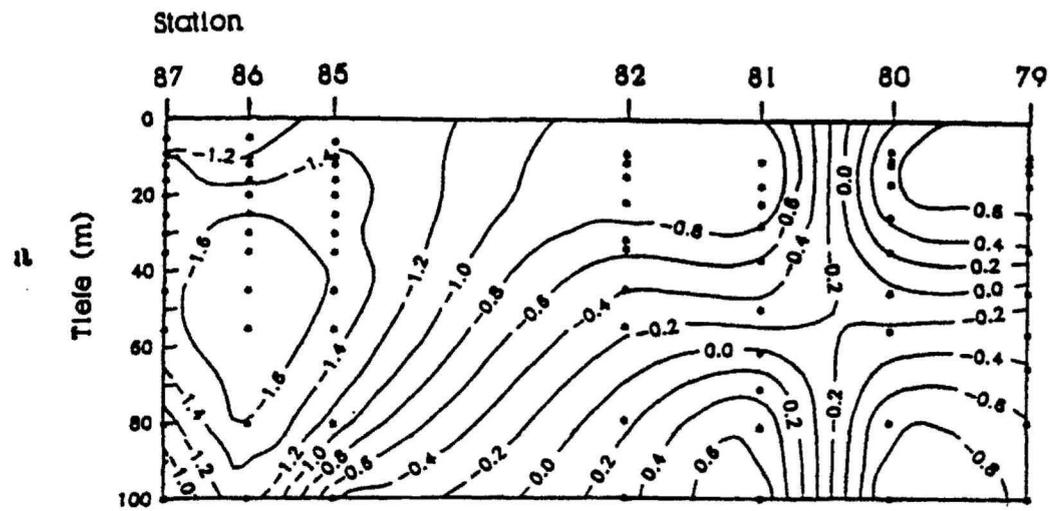
Die Nitratkonzentrationen (Abb. 4.2.12 a) lagen im Ostteil des Schnittes bis Station 82 unterhalb von  $2 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-3}$ . Die niedrigsten Werte fanden sich oberflächennah an den Stationen 79 und 80. Sie verlagerten sich in ca. 30 m Tiefe an Station 82.

Die Silikatverteilung (Abb. 4.2.12 b) folgte im wesentlichen der des Nitrats. Ammonium (Abb. 4.2.12 c) dagegen wies im Bereich der Sprungschicht an den Stationen 81 und 82 ein Maximum auf mit Werten größer als  $2 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Die Chl a-Konzentrationen (Abb. 4.2.13) lagen östlich der Polarfront in den oberen 20 m über  $1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Im Polaren Wasser wurden deutlich niedrigere Konzentrationen festgestellt. Eine Ausnahme bildete eine Meßpunkt an Station 86, wo an der Oberfläche  $2.7 \text{ mg Chl a} \cdot \text{m}^{-3}$  vorhanden waren.

Diatomeen wurden nur an Station 79 beobachtet. Die mittlere Konzentration in den oberen 40 m betrug  $100 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ .

An Station 79 bildete Phaeocystis pouchetii (Abb. 4.2.14 a) die dominierende Art mit mehr als  $20000 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  an der Oberfläche. P. pouchetii wurde an Station 82 im Bereich des Nährstoffminimums ab 40 m Tiefe mit maximal  $2900 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  nachgewiesen. Die Eigenfluoreszenz des Chlorophylls war hier jedoch nicht leuchtend rot, sondern gelb-orange. Dies deutet auf eine Schädigung der Zellen bzw. deren Seneszenz hin. Im Polaren Wasser wurde P. pouchetii nicht beobachtet.



**Abb. 4.2.11:** Verteilung der Parameter Temperatur (a) und Salzgehalt (b) auf Schnitt 3 in den oberen 100 m der Wassersäule.

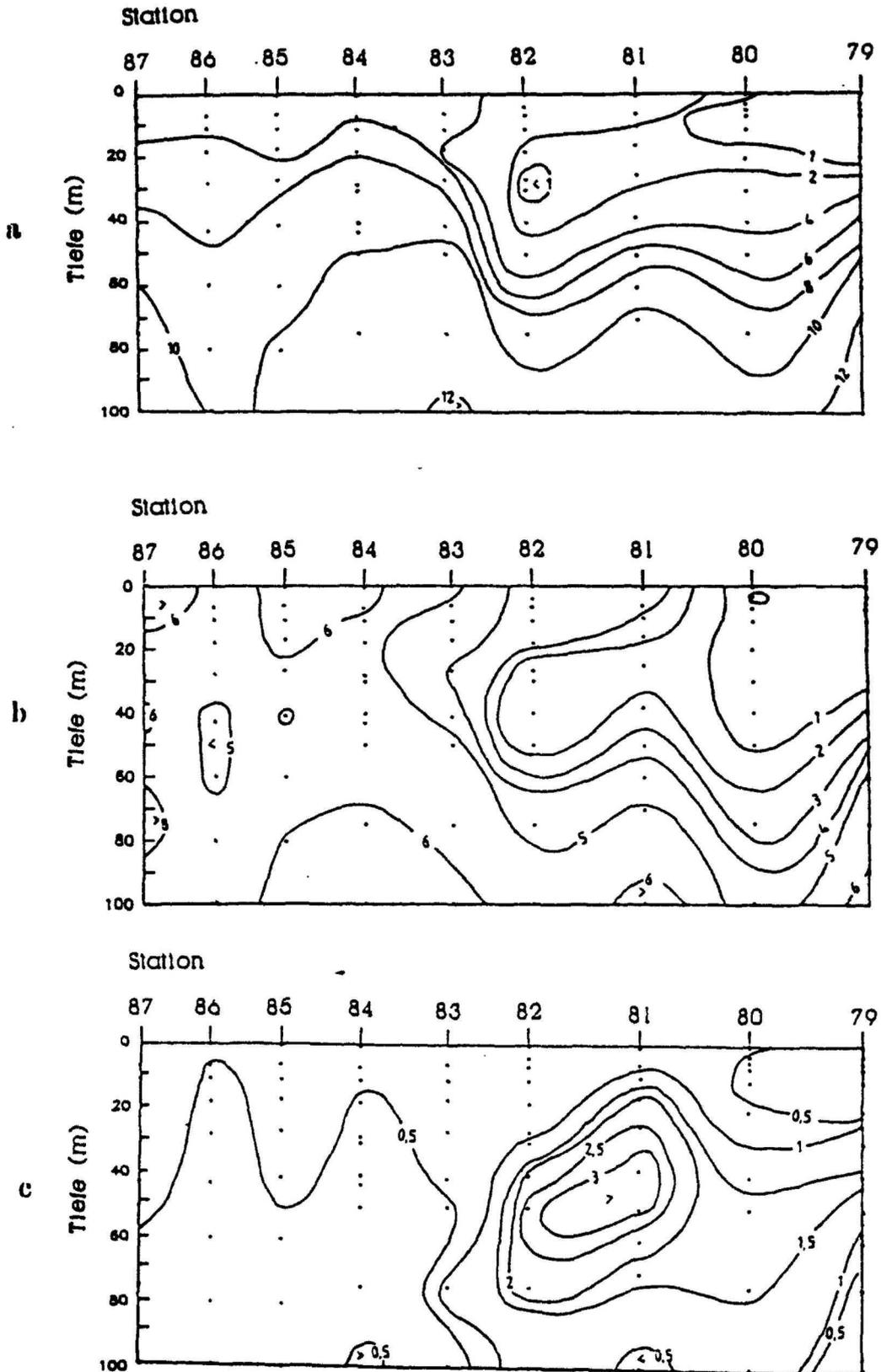


Abb. 4.2.12: Verteilung von Nitrat (a), Silikat (b) und Ammonium (c) auf Schnitt 3. Angaben jeweils in  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-3}$ .

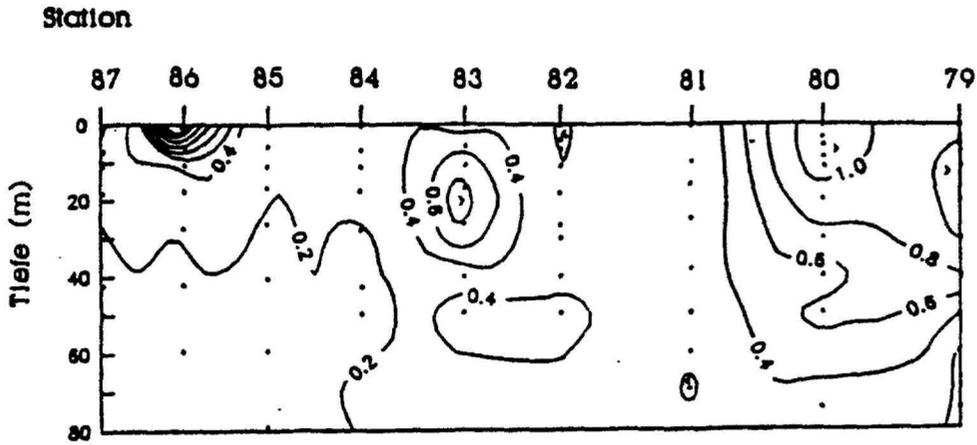
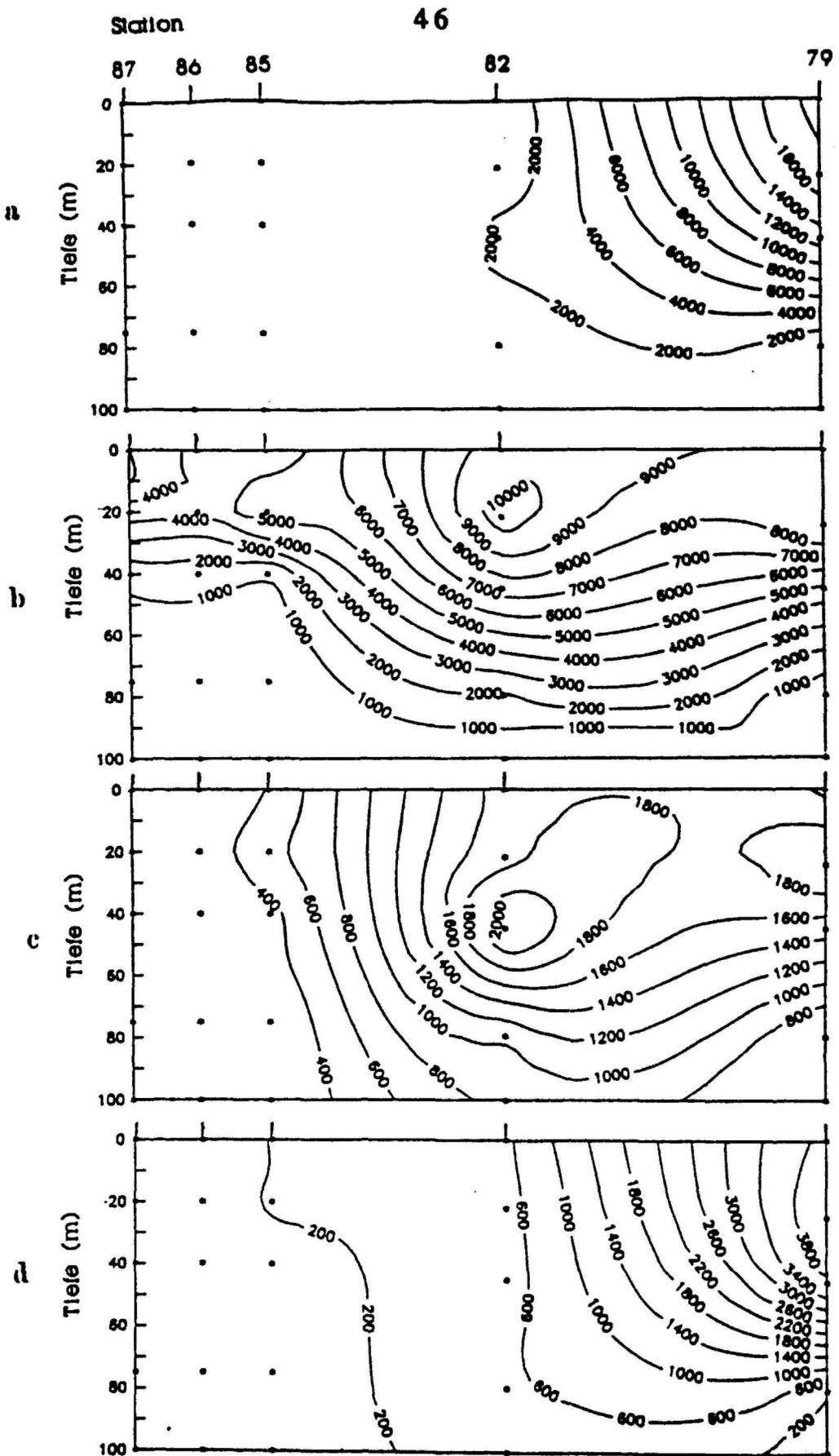


Abb. 4.2.13: Verteilung von Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) auf Schnitt 3.

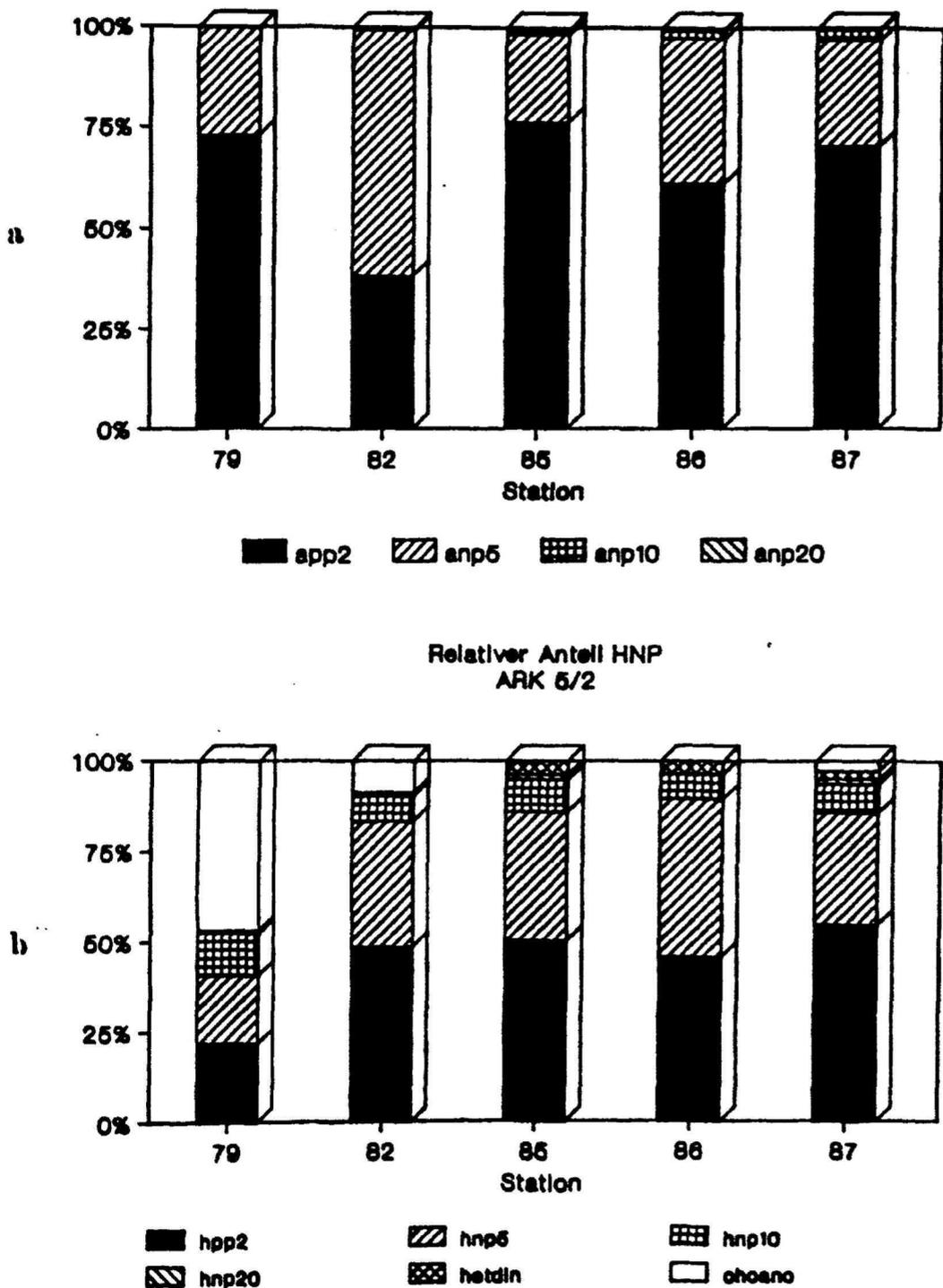
Die autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.14 b) waren stets in den oberen 20 m der Wassersäule am häufigsten, mit mehr als  $8000 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  an den Stationen 79 und 80 bzw.  $4000 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  an den Stationen 85 bis 87. Die Größenstruktur (Abb. 4.2.15 a) war gekennzeichnet durch die Dominanz der Fraktion kleiner  $5 \mu\text{m}$ . Mit Ausnahme von Station 82 waren 50-75 % aller autotrophen Flagellaten kleiner  $2 \mu\text{m}$ . Die Fraktion größer als  $10 \mu\text{m}$  trug weniger als 2 % zur Gesamtzahl bei. Autotrophe Dinoflagellaten sowie Cryptophyceen kleiner  $20 \mu\text{m}$  wiesen ebenfalls Anteile von nur wenigen Prozent auf.

Die Bakterienkonzentrationen (Abb. 4.2.14 c) überstiegen an den Stationen 79 und 82 in den oberen 40 m Werte von  $1600 \cdot 10^3 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$ , während sie westlich davon mit einer Ausnahme unterhalb von  $400 \cdot 10^3 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  lagen.

Das Vorkommen der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.14 d) war durch ein Maximum ( $> 3800 \text{ Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) an Station 79 im Bereich der P. pouchetii-Blüte gekennzeichnet. An dieser Station trugen Choanoflagellaten, insbesondere Salpingoeca spinifera, über 40 % zur Gesamtzahl bei. An den Stationen 82-87, die weitaus geringere Abundanzen der heterotrophen Flagellaten aufwiesen, stellten die Fraktionen kleiner  $5 \mu\text{m}$  75 % der Gesamtzahl.



**Abb. 4.2.14:** Verteilung verschiedener Planktonorganismen auf Schnitt 3:  
 a=*P. pouchetii* (Zellen\*ml<sup>-1</sup>)  
 b=autotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>)  
 c=Bakterien (10<sup>3</sup>\*ml<sup>-1</sup>),  
 d=heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>).



**Abb. 4.2.15:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b) auf den einzelnen Stationen von Schnitt 3 in den oberen 40 m der Wassersäule. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hnp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ , choano=Choanoflag..

#### 4.2.1.4. Ergebnisse von Schnitt 4

Dieser letzte Schnitt wurde im Verlauf der Expedition Met8/2 durchgeführt. Er war in Nord-Süd-Richtung orientiert zwischen Station 650 (3.9 °W, 71.6 °N) und Station 664 (1.0 °E, 77.8 °N).

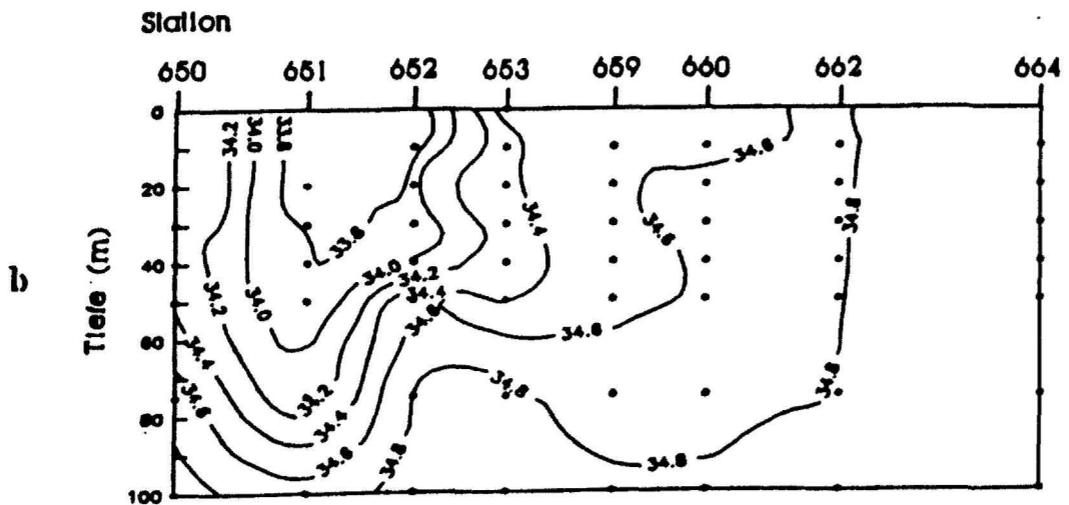
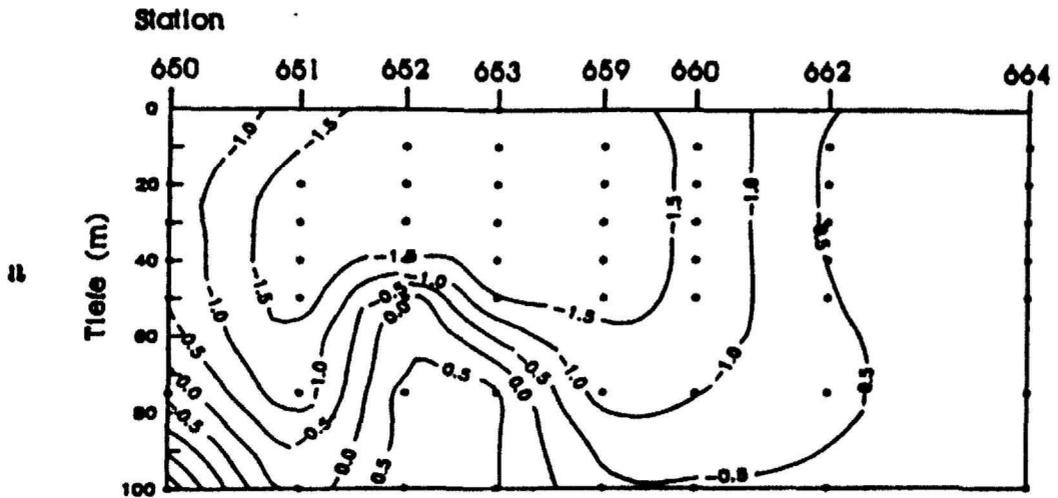
Anhand der Temperatur- und Salzgehaltsverteilung (Abb. 4.2.16 a und b) ist zu erkennen, daß im südlichen Abschnitt von Station 650 bis 653 die oberen 40-80 m der Wassersäule vom Polaren Wasser gebildet wurden, unterhalb der Sprungschicht fand sich Atlantisches Zwischenwasser. Die Polarfront verlief im Bereich der Station 653. Ab Station 659 wurde an der Oberfläche Atlantisches Zwischenwasser angetroffen, wobei sowohl Temperatur als auch Salzgehalt nach Norden zu anstiegen. Damit verbunden kam es zu einer Abnahme der vertikalen Gradienten und einer schwächeren Schichtung der Wassersäule.

Die Chl *a*-Konzentrationen (Abb. 4.2.17 a) waren mit Werten zwischen 0.05 und 0.14 mg\*m<sup>-3</sup> auf dem gesamten Schnitt sehr niedrig. Im Atlantischen Zwischenwasser zeigte sich bei Konzentrationen unter 0.10 mg\*m<sup>-3</sup> eine homogene Verteilung in der Wassersäule. Die höchsten Werte wurden an den südlichen Stationen 650 und 651 gemessen.

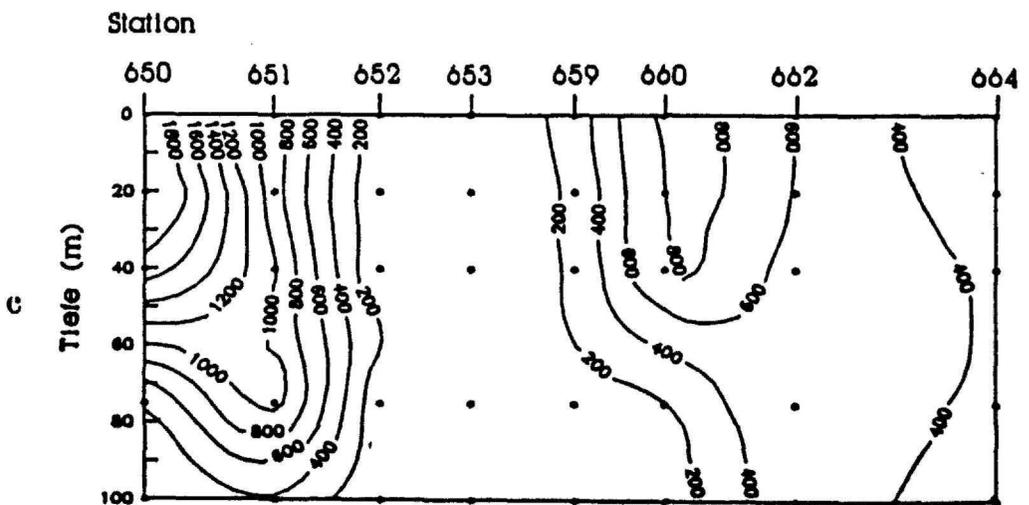
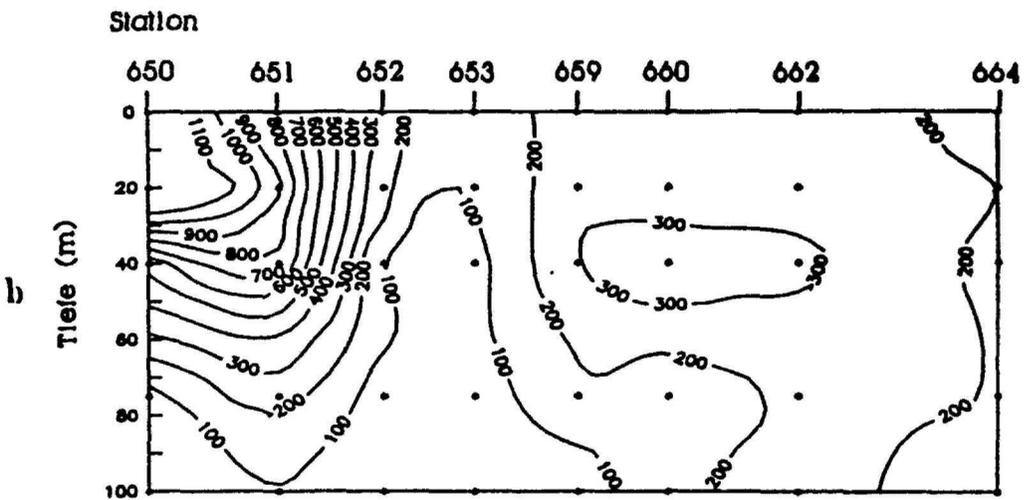
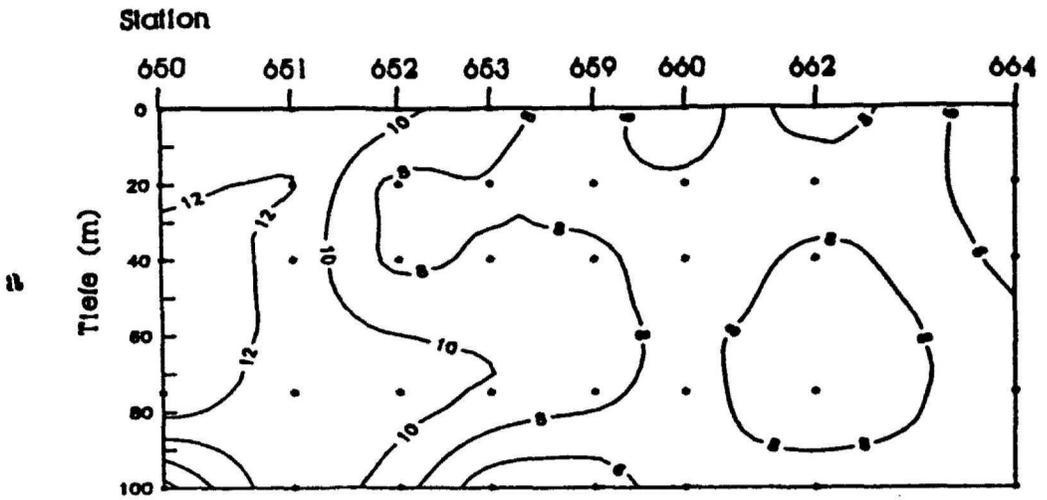
Diatomeen fehlten an allen Stationen.

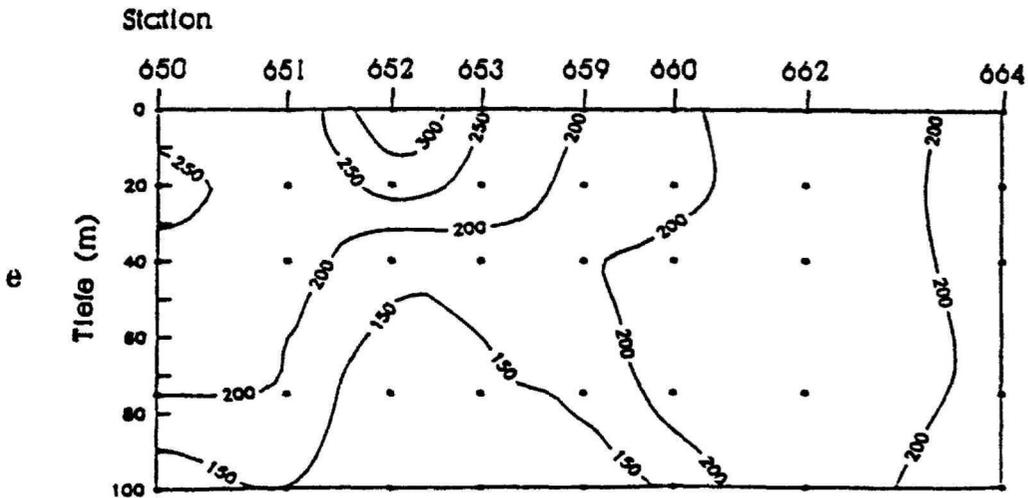
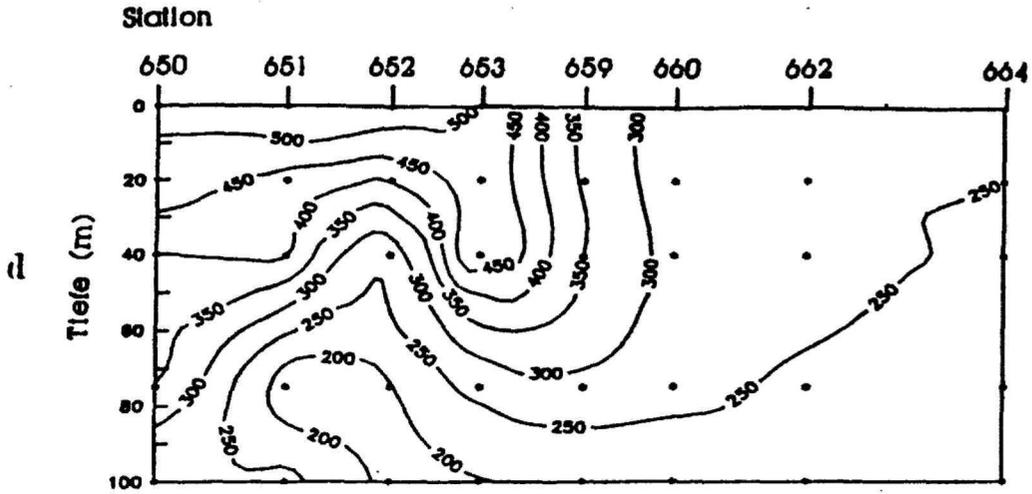
Die autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.17 b) wiesen ihr Abundanz-Maximum mit mehr als 800 Zellen\*ml<sup>-1</sup> im Polaren Wasser an den Stationen 650 und 651 auf. Die Stationen 659 bis 664 waren durch niedrigere Dichten (200-350 Zellen\*ml<sup>-1</sup>) und eine homogenere Verteilung in der Wassersäule charakterisiert. Die Größenstruktur (Ab. 4.2.18 a) wurde mit einem Anteil von über 90 % von autotrophen Flagellaten kleiner 5 µm dominiert, wobei derjenige der Fraktion kleiner 2 µm immer über 50 % lag. Die nicht dargestellten autotrophen Dinoflagellaten und Cryptophyceen kleiner 20 µm stellten mit Abundanzen zwischen 1 bis 8 Zellen\*ml<sup>-1</sup> weniger als 1 % der Gesamtpopulation.

Das Verbreitungsmuster der coccalen Blaualgen (Abb. 4.2.17 c) ähnelte dem der autotrophen Flagellaten. Die höchsten Abundanzen an den Stationen 650-651 waren auf das Polare Wasser begrenzt, die niedrigsten traten an der Polarfrontstation 653 auf. Im Atlantischen Zwischenwasser lagen die Konzentrationen zumeist zwischen 400 und 800 Zellen\*ml<sup>-1</sup>.



**Abb. 4.2.16:** Verteilung der Parameter Temperatur (a) und Salzgehalt (b) auf Schnitt 4 in den oberen 100 m der Wassersäule.





**Abb. 4.2.17:** Verteilung von Chl a und verschiedener Planktonorganismen auf Schnitt 4: a=Chl a ( $10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )  
 b=autotrophe Pico- und Nanoflagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ )  
 c=Picocyanobakterien ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ )  
 d=Bakterien ( $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ),  
 e=heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ).

Die Bakterienverteilung (Abb. 4.2.17 d) zeichnete sich durch eine vertikale Schichtung und maximale Werte ( $> 400 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ) im geschichteten Wasserkörper der Stationen 650 bis 659 aus. Die Konzentrationen nördlich der Polarfront lagen unter  $300 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$  und die vertikale Verteilung war homogen.

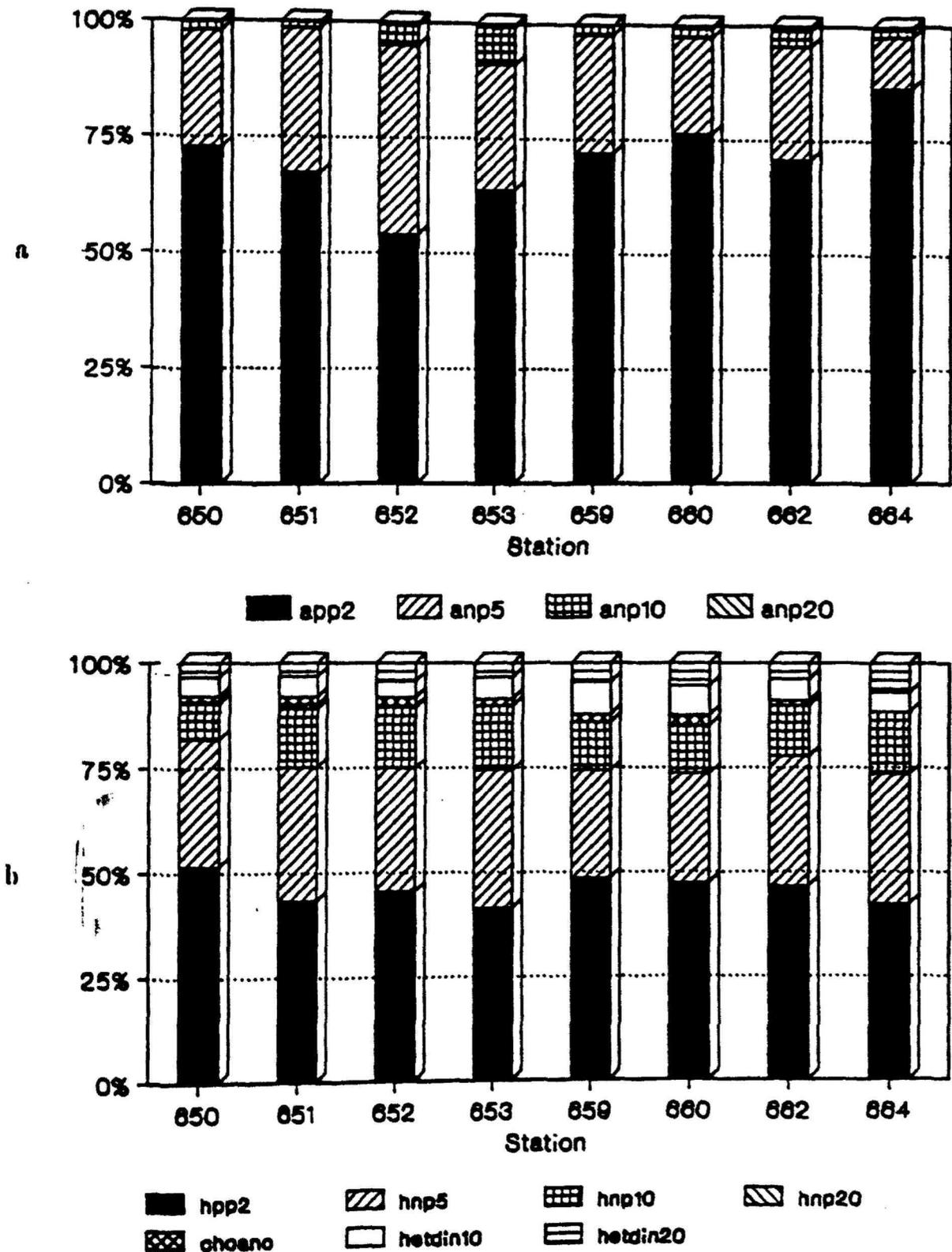
Die Anzahl der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.17 e) variierte auf diesem Schnitt zwischen Werten von 100 und 350 Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ . Eine vertikale Schichtung zeigte sich lediglich südlich der Polarfront mit unter 150 Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$  im Atlantischen Zwischenwasser unterhalb der Sprungschicht. Die Größenstruktur der Gesamtpopulation war sehr einheitlich (Abb. 4.2.18 b). Etwa 50 % der Zellen war kleiner  $2 \mu\text{m}$ , 25 % kleiner  $5 \mu\text{m}$ . Die restlichen 25 % verteilten sich zu etwa gleichen Anteilen auf die Fraktion von 5 bis  $10 \mu\text{m}$  und die heterotrophen Dinoflagellaten. Choanoflagellaten kamen nur in geringen Anteilen unter 3 % vor.

#### 4.2.2. Verteilung der Organismen in den hydrographisch charakterisierten Region A1-3, B1-2 und C

Mittels der in Kapitel 4.1. aufgestellten Klassifikation der Stationen anhand der hydrographischen Parameter Temperatur und Salzgehalt sollen die biologischen Charakteristika der Pico- und Nanoplanktongemeinschaften in den einzelnen Regionen dargestellt werden.

##### 4.2.2.1. Verteilung des Planktons im Frühling/Sommer

In Tab. 4.2.2 sind zusammenfassend durchschnittliche Angaben der Phytoplanktonparameter Chl  $a$  und Primärproduktion sowie der Abundanzen verschiedener Fraktionen des Planktons während der Frühjahr-Sommerexpeditionen Ark4 und Ark5 aufgeführt. Die Abbildungen 4.2.19-25 zeigen die Verteilung der Parameter auf den einzelnen Fahrtabschnitten mit Ausnahme von Ark5/1, der bereits ausführlich in Kapitel 4.2.1.1. behandelt wurde.



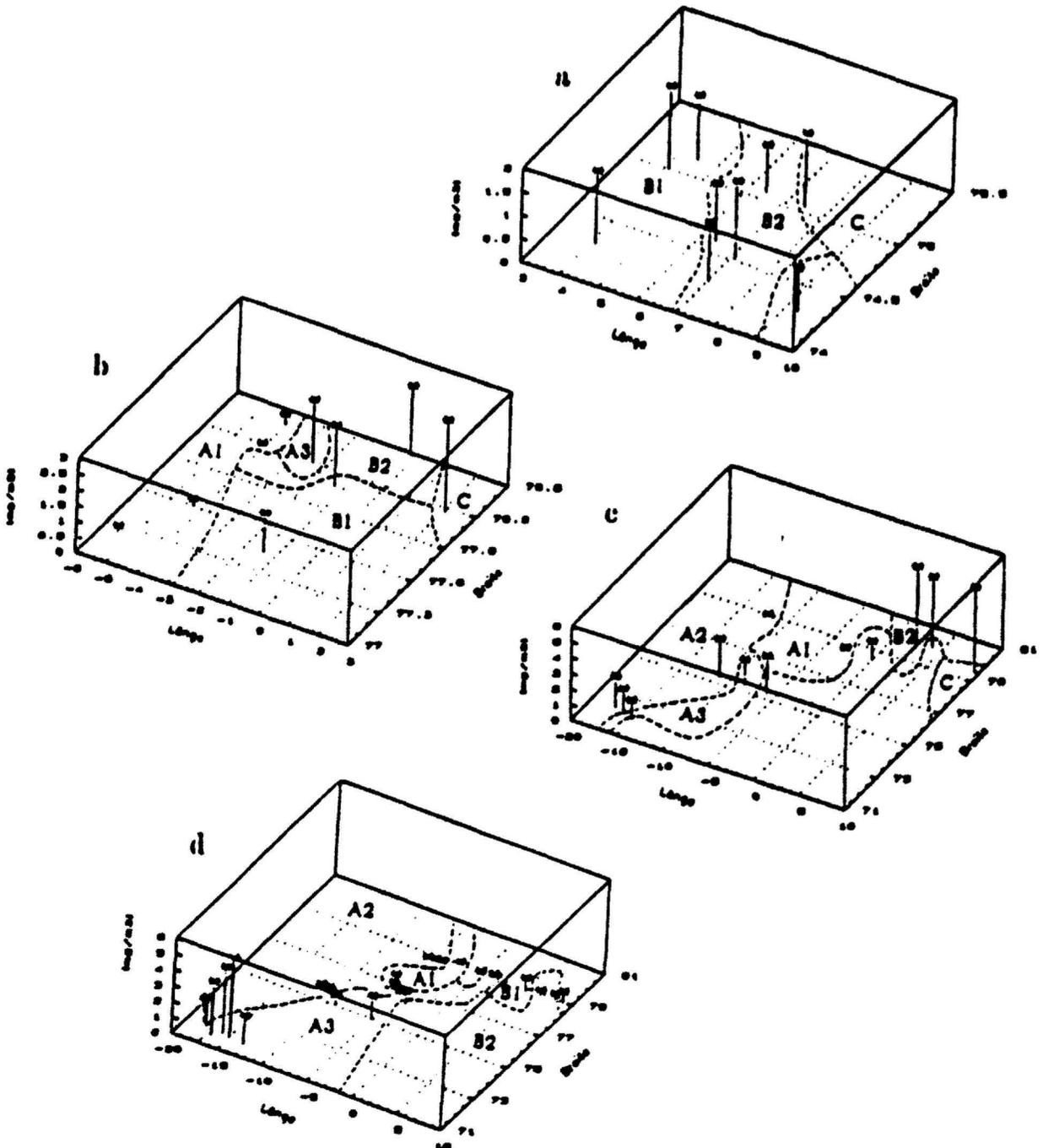
**Abb. 4.2.18:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b) auf den einzelnen Stationen von Schnitt 4 in den oberen 40 m der Wassersäule. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hpp2= heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hetdin10=heterotr. Dinoflag. < 10  $\mu\text{m}$ , hetdin20=heterotr. Dinoflag. 10-20  $\mu\text{m}$ , choano=Choanoflag.

**Tab. 4.2.2:** Verteilung der Parameter Chl *a* und Primärproduktion sowie der Abundanzen der Pico- und Nanoplankter in den verschiedenen Regionen der Grönländischen See im Verlauf der Sommerexpeditionen Ark4 und Ark5. Für Chl *a* und Primärproduktion sind mittlere Werte für die euphotische Zone angegeben, für die anderen Parameter diejenigen der oberen 40 m der Wassersäule. Chl *a* = Chlorophyll *a* ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), PP = Primärproduktion ( $\text{mg C}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ ), PP < 20 = Primärproduktion der Fraktion < 20  $\mu\text{m}$  ( $\text{mg C}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ ), Bakt = Bakterien ( $10^3\cdot\text{ml}^{-1}$ ), Cyano=Cyanobakterien ( $\text{ml}^{-1}$ ), Phaeo=*P. pouchetii* ( $\text{ml}^{-1}$ ), Sumdiat=Gesamtzahl Diatomeen ( $\text{ml}^{-1}$ ), Sumanp=Gesamtzahl autotropher Flagellaten < 20  $\mu\text{m}$  ( $\text{ml}^{-1}$ ), Sumhnp=Gesamtzahl heterotropher Flagellaten < 20  $\mu\text{m}$  ( $\text{ml}^{-1}$ ), anphnp=Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten, baktphnp=Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten ( $\cdot 10^3$ ), n=Anzahl der Stationen, x=Mittelwert, sx=Standardabweichung.

Gruppe	n	Chl <i>a</i>	PP	PP < 20	Bakt	Cyano	Phaeo	Sumdiat	Sumanp	Sumhnp	anphnp	baktphnp	
A 1	x	29	0.17	0.17	0.13	316.0	2.2	0.0	0.3	1370.1	245.5	6.1	1.5
	sx		0.07	0.17	0.09	193.5	6.6	0.0	1.1	1195.4	136.2	5.6	0.8
A 2	x	15	0.80	1.13	0.27	652.7	0.3	0.5	112.3	7611.4	415.6	22.4	2.0
	sx		0.82	1.71	0.20	234.9	0.7	1.9	221.4	4861.5	263.5	14.2	0.8
A 3	x	13	1.92	1.88	0.56	1086.7	0.8	1262.8	323.2	11506.4	804.1	20.1	1.8
	sx		1.49	1.78	0.20	488.5	1.2	2513.2	46.1	7029.5	508.3	4.8	1.0
B 1	x	16	1.64	0.82	0.56	1048.2	158.5	654.4	45.9	16689.6	1158.3	16.4	1.1
	sx		1.03	0.88	0.60	478.8	214.9	2698.0	12.1	12106.3	542.0	13.7	0.7
B 2	x	14	1.47	1.03	0.58	1244.5	593.4	4938.0	41.9	13748.5	1530.4	10.7	0.9
	sx		1.36	0.80	0.32	727.7	1053.7	6910.9	42.5	11967.9	935.0	7.0	0.5
C	x	3	2.73	1.15	0.63	1145.9	545.3	3798.5		9393.7	1056.7	11.2	1.2
	sx		1.73	0.99	0.49	842.1	461.8	6579.3		1980.2	618.1	7.9	0.6

#### 4.2.2.1.1. Ergebnisse der Stationsgruppe A1

Die Chl *a*-Werte der Gruppe A1, d.h. des Polaren Wassers des eisbedeckten Ostgrönlandstromes, waren mit durchschnittlich  $0.17 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  die niedrigsten aller Gruppen. Die geringe Standardabweichung zeigt die Konstanz der Phytoplanktonbiomasse im Untersuchungszeitraum von Anfang Mai bis Juli. Eine Betrachtung der Ergebnisse der einzelnen Fahrtabschnitte (Abb. 4.2.19) zeigt ebenfalls die geringe Variabilität dieses Parameters in Raum und Zeit innerhalb Region A1.



**Abb. 4.2.19:** Verteilung der mittleren Konzentrationen von Chl *a* ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).

Die Primärproduktion lag mit  $0.17 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  ebenfalls unterhalb derjenigen aller anderer Stationsgruppen. Die hohe Standardabweichung wurde durch einen einzelnen Wert von  $0.84 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  während Ark4/2 verursacht (Abb. 4.2.20). Ohne diesen ergibt sich eine mittlere Produktivität von  $0.13 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Der größte Teil hiervon wurde von der Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  beigetragen (76 %).

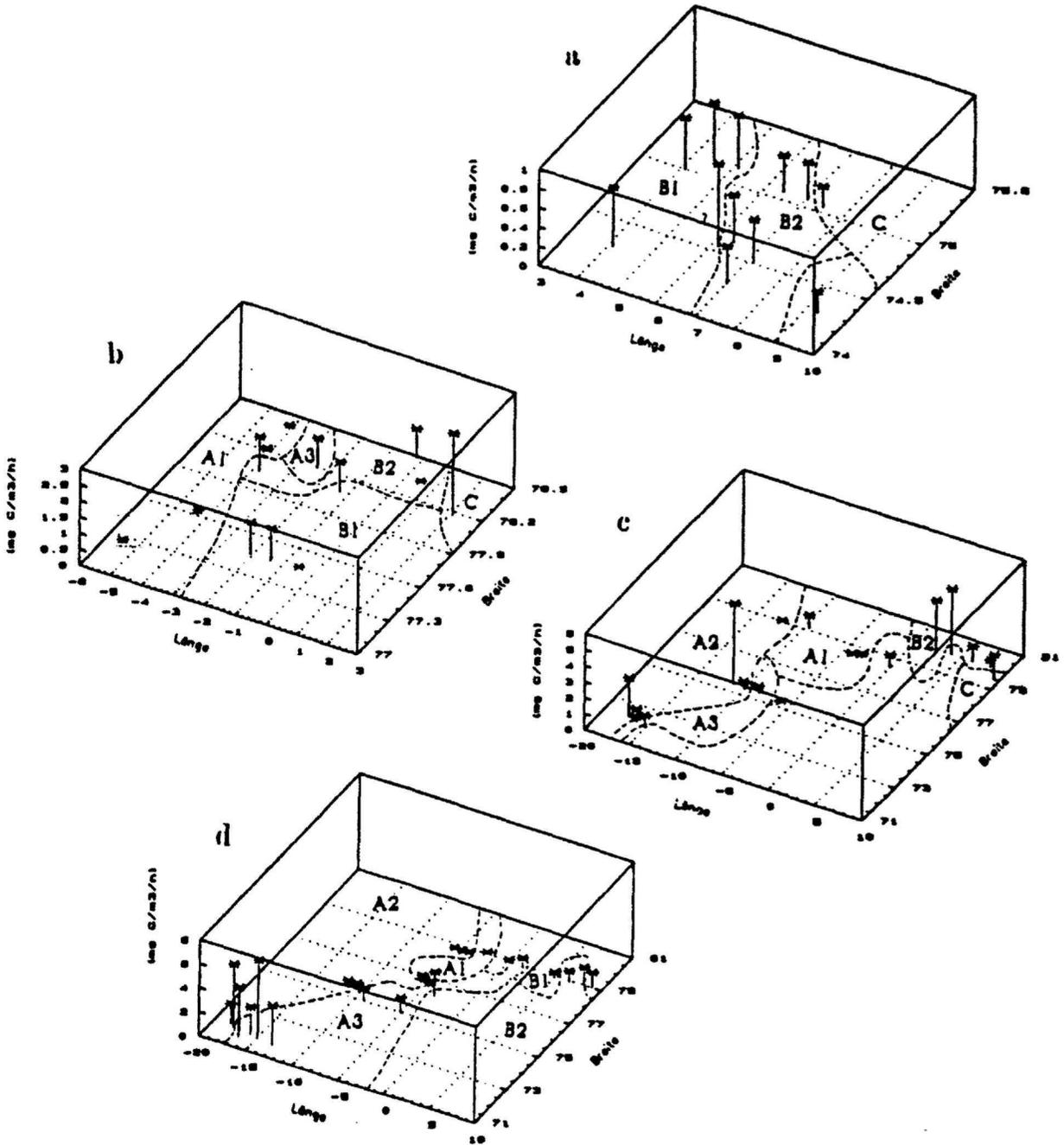
Große Phytoplanktonzellen wie Diatomeen fehlten auf beiden Abschnitten der Reise Ark5, ebenso P. pouchetii (Abb. 4.2.21). Die vereinzelt angetroffenen Diatomeen gehörten ausschließlich zu pennaten Gattungen.

Picocyanobakterien (Abb. 4.2.22) wurden mit einer mittleren Konzentration von  $2 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  angetroffen, nur an 2 Stationen wurden über  $20 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  gefunden. Bereits in Kapitel 4.2.1.1. konnte gezeigt werden, daß Blaualgen charakteristisch für das unter dem Polaren Wasser liegenden Atlantische Zwischenwasser waren.

Die dominierenden Primärproduzenten waren Phytoflagellaten (Abb. 4.2.23) kleiner als  $20 \mu\text{m}$  mit durchschnittlich  $1370 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Im Mittel aller A1-Stationen (Abb. 4.2.26 a) stellte die Fraktion kleiner  $2 \mu\text{m}$  70 % der Gesamtzahl, nur 10 % der Zellen war größer als  $10 \mu\text{m}$ . Zusätzlich wurden autotrophe Dinoflagellaten und Cryptophyceen kleiner als  $20 \mu\text{m}$  in mittleren Konzentrationen von 4 bis  $17 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  vorgefunden. Die hohe Variabilität der Anzahl der autotrophen Flagellaten mit einem Variationskoeffizienten von 87 % wurde bereits bei der Darstellung der Ergebnisse von Ark5/1 deutlich. Innerhalb weniger Tagen kam es hier zu starken Abundanzschwankungen.

Die Anzahl der Bakterien (Abb. 4.2.24) lag im Mittel bei  $316 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Es dominierten Coccen von  $0.25\text{-}0.35 \mu\text{m}$  Durchmesser mit einem Anteil größer 90 %. Zeitlich begrenzt kam es zu starken Abundanzanstiegen, die mit Änderungen der Größenstruktur, d.h. einer Zunahme von Spirillen und Stäbchen, verbunden war (Kap. 4.2.1.1).

Heterotrophe Flagellaten (Abb. 4.2.25) kamen im Durchschnitt mit  $250 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  vor. Die Struktur der Population (Abb. 4.2.26 b) an den Stationen der Region A1 war gekennzeichnet durch gleichgroße Anteile der Flagellaten kleiner  $2 \mu\text{m}$  bzw. der Größenklasse von 2 bis  $5 \mu\text{m}$ . Zusammen stellten sie 80 % der Gesamtzahl. Der Anteil der Choanoflagellaten und der heterotrophen Dinoflagellaten schwankte zwischen 2 und 3 %.



**Abb. 4.2.20:** Verteilung der mittleren Primärproduktionswerte ( $\text{mg C}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ ) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).

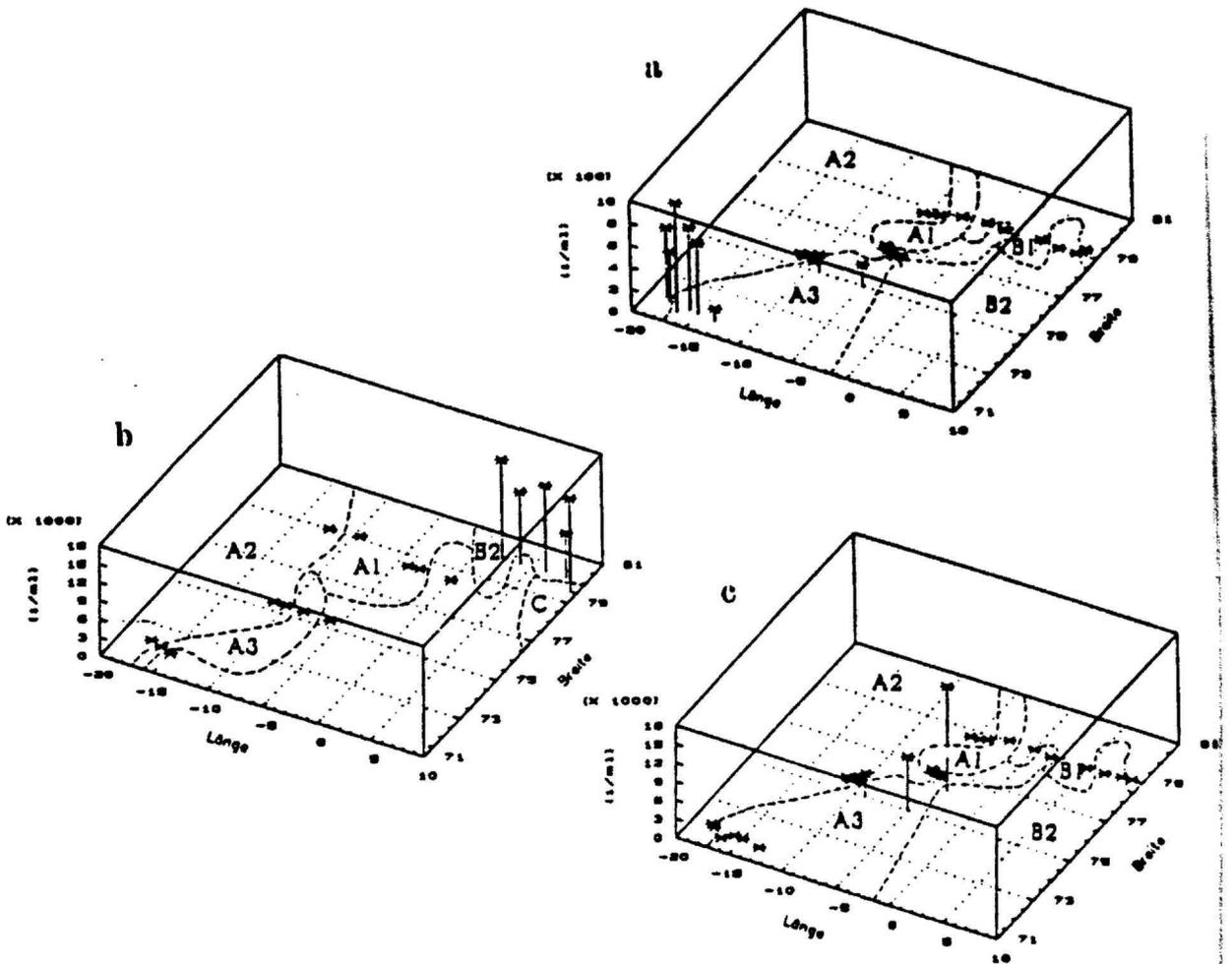
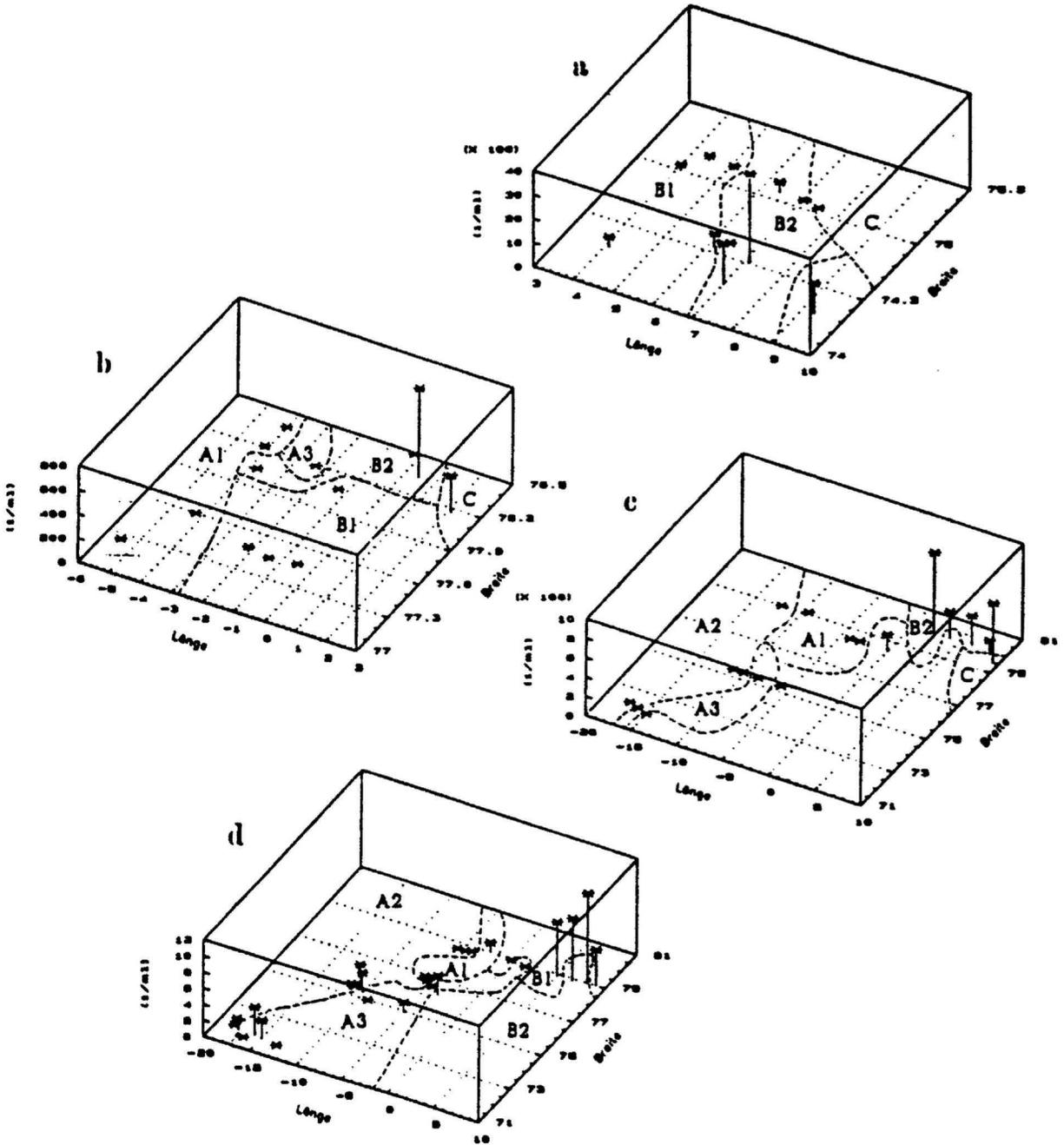
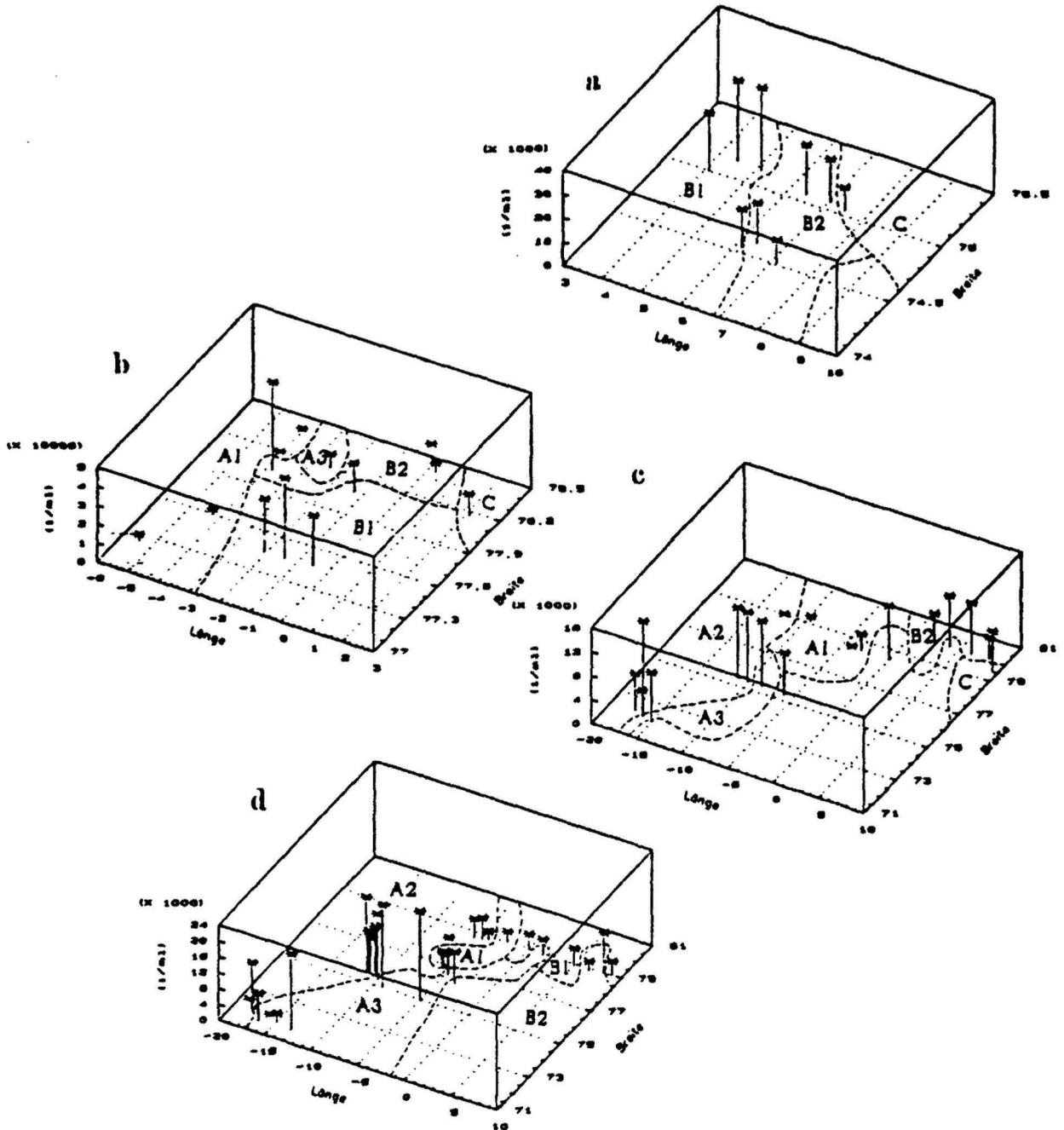


Abb. 4.2.21: Verteilung der mittleren Konzentrationen der Diatomeen (a) und *P. pouchetii* (b, c) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/2 (b) und Ark5/2 (a, c).



**Abb. 4.2.22:** Verteilung der mittleren Konzentrationen der Picocyanobakterien ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).



**Abb. 4.2.23:** Verteilung der mittleren Konzentrationen der autotrophen Pico- und Nanoflagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).

Das mittlere Verhältnis zwischen autotrophen und heterotrophen Flagellaten betrug 6.1. Verursacht durch die lokalen Maxima der Phytoflagellaten während Ark4/1 ergab sich ein Variationskoeffizient von 92 %. Ohne diese hohen Werte lag das mittlere Verhältnis bei  $3.5 \pm 1.4$ . Die Relation von Bakterien zu heterotrophen Flagellaten lag im Mittel bei  $1.5 \cdot 10^3$ .

#### 4.2.2.1.2. Ergebnisse der Stationsgruppe A2

Die Stationen der Gruppe A2 waren hydrographisch gekennzeichnet durch eine oberflächennahe Erwärmung des Polaren Wassers. Zusammen mit einer Salzgehaltserniedrigung führte dies zu einer Stabilisierung der Wassersäule. Zumeist war damit auch eine geringer Eisbedeckungsgrad verbunden.

Im Gegensatz zu der Konstanz der Parameter in der Region A1 zeichnete sich die Region A2 durch eine hohe Variabilität der Meßwerte aus.

Die Chl  $a$ -Konzentration war signifikant ( $p < 0.025$ ) größer als die der Gruppe A1. Sie betrug im Mittel  $0.80 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Die Einzelergebnisse (Abb. 4.2.19) zeigten auf den Stationen einen deutlichen Gradienten mit höheren Werten von  $1.51\text{-}2.44 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  auf  $72\text{-}75^\circ \text{N}$  Breite und niedrigeren mit weniger als  $0.20 \text{ mg Chl } a \cdot \text{m}^{-3}$  auf  $79^\circ \text{N}$ .

Die Primärproduktion war gegenüber der Gruppe A1 signifikant ( $p < 0.025$ ) erhöht bei einem Mittelwert von  $1.13 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Die Schwankungen zwischen den Stationen (Abb. 4.2.20) waren stark ausgeprägt. Wie für Chl  $a$  wurde ein deutlicher Nord-Süd-Gradient festgestellt. Auf  $72\text{-}75^\circ \text{N}$  betragen die Maximalwerte  $1.7\text{-}5.3 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ , auf  $79^\circ \text{N}$  lediglich  $0.08\text{-}0.19 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Die letzteren Werte entsprachen genauso wie die zugehörigen Chl  $a$ -Daten denen der Region A1. Der Anteil der von der Fraktion kleiner als  $20 \mu\text{m}$  gestellten Gesamtproduktion lag im Mittel bei 24 %. Betrachtet man diesen Anteil getrennt für die nördlichen bzw. südlichen Abschnitte, so ergibt sich bei den Primärproduktionsraten größer  $1.5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  ein Anteil der Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  von nur noch 13 %, bei den Stationen auf  $79^\circ \text{N}$  aber von 93 %.

Die Prymnesiophyceae P. pouchetii wurde nur an einer einzigen Station in sehr niedrigen Abundanzen ( $7 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) nachgewiesen (Abb. 4.2.21).

An den südlichen Stationen von Ark5/2 hatte sich eine Diatomeenblüte entwickelt (Kap. 4.2.1.2.), bestimmt von der pennaten Diatomee Nitzschia grunowii. Auf den nördlichen Stationen dagegen fehlten Diatomeen (Abb. 4.2.21).

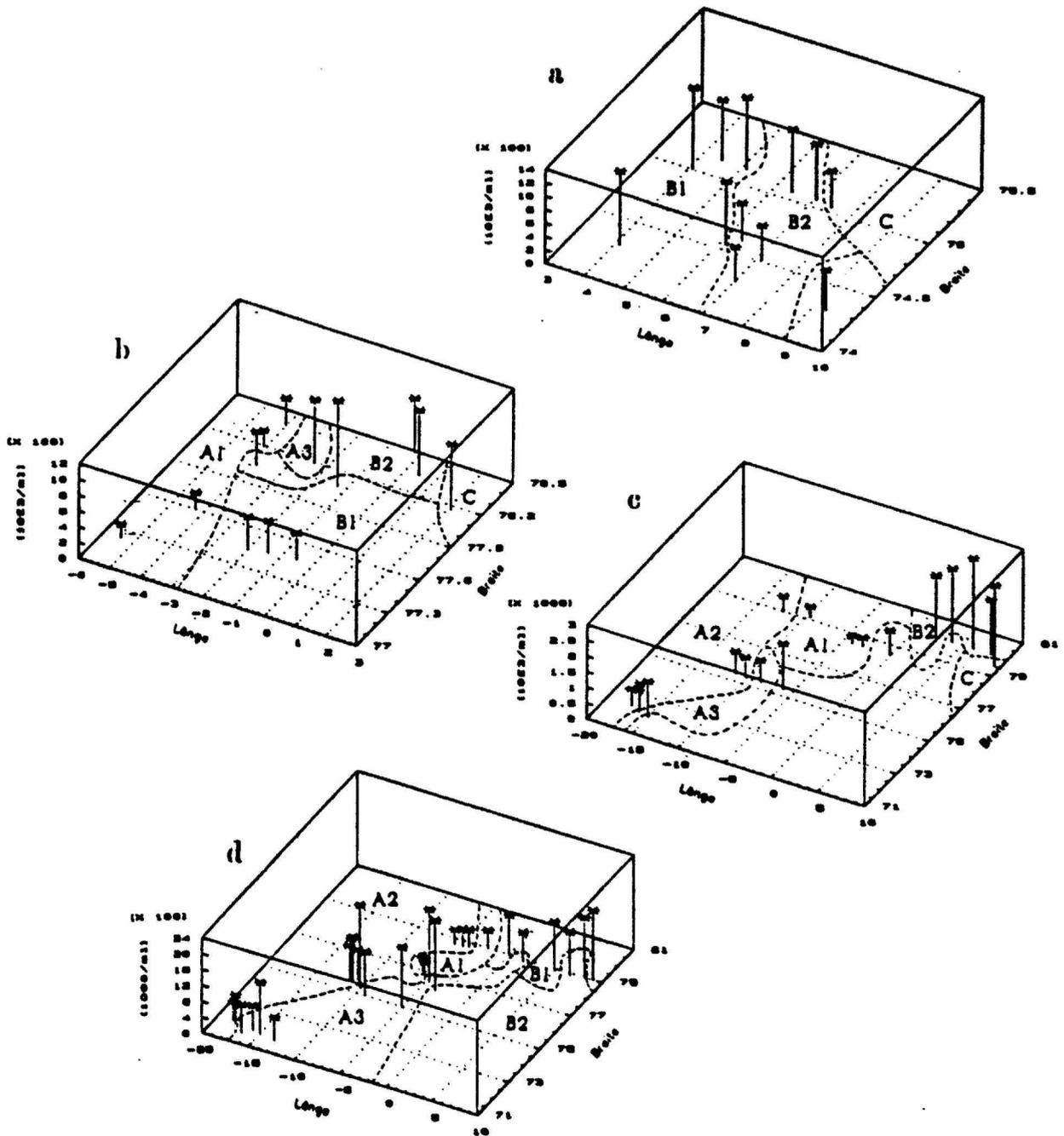
Coccale Blaualgen (Abb. 4.2.22) wurden wie in Stationsgruppe A1 nur vereinzelt angetroffen. Ihre mittlere Konzentration betrug  $0.25 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ .

Die Abundanz autotropher Flagellaten (Abb. 4.2.23) war mit durchschnittlich  $7600 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  signifikant ( $p < 0.025$ ) größer als in der Region A1. Im Süden des Untersuchungsgebietes wurden Dichten von mehr als  $12000 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  gefunden. Die Größenstruktur (Abb. 4.2.26 a) wurde von den Fraktionen der Organismen kleiner als  $5 \mu\text{m}$  zu über 90 % dominiert. Die Abundanzen der autotrophen Dinoflagellaten und Cryptophyceen variierten zwischen 10 und maximal  $200 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ .

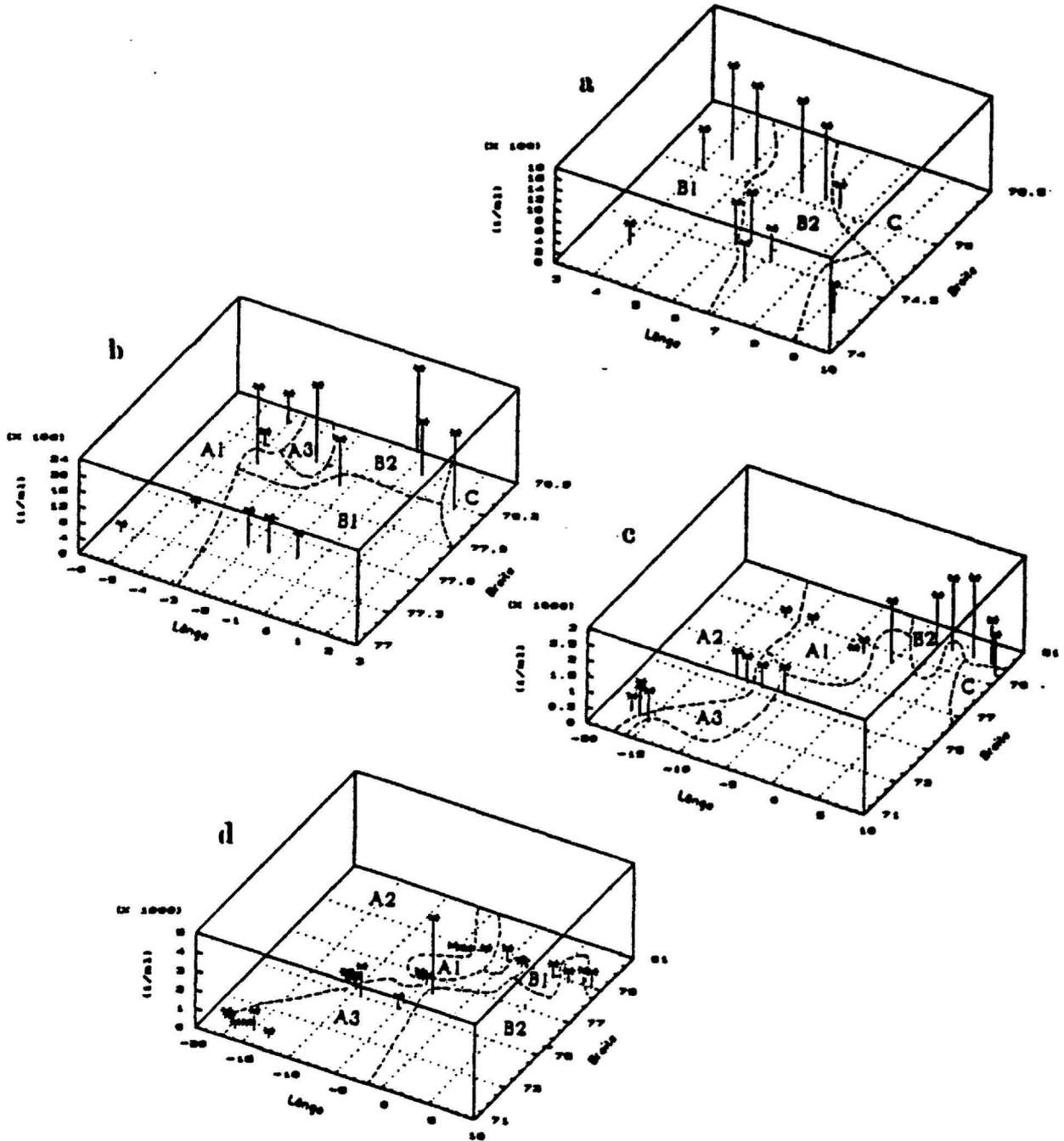
Die Bakterienkonzentrationen (Abb. 4.2.24) lagen durchschnittlich bei  $650 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Sie unterschieden sich signifikant ( $p < 0.025$ ) von denen der Gruppe A1. Ein Nord-Süd-Gradient war nur schwach vorhanden. Lediglich während der Expedition Ark5/2 wurde ein lokales Maximum von  $1000\text{-}1100 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  angetroffen.

Ähnlich homogen verteilt wie die Bakterien waren die Zooflagellaten (Abb. 4.2.25). Ihre mittlere Konzentration von  $415 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  war signifikant gegenüber der Gruppe A1 erhöht ( $p < 0.025$ ). In der Größenstruktur (Abb. 4.2.26 b) kam es zu einer leichten Erhöhung des Anteiles der Flagellaten größer  $10 \mu\text{m}$ , der hauptsächlich auf einem Anstieg der Abundanz der Choanoflagellaten zurückzuführen war.

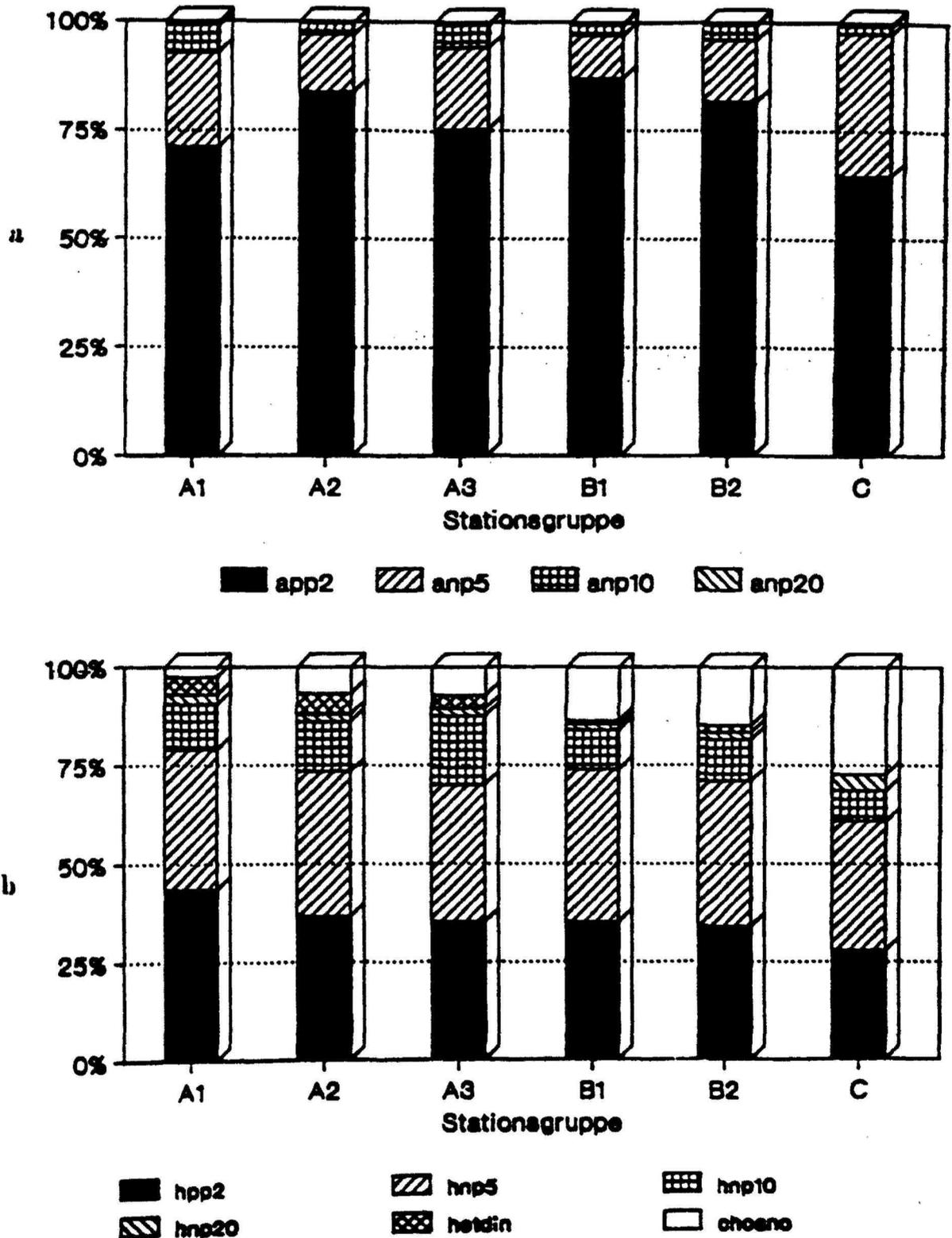
Das Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten lag mit 22.4 hochsignifikant ( $p < 0.0005$ ) über dem Wert der Region A1. Die Werte schwankten lokal von minimal 1.0 bis maximal 46. Die Relation der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten zeigte mit durchschnittlich  $2.1 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  keine signifikanten Veränderungen gegenüber der Gruppe A1.



**Abb. 4.2.24:** Verteilung der mittleren Konzentrationen der Bakterien ( $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).



**Abb. 4.2.25:** Verteilung der mittleren Konzentrationen der heterotrophen Pico- und Nanoflagellaten (Zellen\*ml<sup>-1</sup>) in den oberen 40 m der Wassersäule auf den Expeditionen Ark4/1-Ostbox (a), Ark4/1-Westbox (b), Ark4/2 (c) und Ark5/2 (d).



**Abb. 4.2.26:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b) während der Expeditionen Ark4 und Ark5 in den oberen 40 m der Wassersäule. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu$ m, anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu$ m, anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu$ m, anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu$ m, hnp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu$ m, hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu$ m, hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu$ m, hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu$ m, hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu$ m, choano=Choanoflag..

#### 4.2.2.1.3. Ergebnisse der Stationsgruppe A3

Die Stationen der Gruppe A3 waren im Randbereich des Ostgrönlandstromes in der Polarfront-Region angesiedelt. Die Mächtigkeit des Polaren Wassers war auf maximal 50 m begrenzt. Die hieraus resultierenden Schichtungsverhältnisse bedingten eine erhöhte Stabilität der Wassersäule.

Die mittlere Chl *a*-Konzentration war mit  $1.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  signifikant größer als die Werte der Gruppe A1 ( $p < 0.001$ ) und A2 ( $p < 0.005$ ). Die Maximalwerte von  $3.4 - 5.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  wurden im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes während Ark5/2 gefunden (Kap. 4.2.1.2.). Im Verlauf von Ark5/2 wurde weiterhin eine Abnahme der Pigmentkonzentrationen nach Norden beobachtet (Abb. 4.2.19). Die Konzentrationen an den nördlichsten Stationen betragen lediglich  $0.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Dagegen fand sich während Ark4/1 in der West-Box auf  $78^\circ \text{N}$  eine Konzentration von  $2.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Die Primärproduktion war mit durchschnittlich  $1.9 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  die höchste aller Stationsgruppen. Sie war gegenüber den Werten in Stationsgruppe A1 signifikant ( $p < 0.001$ ) erhöht, ein statistisch belegbare Differenz zu dem mittleren Wert der Gruppe A2 bestand dagegen nicht. Der Anteil der Primärproduktion in der Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  betrug 30 %. Die auf der Reise Ark4 (Abb. 4.2.20) gewonnenen Werte lagen bei einheitlich  $1.6 - 2.0 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Ähnlich dem Chl *a* zeigten die Werte auf Abschnitt Ark5/2 eine regionale Auftrennung. An den nördlichen Stationen lagen sie unter  $1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  mit einem Anteil der Fraktion kleiner als  $20 \mu\text{m}$  von 75-85 %. Südlich von  $75^\circ \text{N}$  wurden Werte von  $2.3 - 6.5 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  ermittelt, die Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  trug lediglich 8 - 17 % zur Gesamtproduktion bei.

P. pouchetii (Abb. 4.2.21) bildete in der Region A3 im Gegensatz zu den bisher besprochenen Stationsgruppen Blüten. Die durchschnittliche Abundanz betrug  $1260 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Es gab starke räumliche Unterschiede in der Verteilung dieser Art. Während Ark4/2 wurde sie in Region A3 nicht vorgefunden. Im Verlauf von Ark5/2 fand sich eine Massenentwicklung bei  $75-77^\circ \text{N}$ . Südlich und nördlich von dieser Region fehlte P. pouchetii.

Die Diatomeenblüte (Abb. 4.2.21) auf den südlichsten Stationen von Ark5/2 wurde bereits in Kapitel 4.2.1.2. dargestellt. Zentrische Diatomeen der Gattung Thalassiosira sowie Chaetoceros-Arten dominierten in

unterschiedlichen Anteilen. In der Region der P. pouchetii-Blüte waren Diatomeen selten, es wurden lediglich vereinzelt zentrische (2-16 Zellen\*ml<sup>-1</sup>) und pennate (18-122 Zellen\*ml<sup>-1</sup>) Formen angetroffen.

Coccale Blaualgen (Abb. 4.2.22) wiesen eine mittlere Abundanz von 0.8 Zellen\*ml<sup>-1</sup> auf. Lediglich an 4 Stationen von Ark4/2 konnten sie in den oberen 40 m der Wassersäule mit 1.3-3.5 Zellen\*ml<sup>-1</sup> nachgewiesen werden, an den restlichen 8 Stationen fehlten sie.

Die mittlere Abundanz der autotrophen Flagellaten betrug 11510 Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Dies stellt eine signifikante ( $p < 0.001$ ) Zunahme gegenüber den Ergebnissen der Gruppe A1 dar, ein statistisch belegbarer Unterschied zur Gruppe A2 lag nicht vor. Die Größenverteilung (Abb. 4.2.26 a) war gegenüber der auf den vorhergehenden Stationsgruppen nicht wesentlich verändert. Die autotrophen Flagellaten wiesen auf den einzelnen Abschnitten (Abb. 4.2.23) etwa gleich hohe Werte auf. Im Bereich der Chaetoceros- und Thalassiosira-Blüten waren die Abundanzen der Phytoflagellaten mit 1700 - 7000 Zellen\*ml<sup>-1</sup> relativ niedrig. Außerhalb dieses Bereiches wurden bis 75 °N 16000 - 22000 Zellen\*ml<sup>-1</sup> vorgefunden. Ein Nord-Süd-Gradient, wie er für Chl a und die Primärproduktionsrate beschrieben wurde, war aufgrund der hohen Diversität der Werte in der südlichen Grönländischen See während Ark5/2 nicht nachzuweisen.

Die Bakterienzahlen waren mit  $1090 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  signifikant ( $p < 0.001$ ) größer als die der Regionen A1 und A2. Bei Betrachtung der regionalen Verteilung auf den einzelnen Expeditionen (Abb. 4.2.24) zeigten sich im gesamten Bereich der P. pouchetii-Blüte von Ark5/2 Werte von mehr als  $1100 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  (Kap. 4.2.1.3.). Stationen außerhalb dieser Region wiesen im Mittel  $730 \cdot 10^3$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> auf.

Die mittlere Anzahl der heterotrophen Flagellaten betrug 800 Zellen\*ml<sup>-1</sup> und war signifikant ( $p < 0.001$ ) größer als in Region A1. Im Vergleich zu Region A2 war ebenfalls ein signifikanter Anstieg zu verzeichnen ( $p < 0.025$ ). Eine Betrachtung der Verteilung auf den einzelnen Abschnitten (Abb. 4.2.25) zeigt Ähnlichkeiten mit derjenigen von Bakterien und autotrophen Flagellaten. Im Bereich der Diatomeen-Blüte wurden niedrige Dichten vorgefunden (250-350 Zellen\*ml<sup>-1</sup>). Die P. pouchetii-Region zeichnete sich durch überdurchschnittlich hohe Werte von 700-1600 Zellen\*ml<sup>-1</sup> aus. Der Anteil der Flagellaten kleiner 5 µm lag bei 72 %, es war eine schwache Zunahme der Anzahl der

heterotrophen Flagellaten größer  $10\ \mu\text{m}$  gegenüber den Stationsgruppen A1 und A2 zu verzeichnen (Abb. 4.2.26 b).

Das Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten entsprach in der Höhe und Variabilität ( $20.1 \pm 14.8$ ) der von Region A2. Im Bereich der Chaetoceros-Blüte von Ark5/2 wurden die niedrigsten Relationen von 2.3 - 5.9 gefunden, bedingt durch die niedrige Abundanz der autotrophen Flagellaten. Das Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten ( $1.8 \cdot 10^3$ ) war nicht signifikant von dem der Gruppe A2 verschieden.

#### 4.2.2.1.4. Ergebnisse der Stationsgruppe B1

Die oberste Wasserschicht der Stationsgruppe B1 wurde von Mischwasser aus unterschiedlichen Anteilen Polaren Wassers und Atlantischen Zwischenwassers gebildet.

Die mittlere Phytoplanktonbiomasse von  $1.6\ \text{mg Chl } a \cdot \text{m}^{-3}$  war statistisch gesehen nicht von der in Region A3 zu trennen. Zwischen den einzelnen Expeditionen gab es deutliche Unterschiede. Im Verlauf von Ark4/1 wurde eine relativ homogene Verteilung mit Werten zwischen  $1.3\text{-}2.2\ \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  festgestellt (Abb. 4.2.19). Der höchste Wert wurde auf Abschnitt Ark4/2 auf  $79^\circ\text{N}$  mit  $4.6\ \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  ermittelt. Während Ark5/2 lagen auf derselben geographischen Breite die Werte mit  $0.1\text{-}0.8\ \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  unter dem Durchschnitt.

Die mittlere Primärproduktion von  $0.82\ \text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  war signifikant ( $p < 0.005$ ) niedriger als in Region A3, aber vergleichbar mit der von A2. Der Anteil der Fraktion kleiner  $20\ \mu\text{m}$  war mit 68 % der Gesamtproduktion deutlich höher als in den Regionen A2 und A3. Wie bei Chl a zeigten die Werte auf Ark4/1 und Ark4/2 keine horizontalen Gradienten (Abb. 4.2.20).

Die Betrachtung der Verteilung von P. pouchetii zeigte, daß die Maxima von Chl a und Primärproduktion bei  $80^\circ\text{N}$  während Ark4/2 durch eine P. pouchetii-Blüte ( $11800\ \text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) verursacht wurden (Abb. 4.2.21). Gleichzeitig ist ersichtlich, daß im Laufe von Ark5/2 weder P. pouchetii noch Diatomeen in dieser Region eine Massenentwicklung zeigten.

Die mittlere Abundanz der Picocyanobakterien war mit  $160\ \text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  signifikant ( $p < 0.005$ ) größer als in den Regionen A1-3. Die hohe Variabilität von 135 % erklärt sich durch das fast völlige Fehlen der

Picocyanobakterien auf Abschnitt Ark5/2 und auf 6 der 15 Stationen im Laufe von Ark4 (Abb. 4.2.22).

Die Abundanz der autotrophen Flagellaten lag mit durchschnittlich  $16700 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  über dem Mittel aller anderen Stationsgruppen. Ein statistischer Unterschied zur Gruppe A3 bestand dagegen nicht. Die hohe Variabilität (72 %) wurde durch lokale Patchiness-Phänomene während der Ark4/1-Studie verursacht. Im Nordosten der Ostbox (Abb. 4.2.23 b) wurde eine Phytoflagellatenblüte mit Dichten größer  $30000 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  vorgefunden. Diese Werte wurden lediglich an einer Station in der West-Box mit  $42900 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  übertroffen. Auf den Abschnitten Ark4/2 und Ark5/2 waren sie dagegen mit durchschnittlich  $8300 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Ark4/2) bzw.  $4000 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Ark5/2) konstant. Die Population wurde zu 80 % von Flagellaten kleiner  $2 \mu\text{m}$  gestellt (Abb. 4.2.26 a).

Die Anzahl der Bakterien entsprach mit  $1050 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  der von Region A3. Die niedrigsten Dichten traten im Maximum der Phytoflagellaten in der West-Box von Ark4/1 auf (Abb. 4.2.24). An diesen 3 Stationen wurden nur  $340\text{-}415 \cdot 10^3 \text{ Bakterien} \cdot \text{ml}^{-1}$  gefunden. Die Abundanzen in der Ost-Box lagen bei  $900\text{-}1200 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Die mit Abstand höchsten Werte traten im Verlauf von Ark4/2 in der von P. pouchetii dominierten Region mit  $2400 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  auf.

Die mittlere Abundanz der heterotrophen Flagellaten ( $1160 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) war nicht signifikant von den Werten der Gruppe A3 zu trennen. Die Konstanz der bisher beschriebenen Parameter für die Werte von Ark5/2 traf auch für die Konzentrationen der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.25) zu, die sich auf  $650\text{-}850 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  beliefen. Im Bereich des P. pouchetii-Maximums von Ark5/2 wurden mit  $2300 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  die höchsten Zooflagellaten-Abundanzen gefunden. Während sie in der West-Box von Ark4/1 relativ gleichmäßig verteilt waren, fand sich in der Ost-Box eine Zunahme von Süden nach Norden mit maximal  $2100 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Die Zusammensetzung der Populationen zeichnete sich durch eine weitere Zunahme des Anteils der Choanoflagellaten auf über 10 % der Gesamtzahl aus. Dominant mit insgesamt 70 % blieb die Fraktion kleiner  $5 \mu\text{m}$  (Abb. 4.2.26 b).

Das Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten nahm im Vergleich zu den Gruppen A2 und A3 auf ein Mittel von 16.4 ab. Ein statistisch gesicherter Unterschied bestand aufgrund der hohen Standardabweichung nicht. Bedingt durch die hohe Anzahl autotropher

Flagellaten wurden in der West-Box von Ark4/1 die höchsten Verhältnisse von 31-59 ermittelt.

Die Relation der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten betrug im Mittel  $1.1 \cdot 10^3$ . Sie war signifikant ( $p < 0.025$ ) niedriger als in den Gruppen A2 und A3.

#### 4.2.2.1.5. Ergebnisse der Stationsgruppe B2

Der Wasserkörper an Stationen der Region B2 wurden an der Wasseroberfläche von Atlantischem Zwischenwasser gebildet.

Die mittlere Phytoplanktonbiomasse betrug  $1.47 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ein signifikanter Unterschied zu den benachbarten Stationsgruppen A2, A3 und B1 bestand nicht. Die regionale Verteilung (Abb. 4.2.19) zeigte konstant niedrige Werte von  $1.02\text{-}1.68 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  auf der Reise Ark4/1. Ein für die gesamte Untersuchungsregion extrem hoher Wert von  $4.90 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  wurde auf dem Abschnitt Ark4/2 auf  $80^\circ \text{N}$  gefunden. Während der Reise Ark5/2 waren sie mit Werten von  $0.37\text{-}0.92 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  vergleichsweise niedrig.

Die Primärproduktion im Atlantischen Zwischenwasser betrug durchschnittlich  $1.03 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Ein signifikanter Unterschied bestand lediglich zur Gruppe A3 ( $p < 0.005$ ). Die Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  trug 56 % zur Gesamtproduktion bei. Die Verteilung der Primärproduktion (Abb. 4.2.20) auf den einzelnen Abschnitten entsprach der des Chl *a*. Während Ark4/1 war sie weitestgehend konstant mit  $0.4\text{-}1.1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Im Chl *a*-Maximum von Ark4/2 wurden mit  $3.1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  auch die höchsten Primärproduktionsraten gemessen. Über dem Durchschnitt lagen ebenfalls die Werte von Ark5/2 mit  $1.2\text{-}2.1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ .

P. pouchetii wurde im Mittel mit  $4900 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  angetroffen. Es ergaben sich keine signifikante Differenz zu den Werten von Region A3 und B1. Während Ark4 wurde P. pouchetii in dieser Region nicht angetroffen (Abb. 4.2.21), dafür wurden während Ark5/2 mit  $16800 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  die höchsten P. pouchetii-Konzentrationen überhaupt festgestellt.

Die Anzahl der Diatomeen war mit  $42 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  fast identisch mit dem Wert aus Region B1.

Mit  $593 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  wurden hier die höchsten mittleren Blaualgen-Dichten erreicht. Ein signifikanter Unterschied zur Stationsgruppe B1 bestand nicht. Die hohe Variabilität beruhte auf den niedrigen Konzentrationen im Verlauf von Ark5/2 und den hohen mit maximal  $3700 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  während Ark4 (Abb. 4.2.22).

Die mittlere Konzentration der autotrophen Flagellaten belief sich auf  $13800 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ , ein signifikanter Unterschied zur Gruppe B1 bestand nicht. Die höchsten Konzentrationen an autotrophen Flagellaten wurden erneut während Ark4/1 ermittelt (Abb. 4.2.23). Dies war zugleich auch die insgesamt höchste Abundanz. Die Struktur der Flagellatengemeinschaft (Abb. 4.2.26 a) zeigte sich nicht verändert.

Der Mittelwert der Bakterien-Dichten belief sich auf  $1200 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Ein signifikanter Unterschied zu B1 bestand nicht. Im Verlauf von Ark4/1 (Abb. 4.2.24) lagen die Einzelwerte unterhalb des Mittelwertes zwischen  $440$  bis  $940 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Ähnlich wie in den anderen Regionen traten die maximalen Abundanzen in Zusammenhang mit P. pouchetii-Blüten auf. In diesen Bereichen wurden  $1700$ - $2900 \cdot 10^3$  Bakterien  $\cdot \text{ml}^{-1}$  angetroffen.

Mit  $1530$  heterotrophen Flagellaten  $\cdot \text{ml}^{-1}$  wurden in der Region B2 die höchste mittlere Anzahl für diese Gruppe ermittelt. Eine vergleichende Betrachtung der Einzelwerte (Abb. 4.2.25) zeigt wiederum eine Übereinstimmung der Lage des Maximums mit dem von P. pouchetii. Die Größenstruktur (Abb. 4.2.26 b) war mit der von Region B1 nahezu identisch.

Durch die im Bereich der P. pouchetii-Blüte niedrigen Verhältnisse der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten (2.7-6.2) lag das mittlere Verhältnis für die Region B2 mit  $10.7$  unter den Werten von Region B1 und A2. Die Werte außerhalb der P. pouchetii-Blüte lagen zwischen  $12.1$  und  $23.9$  und waren damit vergleichbar mit den Daten aus den vorigen Stationsgruppen mit Ausnahme von A1. Das Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophe Flagellaten veränderte sich gegenüber dem aus Region B1 mit  $0.9 \cdot 10^3$  nicht signifikant.

#### 4.2.2.1.6. Ergebnisse der Stationsgruppe C

Stationen der Gruppe C, an denen die Wassersäule von Atlantischem Wasser geformt wurde, kamen ausschließlich auf der Reise Ark4 vor.

Hier wurden mit  $2.73 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  die höchsten mittleren Chl a-Konzentrationen ermittelt. Ein statistisch gesicherter Unterschied zu den Stationen B1 und B2 bestand aufgrund der geringen Anzahl von Proben und der hohen Variabilität nicht. An den beiden Stationen innerhalb der Ost-Box von Ark4/1 wurden  $0.91$  bzw.  $1.51 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  gemessen. Der Wert im Atlantischen Wasser während der West-Box-Studie war mit  $3.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  deutlich höher (Abb. 4.2.19). Der höchste Chl a-Wert aller Stationen fand sich während Ark4/2 mit  $5.45 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Die mittlere Primärproduktion betrug  $1.2 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Sie wurde wie in der Gruppe B2 zu  $55 \%$  von der Fraktion kleiner  $20 \mu\text{m}$  geliefert. Die hohe Biomasse während Ark4/2 wies eine vergleichsweise niedrige Primärproduktionsrate von  $1.6 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  auf (Abb. 4.2.20). Im Maximum der West-Box von Ark4/1 lag sie mit  $2.6 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  deutlich darüber. An den beiden Stationen der Ost-Box belief sie sich einheitlich auf  $0.2 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Die mittlere Abundanz von P. pouchetii betrug  $3800 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Die hohe Standardabweichung beruhte auf dem alleinigen Vorkommen während Ark4/2 im Bereich des Chl a-Maximums mit  $16800 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Abb. 4.2.21).

Coccale Blaualgen fanden sich an drei der vier Stationen im Atlantischen Wasser. Ihre Anzahl betrug im Mittel  $540 \pm 460 \text{ Zellen}$  (Abb. 4.2.22).

Die mittlere Häufigkeit autotropher Flagellaten belief sich auf  $9400 \pm 2000 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Eine signifikante Erniedrigung ( $p < 0.025$ ) konnte gegenüber der Gruppe B1 festgestellt werden. Die niedrigsten Werte ( $6800 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) fanden sich an der P. pouchetii-Station von Ark4/2, das Maximum der Westbox erreichte  $11600 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  (Abb. 4.2.23).

Die Bakterien kamen mit durchschnittlich  $1150 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$  vor. Dies entspricht dem Wert der Gruppe B2. Die P. pouchetii-Station wies wie in den anderen Stationsgruppen die höchsten Bakterienzahlen auf ( $2600 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ; Abb. 4.2.24).

Die durchschnittliche Abundanz der heterotrophen Flagellaten belief sich auf  $1056 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Es bestand kein signifikanter Unterschied zur Gruppe B2. Der niedrigere Mittelwert beruhte auf den geringen Werten in der Ostbox von Ark4/1 (Abb. 4.2.25). Im Phytoflagellaten-Maximum der Westbox wurden mit  $1960 \text{ Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$  höhere Dichten angetroffen als

während Ark4/2 im P. pouchetii-Gebiet mit nur 1300 Zellen\*ml<sup>-1</sup>. In der Größenstruktur zeigte sich im Vergleich zu den vorigen Stationen eine weitere Zunahme der Choanoflagellaten (Abb. 4.2.26 b).

Das Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten war mit 11.2 ähnlich niedrig wie in der Gruppe B2. Es zeigte sich, daß es in der Westbox und bei Ark4/2 sehr niedrig war (5.2-5.9), im Bereich der Ostbox sehr hoch (22.4). Das Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten entsprach mit  $1.2 \cdot 10^3$  dem Ergebnis aus der Region B2.

#### 4.2.2.2. Verteilung des Planktons im Herbst/Winter

Die mittleren Konzentrationen der einzelnen Parameter sind getrennt für Met8/1 und Met8/2 in Tab. 4.2.3 aufgeführt. Die Verteilung auf den einzelnen Stationen ist in Abb. 4.2.27 dargestellt.

Die Chl a- Konzentrationen (Abb. 4.2.27 a) nahmen von durchschnittlich  $0.12 \pm 0.03 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  während Met8/1 auf  $0.07 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  während Met8/2 ab. Der Unterschied war statistisch nicht belegbar. Während der einzelnen Abschnitte waren die Konzentrationen sehr konstant. Der höchste Variationskoeffizient betrug lediglich 29 %.

Diatomeen und P. pouchetii wurden während der gesamten Zeit nicht nachgewiesen.

Coccale Blaualgen (Abb. 4.2.27 b) waren im Vergleich zu den Sommermonaten überall sehr häufig mit 370-2000 Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Die Werte von Met8/2 lagen mit einer Ausnahme unterhalb derer von Met8/1.

Für die autotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.27 c) war die Differenz zwischen den beiden Abschnitten ähnlich ausgeprägt wie für die Picocyanobakterien. Von 800-1350 Zellen\*ml<sup>-1</sup> während Met8/1 nahmen sie auf 105-390 Zellen\*ml<sup>-1</sup> während Met8/2 ab. Die einzige Ausnahme bildet wiederum die A2-Station während Met8/2. In Kap. 4.2.1.4. war bereits beispielhaft gezeigt worden, daß hohe Populationsdichten auf die stabil geschichteten Bereiche der A-Regionen begrenzt waren. Die Größenstruktur (Abb. 4.2.28 a) zeigt die Dominanz der Phytoflagellaten kleiner 5 µm, wobei bereits der Anteil der Organismen kleiner 2 µm 70-80 % der Gesamtzahl betrug.

**Tab. 4.2.3:** Verteilung der Parameter Chl *a* und Primärproduktion sowie der Abundanzen der Pico- und Nanoplankter in den verschiedenen Regionen der Grönländischen See im Verlauf der Winterexpeditionen Met8. Es sind mittlere Werte für die oberen 40 m der Wassersäule angegeben. Chl *a*=Chlorophyll *a* ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Bakt=Bakterien ( $10^3\cdot\text{ml}^{-1}$ ), Cyano=Cyanobakterien ( $\text{ml}^{-1}$ ), Sumanp=Gesamtzahl autotropher Flagellaten  $< 20\ \mu\text{m}$  ( $\text{ml}^{-1}$ ), Sumhnp=Gesamtzahl heterotropher Flagellaten  $< 20\ \mu\text{m}$  ( $\text{ml}^{-1}$ ), anphnp=Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten, bakthnp=Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten ( $\cdot 10^3$ ), n=Anzahl der Stationen, x=Mittelwert, sx=Standardabweichung.

Gruppe	n	Chl <i>a</i>	Bakt	Cyano	Sumanp	Sumhnp	anphnp	bakthnp	
<b>Met8/1</b>									
A2	x	4	0.14	763.6	977.9	1351.3	266.8	5.1	3.0
	sx		0.03	32.2	1060.1	266.0	51.2	0.4	0.7
A3	x	1	0.07	1035.6	1941.3	848.7	182.5	4.6	5.7
B2	x	4	0.10	732.1	1452.1	806.9	233.3	3.5	3.4
	sx		0.02	315.5	600.8	263.2	62.6	0.8	1.7
C	x	3	0.15	523.1	1927.0	1072.4	308.2	3.7	1.7
	sx		0.01	151.5	469.4	144.7	64.3	0.9	0.4
<b>Met8/2</b>									
A1	x	3	0.09	443.3	507.3	386.7	210.6	1.9	2.1
	sx		0.02	55.2	356.8	332.1	7.5	1.6	0.2
A2	x	1	0.12	469.2	2007.3	1197.1	265.9	4.5	1.8
A3	x	2	0.08	377.6	434.4	269.8	238.7	1.2	1.6
	sx		0.00	3.9	402.1	96.8	21.9	0.5	0.1
B2	x	17	0.07	339.4	373.6	182.0	197.4	0.9	1.8
	sx		0.02	71.7	161.0	85.8	44.9	0.4	0.6
C	x	4	0.05	240.4	398.4	105.3	132.3	0.8	1.8
	sx		0.01	28.9	142.0	55.3	9.2	0.4	0.4

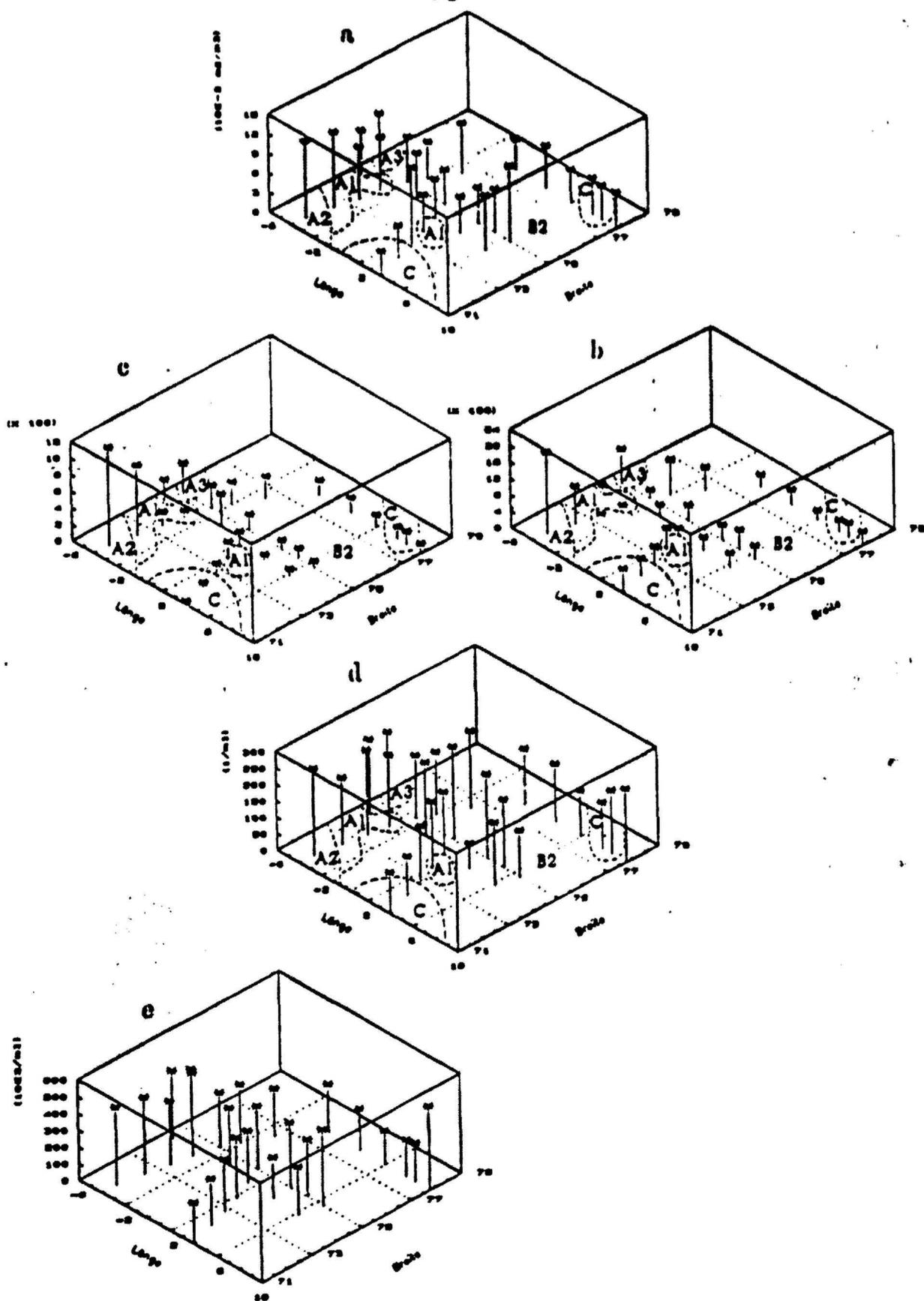


Abb. 4.2.27: Verteilung von Chl *a* und verschiedener Planktonorganismen auf der Expedition Met8/2:

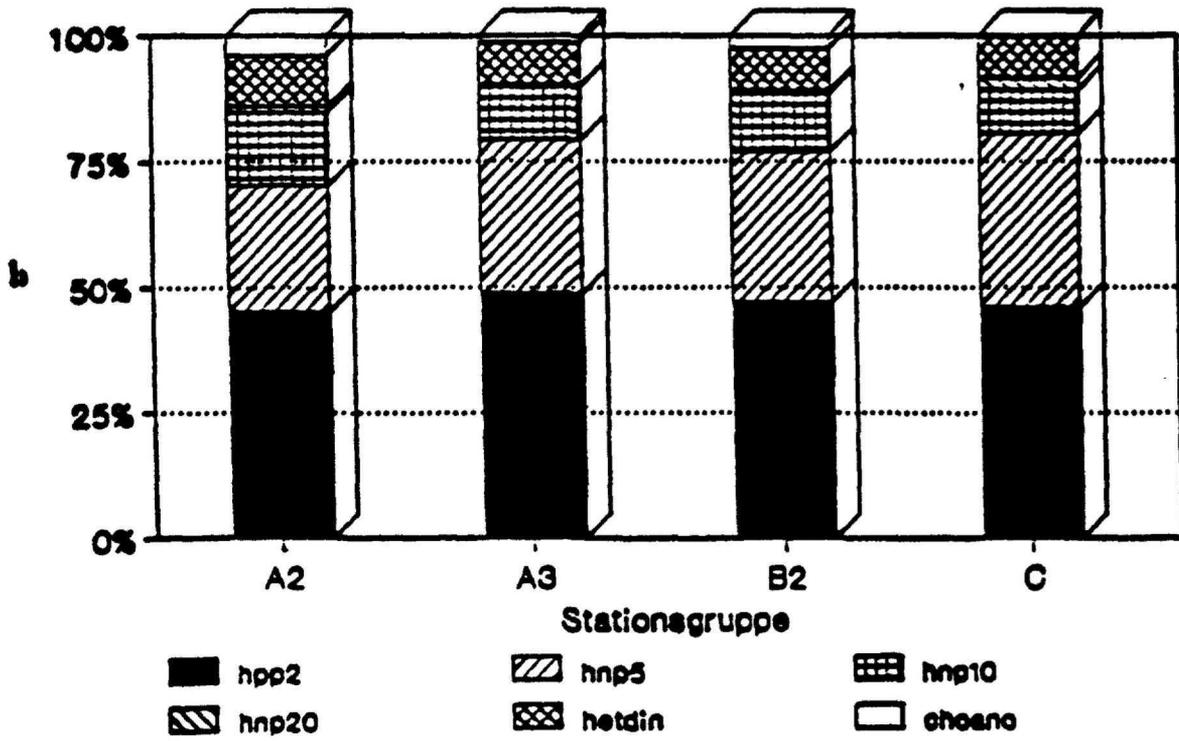
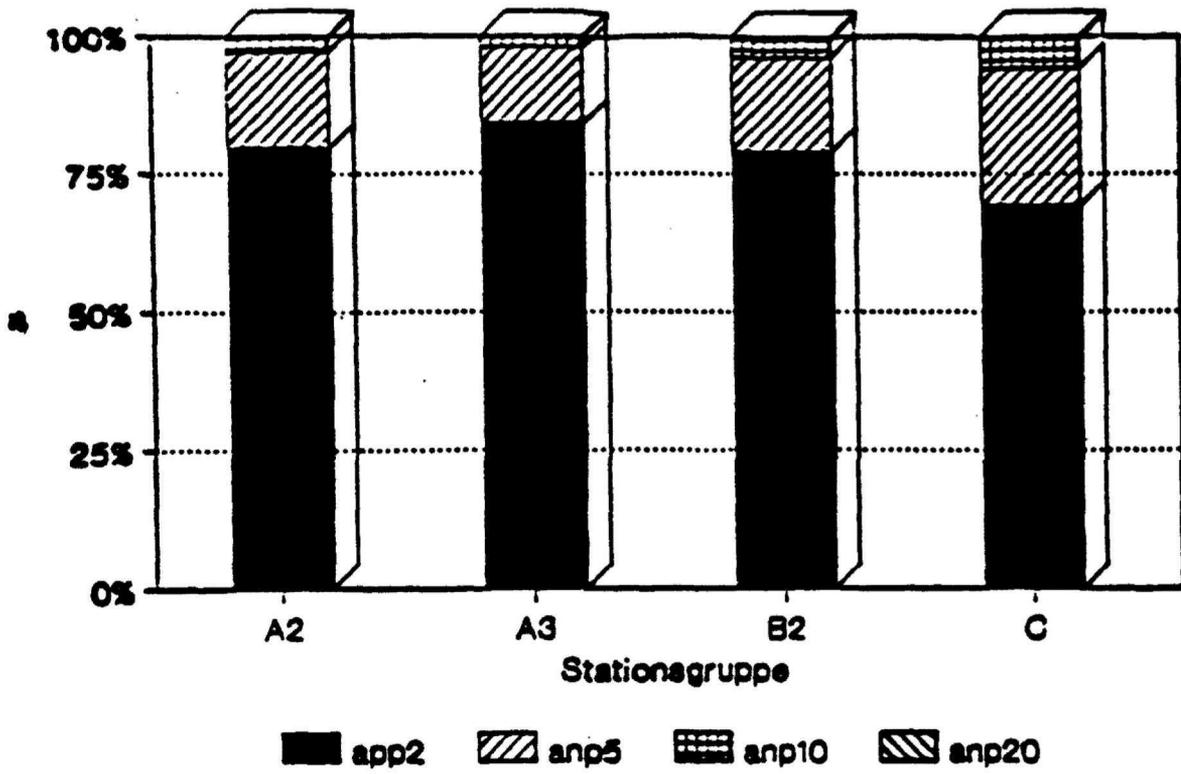
a=Chl *a* ( $10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

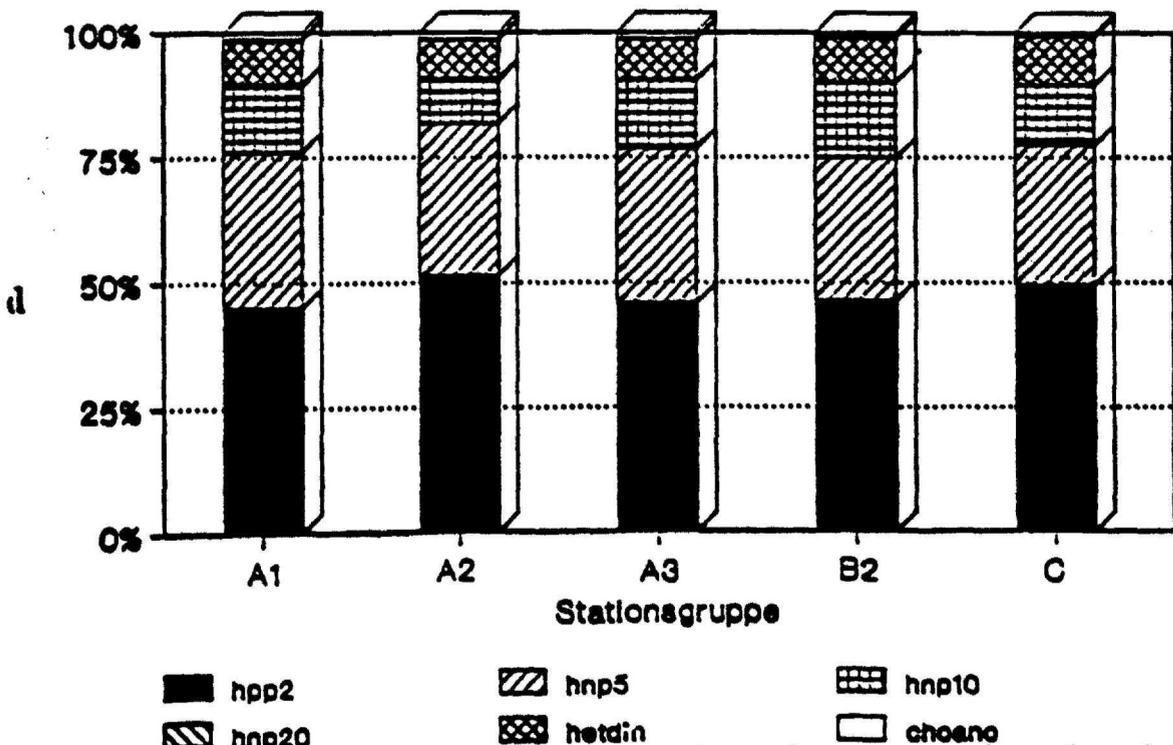
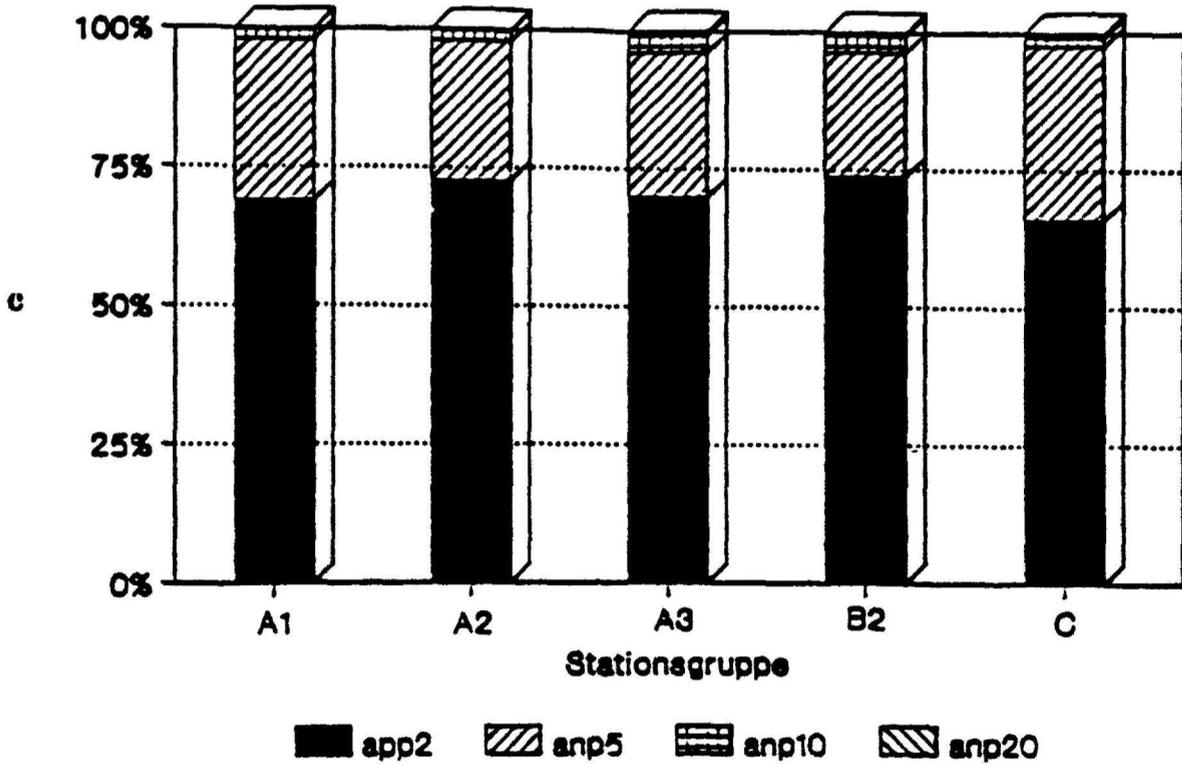
b=Picocyanobakterien ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ )

c=autotrophe Pico- und Nanoflagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ )

d=Bakterien ( $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ),

e=heterotrophe Pico- und Nanoflagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ).





**Abb. 4.2.28:** Durchschnittliche Größenstruktur des autotrophen (a, c) und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons (b, d) während den Expeditionen Met8/1 (a, b) und Met8/2 (c, d) in den oberen 40 m der Wassersäule. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hnp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ , choano=Choanoflag..

Eine Abnahme der Abundanzen mit der Zeit traf ebenso auf die heterotrophen Organismen, die Bakterien (Abb. 4.2.27 d) und heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.27 e), zu. Für beide Gruppen fand sich eine geringe Variabilität innerhalb und zwischen den Stationsgruppen mit einzelnen Ausnahmen. Die Größenstruktur der heterotrophen Flagellaten (Abb. 4.2.28 b) war auf beiden Abschnitten fast unverändert, 75 % der Gesamtpopulation wurde von Organismen kleiner 5  $\mu\text{m}$  gestellt.

Betrachtet man vergleichend das Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten, so sank es von  $4.2 \pm 0.7$  (Met8/1) auf  $1.2 \pm 0.7$  (Met8/2). Die jeweils höchsten Werte wurden in den Regionen A festgestellt. Die Relation der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten war mit  $3.0 \pm 1.1 \cdot 10^3$  während Met8/1 die höchste aller Fahrten. Der Wert von Met8/2 ( $1.8 \pm 0.1 \cdot 10^3$ ) war signifikant niedriger.

#### 4.2.2.3. Vergleich der Sommer- und Winterwerte

Ein Vergleich der Sommer- mit den Winter-Daten zeigt deutliche Unterschiede in der Abundanz und der Zusammensetzung des Pico- und Nanoplanktons. Die Chl *a*-Konzentrationen waren während der Reise Met8 sehr viel niedriger als im Verlauf der Sommerreisen Ark4 und Ark5. Die im Sommer Blüten bildenden Diatomeen und Phaeocystis pouchetii wurden im Winter nicht nachgewiesen. Dafür wurden hohe Dichten von Picocyanobakterien in allen Wasserkörpern vorgefunden.

Die Reise Met8 gibt daher einen Einblick in die Prozesse, die sich beim Übergang der Planktongemeinschaft von der sommerlichen Wachstumsphase in die winterliche Ruhephase abspielen. Vergleicht man die Abundanzen der autotrophen Flagellaten mit denen der heterotrophen, so wurden während Met8 durchgehend sehr viel niedrigere Relationen gemessen als im Sommer. Dies deutet darauf hin, daß die Abnahme der autotrophen Organismen schneller erfolgt als die der heterotrophen. Die während Met8/1 angetroffenen hohen Abundanzen der Bakterien unterstützen dies.

### 4.3. Multivariate Analyse der Populationsstrukturen

Die vergleichende Betrachtung im Kap. 4.2.2. hatte bereits gezeigt, daß es zwischen den einzelnen hydrographisch verschiedenen Regionen sowohl große Unterschiede als auch Übereinstimmungen gab. Ein Beispiel sind die P. pouchetii-Blüten, die mit ähnlichen Eigenschaften wie hohen Chl *a*-Konzentrationen, hoher Primärproduktion sowie hohen Abundanzen der Bakterien und heterotrophen Flagellaten in den Regionen A3, B1, B2 und C auftraten. Die Region A1 dagegen grenzte sich einheitlich gegenüber den anderen Gruppen ab.

Mittels einer Faktorenanalyse sollten die biologischen Parameter ermittelt werden, mit deren Hilfe der größte Teil der Gesamtvariabilität zwischen den einzelnen Stationen erklärt werden konnte. Hierzu wurde die Faktorladung der einzelnen Variablen benutzt, die den Einfluß der jeweiligen Variablen auf den Faktor widerspiegelt. Parameter mit einer hohen Faktorladung besitzen einen hohen Einfluß. Weiterhin sollte durch die Ermittlung der Faktorwerte an den einzelnen Stationen eine die hydrographischen Regionen übergreifende Gruppierung der Stationen anhand biologischer Parameter erfolgen.

Das Ergebnis der Analyse der Sommerexpeditionen Ark4 und Ark5 ist in den Abb. 4.3.1 a und b gezeigt. Mit Hilfe der beiden ersten Faktoren (Tab. 4.3.1) liessen sich 87 % der Gesamtvariabilität zwischen allen Stationen beschreiben. Der Einfluß der einzelnen biologischen Parameter ist aus Abb. 4.3.1 a und Tab. 4.3.2 ersichtlich. Vier Parameter (heterotrophe Flagellaten, Choanoflagellaten, Bakterien und autotrophe Flagellaten) wiesen Faktorladungen größer als 0.5 bei Faktor 1 auf. Dieser Faktor beschrieb alleine bereits 72 % der Gesamtvariabilität. Für Faktor 2 waren dies die Gesamtprimärproduktion, der Chl *a*-Gehalt sowie in geringerem Maße die Produktion der Fraktion kleiner als 20 µm. Aufgrund der dominierenden Variablen kann Faktor 1 allgemein als Maß für die Bedeutung der *regenerierenden Produktion* definiert werden, Faktor 2 dagegen als *Gesamtproduktivität*.

**Tab. 4.3.1:** Ergebnis der Faktorenanalyse: Faktoren und ihre Eigenwerte zusammen mit dem jeweils durch den Faktor erklärten Anteil an der Gesamtvariabilität einzeln (Prozent Var.) und kummulativ (Cum Prozent)

Faktor	Eigenwert	Prozent	Var.	Cum	Prozent
1	4.44257		72.8		72.8
2	0.88983		14.6		87.3
3	0.41475		6.8		94.1
4	0.26891		4.4		98.5
5	0.09005		1.5		100.0
6	-0.01172		0.0		100.0
7	-0.08844		0.0		100.0
8	-0.14348		0.0		100.0
9	-0.19591		0.0		100.0

**Tab. 4.3.2:** Ergebnis der Faktorenanalyse von Ark4 und Ark5: Faktorladungen der einzelnen Planktonparameter auf die extrahierten Faktoren 1 und 2. Hervorgehoben sind die Faktorladungen größer als 0.5.

Variable/Faktor	1	2
Chl <u>a</u>	0.31348	<b>0.78730</b>
Primärproduktion	0.15767	<b>0.87331</b>
Primärproduktion der Fraktion kleiner 20 µm	0.49543	<b>0.67212</b>
Bakterien	<b>0.74292</b>	0.38177
Blualgen	0.37454	0.22851
<u>P. pouchetii</u>	0.42167	0.28791
Autotrophe Flagellaten	<b>0.58025</b>	0.35607
Choanoflagellaten	<b>0.82334</b>	0.04256
Heterotrophe Flagellaten	<b>0.84032</b>	0.35971

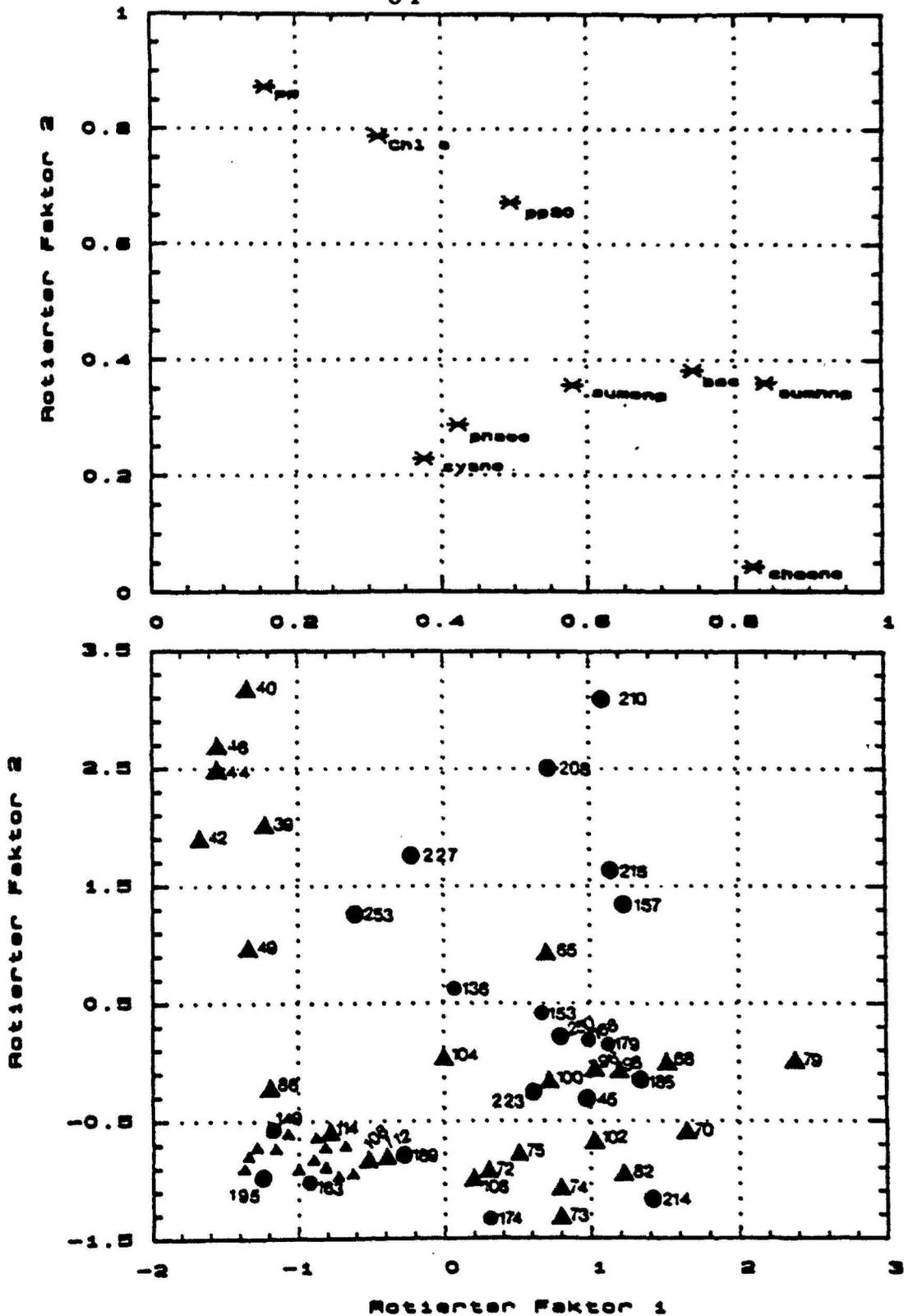


Abb. 4.3.1: Faktorenanalyse der Expeditionen Ark4 und Ark5.

- a) Faktorladung der Variablen PP=Primärproduktion, PP20 = Primärproduktion der Fraktion kleiner als 20  $\mu\text{m}$ , Chl a, Phaeo = *P. pouchetii*, Bac=Bakterien, Cyano=Picocyanobakterien, Sumanp =Gesamtzahl der autotrophen Flagellaten, Sumhnp = Gesamtzahl der heterotrophen Flagellaten, Choano = Choanoflagellaten
- b) Faktorwerte der einzelnen Stationen. Symbole:  
 ▲ = Ark5/1 (ohne Angaben des Datums)  
 ▲ = Ark5/2      • = Ark4/1      ● = Ark4/2.

In Abb. 4.3.1 b sind die Werte der beiden Faktoren für alle Stationen gegeneinander aufgetragen. Es lassen sich drei Gruppen voneinander trennen. Niedrige Werte für Faktor 1 und hohe bei Faktor 2 finden sich für die Stationen der Diatomeenblüte von Ark5/2. Die Stationen der *P. pouchetii*-Blüten auf Ark4 und Ark5 weisen alle einen hohen Wert für Faktor 1 auf, während Faktor 2 variiert. Die Stationen der Gruppe A1 waren durch niedrige Werte für beide Faktoren gekennzeichnet.

**Tab. 4.3.3:** Ergebnis der Faktorenanalyse von Ark5: Faktorladung der einzelnen Planktonparameter auf die extrahierten Faktoren 1, 2 und 3. app2=autotrophe Flag. < 2 µm, anp5=autotr. Flag. 2-5 µm, anp10=autotr. Flag. 5-10 µm, anp20=autotr. Flag. 10-20 µm, phaeoc=*P. pouchetii*, sumdiat=Diatomeen, bact=Bakterien, hpp2=heterotr. Flag. < 2 µm, hnp5=heterotr. Flag. 2-5 µm, hnp10= heterotr. Flag. 5-10 µm, hnp20=heterotr. Flag. 10-20 µm, choano=Choanoflagellaten.

Variable/Faktor	1	2	3
Chl a	0.31915	0.82509	0.10148
Gesamtprimärproduktion	0.16211	0.91345	0.00744
Primärproduktion der Fraktion < 20 µm	0.53405	0.61275	0.07742
app2	0.62696	0.29230	0.28144
anp5	0.66818	0.11634	0.35459
anp10	0.11009	0.16308	0.78654
anp20	0.16844	0.06856	0.81008
phaeoc	0.42045	0.29079	-0.47619
sumdiat	0.23556	0.88567	0.09656
bact	0.70711	0.38401	-0.20086
hpp2	0.78668	0.37066	-0.06250
hnp5	0.85645	0.30271	0.12923
hnp10	0.75791	0.30954	0.20976
hnp20	0.49553	0.35760	0.17231
choano	0.80774	0.01704	-0.07136

Eine umfassendere Analyse mit mehr biologischen Ausgangsparametern wurde für die Stationen von Ark5 durchgeführt (Abb. 4.3.2 a und b). Drei Faktoren mit Eigenwerten größer als 1 wurden extrahiert. Sie beschrieben zusammen 85 % der Gesamtvariabilität. Faktor 1, der alleine 58 % der Gesamtvariabilität erklärte, wurde bestimmt von auto- und heterotrophen

Organismen der Größenfraktion kleiner  $20\ \mu\text{m}$  (Tab. 4.3.3). Er kann damit als Maß für die *regenerierende Produktion* angesehen werden. Faktor 2, der 15 % der Gesamtvariabilität erklärt, wurde von den Parametern Gesamtproduktion, Anzahl der Diatomeen, Chl  $a$ -Gehalt und im geringsten Maße von der Primärproduktion in der Fraktion kleiner als  $20\ \mu\text{m}$  bestimmt. Da diese Parameter kennzeichnend für die gesamte Primärproduktion sind, wurde Faktor 2 erneut als *Gesamtproduktivität* interpretiert. Der dritte Faktor, der noch 12 % der Schwankungen erklärt, wurde ausschließlich von autotrophen Flagellaten der Fraktion zwischen 10 und  $20\ \mu\text{m}$  bestimmt. Dies zeigt, daß diese Größengruppe eine eigene Stellung im Nahrungssystem des Pelagials einnimmt.

Die Berechnung der Faktorwerte für die einzelnen Stationen zeigt erneut die Trennung in 3 Gruppen, wie sie bereits in der Analyse der Ark4 und Ark5 Daten zusammen auftrat. Stationen der Region A1 wiesen einheitlich die niedrigsten Werte bei beiden Faktoren auf. In den Diatomeenblüten waren die Werte von Faktor 2, d.h. Algenbiomasse und Primärproduktion, hoch, die Anzahl der Pico- und Nanoplankter (Faktor 1) gering. In *Phaeocystis*-Blüten zeigten sich einheitlich hohe Werte für Faktor 1. Dies bedeutet hohe Abundanzen der auto- und heterotrophen Pico- und Nanoplankter. Die Gesamtproduktivität war an Station 65 von allen Stationen am höchsten. Die an dieser Station gefundenen Diatomeen erklären die in Abb. 4.3.2 b gegebene Nähe zu den durch Diatomeen geprägten Stationen. An Station 82, an der nur noch seneszente *P. pouchetii*-Zellen gefunden worden waren (Kap. 4.2.2.3.), fanden sich die niedrigsten Primärproduktionswerte (Faktor 2), dafür aber hohe Abundanzen von Pico- und Nanoplanktern.

Betrachtet man in Abb. 4.3.2 b die Verteilung der restlichen Stationen, so kann aus deren Orientierung direkt auf ihren biologischen Zustand geschlossen werden. Die auf ca.  $79\ ^\circ\text{N}$  liegenden, im Laufe von Ark5/2 beprobten A2-Stationen (110, 112, 114), die fast identische Eigenschaften wie A1-Stationen (s. Kap. 4.2.2.) aufwiesen, zeigten auch ähnliche Faktorwerte. Die A2-Stationen 47 und 49 dagegen lagen in Bereich der Diatomeen-Stationen. Entsprechend können die Stationen der Gruppen A3, B und C eingeordnet werden. In Tab. 4.3.4 sind mittlere Werte der biologischen Parameter für die Stationen in den 4 Quadranten von Abb. 4.3.2 b aufgeführt.

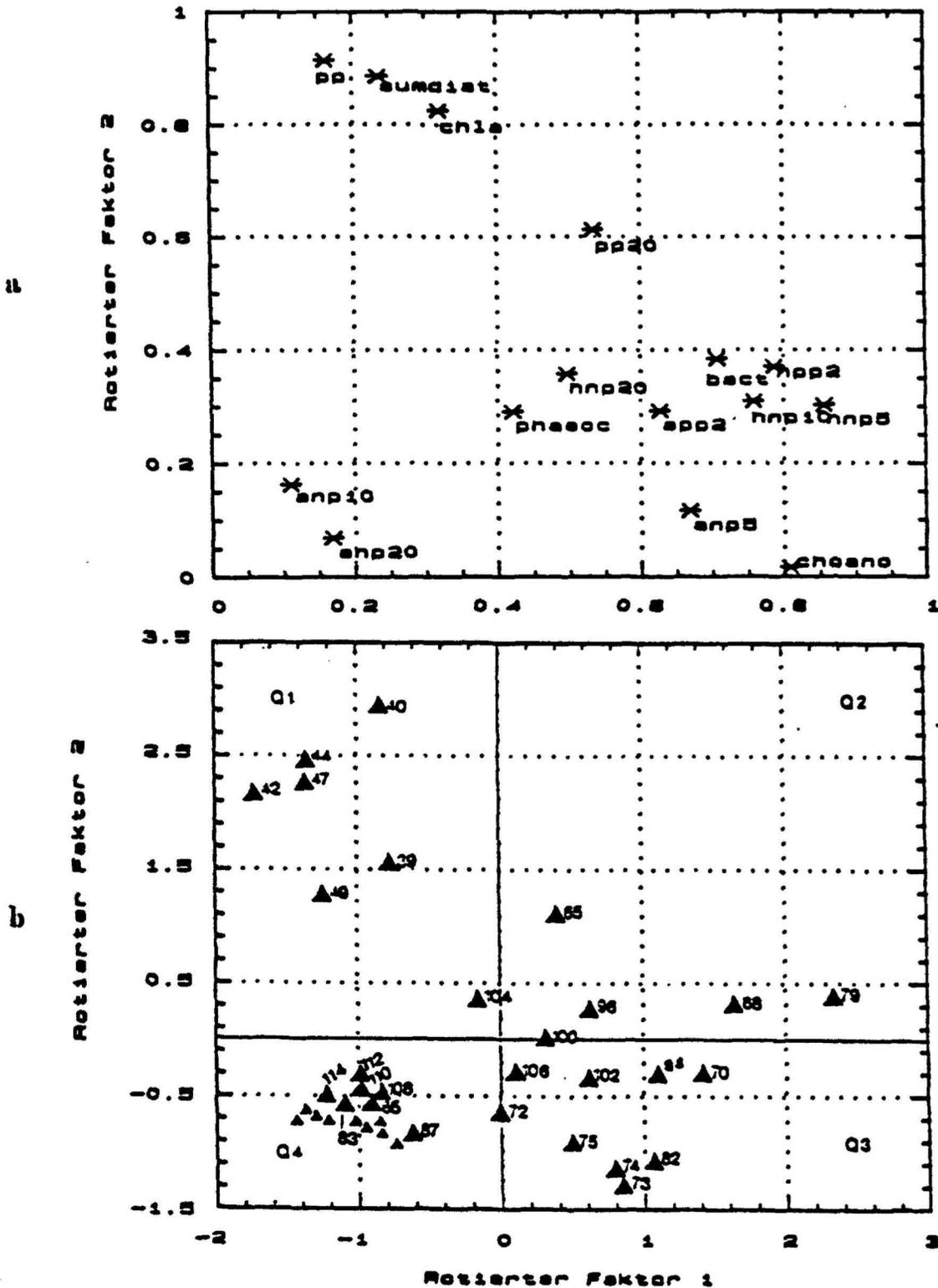


Abb. 4.3.2: Faktorenanalyse der Expedition Ark5.

a) Faktorladung der Variablen ppto=Primärproduktion, pp20 = Primärproduktion der Faktion < 20  $\mu\text{m}$ , chla=Chl a, sumdiat= Diatomeen, phaeoc= *P. pouchetii*, app2=autotr Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hpp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , choano=Choanoflag., bact=Bakterien.

b) Faktorwerte der einzelnen Stationen. Q1-4=Quadrant 1-4, angegeben sind die Nummern der Stationen.

**Tab.4.3.4:** Mittlere Werte biologischer Parameter der Stationen in den Quadranten Q1-4 von Abb. 4.2.3. Für Chl<sub>a</sub> und Primärproduktion sind mittlere Werten für die euphotischen Zone angegeben, für die anderen Parameter diejenigen für die oberen 40 m der Wassersäule. Chl<sub>a</sub>=Chlorophyll **a** (mg\*m<sup>-3</sup>), PP=Primärproduktion (mg C\*m<sup>-3</sup>\*h<sup>-1</sup>), PP<20=Primärproduktion der Fraktion < 20 µm (mg C\*m<sup>-3</sup>\*h<sup>-1</sup>), Bakt=Bakterien (10<sup>3</sup>\*ml<sup>-1</sup>), Phacoc=*P. pouchetii* (ml<sup>-1</sup>), Centdia=Zentrische Diatomeen (ml<sup>-1</sup>), Pencia=Pennate Diatomeen (ml<sup>-1</sup>), Chaeto=*Chaetoceros* sp. (ml<sup>-1</sup>), Nitgru=*Nitzschia grunowii*, Nitser=*Nitzschia seriata* (ml<sup>-1</sup>), Sumdia=Summe Diatomeen (ml<sup>-1</sup>), Sumanp=Gesamtzahl autotropher Flagellaten < 20 µm (ml<sup>-1</sup>), Choano = Choanoflagellaten (ml<sup>-1</sup>), Sumhnp = Gesamtzahl heterotropher Flagellaten < 20 µm (ml<sup>-1</sup>), Anphnp=Verhältnis der autotrophen zu den heterotrophen Flagellaten, Bacthnp=Verhältnis der Bakterien zu den heterotrophen Flagellaten (\*10<sup>3</sup>), x=Mittelwert, sx=Standardabweichung.

	Chl <sub>a</sub>	PP	PP<20	Bakt	Phacoc	Centdia	Pencia	Chaeto	Nitgru	Nitser	Sumdia
Q 1 x	2.61	3.43	0.49	747	0	169	3	186	157	2	517
sx	1.54	1.85	0.24	237	0	167	7	220	215	4	315
Q 2 x	0.95	1.42	0.75	1553	7331	18	52	5	0	55	130
sx	0.33	0.37	0.04	273	6300	14	46	8	0	61	55
Q 3 x	0.34	0.52	0.37	1277	265	1	7	5	0	0	13
sx	0.19	0.42	0.25	411	592	2	15	9	0	0	16
Q 4 x	0.19	0.12	0.11	350	0	0	1	0	0	0	1
sx	0.17	0.05	0.04	203	2	0	3	0	0	0	3

	Sumanp	Choano	Sumhnp	Anphnp	Bacthnp
Q 1 x	6998	4	420	21.3	2.0
sx	6124	10	249	19.1	0.5
Q 2 x	13708	552	1793	16.9	1.4
sx	8070	760	1323	13.8	0.8
Q 3 x	9689	81	581	20.9	2.4
sx	4972	90	152	13.3	0.7
Q 4 x	1718	2	198	10.0	1.9
sx	1577	2	61	10.9	0.8

Die Chl  $a$ -Konzentrationen und Primärproduktionsraten waren in Quadrant 1 am höchsten. Der Anteil der Fraktion kleiner als  $20\ \mu\text{m}$  an der Primärproduktion betrug 14 %. P. pouchetii fehlte völlig. Diatomeen kamen im Mittel mit  $517\ \text{Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  vor. Die Anzahl der Bakterien lag bei  $750 \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ , die der heterotrophen Flagellaten bei  $420\ \text{Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Die Diversität der Zusammensetzung der Diatomeengemeinschaft wurde bereits in Kap. 4.2.1.2. dargestellt. Trotz der unterschiedlichen dominierenden Arten zeigten diese Stationen so starke Gemeinsamkeiten auf, daß sie sich gegenüber allen anderen Populationsstrukturen abgrenzten.

In Quadrant 2 war die Biomasse des Phytoplanktons und die Primärproduktion signifikant ( $p < 0.005$ ) kleiner als in Quadrant 1. P. pouchetii kam mit  $7330\ \text{Zellen}\cdot\text{ml}^{-1}$  vor. Der hohe Variationskoeffizient von 116 % ergab sich durch das Fehlen dieser Art an Station 96, die am Rande von Quadrant 2 lag. Die Abundanzen der Bakterien und Flagellaten waren gegenüber Quadrant 1 signifikant ( $p < 0.001$ ) erhöht. Diatomeen waren selten, es dominierten andere Formen als in Quadrant 1.

Die mittleren Werte der Parameter Chl  $a$  und Primärproduktion waren in Quadrant 3 gegenüber Q1 und Q2 signifikant ( $p < 0.001$ ) erniedrigt. P. pouchetii wurde vereinzelt im seneszenten Zustand angetroffen. Die Abundanz der Bakterien war sehr hoch, die der Flagellaten höher als in Quadrant 1, jedoch niedriger als in Quadrant 2. Diatomeen wurden nur noch vereinzelt angetroffen.

In Quadrant 4 wurden die in Kap. 4.2.2. dargestellten typischen Eigenschaften von A1-Stationen angetroffen. Die Primärproduktion war niedrig und wurde zu über 90 % von der Fraktion kleiner als  $20\ \mu\text{m}$  gestellt. Diatomeen fehlten, ebenso P. pouchetii mit Ausnahme einer Station. Die Abundanzen der Bakterien und Flagellaten waren niedrig.

Bei der Faktorenanalyse der Met8-Daten wiesen die ersten 3 Faktoren Eigenwerte größer 1 auf. Faktor 1 beschrieb 67 % der Gesamtvariabilität. Die größten Faktorladungen für ihn wiesen die einzelnen Fraktionen der autotrophen Flagellaten kleiner als  $20\ \mu\text{m}$ , Chl  $a$ , die Picocyanobakterien, die Bakterien sowie die heterotrophen Flagellaten von  $10\text{-}20\ \mu\text{m}$  Größe auf. Faktor 2, der 13 % der Gesamtvariabilität beschrieb, wurde von den heterotrophen Flagellaten kleiner als  $10\ \mu\text{m}$  und heterotrophen Dinoflagellaten dominiert, Faktor 3 erklärte 10 % der Gesamtvariabilität zwischen den Stationen. Er wurde von autotrophen Dinoflagellaten und

mit negativem Vorzeichen von den Choanoflagellaten bestimmt. Zusammenhängend sind die Faktorladungen der einzelnen Parameter auf Faktor 1 und 2 in Abb. 4.3.3 a dargestellt. Die bestimmenden Parameter für Faktor 1 bildeten die autotrophen Organismen bzw. Chl a. Dieser *Faktor 1* kann für diese Reise als *Primärproduktionspotential* benannt werden, da er von für diesen Überbegriff charakteristischen Parametern gekennzeichnet war. *Faktor 2* dagegen wird als *heterotrophes Potential der Pico-und Nanoplanktonfraktion* bezeichnet. Da Faktor 3 nur von 2 Parametern mit gegenläufigen Eigenschaften bestimmt wurde, war für ihn keine Definition zu finden.

Die Werte der Faktoren 1 und 2 für die einzelnen Stationen sind in Abb. 4.3.3 b gezeigt. Hohe Werte von Faktor 1 ( $> 0.5$ ) und damit relativ hohe Chl a-Konzentrationen und Abundanzen autotropher Pico -und Nanoplankter wiesen die Stationen der Reise Met8/1 sowie die beiden südwestlichen Stationen 650 und 651 von Met8/2 auf. Das Primärproduktionspotential auf den anderen Stationen von Met8/2 war konstant niedrig. Entlang der Achse Faktor 2 erfolgte ebenfalls eine Auftrennung, die jedoch nicht den möglichen Parametern Zeit oder Stationsgruppe zuzuordnen war. Als Ergebnis der Faktorenanalyse der Met8-Daten ist festzuhalten, daß eine Trennung anhand des Primärproduktionspotentials erfolgt, wobei die Werte von Met8/1 größer als die von Met8/2 waren, die Gruppierung nach dem heterotrophen Potential dagegen ist nicht eindeutig. Dies bedeutet, daß wichtige Parameter, die die Unterschiede zwischen den Stationen erklärbar machen, im Gegensatz zum Datensatz von Ark4 und Ark5 auf dieser Reise nicht erfaßt wurden.

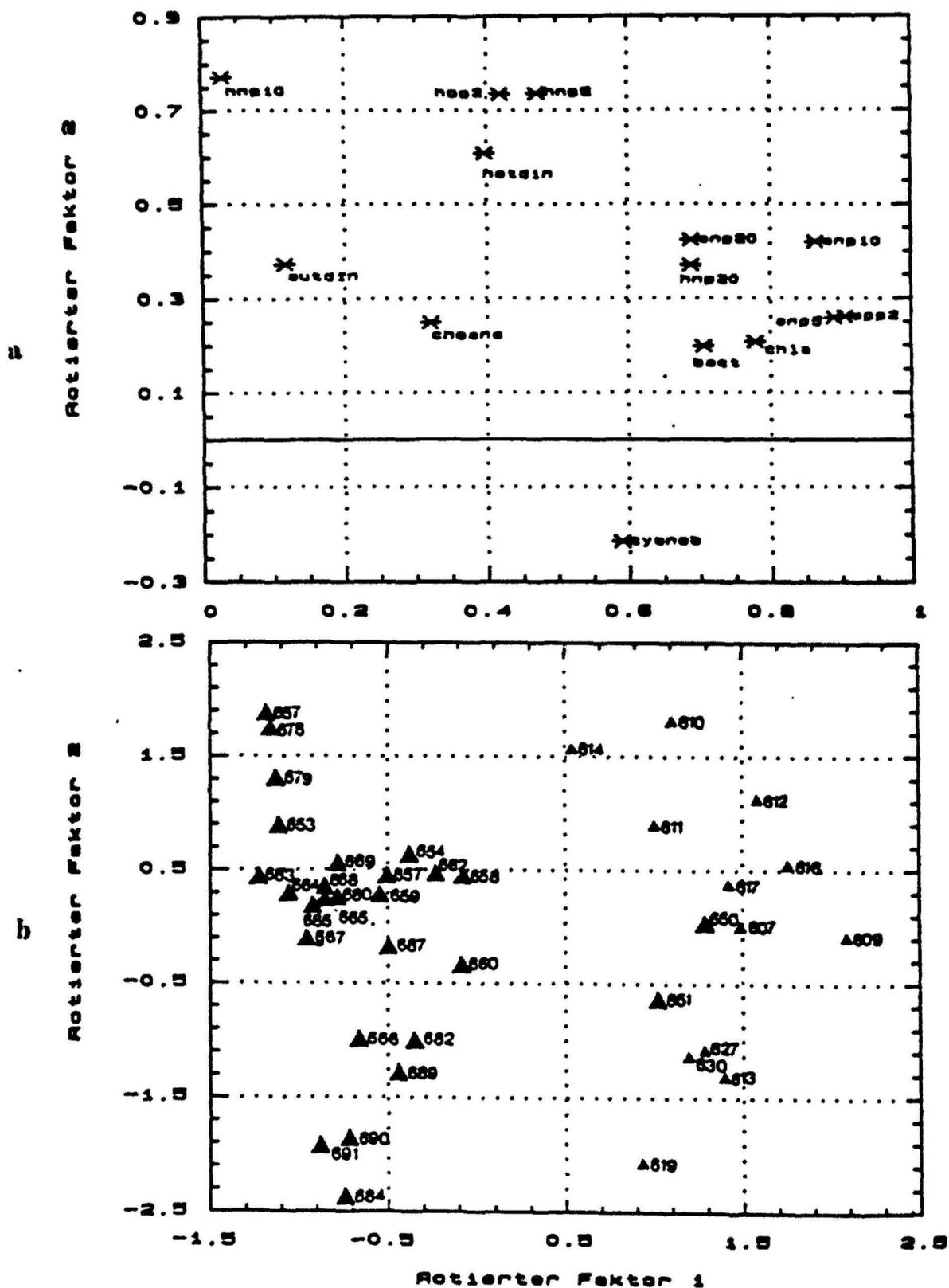


Abb. 4.3.3: Faktorenanalyse der Expeditionen Met8/1 und Met8/2.

a) Faktorladung der Variablen chl<sub>a</sub>=Chl *a*, app2=autotr. Flag. < 2  $\mu$ m, anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu$ m, anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu$ m, anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu$ m, autdin=autotr. Dinoflag. < 20 $\mu$ m, hnp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu$ m, hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu$ m, hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu$ m, hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu$ m, choano=Choanoflag., bact=Bakterien.

b) Faktorwerte der einzelnen Stationen, Symbole:

▲ =Met8/1

▲ =Met8/2

#### 4.4. Ergebnisse der Wachstums- und Wegfraßexperimente

In diesem Kapitel werden die experimentellen Ergebnisse dargestellt. Im ersten Teil wird eine allgemeine Übersicht über die festgestellten Größenordnungen der Ratenmessungen gegeben. Der zweite Teil stellt die Ergebnisse in Zusammenhang mit anderen Planktonparametern.

##### 4.4.1. Mittlere Wachstums- und Wegfraßraten

Bei den Experimenten unter Einsatz selektiver Inhibitoren wurden gleichzeitig Proben zur Ermittlung der Wachstumsrate der Bakterien durch Zugabe von Eucaryonteninhibitoren, der Wegfraßrate von Bakterien durch eucaryontisches Pico- und Nanoplankton durch Zugabe von Antibiotika sowie als Kontrolle eine Probe ohne jegliche Zugaben inkubiert. Auf der Expedition Ark5/1 zeigte sich in allen Proben weder ein meßbares Wachstum noch Grazing. Sie wurden deshalb im folgenden nicht berücksichtigt.

Theoretisch sollte sich die Abundanzänderung der Bakterien in der unbehandelten Probe (Kontrolle c) entsprechend der Differenz von Wachstums- und Grazingrate ( $\mu$ -g) aus den beiden anderen Ansätzen verhalten. Eine Korrelationsanalyse ergab eine signifikant von Null verschiedene Beziehung ( $p < 0.0001$ ) zwischen diesen Parametern (Abb. 4.4.1). In der lineare Beziehung  $(\mu - g) = 0.77 + 0.48 * c$  ( $r^2 = 0.32$ ,  $n = 50$ ) war die Steigung der Geraden kleiner eins. Dies bedeutet, daß eine Unterschätzung der Wachstumsrate bei Hemmung der eucaryontischen Grazer stattfand.

Zur Feststellung der allgemeinen Größenordnungen von Wachstum und Grazing wurden Mittelwerte und deren Standardabweichungen aus den Resultaten aller Experimente ermittelt (Tab. 4.4.1). In Kapitel 4.2. konnte bereits gezeigt werden, wie unterschiedlich der Entwicklungszustand des Planktons innerhalb der einzelnen hydrographisch charakterisierten Regionen sein konnte. Bei der nun folgenden Übersichtsbetrachtung ist deshalb neben der Ermittlung der ungefähren Größenordnungen der Aktivitätsparameter (Mittelwert) vor allem die Variabilität zu beachten. Sie ist ein Maß für das Potential, das der Stoffumsatz durch die pro- und eucaryontischen Pico- und Nanoplankter einnehmen kann. Folglich wurden zusätzlich die Minimal- und die Maximalwerte sowie die Grenzen der unteren und oberen Quartile für den jeweiligen Parameter angegeben, innerhalb derer 50 % aller Meßwerte lagen.

Die mittlere Wegfraßrate der Bakterien (g) durch eucaryontisches Protozooplankton betrug  $2.7 \cdot 10^{-2} \cdot h^{-1}$ . Dies bedeutet, daß ein Flagellat pro Stunde im Mittel 25 Bakterien fraß. Der Minimalwert entsprach einer Ingestionsrate gleich 0 und damit einem Ruhestadium des Protozooplanktons in Bezug auf das Grazing. Die maximal gefundene Ingestionsrate für einen Flagellaten lag bei  $130 \text{ Bakterien} \cdot h^{-1}$ . Durch Umrechnung der Anzahl der ingestierten Bakterien in organischen Kohlenstoff konnte die Relation zwischen der Primärproduktion und der Kohlenstoffingestion durch das heterotrophe Protozooplankton ermittelt werden.

Regression von der Wachstumsrate der Kontrolle vs.  $u-g$  aus Inhibitor-exp.

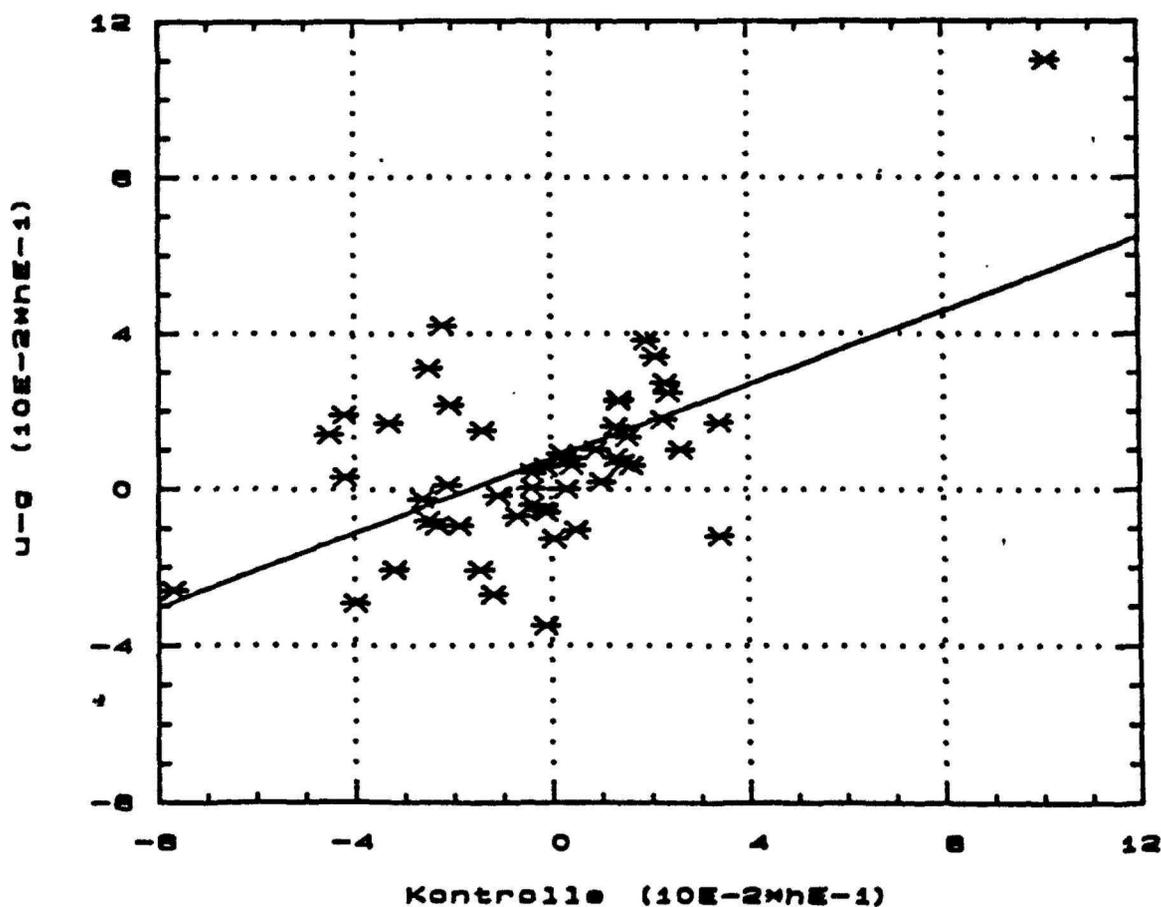


Abb. 4.4.1: Korrelation zwischen der Differenz aus den experimentell ermittelten Wachstums- und Grazingraten ( $\mu-g$ ) und der Bestandsveränderung der Bakterien in der unbehandelten Kontrolle.

Tab. 4.4.1: Ergebnisse der Experimente.  $g$  = Grazingrate des eucaryontischen Protozooplanktons,  $Ingr.$  = Ingestion an Bakterien pro Flagellat pro h,  $IngC.Flag.$  = Ingestion organ. Kohlenstoff pro Flagellat pro h,  $IngC.Pop.$  = Ingestion organ. Kohlenstoff durch Protozooplankton pro ml pro h,  $Filtr.Flag.$  = Filtriertes Wasservolumen pro Flagellat pro h,  $Filtr.Pop.$  = Filtriertes Wasservolumen durch Protozooplankton pro ml pro h,  $IngC./Prim.$  = Relation  $IngC.Pop.$  zu Primärproduktion,  $IngC./Prim.<20\mu m$  = Relation  $IngC.Pop.$  zur Primärproduktion der Fraktion kleiner  $20\mu m$ .  $\mu$  = Wachstumsrate der Bakterien,  $t_g$  = Generationszeit der Bakterien,  $\mu CBakt.$  = Sekundärproduktion der Bakterien,  $\mu CBakt./Prim.$  = Relation der Bakterienproduktion zur Primärproduktion,  $\mu CBakt./Prim.<20\mu m$  = Relation der Bakterienproduktion zur Primärproduktion in der Fraktion kleiner als  $20\mu m$ , \* = Extremwerte wurden nicht berücksichtigt.

Variable:	$g$ ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ )	$Ingr.$ ( $Bakt. \cdot Flagel. \cdot l^{-1} \cdot h^{-1}$ )	$IngC.Flag.$ ( $pg\ C \cdot Flagellat \cdot l^{-1} \cdot h^{-1}$ )
Anzahl der Proben	61	61	61
Mittelwert	2.7	25	0.21
Standardabweichung	2.6	31	0.26
Minimum	0.1	1	0.01
Maximum	11.8	129	1.07
Untere Quartile	1.1	3	0.02
Obere Quartile	3.5	41	0.34

Variable	$IngC.Pop.$ ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ )	$Filtr.Flag.$ ( $nl \cdot Flagel. \cdot l^{-1} \cdot h^{-1}$ )	$Filtr.Pop.$ ( $\mu l \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ )
Anzahl der Proben	61	61	61
Mittelwert	95	77	27
Standardabweichung	116	121	25
Minimum	1	2	1
Maximum	546	749	111
Untere Quartile	6	11	11
Obere Quartile	135	85	34

Variable	$IngC./Prim.$	$IngC./Prim.<20\mu m$
Anzahl der Proben	45	45
Mittelwert	0.08*	0.12*
Standardabweichung	0.11	0.14
Minimum	0.01	0.01
Maximum	0.52	0.59
Untere Quartile	0.01	0.01
Obere Quartile	0.12	0.26

Variable	$\mu$ ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ )	$t_g$ (h)	$\mu CBakt.$ ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ )
Anzahl der Proben	62	62	63
Mittelwert	3.6	64	269
Standardabweichung	3.9	133	292
Minimum	0.1	4	1
Maximum	17.9	770	1640
Untere Quartile	1.3	16	75
Obere Quartile	4.1	50	363

Variable	$\mu CBakt./Prim.$	$\mu CBakt./Prim.<20\mu m$
Anzahl der Proben	45	45
Mittelwert	0.19*	0.35
Standardabweichung	0.16	0.27
Minimum	0.01	0.01
Maximum	0.57	1.26
Untere Quartile	0.07	0.07
Obere Quartile	0.35	0.34

Die mittlere Aufnahme von organischem Kohlenstoff durch das Protozooplankton betrug  $95 \text{ pg C} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dies entsprach einem Anteil von 7 % an der mittleren Gesamtprimärproduktion oder 14 % an der Primärproduktion des Pico- und Nanoplanktons. Das Protozooplankton mußte hierzu pro Stunde  $27 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  filtrieren. Innerhalb von 38 h hätten somit die heterotrophen Flagellaten im Mittel einmal das gesamte Wasservolumen filtriert und damit die gesamte Bakterienpopulation ingestiert.

Die Wachstumsrate der Bakterien ( $\mu$ ) lag im Mittel bei  $3.6 \cdot 10^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , die hieraus resultierende mittlere Generationszeit betrug 64 h. 50 % aller Werte lagen unter dem Mittelwert zwischen 16 und 50 h und damit in derselben Größenordnung wie die Aufnahmerate durch das Protozooplanktons. Die mittlere Sekundärproduktion der Bakterienpopulation lag bei  $270 \text{ pg C} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dies entsprach einem Anteil von 19 % an der Primärproduktion; 50 % aller Ergebnisse lagen zwischen 7 und 35 %. Der Anteil an der Primärproduktion des Pico- und Nanoplanktons betrug durchschnittlich 35 %.

#### 4.4.2. Die Aktivitäten des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons in den verschiedenen Regionen der Grönländischen See

In Tab. 4.4.2 sind die mittleren Wachstums- und Wegfraßraten der Bakterien für die einzelnen hydrographisch gekennzeichneten Stationsgruppen der Sommerexpeditionen gezeigt. Bei den Parametern  $g$  und  $\mu$  ergaben sich zwischen den verschiedenen Stationsgruppen keine signifikanten Unterschiede aufgrund der hohen Standardabweichungen.

Tab. 4.4.2: Mittlere Ergebnisse der Experimente für die einzelnen Stationsgruppen während der Expeditionen Ark4 und Ark5.  $g$  = Wegfraßrate ( $10^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ),  $\mu$  = Wachstumsrate ( $10^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ),  $x$  = Mittelwert,  $sx$  = Standardabweichung.

Stationsgruppe		A1	A2	A3	B1	B2	C
$g$	$x$	5.1	3.2	2.8	2.3	1.8	1.7
	$sx$	4.2	3.4	2.3	1.8	0.8	0.6
$\mu$	$x$	8.0	4.9	2.9	3.7	2.1	2.2
	$sx$	6.8	5.8	2.4	2.6	0.4	1.2

In Kapitel 4.3. waren mittels einer Faktorenanalyse vier verschiedene Planktongemeinschaften Q1 bis Q4 für den Expeditionsabschnitt Ark5/2 erkannt worden. Die Gruppe Q1 war durch Diatomeenblüten gekennzeichnet, Gruppe Q2 durch das Vorkommen von P. pouchetii, in Gruppe Q3 waren autotrophe Nanoflagellaten die Hauptprimärproduzenten. Gruppe Q4 entsprach den Stationen, die unter dichtem Packeis im Ostgrönlandstrom lokalisiert waren.

In Tab. 4.4.3 sind die Ergebnisse der Experimente für die Stationen der einzelnen Quadranten 1-4 aufgezeigt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Quadranten sind aufgrund der zu geringen Anzahl der Proben nicht statistisch absicherbar. Es lassen sich trotzdem charakteristische Besonderheiten erkennen.

Die Stationen der Gruppe Q4 wiesen bei allen Parametern die geringsten Aktivitäten und Stoffumsatzraten auf. Die Standardabweichungen waren ebenfalls gering. Bei niedrigen Wachstums- und Wegfraßraten war die Relation des organischen Kohlenstoffs, der durch die Bakterien bzw. die heterotrophen Protozoen eingebaut wurde, sehr niedrig im Vergleich zur Primärproduktion.

Die Grazingraten waren in den Quadranten Q1-Q3 fast identisch mit  $g = 1.6 - 1.7 \cdot 10^{-2} \cdot h^{-1}$ . Die Anzahl der ingestierten Bakterien variierte zwischen  $30 - 50 \cdot \text{Flagellat}^{-1} \cdot h^{-1}$ . Große Unterschiede zwischen diesen drei Gruppen traten bei dem Parameter Gesamtigestion der Flagellatenpopulation auf. In der durch das Vorkommen von Phaeocystis pouchetii geprägten Gruppe Q2 nahm das heterotrophe Protozooplankton mit  $250 \mu\text{g C} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot h^{-1}$  das 17-fache an Kohlenstoff pro Zeiteinheit auf wie in der Gruppe Q4. Die Relation des Flagellatengrazings zur Gesamtprimärproduktion war mit 20 % in der Gruppe Q3 am größten. Der niedrigste Anteil wurde in der Diatomeen-Region Q1 mit lediglich 3 % gefunden.

Das Wachstum der Bakterien war mit  $2.9 \cdot 10^{-2} \cdot h^{-1}$  und einer Generationszeit von lediglich 30 h in der Gruppe Q2 (P. pouchetii-Blüte) am höchsten. Die Sekundärproduktion der Bakterien erreichte hier mit  $410 \text{ pg C} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot h^{-1}$  ihr Maximum. Die bakteriellen Produktion erreichte in der von Diatomeen dominierten Region Q1 lediglich 4 % der Primärproduktion, 20 % in Gruppe Q2 und 23 % an den von Flagellaten dominierten Stationen der Gruppe Q3.

Tab. 4.4.3: Aktivität des Pico- und Nanoplanktons an den biologisch charakterisierten Stationsgruppen Q1-Q4.  $g$  = Grazingrate des eucaryontischen Protozooplanktons ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ),  $Ingr.$  = Ingestion an Bakterien pro Flagellat pro h (Bakt.  $\cdot$  Flagel.  $^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $IngC.Flag.$  = Ingestion organ. Kohlenstoff pro Flagellat pro h ( $pg\ C \cdot$  Flagellat  $^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $IngC.Pop.$  = Ingestion organ. Kohlenstoff durch Protozooplankton pro ml pro h, ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $Filtr.Flag.$  = Filtriertes Wasservolumen pro Flagellat pro h ( $ml \cdot$  Flagel.  $^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $Filtr.Pop.$  = Filtriertes Wasservolumen durch Protozooplankton pro ml pro h ( $\mu l \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $IngC./Prim.$  = Relation  $IngC.Pop.$  zur Primärproduktion,  $IngC./Prim.<20\mu m$  = Relation  $IngC.Pop.$  zur Primärproduktion der Fraktion kleiner 20  $\mu m$ ,  $\mu$  = Wachstumsrate der Bakterien ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ),  $t_g$  = Generationszeit der Bakterien (h),  $\mu_{CBakt.}$  = Sekundärproduktion der Bakterien ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $\mu_{CBakt.}/Prim.$  = Relation der Bakterienproduktion zur Primärproduktion,  $\mu_{CBakt.}/Prim.<20\mu m$  = Relation der Bakterienproduktion zur Primärproduktion in der Fraktion kleiner als 20  $\mu m$ ,  $\bar{x}$  = Mittelwert,  $s_x$  = Standardabweichung,  $n$  = Anzahl der Experimente, \* = Extremwerte nicht berücksichtigt.

		n	g	Ingr.	IngC.Flag.
Q1	x	6	1.6	50	0.42
	sx		1.2	47	0.39
Q2	x	4	1.7	32	0.26
	sx		0.5	31	0.26
Q3*	x	10	1.9	48	0.31
	sx		1.2	38	0.31
Q4	x	3	0.6	11	0.09
	sx		0.4	4	0.04

		n	IngC.Pop.	Filtr.Flag.	Filtr.Pop.
Q1	x	6	128	54	16
	sx		71	58	11
Q2	x	4	253	17	17
	sx		121	13	5
Q3*	x	10	175	48	19
	sx		120	45	12
Q4	x	3	15	33	5
	sx		5	20	3

		n	$\mu$	$t_g$	$\mu_{CBakt.}/Prim.$	$<\mu_{CBakt.}/Prim.<20\mu m$
Q1	x	6	1.6	4.4	117	0.03
	sx		1.3	3.7	94	0.04
Q2	x	4	2.9	2.9	410	0.12
	sx		1.5	1.3	211	0.08
Q3*	x	10	1.5	4.6	164	0.20
	sx		0.9	2.7	108	0.15
Q4	x	3	0.7	8.9	23	0.04
	sx					0.01

		n	$IngC.Pop./Prim.<20\mu m$	$\mu_{CBakt.}/Prim.$	$\mu_{CBakt.}/Prim.<20\mu m$
Q1	x	6	0.18	0.04	0.29
	sx		0.11	0.04	0.31
Q2	x	4	0.45	0.19	0.51
	sx		0.37	0.11	0.13
Q3*	x	10	0.27	0.23	0.32
	sx		0.17	0.17	0.19
Q4	x	3	0.05	0.07	0.08
	sx		0.02		

Bei den Aktivitätsparametern Wachstum und Grazing zeigte sich damit ähnlich wie bei den Abundanzen der Pico- und Nanoplankter, daß charakteristische Werte in bestimmten Sukzessionsstadien der saisonalen Planktonentwicklung vorgefunden wurden. Diese Stadien traten nebeneinander in verschiedenen hydrographisch definierten Regionen auf, so daß diese sich nicht voneinander trennen liessen. Eine Ausnahme bilden die Stationen im dichten Packeis, die sich sowohl als hydrographisch definierte Region (A1) als auch als biologisch charakterisierte Einheit (Q4) erwiesen.

Die durchschnittlichen Ergebnisse der Ratenmessungen für die Winter-Expedition Met8 sind in Tab. 4.4.4 aufgeführt. Eine weitere Untergliederung nach hydrographischen Regionen oder dem Entwicklungszustand des Planktons konnte aufgrund der geringen Anzahl von Messungen nicht vorgenommen werden.

**Tab. 4.4.4:** Aktivität des Pico- und Nanoplanktons im Verlauf der Winterexpedition

Met8.  $g$  = Grazingrate des eucaryontischen Protozooplanktons ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ), Ingr. = Ingestion an Bakterien pro Flagellat pro h ( $Bakt. \cdot Flag.^{-1} \cdot h^{-1}$ ), IngC.Flag. = Ingestion organ. Kohlenstoff pro Flagellat pro h ( $pg\ C \cdot Flag.^{-1} \cdot h^{-1}$ ), IngC.Pop. = Ingestion organ. Kohlenstoff durch Protozooplankton pro ml pro h, ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ) Filtr.Flag. = Filtriertes Wasservolumen pro Flagellat pro h ( $nl \cdot Flag.^{-1} \cdot h^{-1}$ ), Filtr.Pop. = Filtriertes Wasservolumen durch Protozooplankton pro ml pro h ( $\mu l \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $\mu$  = Wachstumsrate der Bakterien ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ),  $t_g$  = Generationszeit der Bakterien (h),  $\mu_{CBakt.}$  = Sekundärproduktion der Bakterien ( $pg\ C \cdot ml^{-1} \cdot h^{-1}$ ),  $x$ =Mittelwert,  $sx$ =Standardabweichung,  $n$ =Anzahl der Experimente.

	n	g	Ingr.	IngC.Flag.
x	12	2.5	45	0.37
sx		1.7	28	0.23

	n	Ing.C.Pop.	Filtr.Flag.	Filtr.Pop.
x	12	93	115	21
sx		44	105	16

	n	$\mu$	$t_g$	$\mu_{CBakt.}$
x	12	2.5	31	116
sx		1.8	15	94

Die Wachstums- und Grazingraten waren in derselben Größenordnung, wie es die Experimente in den Sommermonaten ergeben hatten. Im Gegensatz zum Phytoplankton, das insbesondere auf dem Abschnitt Met8/2 in extrem niedrigen Abundanz vorgefunden wurde, war das heterotrophe Pico- und Nanoplankton überall häufig und aktiv.

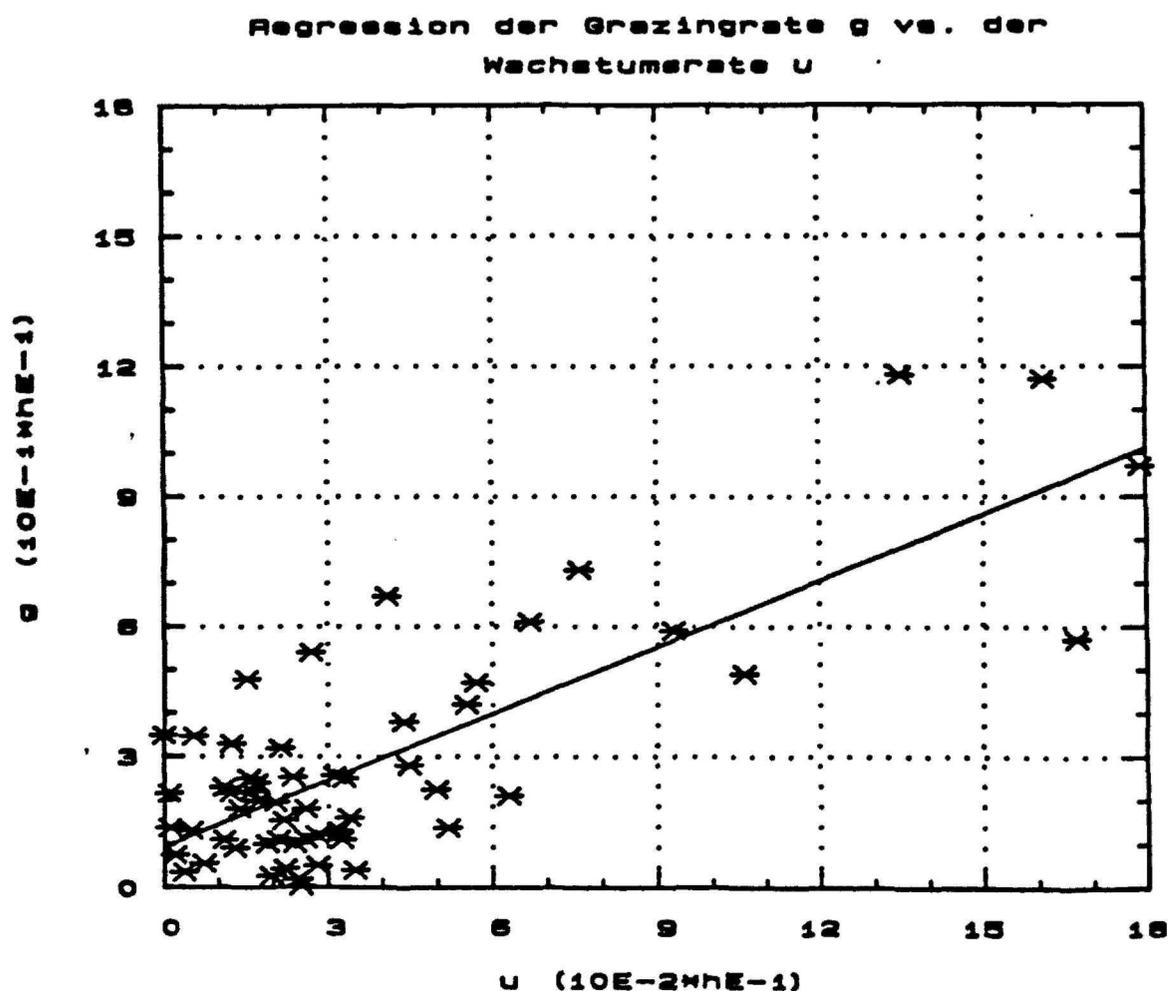


Abb. 4.4.2: Korrelation zwischen der Grazingrate  $g$  des eucaryontischen Protozooplanktons und der Wachstumsrate  $\mu$ .

Abschließend sollen die Relationen einiger Aktivitätsparameter und Bestandsgrößen dargelegt werden. Sie lassen Rückschlüsse auf die Vernetzung der einzelnen Organismengruppen im Nahrungsgefüge des "microbial loop" zu.

Zwischen Grazing ( $g$ :  $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ) und Wachstum ( $\mu$ :  $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ) bestand eine hochsignifikant von Null verschiedene Korrelation ( $p < 0.00001$ ). Die lineare Beziehung (Abb. 4.4.2) mit der Gleichung  $g = -0.93 \cdot 0.51 \cdot \mu$  ( $r^2 = 0.62$ ,  $n = 57$ ) zeigt die enge Kopplung zwischen diesen beiden Variablen. Zu anderen planktologischen Parametern ergaben sich keine signifikanten Korrelationen, sowohl für die Wachstums- als auch die Grazingrate.

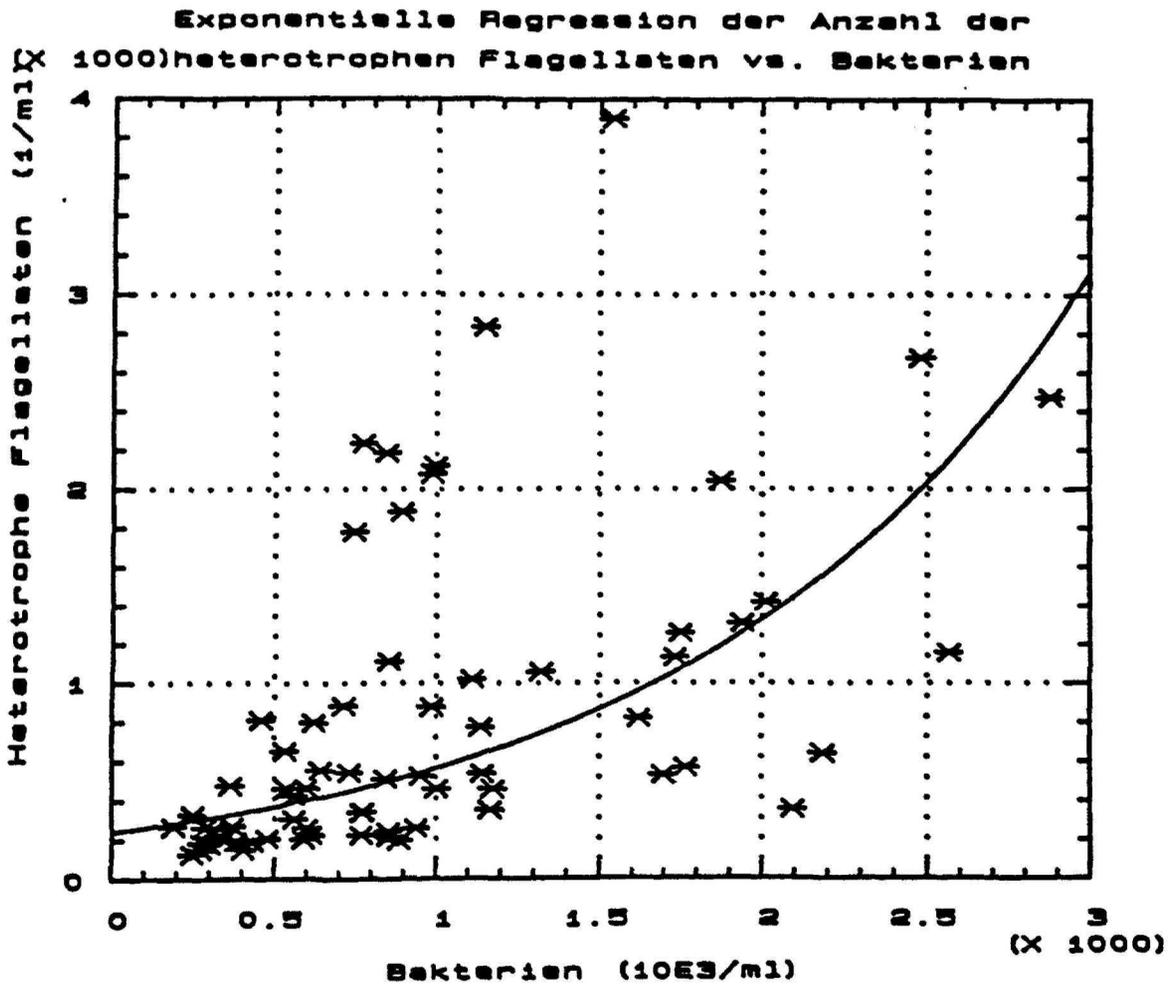


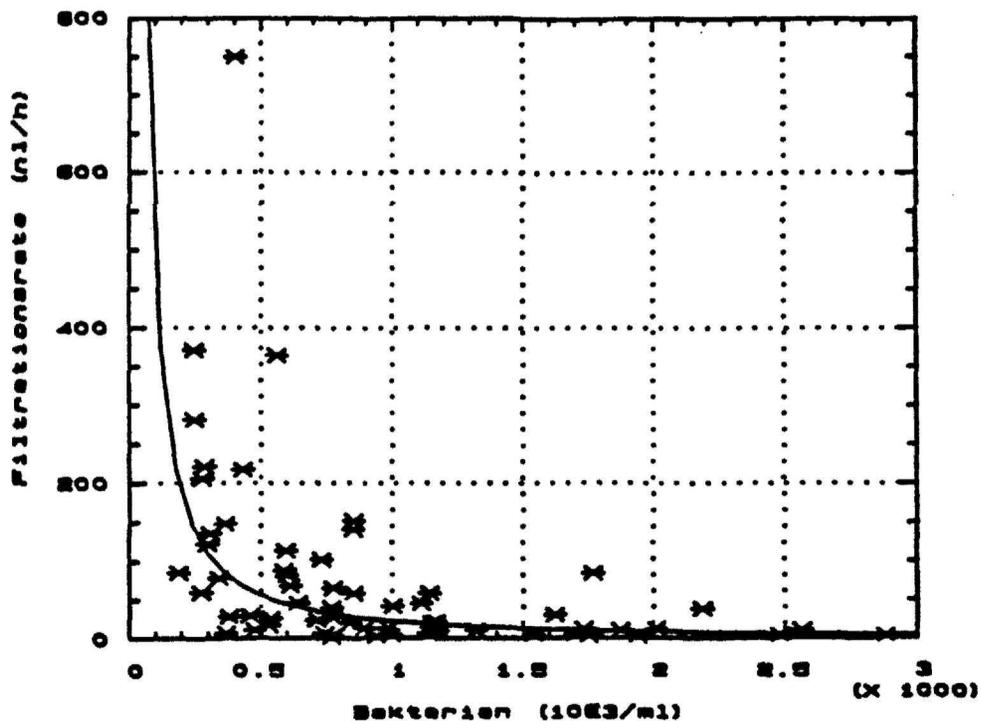
Abb. 4.4.3: Korrelation zwischen der Abundanz der heterotrophen Flagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) und der Bakterien ( $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ).

Die Abundanzen der Bakterien ( $x$ :  $10^3 \text{ Bakterien} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) und heterotrophen Flagellaten ( $y$ :  $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) standen ebenfalls in

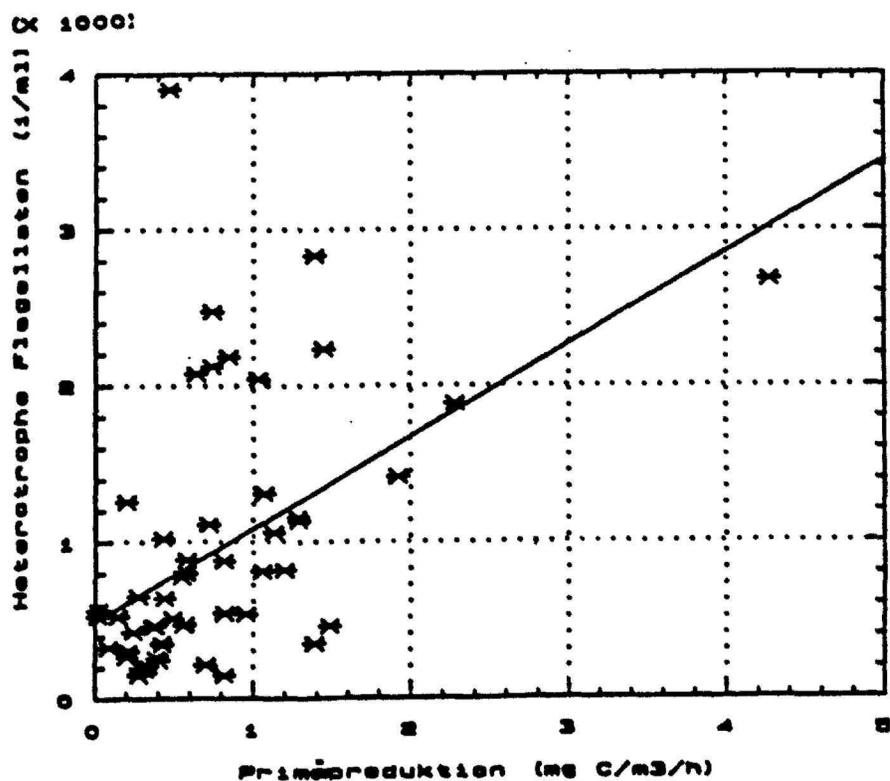
signifikanter Beziehung ( $p < 0.00001$ ). Es ergab sich folgende exponentielle Beziehung  $y = e^{5.49 * x}$  ( $r^2=0.36$ ,  $n=66$ , Abb. 4.4.3).

Die Häufigkeit der Bakterien ( $x$ :  $10^3$  Bakterien\* $ml^{-1}$ ) beeinflusste das Filtrationsvolumen ( $y$ :  $nl$ \*Flagellat $^{-1}$ \* $h^{-1}$ ) eines Flagellaten pro Zeiteinheit. Es ergab sich die hochsignifikante Beziehung ( $p < 0.00001$ )  $y = 12.3 * x^{-1.3}$  ( $r^2=0.40$ ,  $n=61$ ), die in Abb. 4.4.4 dargestellt ist. Unterschritten die Bakterienkonzentrationen Werte von  $300 * 10^3 * ml^{-1}$ , so kam es zu einem drastischen Anstieg des von den Flagellaten filtrierten Wasservolumens.

Die Abundanz des heterotrophen Flagellaten ( $y$ : Zellen\* $ml^{-1}$ ) wies eine signifikante Korrelation ( $p < 0.0003$ ) zur Primärproduktion in der Fraktion kleiner als  $20 \mu m$  auf ( $x$ :  $mg C * m^{-3} * h^{-1}$ ):  $y = 494 + 590 * x$  ( $r^2=0.24$ ,  $n=53$ , Abb. 4.4.5).



**Abb. 4.4.4:** Abhängigkeit der Filtrationsrate pro Flagellat ( $\text{nl} \cdot \text{Flagellat}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) von der Abundanz der Bakterien ( $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ ).



**Abb. 4.4.5:** Korrelation zwischen der Abundanz der heterotrophen Flagellaten ( $\text{Zellen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ) und der Primärproduktion in der Fraktion kleiner als  $20 \mu\text{m}$  ( $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

#### 4.5. Die Lebensgemeinschaft im mehrjährigen Packeis

Das Material für diese Untersuchung wurde ausschließlich auf der Reise Ark5/1 an einer Eisscholle gewonnen.

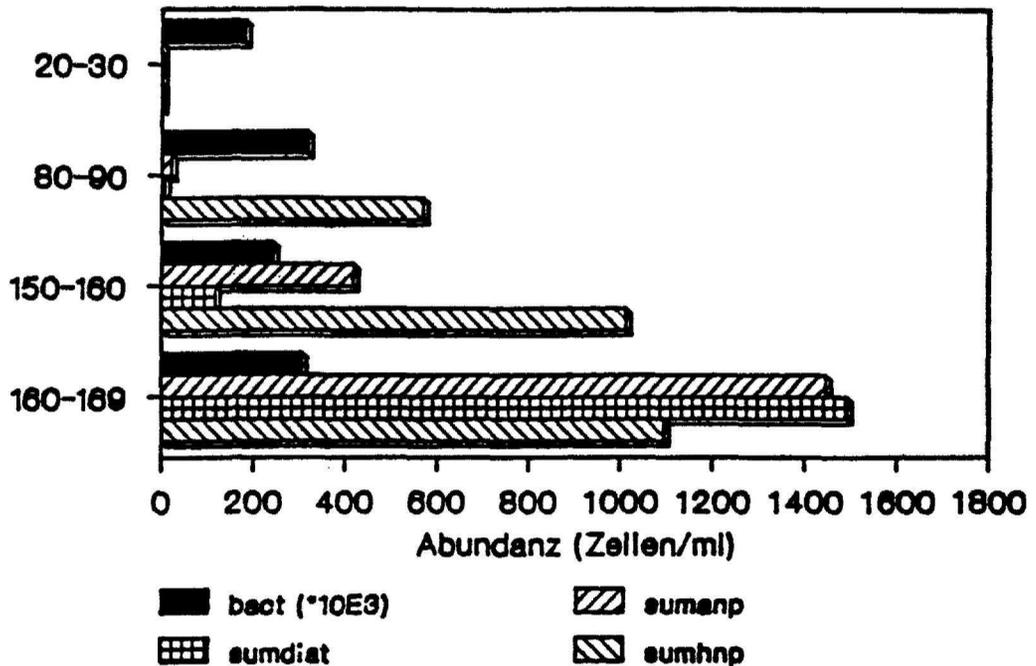
Zu Beginn der Untersuchung sollte geklärt werden, welche Bereiche der Eisschollen bevorzugt besiedelt werden. Hierzu wurde die erste Probe aus dem oberen Bereich eines Bohrkernes entnommen. Sie entsprach der Eisschicht in 20-30 cm Entfernung von der Schollenoberkante. Weiterhin wurde eine Probe aus dem mittleren Bereich (80-90 cm von der Schollenoberkante entfernt) und zwei aus dem untersten Bereich untersucht. Die beiden letztgenannten Proben entsprachen den untersten 9 cm der Eisscholle (160-169 cm von der Schollenoberkante entfernt) bzw. den darüber liegenden 10 cm.

Die Ergebnisse (Abb. 4.5.1) zeigen, daß die Bakterienzahlen relativ konstant waren. Neben kleinen Coccen (Durchmesser ca. 0.35  $\mu\text{m}$ ) waren etwa gleichhäufig große Stäbchen und Spirillen (Länge 1-2  $\mu\text{m}$ ) zu beobachten. Wie in Kapitel 4.2.2.1. beschrieben, wurden in der unter dem Eis liegenden Wassersäule fast ausschließlich Coccen angetroffen. An einem Probetag wurde aber in der Wassersäule eine drastische Zunahme des Anteils der Stäbchen und Spirillen beschrieben. Dies deutet auf einen Abtauprozess und eine damit verbundene Freisetzung von Eisbakterien hin.

Die anderen untersuchten Gruppen wurden im oberen Bereich der Scholle (20-30 cm) nicht nachgewiesen, lediglich leere Schalen pennater Diatomeen waren zu erkennen.

Vereinzelte Diatomeen traten bereits im mittleren (80-90 cm) Horizont auf, am häufigsten waren sie an der Schollenunterkante (1490 Diatomeen/ml Eis). Zentrische Diatomeen fehlten, es dominierten pennate Gattungen von ca. 40\*5  $\mu\text{m}$  Größe, die zu 90 % ihrer Form und der Verteilung der Chloroplasten wegen der Art Nitzschia grunowii angehört haben dürften.

Eishorizont (cm)

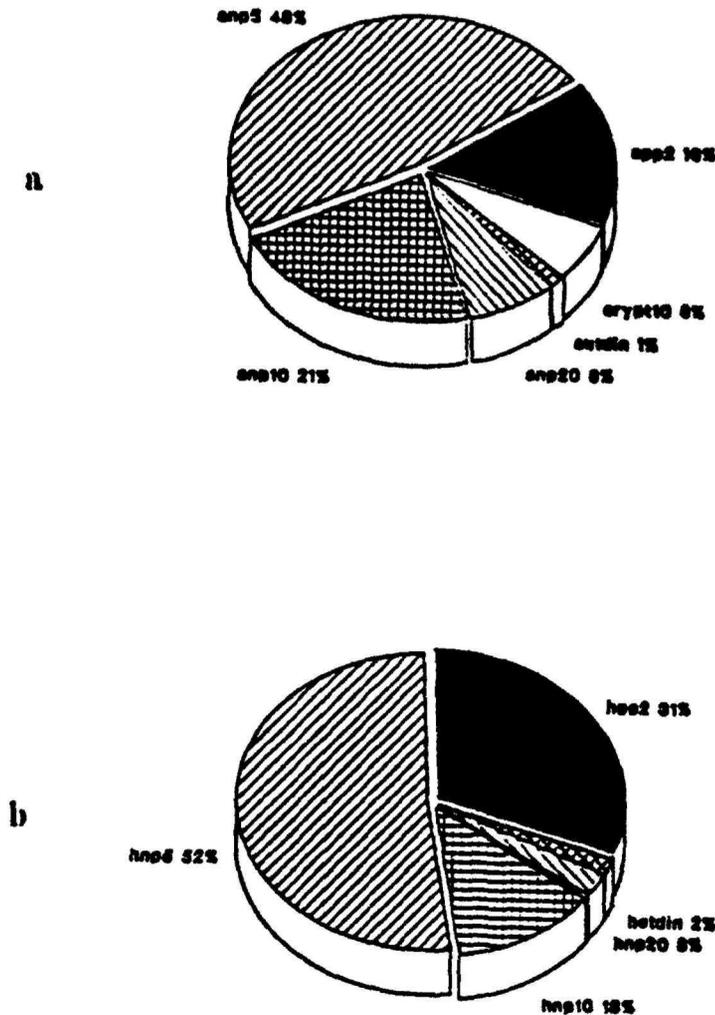


**Abb. 4.5.1:** Verteilung der Eisorganismen in vier verschiedenen Horizonten einer arktische Eisscholle. bact=Bakterien, sumdiat=Diatomeen, sumanp=autotrophe Flagellaten, sumhnp=heterotrophe Flagellaten.

Die Ausprägung des Maximums am Unterrand der Scholle war bei den autotrophen Pico- und Nanoflagellaten ebenfalls deutlich. Von nur 21 Zellen/ml im Horizont 80-90 cm nahmen sie auf über 1400 Zellen\*ml<sup>-1</sup> zu. In Abb. 4.5.2 a ist die Größenstruktur der autotrophen Flagellaten beispielhaft anhand der Daten vom Schollenunterrand gezeigt. Cryptophyceen < 10 µm sowie Dinoflagellaten stellten den geringsten Anteil. Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus der darunterliegenden Wassersäule dominierten Flagellaten von 2-5 µm Größe.

Die Verteilung der heterotrophen Pico- und Nanoflagellaten war homogener als die der autotrophen Organismen. Bereits im Horizont 80-90 cm wurden 570 Zellen\*ml<sup>-1</sup> angetroffen, das Maximum lag bei 1095

Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Ebenso wie bei den autotrophen Flagellaten dominierte die Größenfraktion von 2-5 µm, heterotrophe Organismen zwischen 5 und 20 µm Größe stellten lediglich 18 % der Gesamtzahl (Abb. 4.5.2 b).



**Abb. 4.5.2:** Größenstruktur der Populationen der autotrophen (a) und heterotrophen (b) Pico- und Nanoflagellaten. app2=autotr. Flag. < 2 µm, anp5=autotr. Flag. 2-5 µm, anp10 = autotr. Flag. 5-10 µm, anp20=autotr. Flag. 10-20 µm, autdin= autotr. Dinoflag. < 20 µm, crypt10 = Cryptophyceen < 10 µm, hpp2=heterotr. Flag. < 2 µm, hnp5=heterotr. Flag. 2-5 µm, hnp10 = heterotr. Flag. 5-10 µm, hnp20= heterotr. Flag. 10-20 µm, hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20 µm.

Der Horizont 80-90 cm wies die Besonderheit auf, daß neben der hohen Anzahl heterotropher Organismen sehr viel grünlich fluoreszierender, amorpher Detritus variierender Größe zu beobachten war.

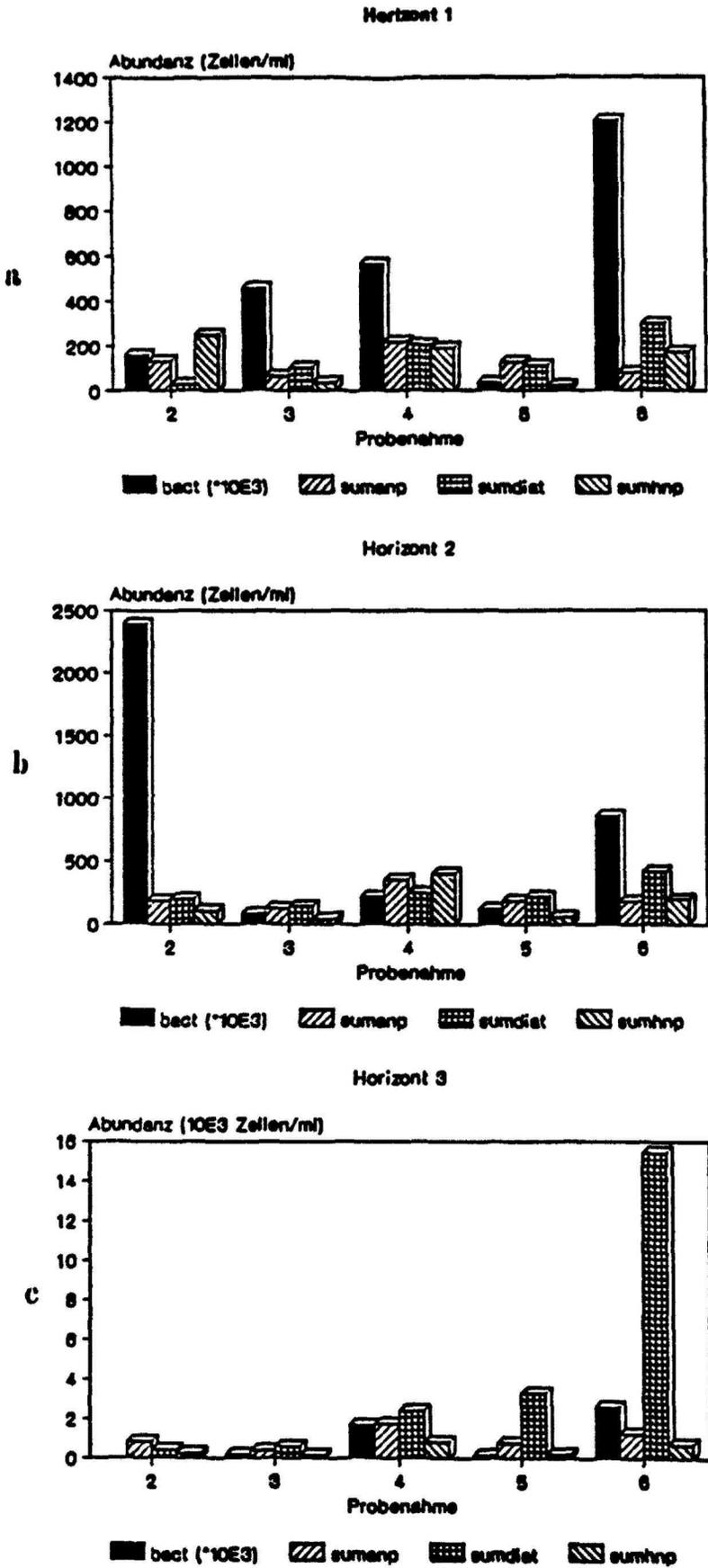
Die zeitliche Entwicklung der Eislebensgemeinschaft und die Variabilität bedingt durch unterschiedlichen Lichteintrag wurde im Rahmen des Eisschollen-Experiments untersucht. Ich beschränkte mich bei der Probenahme aufgrund der bereits beschriebenen Ergebnisse auf die 3 untersten Horizonte der Eisscholle. Horizont 1 entsprach der Eisschicht in 20-30 cm Entfernung vom Unterrand, Horizont 2 der in 10-20 cm Entfernung, Horizont 3 den untersten 10 cm.

Im Feld 1 (Abb. 4.5.3), in dem aufgrund der Entfernung der Schneeaufgabe die höchsten Lichtintensitäten zur Verfügung standen, fand im Horizont 3 ein exponentielles Wachstum der Diatomeen statt ( $y=330 \cdot e^{0.22 \cdot t}$ ,  $r^2=0.94$ ;  $y=\text{Diatomeen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,  $t=\text{Zeit (d)}$ ; Abb. 4.5.6). Hieraus ergibt sich eine Generationszeit von  $t_g=3.15$  Tage. Es dominierten pennate Formen (z.B. Nitzschia grunowii), der Anteil zentrischer Diatomeen lag unter 1%. Dies wurde in allen Feldern beobachtet. Am letzten Probenahmetag war die Eigenfluoreszenz der Diatomeen schwach. Dies deutet auf eine beginnende Schädigung der Zellen hin.

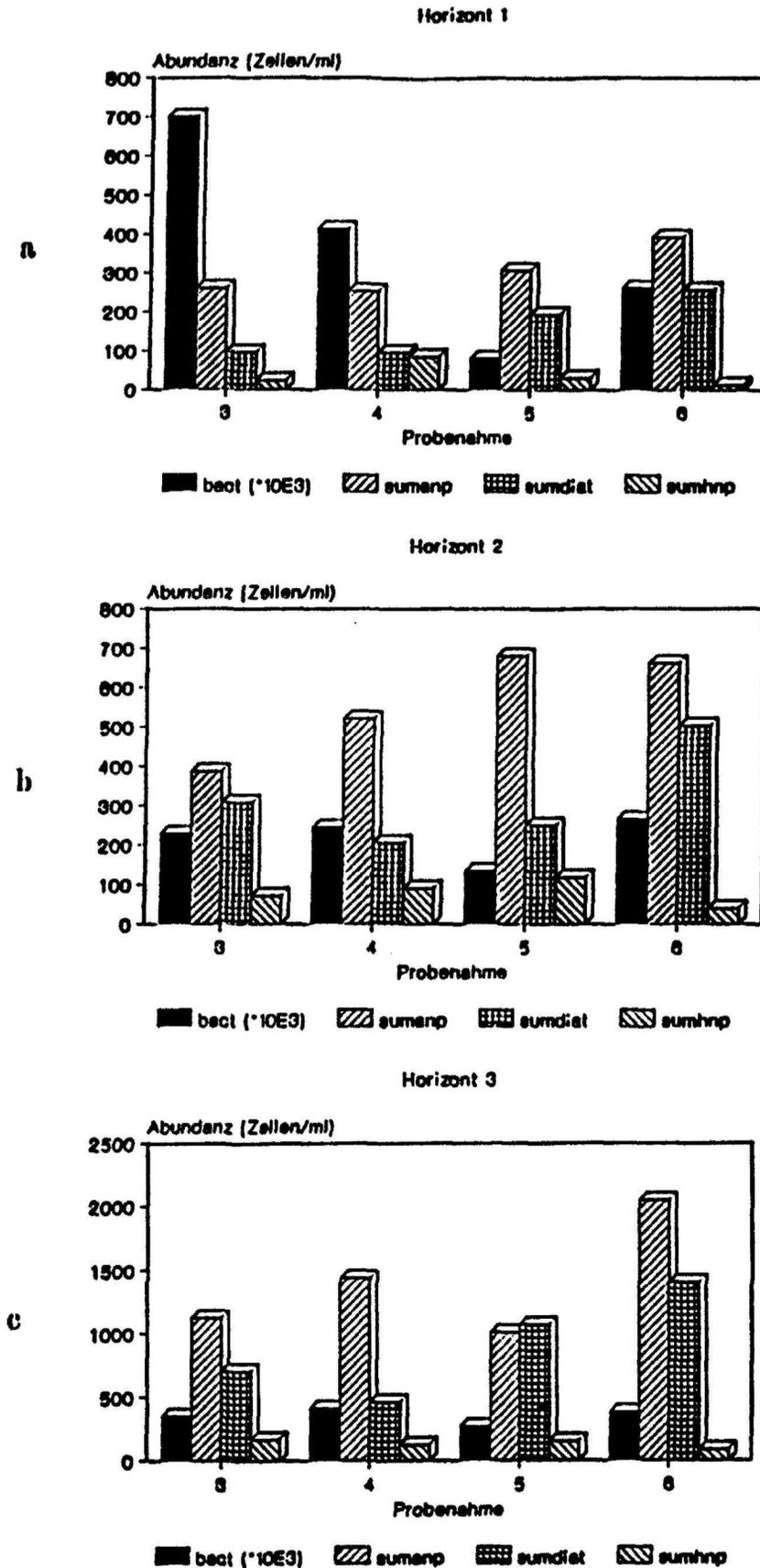
Für Bakterien und die auto- sowie heterotrophen Flagellaten wurde jeweils bei Probenahme 4 und 6 die höchsten Werte ermittelt. Im Gegensatz zu den Diatomeen zeigten diese Organismen keine eindeutige zeitliche Tendenz in ihren Populationsschwankungen.

Bei den Bakterien stieg der Anteil der großen Stäbchen und Spirillen (Länge 1-2  $\mu\text{m}$ ) mit steigender Abundanz. Mit  $2.6 \cdot 10^6$  Bakterien  $\cdot \text{ml}^{-1}$  bei einem Anteil der Stäbchen und Spirillen von über 90 % wurden am letzten Probenahmetag im Horizont 3 die höchste Dichte überhaupt gemessen. Dies deutet ebenfalls auf eine Seneszenz der Diatomeenzellen und damit Freisetzung organischen Materials und Stimulation des Bakterienwachstums hin.

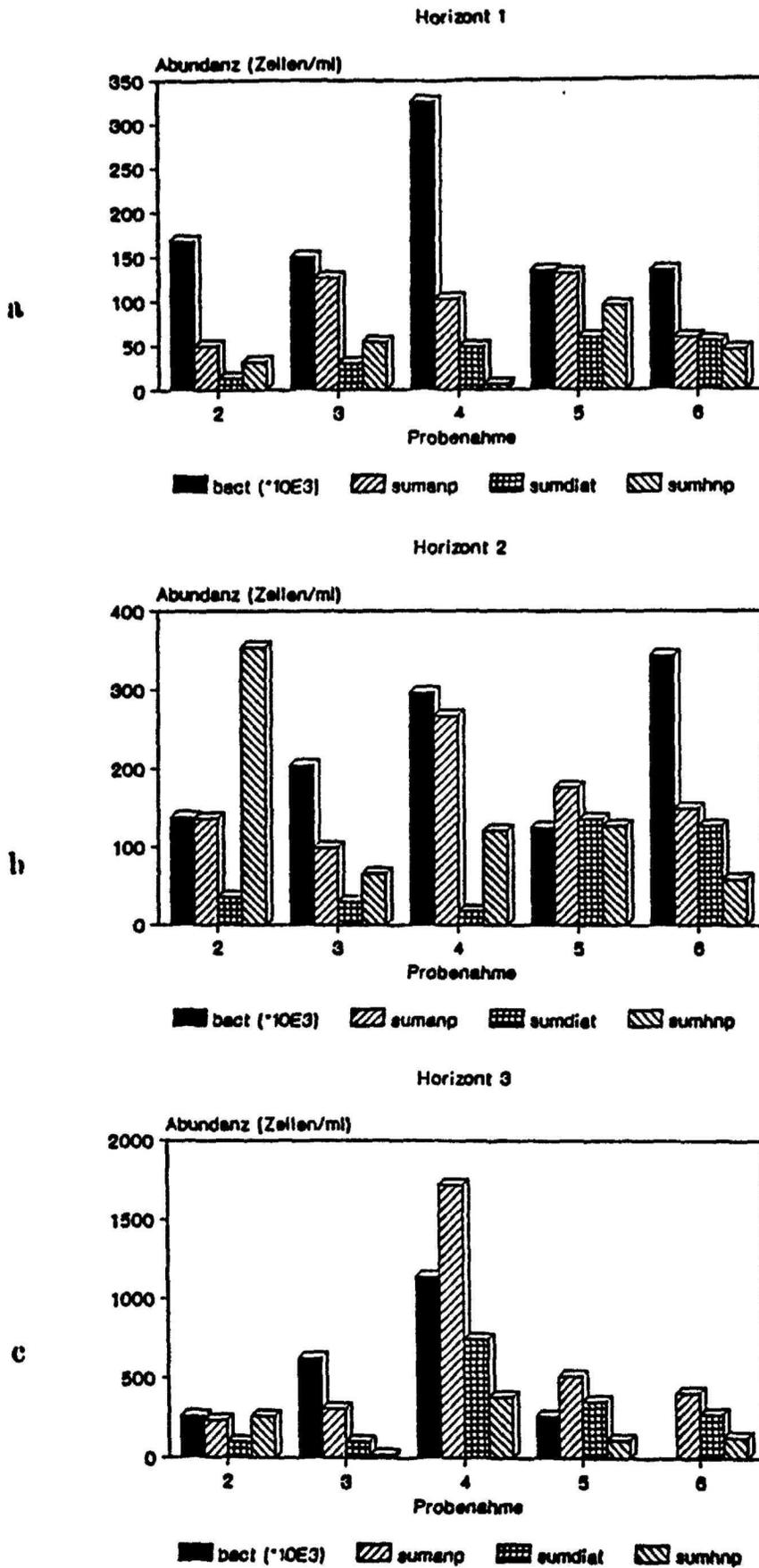
Im Feld 2 (Abb. 4.5.4), das unverändert geblieben war, begann die Untersuchung erst ab Probenahmetag 3.



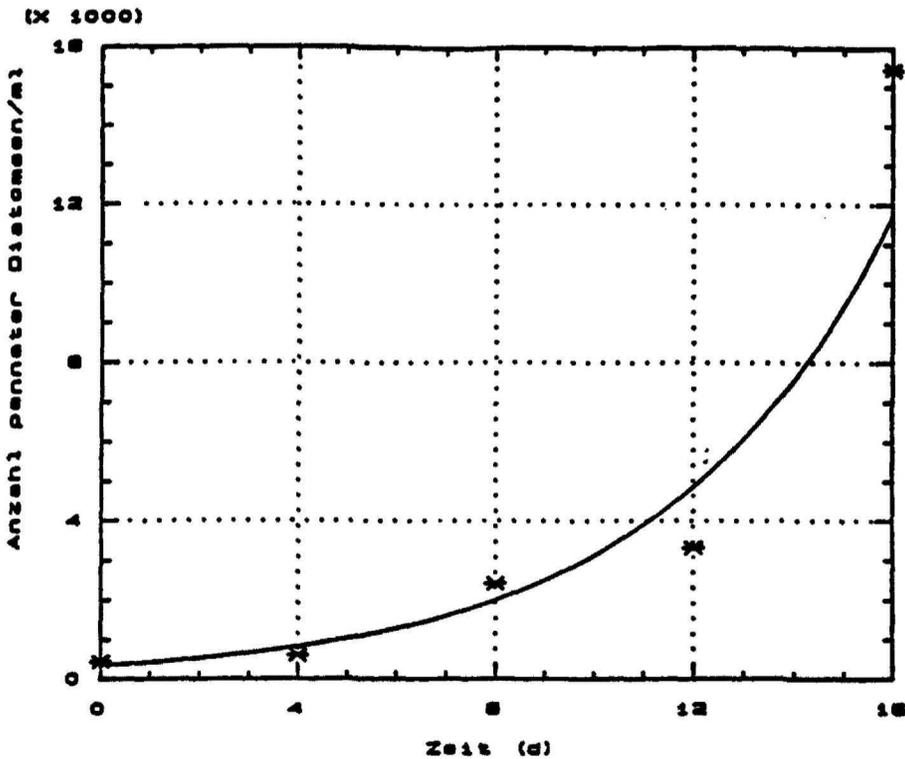
**Abb. 4.5.3:** Verteilung der Eisorganismen in den drei untersten Horizonten 1 (a), 2 (b) und 3 (c) im Feld 1. (Intervall zwischen den Probenahmen=4 Tage). bact=Bakterien, sumdiat=Diatomeen, sumanp=autotr. Flag. sumhnp=heterotr. Flag..



**Abb. 4.5.4:** Verteilung der Eisorganismen in den drei untersten Horizonten 1 (a), 2 (b) und 3 (c) im Feld 2. (Intervall zwischen den Probenahmen=4 Tage). bact=Bakterien, sumdiat=Diatomeen, sumanp=autotr. Flag. sumhnp=heterotr. Flag..



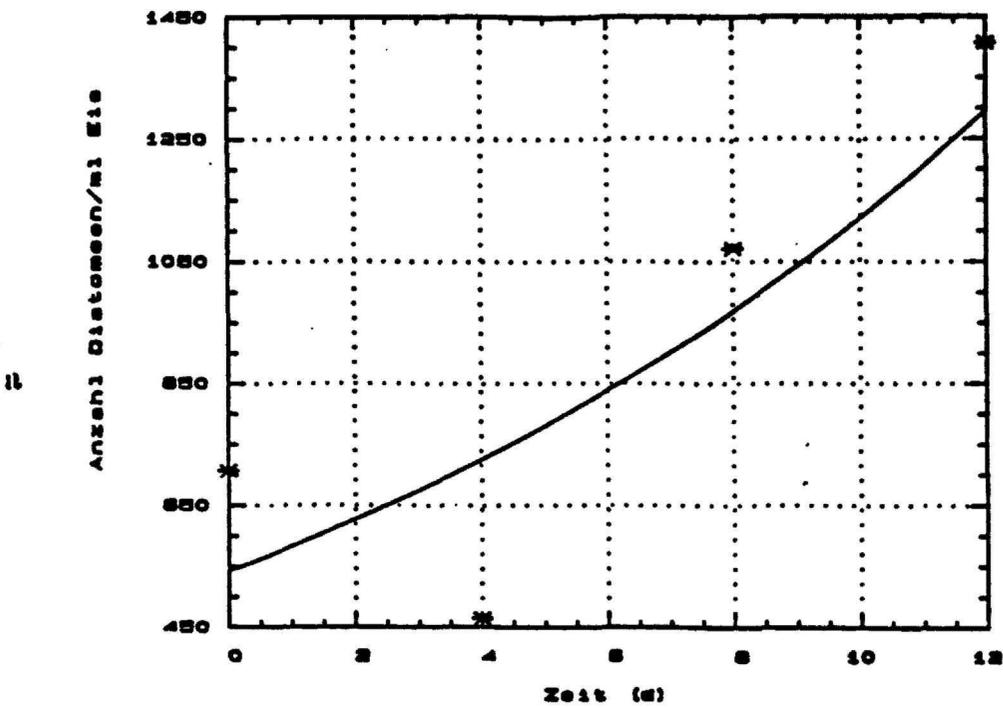
**Abb. 4.5.5:** Verteilung der Eisorganismen in den drei untersten Horizonten 1 (a), 2 (b) und 3 (c) im Feld 3. (Intervall zwischen den Probenahmen=4 Tage). bact=Bakterien, sumdiat=Diatomeen, sumanp=autotr. Flag. sumhnp=heterotr. Flag..



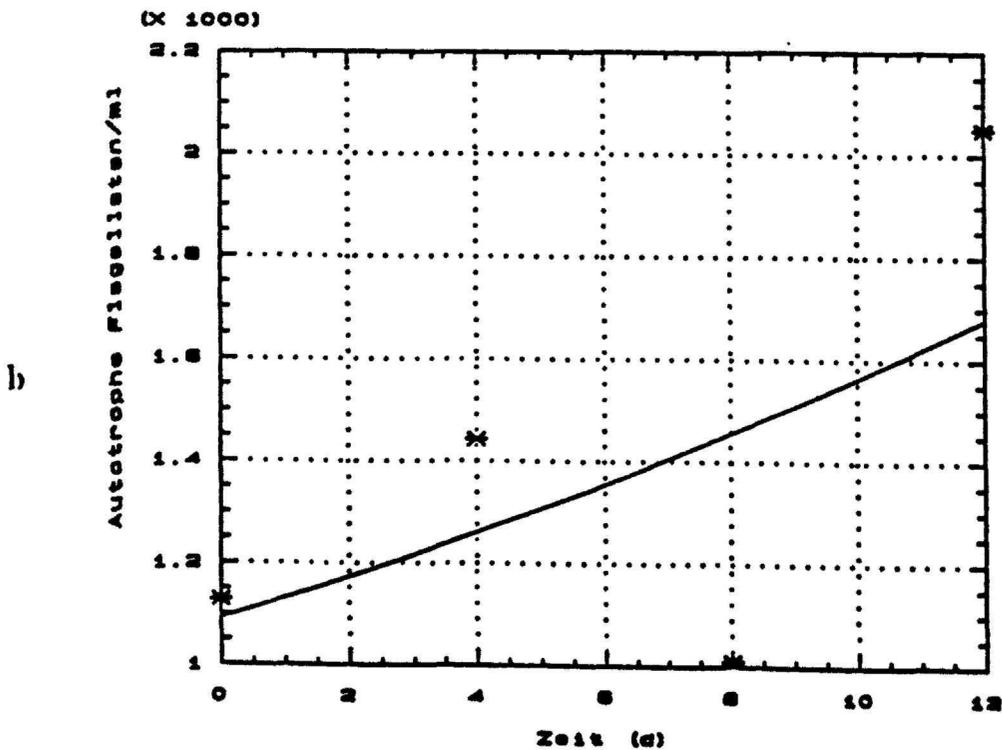
**Abb. 4.5.6:** Exponentielles Wachstum der pennaten Diatomeen im Feld 1. Die hieraus ermittelte Generationszeit betrug 3.2 Tage.

Die Diatomeen zeigten in allen Bohrkernen ihr Maximum im untersten Horizont. Mit der Zeitdauer der Untersuchung erfolgte eine Zunahme der Abundanz, am stärksten an der Eisunterkante. Die Wachstumskurve (Abb. 4.5.7) zeigt für Horizont 3 eine exponentielle Zunahme ( $y=542 \cdot e^{0.072 \cdot t}$ ,  $r^2=0.59$ ;  $y=\text{Diatomeen} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,  $t=\text{Zeit (d)}$ ). Die Wachstumsrate  $\mu=0.072$  und damit die Generationszeit  $t_g=9.6$  Tage läßt ein ca. 3-mal langsames Wachstum der Kieselalgen unter natürlichen Bedingungen im Vergleich zu Feld 1 erkennen.

Ebenso wie die Diatomeen nahmen die autotrophen Flagellaten mit der Zeit zu. Die Regressionsanalyse ( $y=1092 \cdot e^{0.036 \cdot t}$ ,  $r^2=0.34$ ;  $y=\text{autotrophe Flagellaten} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,  $t=\text{Zeit (d)}$ , Abb. 4.5.8) zeigt anhand des niedrigen Regressionskoeffizienten  $r$  die relativ schwache Beziehung zwischen autotrophen Flagellaten und Zeit. Weiterhin ist bei der Wachstumsrate  $\mu=0.036$  die Generationszeit  $t_g$  mit 19.3 Tagen etwa doppelt so lange wie für die Diatomeen unter gleichen Bedingungen. Dies läßt 2 mögliche Schlußfolgerungen zu, entweder sind die Diatomeen besser an den Lebensraum Eis angepaßt oder die Flagellaten stehen in stärkerer Wechselwirkung mit der Lebensgemeinschaft des Pelagials.



**Abb. 4.5.7:** Exponentielles Wachstum der pennaten Diatomeen in Feld 2. Die hieraus ermittelte Generationszeit betrug 9.6 Tage.



**Abb. 4.5.8:** Exponentielles Wachstum der autotrophen Flagellaten in Feld 2. Die hieraus ermittelte Generationszeit betrug 19.3 Tage.

Die heterotrophen Komponenten der Eislebensgemeinschaft, die Bakterien und die heterotrophen Flagellaten, zeigten eine große Konstanz ihrer Abundanzen mit der Zeit. Eine Ausnahme bildeten hierbei die anfänglich hohen Bakterienkonzentrationen im Horizont 1, die jedoch als lokales Patchiness-Phänomen zu betrachten sind.

Das abgedunkelte Feld 3 zeichnete sich durch ausgesprochen niedrige Konzentrationen an Kleinstorganismen aus (Abb. 4.5.5). Geringste Schwankungen in der Abundanz resultieren folglich in großen relativen Änderungen. Hieraus leitet sich die anscheinend hohe Variabilität der Abundanzen im Vergleich der einzelnen Probenahmen ab. Eine eindeutige Zu- oder Abnahmetendenz für einzelne Organismengruppen ist nicht erkennbar.

Aus den Ergebnissen des naturbelassenen Feldes 2 wurden die Mittelwerte der Abundanzen sowie deren Standardabweichungen für alle untersuchten Organismengruppen berechnet (Tab 4.5.1).

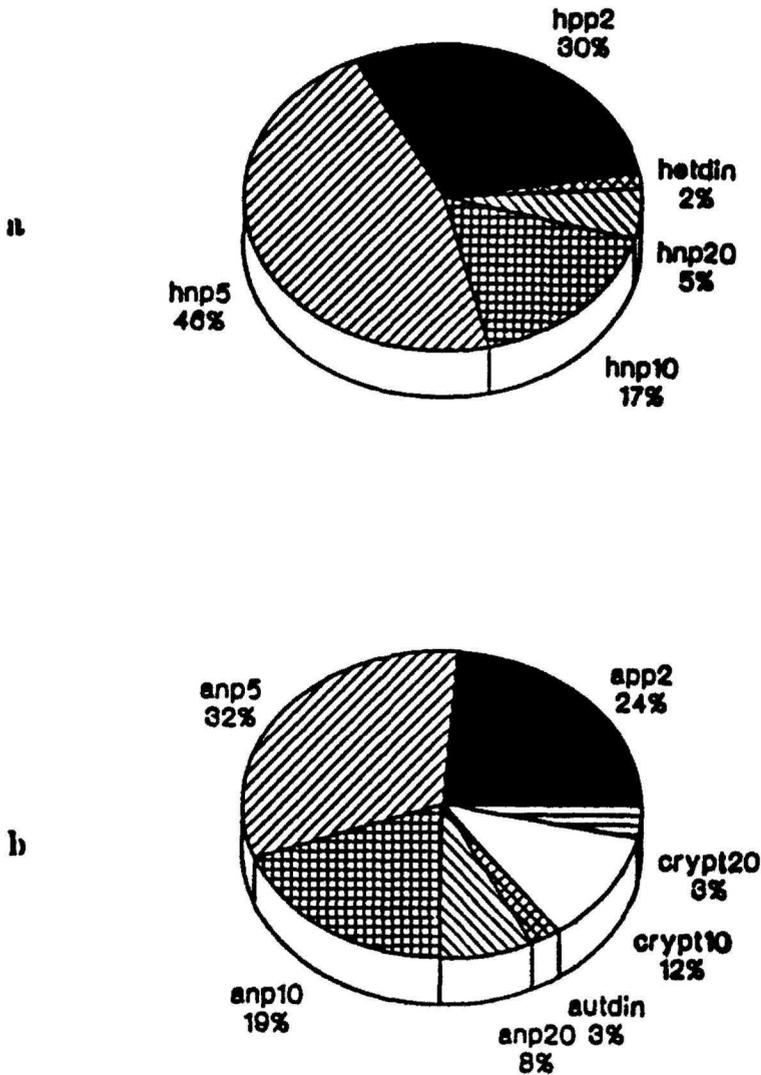
Sämtliche Mikroorganismen haben ihr Maximum am Unterrand der Scholle. Eine Ausnahme bilden lediglich die Bakterien. Sie zeigen keinen Gradienten in der Abundanz, sondern sind relativ homogen verteilt mit stellenweise sehr hohen Standardabweichungen (Horizont 1). Dies deutet auf eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität der Bakterienpopulation im Eis hin.

**Tab. 4.5.1:** Verteilung der Eislebensgemeinschaft auf die verschiedenen Horizonte des Meereises. Angegeben sind die Mittelwerte aus allen Proben des naturbelassenen Feldes 2 mit ihren Standardabweichungen. Bakt=Bakterien\* $10^3$ \*ml<sup>-1</sup>, Cyano=Cyanobakterien\*ml<sup>-1</sup>, Sumanp=Autotrophe Flagellaten\*ml<sup>-1</sup>, Diat=pennate Diatomeen\*ml<sup>-1</sup>, Sumhnp=Heterotrophe Flagellaten\*ml<sup>-1</sup>.

Horizont	Bakt	Cyano	Sumanp	Diat	Sumhnp
1	364±226	29±23	304± 56	162± 69	38± 27
2	223± 46	42±28	533±120	277±129	267±375
3	344± 5	54±37	1416±361	1028±395	327±385

Ähnliches gilt für die heterotrophen Pico- und Nanoflagellaten. Sie wiesen die mit Abstand höchsten Variationskoeffizienten (Verhältnis Standardabweichung zu Mittelwert) auf. Die Größenstruktur (Abb.

4.5.9 a) zeigt, daß kleine Flagellaten von 2-5  $\mu\text{m}$  Größe dominierten (46 %). Dinoflagellaten waren von geringer Bedeutung (2 %).



**Abb. 4.5.9:** Größenstruktur der Populationen der hetero- (a) und auto- trophen (b) Pico- und Nanoflagellaten. app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , autdin= autotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ , crypt10 = Cryptophyceen < 10  $\mu\text{m}$ , crypt20 = Cryptophyceen < 20  $\mu\text{m}$ , hpp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hettin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ .

Die Anzahl der autotrophen Organismen blieb im Untersuchungszeitraum relativ konstant, folglich sind hier die Variationskoeffizienten niedrig. Die Diatomeen wurden dominiert von pennaten Formen, z.B. der Gattung Fragillariopsis.

Die Größenstruktur der autotrophen Flagellaten ähnelte der der heterotrophen (Abb. 4.5.9 b) mit der dominierenden Fraktion von 2-5  $\mu\text{m}$  Größe (32 %). Allerdings liegt der Anteil der Flagellaten zwischen 5 und 10  $\mu\text{m}$  Größe zusammengenommen, d.h. incl. der Cryptophyceen, mit 31 % nur unerheblich unter dem vorigen. Insgesamt gilt für die Gesamtheit der autotrophen Organismen (incl. Diatomeen), daß sie im Mittel größer sind als die vorgefundenen heterotrophen Flagellaten.

Abschließend hervorzuheben ist das Vorkommen von coccalen, ca. 1.5  $\mu\text{m}$  großen Picocyanobakterien in den Eisproben, die regelmäßig in allen Horizonten auftraten. Ihre Verteilung blieb während der Gesamtdauer des Experimentes konstant.

Zur Erfassung der Struktur der Eislebensgemeinschaft in den untersuchten Feldern 1-3 wurde eine Faktorenanalyse durchgeführt. Zwei Faktoren wiesen Eigenwerte größer eins auf, der erste beschrieb 56.8 %, der zweite 15.9 % der Variabilität der Parameter. In Abb. 4.5.10 a ist der Einfluß der gemessenen Variablen, d.h. der Abundanzen der Eisorganismen, auf die einzelnen Faktoren dargestellt.

Faktor 1 (F1) wurde bestimmt ( $F1 > 0.5$ ) von heterotrophen Organismen (Bakterien und Flagellaten) sowie den pennaten Diatomeen. Entlang der Achse Faktor 2 (F2) erfolgt eine eindeutige Trennung der Variablen in autotrophe bzw. heterotrophe Organismengruppen.

Als gemeinsame Eigenschaften der Organismen, die F2 bestimmen, sind besonders das Abundanzmaximum an der Eisunterkante sowie ihre Lichtabhängigkeit als Primärproduzenten zu nennen. Man könnte F2 folglich als *Primärproduktionspotential* bezeichnen.

Faktor 1 ist in seiner Bedeutung schwieriger zu definieren, er wird dominiert von heterotrophen Organismen, die gemeinsam die Eigenschaft der Lichtunabhängigkeit sowie der hohen Variabilität der Verteilung aufweisen. Der hohe Einfluß der pennaten Diatomeen sowie die mittelstarke Relation zu den autotrophen Flagellaten kann man als deren Bedeutung in der Zulieferung organischen Materials für die heterotrophen

Organismen deuten. Folglich könnte F1 als *heterotrophes Potential* angesehen werden.

An diese Erklärungsmöglichkeit anknüpfend soll anhand der Faktorwerte für die einzelnen Eisproben deren biologischen Zustand beschrieben werden (Abb. 4.5.10 b). Folgende Charakteristika treten hierbei auf:

- es erfolgte eine Gruppierung nach Horizonten, d.h. Proben aus Horizont 1 wiesen niedrigere Faktorwerte auf als solche aus Horizont 3,
- es erfolgte eine Gruppenbildung nach Feldern, die Proben aus Feld 2 lagen fast ausschließlich in Quadrant 1, die von Feld 3 in Quadrant 4.

**Tab. 4.5.2:** Verhältnis der durchschnittlichen Abundanzen der Eisorganismen zueinander in den 4 Quadranten der Faktorenanalyse. Anp=Autotrophe Flagellaten, Bakt=Bakterien\*10<sup>3</sup>, Diat=pennate Diatomeen, Hnp=Heterotrophe Flagellaten. Weitere Erläuterung im Text.

Quadrant	Anp/Bakt	Diat/Bakt	Hnp/Bakt	Anp/Hnp	Diat/Hnp	Anp/Diat
1	2,7±1.5	2.9±4.6	0.4±0.3	9.3±7.1	6.6±5.4	1.8±0.8
2	2.1±1.9	4.1±1.9	1.4±1.5	1.7±0.3	8.7±9.3	0.6±0.4
3	0.8±0.7	0.6±0.3	1.3±1.6	0.8±0.3	1.1±0.7	1.3±1.2
4	0.9±0.8	0.6±0.8	0.6±0.6	3.1±3.6	1.9±1.9	2.8±3.0

Bildet man die Mittelwerte der Organismenzahlen für alle Proben aus den einzelnen Quadranten und setzt sie zueinander ins Verhältnis (Tab. 4.5.2), so bestätigen diese Daten die Interpretation der Faktoren 1 und 2. Die Proben in den Quadranten 1+2 wiesen hohe Werte für die Relationen Diatomeen/Bakterien, Diatomeen/Heterotrophe Flagellaten und Autotrophe Flagellaten/Heterotrophe Flagellaten auf, entlang der Achse Faktor 2 nahm die Dominanz der Primärproduzenten zu. Entlang der Achse Faktor 1 nahmen die Verhältnisse Autotrophe Flagellaten/Diatomeen und Autotrophe Flagellaten/Heterotrophe Flagellaten ab, das Verhältnis Heterotrophe Flagellaten/Bakterien zu. Es kommt zu einer Dominanzverlagerung von den Primärproduzenten zu den Sekundärproduzenten und Destruenten. Da das Verhältnis Heterotrophe Flagellaten/Bakterien entlang der Achse Faktor 2 ebenfalls zunimmt, kann man die 4 Quadranten als 4 unterschiedliche Sukzessionsstadien der Eislebensgemeinschaft bezeichnen:

**A) Die Gemeinschaft der Autotrophen Flagellaten (Quadrant 1)**

Sie wurde in den Proben unter natürlichen Lichtbedingungen gefunden.

**B) Die Diatomeen-Gemeinschaft (Quadrant 2)**

Sie wurde ausschließlich an der Eisunterkante (Horizont 3) gefunden. Sie zeichnet sich sowohl durch die hohe Aktivität der Diatomeen wie auch der heterotrophen Organismen aus.

**C) Die Heterotrophen-Gemeinschaft (Quadrant 3)**

Sie wurde charakterisiert durch hohe Abundanzen von Bakterien und heterotrophen Flagellaten in den Horizonten 1 und 2.

**D) Die Überwinterungsgemeinschaft (Quadrant 4).**

Hier fanden sich Eisproben, die sowohl wenige auto- wie auch heterotrophe Organismen enthielten. Sie stammen aus Feld 3, bzw. Horizont 1 und 2, in denen die Frühjahrsentwicklung noch nicht eingesetzt hatte.

Die Verteilung der Proben über die Quadranten entlang der Faktorachsen ist fließend. Man findet folglich ein Sukzessionsgeschehen, das ausgangs des Winters von Quadrant 4 mit Zunahme des Lichtes und damit des pflanzlichen Wachstum über Quadrant 1 zu Quadrant 2 führt. Unsicher bleibt die Stellung von Quadrant 3. Hier gibt es 2 Erklärungsmöglichkeiten. Zum einen können im Laufe des Winters die heterotrophen Organismen die Überhand gewinnen, dies könnte für die beobachteten Proben zutreffen. Andererseits ist im Abschluß der Diatomeenblüte mit einer Zunahme der heterotrophen Aktivität zu rechnen, wie sich das in der Entwicklung bereits bei der Probe K163 darstellt. Diese stammte aus Feld 1, genommen am letzten Probenahmetag aus dem untersten Horizont. Die Diatomeen zeigten, wie bereits erwähnt, eine schwache Eigenfluoreszenz und es fand sich eine reiche Bakterienpopulation. Eine Fortführung dieser Entwicklungstendenz würde in Quadrant 3 hineinführen.

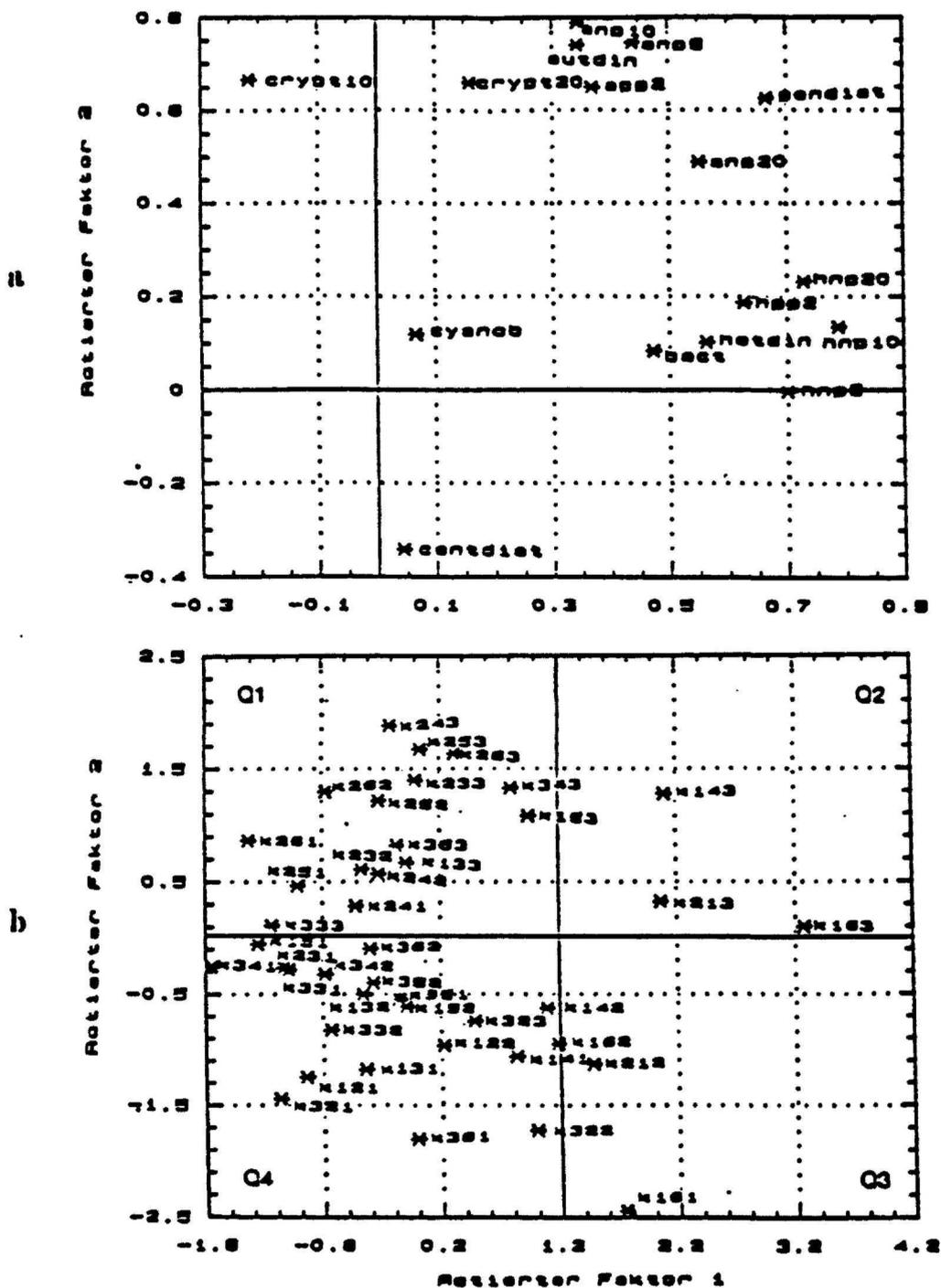


Abb. 4.5.10: Faktorenanalyse der Eisproben der Expedition Ark5/1.

a) Faktorladung der Variablen sumdiat= Diatomeen, phaeoc= *P. pouchetii*, app2=autotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , anp5=autotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , anp10 = autotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , anp20=autotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , autdin = autotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ , crypt10 = Cryptophyceen < 10  $\mu\text{m}$ , crypt20 = Cryptophyceen 10-20  $\mu\text{m}$ , hpp2=heterotr. Flag. < 2  $\mu\text{m}$ , hnp5=heterotr. Flag. 2-5  $\mu\text{m}$ , hnp10 = heterotr. Flag. 5-10  $\mu\text{m}$ , hnp20= heterotr. Flag. 10-20  $\mu\text{m}$ , hetdin=heterotr. Dinoflag. < 20  $\mu\text{m}$ , bact=Bakterien.

b) Faktorwerte der einzelnen Eiskernproben. Erläuterung für die Kernbezeichnungen am Bsp. "kxyz": k=Eiskern, x=Feld x, y= Probennahmetag (Abstand jeweils 4 Tage), z=Horizont.

Zusammenfassend kann aufgrund der Faktorenanalyse festgestellt werden, daß sich im Untersuchungszeitraum (Mai 1988) die Eisgemeinschaft in einem Großteil der Proben am Ende der Winterruhephase befand. Unter natürlichen Lichtbedingungen kam es an der Eisunterkante zu einer Zunahme der pflanzlichen Biomasse, bedingt durch Flagellaten und pennate Diatomeen.

Bei künstlich hervorgerufenem, stark erhöhtem Lichtangebot entwickelte sich eine Diatomeenblüte im Bereich der untersten cm des Eises und mit zunehmender Seneszenz der Algen trat eine Erhöhung der Anzahl heterotropher Organismen (Bakterien, Flagellaten) auf.

## 5. Diskussion

Zu Beginn der Diskussion erfolgt eine kritische Betrachtung der benutzten Methoden. Daran anschließend werden die Ergebnisse über die Besiedlung des Meereises diskutiert. Der dritte Teil behandelt die Struktur der pelagischen Pico- und Nanoplanktongemeinschaft im Vergleich zu Ergebnissen aus anderen Meeresregionen. Abschließend soll die Bedeutung der Bakterien und heterotrophen Flagellaten für den Stoff- und Energietransfer der Grönländischen See in Relation zu der Aktivität anderer Planktonfraktionen, insbesondere der herbivoren Copepoden, gestellt werden.

### 5.1. Kritische Betrachtung der eingesetzten Methoden

#### 5.1.1. Ermittlung der Abundanzen des auto- und heterotrophen Pico- und Nanoplanktons

Die quantitative Erforschung der Abundanz des Kleinstplanktons wurde in den letzten Jahren durch die Entwicklung neuer Zählmethoden vorangebracht. Die als Standardmethode bei Phytoplankton-Zählungen eingesetzte Sedimentationstechnik nach Utermöhl (1958) führt zu einer drastischen Unterschätzung der Anzahl der Pico- und Nanoplankter (Booth et al., 1982; Reid, 1983). Direkte Lebendzählungen mittels Binokular, wie sie von Sorokin (1977) durchgeführt wurden, finden ihre Begrenzung in der geringen Vergrößerung des Binokulars. Elektronenmikroskopie ermöglicht eine genaue Bestimmung der Organismen, zumindest wenn sie Schalenstrukturen aufweisen. Sie ist aber als Routinemethodik ungeeignet, da sie sehr zeitaufwendig ist und eine Aufarbeitung des Materials auf See nicht möglich ist. Die MPN (most probable number)-Technik, wie sie z.B. von Lighthard (1969) benutzt wurde, führt zu einer Unterschätzung der Individuenzahlen, da nur Organismen erfaßt werden, die im angebotenen Kulturmedium und bei den vorgegebenen Inkubationsbedingungen wachsen können. Dafür bietet sie aber den Vorteil, eine genauere Analyse der systematischen Zusammensetzung der Flagellaten zu ermöglichen (Thronsen, 1970 c). Hewes und Holm-Hansen (1983) versuchten mit der sogenannten FTF (filter-transfer-freeze) - Technik die Vorteile der Konzentration der Organismen auf Nucleopore-Filtern mit denen der Durchlichtmikroskopie zu verbinden. Eine ausreichende Dokumentation der Quantität der Überführung der Organismen vom Filter auf einen Objektträger besteht bisher jedoch nicht. Diese Technik eröffnet allerdings

die Möglichkeit, die durch die Filtration konzentrierten Mikroorganismen lichtmikroskopisch betrachten zu können.

Der wesentlichen Durchbruch für die quantitative Ermittlung der Abundanzen des Pico- und Nanoplanktons wurde mit der Epifluoreszenztechnik erreicht. Hobbie et al. (1977) benutzten Acridinorange (AO) für die Erfassung des Bestandes an Bakterien. Für Flagellatenzählungen ist diese Technik nicht optimal geeignet, da AO die rote Eigenfluoreszenz des Chl *a* maskiert (Davis und Sieburth, 1982). Inzwischen wird neben dem in dieser Arbeit benutzten DAPI (Porter und Feig, 1980) am häufigsten Primulin (Caron, 1983; Bloem et al., 1986) und vereinzelt FITC (Sherr und Sherr, 1983 a, 1983 b), zum Teil in Kombination miteinander, verwendet. Ein eindeutiger Vorteil für eines der aufgeführten Fluorochrome besteht nicht.

Eines der größten Probleme bei der exakten Bestimmung der Anzahl der Flagellaten ist die Fixierung der Proben. Diese Problematik gilt allgemein für das Protozooplankton (Sorokin, 1981; Klein Breteler, 1985). Bei der Fixierung sollen zum einen die Flagellaten nicht zerstört werden, zum zweiten sollte keine negative Beeinflussung der Chl *a*-Eigenfluoreszenz erfolgen. Bei den vorbereitenden Experimenten zu dieser Untersuchung wurde festgestellt, daß keine oder geringe (0.5 % Endkonzentration) Zugaben von Formalin zu niedrigeren Abundanzen führte als eine Fixierung mit 1 % Formalin. Die Eigenfluoreszenz des Chl *a* blieb in diesen Proben (1 % Formalin) 1 Woche erhalten.

Bisher hat sich noch kein einheitliches Verfahren zur Fixierung von Protozoen durchgesetzt. Taylor (1976) stellte fest, daß Lugol für Flagellaten nicht geeignet ist. Er empfahl Formalin-Endkonzentrationen kleiner 3 %. Sherr und Sherr (1983 a) benutzten 2 % Formalin-Endkonzentration und stellten innerhalb der ersten zwei Wochen keine Abnahme der Zellzahlen fest, sondern erst nach 4 Wochen. Unfixierte Zellen zerplatzten ihren Angaben zufolge bei der Filtration. Bloem et al. (1986) untersuchten die Effekte verschiedener Fixative auf Flagellaten und fanden bei 0.3 % Glutaraldehyd bzw. 5 % ungepuffertem Formalin (Endkonzentrationen) keine Verluste an Zellen. Das Formol führte in dieser Untersuchung allerdings zu einer deutlichen Abnahme in der Intensität der Eigenfluoreszenz des Chl *a*, was im Widerspruch zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit steht. Bei tiefgefrorenen (-30 °C), Primulin-gefärbten Präparaten blieb die Anzahl der auto- und der heterotrophen Organismen konstant. Landry et al. (1984) zeigten stabile Zellzahlen für bei -15 °C eingefrorene Proben. Aus diesen Angaben ist zu

schließen, daß Formalin, nach Bloem et al. (1986) möglichst ohne Borax-Pufferung, in Endkonzentrationen von mindestens 1 % geeignet ist, Flagellaten quantitativ zu fixieren. Die Chl  $a$ -Eigenfluoreszenz bleibt bei Lagerung der fertigen, gefärbten Präparate bei Temperaturen unterhalb von  $-15^{\circ}\text{C}$  über Monate erhalten. Dieses Verfahren könnte es zukünftig bei Planung von längeren Expeditionen ermöglichen, die langwierige, aufwendige und an Bord eines Schiffes oft nur schwierig durchzuführende Auszählung der Proben auf die Zeit nach der Expedition zu verschieben. Es besteht allerdings der Bedarf zu einer Vereinheitlichung der benutzten Fixative, da ansonsten eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen nur eingeschränkt möglich ist.

### 5.1.2. Bestimmung der Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien

Die Bestimmung der Wachstumsrate der Bakterien mit der Inhibitor-Technik setzt die Erfassung zweier Größen voraus, zum einen die Änderung der Abundanz der Bakterien, zum anderen eine Umrechnung von Abundanz auf Biomasse (organischer Kohlenstoff). Die Erfassung der Abundanz mittels Epifluoreszenzmikroskopie ist relativ genau. Ein wesentlich größeres Problem stellt der zweite Schritt mit der Umrechnung der Abundanz auf das Biovolumen und anschließend auf Biomasse dar.

Zur exakten Erfassung des Volumens ist eine genaue Vermessung der Bakterien notwendig. Neben der äußerst zeitaufwendigen manuellen Vermessung der Zellen bietet sich die zukunftsweisende Möglichkeit, mittels elektronischer Verfahren wie Bildanalyse-Systemen (Sieracki et al., 1985) oder Durchflußzytometrie (VanDilla et al., 1983) das Biovolumen standardmäßig zu bestimmen. In der vorliegenden Arbeit wurde das Biovolumen nicht ermittelt, sondern ein konstanter Faktor von  $8.3 \text{ fg C} \cdot \text{Zelle}^{-1}$  für die pelagischen Bakterien benutzt. Dieser Faktor wurde von Fuhrmann und Azam (1980) für marines, antarktisches Bakterioplankton ermittelt. Legt man den inzwischen zumeist verwandten Konversionsfaktor zwischen Bakterienvolumen und -kohlenstoff von  $350 \text{ fg C} \cdot \mu\text{m}^{-3}$  (Bjørnsen, 1986) zugrunde, so entspricht der von mir benutzte Faktor einem mittleren Biovolumen von  $0.024 \mu\text{m}^{-3}$  oder einem mittleren Durchmesser der kugelförmigen Coccen von  $0.39 \mu\text{m}$  und erscheint aufgrund eigener qualitativer Beobachtungen realistisch. Die Einflüsse möglicher Größenstrukturveränderungen wurden aber folglich nicht erfaßt.

Die mittlere Genauigkeit der eigenen experimentellen Messungen lagen aufgrund der Zählfehler bei 10-40 % für die Bakterien und heterotrophen

Flagellaten einer Probe. Betrachtet man dagegen die Schwankungen zwischen den jeweils 3 Parallelen eines Experimentes, so lag die maximale Abweichung der Bakterienzahl in einer der Parallelen vom gemeinsamen Mittelwert unterhalb von 10 %.

Für die Bestimmung der Wachstumsrate der Bakterien wird zumeist Tritium markiertes Thymidin benutzt (Fuhrmann und Azam, 1982). Diese Methode geht von der Annahme aus, daß das markierte Thymidin nur von Bakterien aufgenommen und ausschließlich zur Synthese von DNA genutzt wird. Da die DNA-Neusynthese an Teilungsprozesse gebunden ist, wurden empirische Umrechnungsfaktoren ermittelt, die es erlauben, von der gemessenen Einbaurate auf die Teilungsrate zu schließen. Aus diesen Grundannahmen ergeben sich bereits die Hauptprobleme dieser Technik. Untersuchungen von Douglas et al. (1987) konnten zeigen, daß nicht alle Bakterien Thymidin zur DNA-Synthese nutzen. Dieser Effekt führt zu einer Unterschätzung der bakteriellen Produktion. Auf der anderen Seite stellte Hollibaugh (1988) bei der Untersuchung des Thymidinmetabolismus einen Abbau des aufgenommenen Thymidins fest, was zu einer Überschätzung des Bakterienwachstums führt. Ein weiteres Problem stellt die Ermittlung des Umrechnungsfaktors von Thymidin-Einbau auf Teilungsrate dar. Newell et al. (1988) geben für Messungen in einem Ästuar einen Schwankungsbereich von  $1.2$  bis  $3.2 \cdot 10^{18}$  Zellen $\cdot$ mol $^{-1}$  eingebautem Thymidin an. Riemann et al. (1987) empfehlen dagegen für marine Küstengewässer einen Durchschnittswert von  $1.1 \cdot 10^{18}$  Zellen $\cdot$ mol $^{-1}$  eingebautem Thymidin. Die Abweichung der Werte von Newell et al. (1988) zu denen von Riemann et al. (1987) liegen im Bereich von 10 - 190 %.

Eine weitere Möglichkeit zur Feststellung der Bakterienwachstumsrate ist die sogenannte FDC (frequency of dividing cells) - Technik (Hagström et al., 1979). Das Hauptproblem hierbei besteht in der Umrechnung der ermittelten Anteile von teilenden Bakterien in Wachstumsraten. Hierzu bedarf es längerfristiger Untersuchungen an Bakterienkulturen. Die Übertragbarkeit der Kulturdaten auf freilebende marine Bakterien ist wiederum mit Unsicherheiten verbunden. Die FDC-Technik liefert somit eher einen relativen als einen absoluten Wert für die Wachstumsaktivität der Bakterien.

Während die Anzahl der Methoden für die Bestimmung der Bakterienwachstumsrate relativ gering ist, so werden zur Ermittlung der Grazingraten der heterotrophen Flagellaten die unterschiedlichsten Verfahren verwandt.

Fenchel (1982) ermittelte im Freiland die Abundanzen der heterotrophen Flagellaten und benutzte im Labor an Kulturen bestimmte Filtrationsraten zur Abschätzung der Grazing-Rate. Aus Sicht der Ergebnisse dieser Arbeit ist dies ein problematischer Ansatz, da er nicht die Dynamik der Freilandprozesse wie z.B. die unterschiedlichen Sukzessionsstadien und deren verschiedene Stoff- und Energieflüsse berücksichtigt.

Kuosa und Kivi (1989) benutzten ähnlich wie Fenchel (1982) einen experimentell bestimmten Wert für den Kohlenstoffbedarf eines Flagellaten pro Zeiteinheit. Hieraus ermittelten sie bei bekannter Abundanz der Flagellaten deren Bedeutung für den Energie- und Stoffumsatz in der nördlichen Ostsee. Dieses Verfahren bietet sich an, wenn keine eigenen experimentellen Ingestionsratenbestimmungen durchgeführt wurden. Es setzt aber eine nicht zu erwartende Konstanz im Kohlenstoffbedarf einer Zelle voraus. Je nach Aktivität (z.B. Teilungs- Ruhestadium) werden die Umsatzraten variieren. In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, daß die Grazingraten des Protozooplanktons sehr stark variieren kann. Die Anzahl ingestierter Bakterien pro Zeiteinheit schwankte zwischen 0 und 130 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Folglich ist das Verfahren von Kuosa und Kivi in seiner Aussagekraft begrenzt, da es solche Unterschiede nicht berücksichtigt.

Davis und Sieburth (1984) stellten mittels der FDC-Technik das potentielle Wachstumsvermögen von Bakterien im Meer fest. Sie verfolgten die tatsächliche Bestandsentwicklung der Bakterien und postulierten den Unterschied zwischen potentiell und tatsächlichem Wert als Effekt des Grazings auf die Bakterien. Ähnlich wie bei dem Ansatz von Fenchel (1982) wurde hier die Wegfraßrate nicht direkt sondern über Hilfsparameter ermittelt.

Die von Landry und Hassett (1982) entwickelte Verdünnungstechnik setzt unter anderem die Randbedingung voraus, daß die Anzahl der möglichen Beuteorganismen (in diesem Falle Bakterien) in den einzelnen Verdünnungsstufen nicht die untere Grenzkonzentration, bei der keine Linearität mehr zwischen Beutekonzentration und Ingestion durch den Freßfeind besteht, unterschreitet. Diese Möglichkeit ist aber bei den niedrigen Bakterienzahlen in der Arktis, insbesondere im Ostgrönlandstrom, nicht auszuschließen. Die stark ansteigenden Filtrationsraten eines Flagellaten mit abnehmender Bakterienkonzentration (s. Abb. 4.4.4) zeigt, daß bei etwa  $3-5 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>, also typischen Werten für den eisbedeckten Ostgrönlandstrom, diese untere Grenzkonzentration bereits erreicht ist.

McManus und Fuhrmann (1986) setzten fluoreszierende Farb-Partikel von der ungefähren Größe der Bakterien als Marker ein. Nach einer kurzen Inkubationsdauer wurde die Anzahl der aufgenommenen Partikel in den einzelnen Flagellaten ausgezählt. McManus und Fuhrmann (1986) benutzten zur Feststellung, ob die Flagellaten bei der Ingestion zwischen künstlichen und natürlichen Partikeln unterscheiden, als Vergleich die Ingestion von Blaualgen. Sie beobachteten keine Unterschiede. Der Vorteil dieser Methodik liegt in der kurzen Versuchsdauer und der eindeutigen visuellen Beobachtung der Ingestion. In Kombination mit elektronischen Auswerteverfahren wie Bildanalysesystemen oder Durchflußzytometrie könnte bei geeigneter Wahl der angebotenen Partikel eine zum größten Teil automatisierte Durchführung und Auswertung der Experimente erfolgen. Diese Methode besitzt jedoch einen großen Nachteil. Sie muß von der Voraussetzung ausgehen, daß die Flagellaten zwischen den Partikel und natürlichen Bakterien nicht diskriminieren. Sibbald et al. (1987) konnten die Fähigkeit eines marinen heterotrophen Flagellaten demonstrieren, auf chemosensorische Reize zu reagieren. Die Autoren vermuten, daß diese Reize bei der Findung von Beute mitwirken. Künstliche Partikel würden demzufolge gemieden werden oder zumindest nicht attraktiv wirken. Bloem und Bär-Gilissen (1989) stellten bei einem Vergleich verschiedener Methoden sogar keine Aufnahme künstlicher Partikel fest.

Um diese Nachteile auszuschließen, wurden Verfahren mit natürlichen, nachweisbaren Partikeln entwickelt.

Eine Möglichkeit bestand in dem Einsatz von Radioisotopen (Gast, 1985), um die Bakterien zu markieren.

Wikner et al. (1986) nutzten modifizierte Minizellen von Escherichia coli als Futter. Diese Minizellen besitzen morphologische Charakteristika, an denen sie eindeutig zu erkennen sind. Galvao et al. (1989) wiesen die Ingestion von Muschelgameten durch heterotrophe Flagellaten nach. Gameten könnten demnach zur Erfassung der Freßrate von Organismen auf größere Zellen dienen.

Sherr et al. (1987, 1989 a) und Albright et al. (1987) färbten Bakterien mit einem Fluoreszenzfarbstoff an, so daß diese nach einer erfolgten Ingestion in den Grazern nachgewiesen werden können. Damit wurde ein Nachteil der Methodik von McManus und Fuhrmann (1986) umgangen. Sieracki et al. (1987) stellten allerdings eine Egestion von aufgenommener Nahrung bei der Fixierung von Protozoen fest. Weitere Probleme stellen die Verdauung der ingestierten Bakterien bei zu langer Inkubationsdauer sowie die Selektivität der Flagellaten bei der Nahrungswahl dar.

Die Verwendung selektiver Inhibitoren (Fuhrmann und McManus, 1984; Campbell und Carpenter, 1986; Sherr et al., 1986) kann nur zur Feststellung der Beziehungen zwischen Pro (Bakterien, Blaualgen) - und Eucaryonten genutzt werden. Sherr et al. (1986) testeten 5 Procaryonten- und 4 Eucaryonteninhibitoren in verschiedenen Konzentrationsbereichen. Sie konnten zeigen, daß die Konzentration eine entscheidende Rolle spielt. Zu hohe Konzentrationen von z.B. Penicillin resultieren in einer reduzierten Freßrate der heterotrophen Protozoen. Ein Problem bei dieser Methodik liegt in der Entkoppelung von Nahrungsbeziehungen. Die von mir durchgeführte Korrelationsberechnung zwischen der Differenz aus den ermittelten Wachstums- bzw. Grazingraten und der Veränderung der Abundanz der Bakterien in der unbehandelten Probe zeigt eine von 1 verschiedene Steigung der Geraden (s. Abb. 4.4.1). Dies bedeutet, daß entweder das Grazing über- oder aber die Wachstumsrate der Bakterien unterschätzt wird. Eine offensichtliche Erklärung für die Erhöhung der Ingestionsrate der Flagellaten besteht nicht. Dagegen ist eine Erniedrigung der Wachstumsrate der Bakterien bei Eucaryonteninhibition möglich. Bei den relativ langen Inkubationsdauern von mehreren Stunden kann die Hemmung des Stoffwechsels der Eucaryonten, d.h. auch der autotrophen Einzeller, zu einer Reduktion des Pools an gelöster organischer Substanz führen. Damit wäre eine Rückkoppelung auf die Wachstumsrate der Bakterien gegeben. Sherr et al. (1986) fanden in den Versuchen mit Eucaryonteninhibition vereinzelt einen Rückgang in der Anzahl teilender Bakterien. Andersson et al. (1985) zeigten eine Freisetzung von gelösten freien Aminosäuren (DFAA) durch heterotrophe Flagellaten. Sie vermuteten, daß die DFAA nicht durch Zerstörung von Bakterien beim Grazing der Protozoen freigesetzt werden, sondern vielmehr als Folge des Zellmetabolismus der Flagellaten. DFAA stellen aber eine hervorragende Nahrungsquelle für Bakterien dar (Fuhrmann und Azam, 1982). Fuhrmann (1987) stellte bei Untersuchungen auf dem nordamerikanischen Atlantikschelf Turnover-Raten für DFAA unterhalb von 0.5 h fest. DFAA bildeten eine signifikante Kohlenstoffquelle für den Aufbau bakterieller Biomasse. Dies bestärkt die Hypothese, daß im Nahrungskreislauf des "microbial loop" eine enge Vernetzung und insbesondere auch Rückkoppelung zwischen den einzelnen trophischen Ebenen besteht. Für die Interpretation der von mir durchgeführten Experimente bedeutet dies, daß die bakterielle Produktion aufgrund des niedrig gewählten Umrechnungsfaktors von Abundanz auf Kohlenstoff sowie des negativen Einflusses der Eucaryonteninhibition auf keinen Fall über-, sondern höchstens unterschätzt wurde.

## 5.2. Die Pico- und Nanoplanktongemeinschaft des Meereises

Die Erforschung der Lebensgemeinschaften des Meereises begann Ende des 19. Jahrhunderts in enger Verknüpfung mit den zu dieser Zeit durchgeführten Polarexpeditionen in der Arktis. Nansen (1906) war einer der ersten, der neben den auffälligen und gut konservierbaren Diatomeen das Vorkommen von Ciliaten und Flagellaten im Eis beschrieb. Quantitative Arbeiten über die Bedeutung von Organismen, die kleiner als  $20\ \mu\text{m}$  sind, wurden bisher selten durchgeführt. Horner und Schrader (1982) untersuchten die Entwicklung der Eisgemeinschaft in der Beaufort See. Im Winter stellten sie die große Bedeutung von Flagellaten kleiner als  $6\ \mu\text{m}$  fest. Ebenso wie die Diatomeen bildeten sie fast 50 % der Gesamtzellzahl. Dabei beruhten ihre Angaben auf Zählungen, die nach der Utermöhl (1958)-Technik durchgeführt wurden und folglich die Abundanz der Pico- und Nanoflagellaten unterschätzten (Reid, 1983).

Auf die vertikale Verteilung autotropher Organismen innerhalb der Eisschollen wurde zumeist durch die Messung der  $\text{Chl } a$ -Konzentrationen und Zählung der Diatomeen in einzelnen Horizonten geschlossen. Auf diese Weise stellten Meguro et al. (1966) bei Untersuchungen in Barrow, Alaska bereits fest, daß die untersten 10-20 cm der Schollen bevorzugt besiedelt werden. Die durchschnittlichen  $\text{Chl } a$ -Werte betragen  $120\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  Eis und lagen deutlich höher als die Werte in der darunter befindlichen Wassersäule. Diese Beobachtung wurde durch Horner und Alexander (1972) für Eisschollen der Chukchi See bestätigt. Hier waren die untersten 5-10 cm der Schollen am stärksten besiedelt. Untersuchungen von Grossi und Sullivan (1985) und Bartsch (1989) am Meereis der Antarktis zeigten ebenfalls Biomassemaxima in den untersten 10 cm der Eisschollen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen in der Arktis wurden in den Südpolarregionen zwei weitere charakteristische Besiedlungsgemeinschaften beobachtet, die Oberflächengemeinschaften ("surface assemblages") und die "Inner-Eis-Gemeinschaften" ("interior assemblages") (Horner et al., 1988).

Die Bedeutung des Faktors Licht, der generell eine zentrale Rolle bei der Entwicklung polarer Lebensgemeinschaften einnimmt (Sakshaug und Holm-Hansen, 1984), ist für die Ausbildung der Eisalgen-Frühjahrsblüte gut dokumentiert. Booth (1984) stellte fest, daß die Primärproduktion bei Lichtintensitäten oberhalb  $20\ \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  2-3 mal größer als bei Lichtintensitäten unterhalb  $4\ \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  war. Nach Horner und Schrader (1982) ist das Einsetzen der Frühjahrsblüte bei Lichtintensitäten zu erwarten, wenn Schwellenwerte zwischen 2.3 und  $9.2\ \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  erreicht werden. Cota (1985) bezeichnet die Bodengesellschaft des arkti-

schen Meereises als obligat schattenadaptiert. Spindler et al. (1989) maßen die Lichtintensitäten, die den Algen im Verlauf des Eisschollen-Experimentes (s. Kap. 3.2.2.) zur Verfügung standen. Im abgedunkelten Feld 3 wurden niemals Werte von  $0.4 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  überschritten. Dies erklärt die relative Konstanz der Abundanzen der Algen in diesem Feld. Im Feld 2, das mit einer etwa 20 cm dicken Schneeaufgabe naturbelassen wurde, betragen die zur Verfügung stehenden Lichtintensitäten  $5-10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Die vorgefundene, langsame Abundanzzunahme bei den Diatomeen und autotrophen Flagellaten bestätigt die Ergebnisse von Horner und Schrader (1982). Die für die Diatomeen ermittelte Wachstumsrate von  $\mu=0.072 \cdot \text{d}^{-1}$  liegt in der gleichen Größenordnung wie die Ergebnisse von Bunt und Lee (1970), die ebenfalls aus Abundanznahmen über die Zeit für antarktische Eisdiatomeen auf eine Wachstumsrate von  $0.08-0.21 \cdot \text{d}^{-1}$  kamen. Die Probleme der Bestimmung der Wachstumsrate aus Freilandzählungen bestehen darin, daß Bestandsänderungen nicht allein durch Wachstum hervorgerufen werden können. Neben der offensichtlichen Auswirkung von Grazing-Prozessen wurde in der Antarktis der Vorgang der Konzentrierung von Phytoplankton durch Neueisbildung an der Schollenunterseite beschrieben (Garrison et al., 1983). Bei den Daten von Ark5/1 kann diese Möglichkeit allerdings ausgeschlossen werden, da über den gesamten Zeitraum von 3 Wochen die Dicke der Eisscholle fast konstant war. Palmisano und Sullivan (1982) stellten potentielle Wachstumsraten von verschiedenen Eisdiatomeen in Kultur-Experimenten fest. Bei  $46 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  ergab sich eine Wachstumsrate von  $0.28 \cdot \text{d}^{-1}$ . Diese Angabe entsprach jedoch nicht einem Maximalwert, da die Diatomeen auch in den Experimenten Licht-limitiert waren.

Mit  $\mu=0.22 \cdot \text{d}^{-1}$  im vom Schnee befreiten Feld 1 war das Diatomeen-Wachstum bei zur Verfügung stehenden Lichtintensität von mehr als  $150 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  an der Eisunterseite (Spindler et al., 1989) in der gleichen Größenordnung wie die höchsten Werte von Palmisano und Sullivan (1982). Bei an hohen Lichtintensitäten adaptierten Eisdiatomeen stellte Bunt (1968) maximal eine Zunahme von  $\mu=1.16 \cdot \text{d}^{-1}$  fest. Bei Freilanduntersuchungen wurde das Wachstumsmaximum während der Algenfrühjahrsblüte stets bei niedrigeren Lichtintensitäten beobachtet. Horner und Schrader (1982) geben hierfür einen Bereich zwischen  $10$  und  $25 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  an. Die Ergebnisse der an Starklicht adaptierten Diatomeen (Bunt, 1968) lassen sich folglich nicht auf die Freilandbedingungen übertragen. Die plötzliche Erhöhung der eingestrahlten Lichtenergie in Feld 1 ist möglicherweise eine Ursache für

die Seneszenz der Diatomeen am Ende der Untersuchungsperiode und der damit verbundenen Abundanzzunahme der Bakterien.

Für die heterotrophen Bakterien hatten Sullivan und Palmisano (1984) in der Antarktis an ebenfalls etwa 1.7 m dicken Eisschollen eine Konzentrierung auf die untersten cm festgestellt. Mehr als 50 % des Gesamtbestandes waren in den unteren 20 cm anzutreffen. Ein Großteil der Bakterien (70 %) war nicht frei, sondern gebunden an Algen und Detritus. Nach Grossi et al. (1984) sind diese epiphytischen Bakterien in der Regel größer als solche, die nicht auf Algen wachsen. Die bei der Ark5/1-Reise beobachtete Zunahme des Anteils größerer Bakterien bei steigender Gesamtzahl kann folglich als eine Zunahme epiphytischer Bakterien bedingt durch erhöhtes Algenwachstum oder durch Seneszenz der Algen gedeutet werden. Die unterschiedliche Größenstruktur der Bakterienpopulationen im Eis im Vergleich zur darunter befindlichen Wassersäule bietet für zukünftige Untersuchungen eventuell die Möglichkeit, den Einfluß von Abtauprozesse an Eisschollen in pelagischen Proben zu erkennen. Hierauf liesse sich beispielsweise die Änderung der Abundanz und Größenstruktur der Bakterien am 18.5.88 (Kap. 4.2.1.1.) zurückführen. Keine Änderung in der Größenstruktur der Bakterienpopulationen wurden dagegen von Smith et al. (1989) im Meereis der Kanadischen Arktis zu verschiedenen Stadien der Eisalgenentwicklung festgestellt.

Die Rolle der auto- und heterotrophen Flagellaten im Meereis ist nicht bekannt. Es liegen bisher keine mit dieser Arbeit vergleichbaren Ergebnisse vor. Bei Alexander (1980) wurde in einem schematischen Modell über die Nahrungsbeziehungen der Eisorganismen der "microbial loop" nicht einbezogen. Hinweise auf dessen Bedeutung sind bisher indirekter Natur. Horner und Schrader (1982) stellten bei Messungen der Nitrat-Konzentrationen im Eis plötzliche Zunahmen fest. Als eine mögliche Ursache geben sie die Regenerierung über Bakterien und heterotrophe Protozoen an. Mit Ausnahme der Bakterien, über deren Bedeutung für das Meereis inzwischen grundsätzliche Vorstellungen bestehen (Miller et al., 1984; Sullivan und Palmisano, 1984; Kottmeier et al., 1987, Rivkin et al., 1989), gibt es über die Struktur und Dynamik der Gemeinschaften der auto- und heterotrophen Flagellaten keine Angaben.

Die im Vergleich zur Wassersäule sehr hohen Abundanzen von Algen und heterotrophen Flagellaten lassen vermuten, daß die Eisflora- und fauna für die Quantifizierung des Energie- und Stoffumsatzes im eisbedeckten Teil der Grönländischen See nicht vernachlässigbar ist. Die Eisgemeinschaften sind nicht allein als eine potentielle Quelle von Algen

zur Besiedelung ("seeding") des Pelagials bei Abtauprozessen anzusehen (Gradinger, 1986), sondern können eine entscheidende Rolle im Lebenszyklus von an sich pelagischen Arten darstellen. Diese Vermutung wird unterstützt durch die Funde verschiedener Metazoen im untersuchten Meereis (Kern und Carey, 1983; Spindler, pers. Mitteilung). Die hohe Biomasse und Diversität von Organismen im Eis in Relation zu den geringen Abundanzen in der Wassersäule legen den Vergleich zu tropischen Riffen nahe, so daß man unter diesem Gesichtspunkt die Eisschollen der Arktis als *Polare Riffe* bezeichnen könnte.

### 5.3. Die Pico- und Nanoplanktongemeinschaften im Pelagial der Grönländischen See

Die Entwicklungsbedingungen des Phytoplanktons und die jahreszeitliche Sukzession insbesondere der Diatomeen sind für arktische Regionen weitgehend bekannt. Eine Vielzahl von Arbeiten (z.B. Braarud, 1935; Steemann Nielsen, 1935; Sverdrup, 1953; Eilertsen und Taasen, 1984; Gradinger, 1986, Smith et al., 1987) wies darauf hin, daß die abiotischen Parameter Licht und Stabilität der Wassersäule entscheidend die Entwicklung des Phytoplanktons steuern.

Die saisonalen Schwankungen des Lichtangebots in hohen Breiten begrenzen autotrophes Wachstum auf einen Zeitraum von wenigen Monaten. Auf beispielsweise 80° N ist hierdurch von frühestens Anfang März bis Mitte Oktober photosynthetische Primärproduktion möglich (Sakshaug und Holm-Hansen, 1984). In eisbedeckten Regionen wird die verfügbare Lichtmenge zusätzlich durch Reflexion und Absorption im Meereis drastisch reduziert. Slagstad (1985) zeigte anhand Modellrechnungen, daß in der Barents See das Phytoplanktonwachstum durch den Grad der Eisbedeckung kontrolliert wird.

Das sommerliche Abtauen des Eises führt sowohl durch Steigerung des Lichtquantenflusses als auch durch die erhöhte Stabilität der Wassersäule (Coachman und Aagard, 1974) zu einer deutlichen Verbesserung der Wachstumsbedingungen des autotrophen Planktons. Diese Prozesse treten sowohl in der sich alljährlich auf dem ostgrönländischen Schelf bildenden Polynya (Wadhams, 1981) als auch in der Eiskantenregion auf. Heimdal (1983), Smith et al. (1985, 1987), Gradinger (1986) und Gunkel (1988) beschrieben für diese Bereiche der Grönländischen See das Auftreten von Planktonblüten. Ähnliche Beobachtungen wurden von Alexander und Niebauer (1981) und Niebauer und Alexander (1985) für das Bering Meer,

Rey und Loeng (1985) für die Barents See und Smith und Nelson (1985, 1986) aus der Antarktis durchgeführt. Die Verhältnisse in der Grönländischen See sind jedoch insofern einmalig, da die räumliche Position der Eiskante sich nur aufgrund mesoskaliger Prozesse wie z.B. Wirbeln an Frontalzonen ändert, großskalig gesehen jedoch konstant ist (Vinje, 1977). In anderen polaren Meeresgebieten wie der Antarktis (Smith und Nelson, 1986), der Bering See (Alexander und Niebauer, 1981) oder auch der Barents See (Rey und Loeng, 1985) findet eine saisonale Verlagerung der Eiskante um mehrere hundert Kilometer statt.

Die jahreszeitliche Sukzession der Diatomeen in Kaltwasserregionen wurde bereits von Guillard und Kilham (1977) beschrieben. Danach beginnt die Frühjahrsentwicklung zumeist mit zentrischen Diatomeen der Gattung Thalassiosira, gefolgt von verschiedenen Chaetoceros-Arten. Gradinger (1986) fand im Bereich der ostgrönländischen Schelfpolynya, daß der Blüte der zentrischen Diatomeen eine Massenentwicklung pennater Diatomeen der Gattung Nitzschia (Sektion Fragilariopsis) vorausgeht, vermutlich initiiert durch die Freisetzung dieser Arten aus dem abtauenden Meereis. Betrachtet man die Ergebnisse an den Stationen von Schnitt 2 (Kap. 4.2.1.2.), so findet man benachbart sämtliche drei zuvor beschriebenen Sukzessionsstadien. An den westlichen Stationen 47 und 49 dominierte die pennate Diatomee Nitzschia grunowii, an den zentralen Stationen 42 und 44 Chaetoceros spp. und im Eisrandbereich zentrische Diatomeen. Die Verteilung der Nährstoffe (Nitrat, Silikat, Phosphat) entspricht den verschieden langen Zeiträumen der Planktonentwicklung mit maximalen Werten im Westen und einem Minimum im Osten. Dieses Beispiel demonstriert, daß die Charakterisierung von Stationen alleine aufgrund des Vorkommens unterschiedlicher Wassermassen nicht die biologische Variabilität beschreiben kann. Obwohl die Stationen 39 bis 44 der Stationsgruppe A3 (Tab. 4.1.1) angehören, fanden sich sehr unterschiedliche Sukzessionsstadien in wenigen Seemeilen Abstand voneinander.

Die koloniebildende Prymnesiophyceae Phaeocystis pouchetii ist nach den Ergebnissen von Lancelot (1984), Veldhuis et al. (1986), Weisse et al. (1986) und Gradinger (1986) die blütenbildende Art im Anschluß an die durch Silikatmangel beendete Diatomeenblüte. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden während der Expeditionen Ark4/2 und Ark5/2 Proben aus von P. pouchetii dominierten Planktongemeinschaften gewonnen (Abb. 4.2.21).

Die Ergebnisse der Faktorenanalyse der Sommerexpedition Ark 5/2 (Tab. 4.3.4) zeigen, daß dieses multivariate Analyseverfahren ausgezeichnet

geeignet ist, Charakteristika und Strukturen aus planktologischen Datensätzen herauszuarbeiten. Die Gruppierung in die Quadranten Q1-Q4 entspricht weitgehend den eben beschriebenen unterschiedlichen Sukzessionsstadien. Quadrant Q1 enthält durch Diatomeenblüten gekennzeichnete Stationen. Die Stationen in Quadrant Q2 zeichneten sich durch eine Massenentwicklung von P. pouchetii aus. Quadrant Q4 faßt die Stationen aus dem eisbedeckten Ostgrönlandstrom zusammen, wo aufgrund der geringen Lichtintensitäten die Diatomeenblüte noch nicht eingesetzt hatte. Die Stationen im Quadranten Q3 lassen sich keinem der bisher beschriebenen Sukzessionsstadien zuordnen. Sie waren durch die Dominanz von Flagellaten über Diatomeen und P. pouchetii gekennzeichnet. Die Nährstoffkonzentrationen in der euphotischen Zone waren hier deutlich erniedrigt (Knickmeier, 1989). Möglicherweise handelt es sich hierbei um ein für die Grönländische See bisher noch nicht beschriebenes Sukzessionsstadium der Planktongemeinschaft.

Aufgrund der Daten der Expedition Met8 konnten erstmalig Aussagen über die Struktur der herbstlich-winterlichen Planktongemeinschaft getroffen werden. Hier lieferte die Faktorenanalyse keine klare Aussage und Interpretationsmöglichkeiten, insbesondere für den Faktor 2. Hieraus kann geschlossen werden, daß vermutlich wichtige, die Unterschiede zwischen den Stationen bedingende Parameter nicht gemessen wurden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß ebenso wie die Diatomeen das Pico- und Nanoplankton eine ausgeprägte Saisonalität in seinem Vorkommen aufweist. Die Abundanzen der einzelnen Fraktionen soll im folgenden Teil diskutiert werden.

### 5.3.1. Die Bedeutung von Picocyanobakterien

Picocyanobakterien sind eine wichtige Komponente des marinen Picoplanktons (Johnson und Sieburth, 1979; Waterbury et al., 1979). In vielen Meeresregionen sind sie numerisch betrachtet dominierend gegenüber dem eucaryontischen Picoplankton (Stockner und Antia, 1986). In der vorliegenden Arbeit zeigte sich im Frühling/Sommer ein deutliches Minimum im Polaren Wasser des Ostgrönlandstromes und höhere Abundanzen im Atlantischen Zwischenwasser bzw Atlantischen Wasser. Im Herbst (Ende Oktober) dagegen wurden in allen Wasserkörpern relativ hohe Abundanzen von über 500 Blaualgen\*ml<sup>-1</sup> festgestellt, die bis Anfang Dezember wiederum deutlich abnahmen. Bei einem Vergleich der Sommer- und Herbst/Winter-Daten ist allerdings zu beachten, daß auf der

Reise Met8 keine Proben aus dem zentralen Bereich des Ostgrönlandstromes und damit des Polaren Wassers genommen werden konnten.

In borealen und tropischen Meeren können Picocyanobakterien die häufigsten autotrophen Picoplankter sein (z.B. Glover et al., 1986; Jochem, 1988). Murphy und Haugen (1985) und Marchant et al. (1987) stellten eine Abnahme in der Abundanz der Blaualgen mit zunehmender geographischen Breite und damit abnehmender Wassertemperatur fest. Diese Beobachtung trifft zumindest im Bereich des Ostgrönlandstromes im Sommer ebenfalls zu. Für die hohen Abundanzen im Herbst/Winter gibt es zwei Erklärungen. Eine besteht darin, daß die Blaualgen im Laufe des Sommers in der Grönlandischen See bessere Wachstumsbedingungen vorfinden. Dies würde zu den beobachteten hohen Zellzahlen im Herbst/Winter aufgrund autochthoner Produktion führen. Eine gänzlich andere Möglichkeit besteht im advektiven Eintrag in die Grönländische See durch den Westspitzbergenstrom. Murphy und Haugen (1985) fanden im April/Mai auf etwa 60 °N  $1-8 \cdot 10^3$  Picocyanobakterien\*ml<sup>-1</sup> im Nordatlantik. Nach Stockner (1988) erreichen Picocyanobakterien ihre maximale Bedeutung im Spätsommer (August). Durch die vorherrschenden longitudinalen Strömungen kann Atlantisches Wasser mit diesen hohen Blaualgenkonzentrationen in die Grönländische See eingetragen werden. Der im Bereich der Polarfront auftretende Rückstrom Atlantischen Wassers, der sogenannte "Return Atlantic Current", würde zu erhöhten Blaualgenkonzentrationen im Eisrandbereich führen. In diesem Falle wären die Blaualgen in der Grönländischen See allochthonen Ursprungs. Somit würde die von Gradinger und Lenz (1989) entwickelte Hypothese von Picocyanobakterien als Indikatororganismen für die Advektion von warmen Wassermassen in polare Meeresregionen auch von den Herbst/Winter-Daten bestätigt werden. Die physiologische Potenz von Blaualgen zum Überleben niedriger Lebensumstände über einen Zeitraum von mehreren Monaten wurde bereits von Silver et al. (1986) angedeutet, die lebende Picocyanobakterien in Tiefen von 2000 m im südlichen Nord-Pazifik fanden.

Eine Klärung dieser Fragen ist nur durch eine großräumige Aufnahme der Blaualgenverteilung im Nordatlantik inclusive Grönländischer See im Jahresgang möglich. Weiterhin könnten durch physiologische Untersuchungen an isolierten Blaualgen aus der Grönländischen See festgestellt werden, ob diese Algen unter den dortigen Lebensbedingungen die Fähigkeit zur Produktion hoher Biomassen besitzen, und wie lange sie unter den Winterbedingungen überleben können.

Zusammenfassend läßt sich aufgrund der vorliegenden Arbeit der Schluß ziehen, daß Blaualgen zwar in der Arktis vorkommen, aber sie spielen ähnlich wie im Nordatlantik gegenüber den eucaryontischen autotrophen Picoplanktern nur eine untergeordnete Rolle.

### 5.3.2. Die Bedeutung des eucaryontischen autotrophen Pico- und Nanoplanktons

Die Bedeutung des autotrophen Pico- und Nanoplanktons läßt sich bereits aus dem hohen Anteil dieser Größenfraktionen an der Gesamtprimärproduktion in der Grönländischen See ansehen. Die sehr niedrige Primärproduktion im Ostgrönlandstrom wurde zu 92 % von Organismen kleiner als 20  $\mu\text{m}$  gebildet. Während der Diatomeenfrühjahrsblüte erreichte ihr Anteil das Minimum (14 %) und stieg in der daran anschließenden P. pouchetii-Blüte auf 52 %. Ihren maximalen Anteil an der Primärproduktion erreichte das Pico- und Nanoplankton während den von ihnen gebildeten Flagellaten-Blüten mit 70 %. Primärproduktionswerte aus dem Herbst und Winter lagen nicht vor.

Anderson (1965) fand in Küstengewässern des subarktischen Pazifiks weniger als 35 % der gesamten Produktion in der Fraktion kleiner als 5  $\mu\text{m}$ . In tropischen Regionen wie z.B. dem Roten Meer (Weisse, 1989) lag der Beitrag des Picoplanktons alleine schon bei 77 %. Stockner (1988) gibt Maximalwerte von 90 % an.

Untersuchungen über fraktionierte Primärproduktionen über einen gesamten Jahresgang sind selten. In der Keltischen See bildete die Größenfraktion kleiner als 5  $\mu\text{m}$  während der Frühjahrsblüte max. 26 % der Gesamtprimärproduktion (Joint et al., 1986), im Sommer dagegen bis zu 70 % (Joint und Pomroy, 1983). Jochem (1989) untersuchte die Veränderungen in den Anteilen einzelner Größenfraktionen im Jahresgang an verschiedenen Stationen in der Kieler Bucht. An Station D lag während der Frühjahrsblüte der Anteil des Picoplanktons (< 3  $\mu\text{m}$ ) bei 5 %, der des Nanoplanktons bei 33 %. Während des Sommers kam es zu einer starken Zunahme der Anteile dieser beiden Größenfraktionen, im Juli beispielsweise stellte das Picoplankton 39 %, das Nanoplankton 61 % der Gesamtproduktion.

In der Grönländischen See erlangen das autotrophe Pico- und Nanoplankton somit im Laufe der jahreszeitlichen Sukzession eine ähnlich

hohe Bedeutung als Primärproduzenten, wie es bereits für tropische oder boreale Ökosysteme beschrieben wurde.

Die Abundanzen des autotrophen Pico- und Nanoplanktons betragen im Ostgrönlandstrom ca.  $1.7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Während der Diatomeenblüte nahm die Abundanz auf  $7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup> zu und erreichte das Maximum während der P. pouchetii-Blüte mit  $13.7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup>. In dem Flagellaten-Sukzessionsstadium wurden im Mittel  $9.7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup> gefunden. Im Herbst/Winter nahmen die Dichten von  $0.8-1.4 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup> Ende Oktober auf  $1.2-0.1 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup> im November/Dezember ab. Auffallend war die große Konstanz in den Anteilen der einzelnen Größenfraktionen. Eucaryontisches Picoplankton stellte zu allen Jahreszeiten ca. 75 %, die Größenfraktion von 2-5 µm 10-20 % der Gesamtzahl. Der Anteil der Fraktionen kleiner 5 µm am Biovolumen des Pico- und Nanoplanktons betrug dagegen lediglich 25.7 %, das der Fraktionen von 5-20 µm zusammen aber 74.3 % (Tab. 5.3.1).

Tab. 5.3.1: Durchschnittliche prozentuale Anteile der einzelnen Größenfraktionen des Pico- und Nanoplanktons in Bezug auf Abundanz (x<sub>A</sub>) und Biovolumen (x<sub>V</sub>) während Ark4 und Ark5.

Größenfraktion (µm)	mittleres Zellvolumen (µm <sup>3</sup> )	x <sub>A</sub>	x <sub>V</sub>
< 2	3.1	82.8	11.7
2 - 5	22.5	13.5	14.0
5 - 10	220.9	3.2	33.0
10-20	1767.2	0.5	41.3

Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit älteren Studien aus der Arktis (z.B. Horner und Schrader, 1982; Gradinger, 1986; Smith et al., 1987) zeigt, daß mittels der in diesen Arbeiten benutzten Utermöhl (1958)-Technik zwar die relative Häufigkeit der Flagellaten in den einzelnen Regionen erfaßt wurde, die Absolutwerte sind jedoch um eine bis zwei Größenordnungen zu niedrig. Booth (1988) stellte im Nordpazifik fest, daß 19-30 % des pflanzlichen Kohlenstoffs vom Picoplankton und ca. 39 % durch das Nanoplankton gebildet wurden. Garrison und Buck (1989) stellten im Eisrandbereich des Weddellmeeres Flagellatenkonzentrationen von  $0.001-1 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup> fest. Davis und Sieburth (1982) fanden im Nordatlantik  $8 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup>, hauptsächlich dominiert durch die Prasinophycee Micromonas pusilla. Prasinophyceen der Gattungen Micromonas bzw.

Mantoniella sind bedeutende Vertreter des eucaryontischen Pico- und Nanoplanktons (Marchant et al., 1989). Thronsen (1970 c) konnte bei einer Untersuchung im Bereich der Bäreninsel zeigen, daß M. pusilla häufig das Pico- und Nanoplankton dominierte. Während der Ark4-Expedition untersuchte Trees (pers. Mitteilung) das Vorkommen von Algenpigmenten in der Grönländischen See. Er konnte nachweisen, daß das ausschließlich in Chlorophyten (Chlorophyceen + Prasinophyceen) vorkommende Chl b regelmäßig einen hohen Anteil am Gesamtchlorophyllgehalt einnahm. Prasinophyceen scheinen folglich einen Großteil der Pico- und Nanoplanktonpopulation darzustellen. Die genaue taxonomische Zusammensetzung des autotrophen Pico- und Nanoplanktons ist weitgehend unbekannt. Bei weiteren Untersuchungen über diese Organismengruppe in der Arktis wäre es unbedingt lohnenswert, diese Frage genauer zu bearbeiten. Möglicherweise findet außer der hier dargelegten saisonalen Veränderung der Gesamtzahl an Organismen auch eine Verschiebung im Artenspektrum statt, ähnlich wie es Guillard und Kilham (1977) für Diatomeen zeigten.

### 5.3.3. Die Bedeutung des Bakterioplanktons

Die Abundanzen des Bakterioplanktons waren im eisbedeckten Ostgrönlandstrom (Stationsgruppe A1) am niedrigsten. Sie lag im Mittel bei  $3.2 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Ungefähr das gleiche Ergebnis lieferte die Faktorenanalyse in dem entsprechenden Quadranten Q4 mit  $3.5 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Im Laufe der Diatomeenblüte (Q1) kam es zu einer deutlichen Zunahme der Abundanz. Ihr Maximum erreichten sie an Stationen mit P. pouchetii-Blüten (Q2) mit  $15.5 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> bzw. den von Flagellaten dominierten Stationen (Q3) mit  $12.8 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Im Herbst nahm die Anzahl von  $5.2-10.4 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> Ende Oktober auf Werte von  $4.4-2.4 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> ab. Im Gegensatz zu den Diatomeen, deren Abundanzen etwa um den Faktor 500 schwankten, blieb die Anzahl der Bakterien relativ konstant, sie schwankte lediglich um den Faktor 6.

Die Abundanzen unterscheiden sich nicht wesentlich von Ergebnissen aus anderen Meeresregionen. Ein Problem beim Vergleich der Daten ergibt sich aus der Tatsache, daß in den meisten Publikationen keine Angaben zum Sukzessionszustand des Planktons angegeben werden. Andersen (unpubl., zitiert in Fenchel, 1986) fand in der Bering See zwischen 6 und  $24 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Tab. 5.3.2). Linley et al. (1983) untersuchten die Bakterienzahlen im Englischen Kanal, die vorgefundenen Abundanzen be-

trugen  $3\text{-}24 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Im Jahresgang schwankten die Bakterienzahlen im Delaware-Ästuar (Kirchman und Hoch, 1988) zwischen  $20$  und  $35 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Untersuchungsergebnisse aus oligotrophen Meeresregionen lagen bei  $8 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Hawaii: Landry et al., 1984),  $5.5\text{-}8.8 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Rotes Meer: Weisse, 1989) und ca.  $10 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Mittelmeer: Hagström et al., 1988). Im Benguelastrom wurden  $20 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> festgestellt (Painting et al., 1989). Die Angaben zu Bakterienkonzentrationen in der Antarktis schwanken zwischen  $0.1\text{-}3.8 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> im Weddellmeer (Garrison und Buck, 1989) und  $1\text{-}10 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Hanson et al., 1983). Eine der wenigen Untersuchungen im Jahresgang wurde von Joint und Pomroy (1987) in der Keltischen See durchgeführt. Von Winterkonzentrationen von  $2\text{-}4 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> stieg die Abundanz während der Frühjahrsblüte im April auf  $4\text{-}10 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>, erreichte das Maximum im Juni/Juli ( $3\text{-}14 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup>) und nahm dann wieder auf die Winterkonzentrationen ab. Joint und Pomroy (1987) fanden keine Korrelation zu den Chl<sub>a</sub>-Konzentrationen in der Wassersäule. Dies ist auch nach den Ergebnissen aus meiner Studie nicht zu erwarten, da sich deutlich gezeigt hatte, daß hohe Konzentrationen an Diatomeen nicht zu derselben Bakterienzahl führen wie die entsprechende Biomasse an z.B. P. pouchetii. Hohe Abundanzen von Bakterien während P. pouchetii-Blüten wurden auch aus belgischen Küstengewässern berichtet (Billen und Fontigny, 1987). Die Autoren führen dies auf hohe Konzentrationen gelöster organischer Verbindungen zurück, die häufig assoziiert mit P. pouchetii-Blüten auftreten. Betrachtet man diese Angaben vergleichend, so ist eine deutliche Zunahme der Bakterienzahl im Vergleich von oligotrophen zu eutrophen Regionen festzustellen. Die Bakterienzahlen in der Grönländischen See nehmen eine Mittelstellung ein.

Der beste Parameter zum Vergleich meiner Angaben zur bakteriellen Produktion mit denen aus anderen Meeresregionen ist das Verhältnis von bakterieller Produktion zur Primärproduktion (Tab. 5.3.3). Im eisbedeckten Ostgrönlandstrom (Q4) war der Betrag sehr niedrig (7 %). Während der Diatomeenblüte kam es zwar zu einer absolut gesehen starken Zunahme der bakteriellen Produktion, das Verhältnis zur Primärproduktion nahm aber ab (4 %). Die höchsten Relationen wurden während der P. pouchetii- (19 %) und Flagellaten-Blüte (23 %) erreicht. Eine Berechnung dieser Angabe für die Herbst/Winter-Expedition war aufgrund fehlender Primärproduktionsmessungen nicht möglich, der absolute Wert war aber mit  $116 \text{ pgC} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  so hoch wie z.B. während der Frühjahrs-Diatomeenblüte.

**Tab. 5.3.2: Vergleich der Abundanzen von Bakterien ( $10^5 \cdot \text{ml}^{-1}$ ) aus versch. Meeresregionen**

Autor	Meeresregion	Abundanz	
Sherr et al. (1984)	Küstengewässer Georgias	0.3-6.3	
Davis und Sieburth (1982)	Narragansett Bay	0.9-37	
	Golfstrom	0.9-1.4	
	Sargasso See	0.9-1.3	
Nielson und Richardson (1989)	Nordsee	0.7-1.6	
Landry et al. (1984)	Hawaii	0.9	
Weisse (1989)	Rotes Meer	0.6-1.2	
Garrison und Buck (1989)	Antarktis	0.01-0.37	
eigene Daten (ARK4 und ARK5)	Grönländische See	Diatomeenblüte	0.4
		<i>P. pouchetii</i> -Blüte	1.8
		Flagellaten-Blüte	0.6
		Winterzustand	0.2

Im Auftriebsgebiet vor Chile fanden McManus und Peterson (1988) eine bakterielle Produktion von bis zu  $1400 \text{ pgC} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Painting et al. (1989) stellten im Auftriebswasser des Benguelastroms sogar noch höhere Absolutwerte fest ( $1200-2400 \text{ pgC} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Setzt man die Angaben von Painting et al. (1989) allerdings in Relation zur autotrophen Primärproduktion, so ergibt sich lediglich ein Wert von 17 %. Aus nährstoffreichen Küstenregionen geben Kirchman und Hoch (1988) eine Relation von ca. 30 % an, Coffin und Sharp (1987) von 23 %. In der nördlichen Ostsee beträgt die Relation im Jahresmittel 15 %, mit einem Maximalwert von 17 % (Kuosa und Kivi, 1989). Im oligotrophen Mittelmeer fanden sich die höchsten Angaben mit 36 % (Hagström et al., 1988).

Die Daten aus der Grönländischen See liegen somit innerhalb des bisher bekannten Spektrums. Geht man zusätzlich von der Annahme aus, daß Bakterien eine Wachstumseffizienz von 60 % aufweisen (Payne, 1970; Button, 1985), so muß man zur Abschätzung des tatsächlichen Kohlenstoffbedarfs die von mir ermittelten Angaben mit dem Faktor 1.7 multiplizieren. Somit würde z.B. während der Flagellaten-Blüten 53 % der gemessenen partikulären Primärproduktion von Bakterien verbraucht. Hieraus ist ersichtlich, daß bei Betrachtung des Energie- und

Stoffumsatzes in der Grönländischen See die Bakterien eine bedeutende und nicht vernachlässigbare Komponente darstellen.

**Tab. 5.3.3:** Vergleich der bakteriellen Produktion in Relation zur Primärproduktion in versch. Meeresregionen.

Autor	Meeresregion	Relation
Painting et al. (1989)	Auftrieb Afrika	17 %
Coffin und Sharp (1987)	Delaware Ästuar	23 %
Kirchman und Hoch (1988)	Delaware Ästuar	30 %
Kuosa und Kivi (1989)	nördliche Ostsee	15 %
Hagström et al. (1988)	Mittelmeer	36 %
eigene Daten (ARK5)	Grönländische See	
	Diatomeenblüte	4 %
	<u>P.pouchetii</u> -Blüte	19 %
	Flagellaten-Blüte	23 %
	Winterzustand	7 %

#### 5.3.4. Die Bedeutung des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons

Die Abundanzen des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons hatten charakteristische Veränderungen in den unterschiedlichen Sukzessionsstadien der Planktonentwicklung gezeigt. Die niedrigsten Werte traten im Ostgrönlandstrom auf ( $0.2 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ). Ebenso wie für die Bakterien und die autotrophen Pico- und Nanoplankter kam es während der Diatomeenblüte zu einer leichten Zunahme ( $0.4 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ). Die Maximalwerte traten im Laufe der P. pouchetii-Blüte ( $1.8 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ) und der Flagellatenmassenentwicklung ( $0.6 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ ) auf. Die Dichten im Herbst/Winter lagen zwischen  $0.1-0.3 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ . Eine vergleichende Betrachtung der Größenstruktur zeigt, daß Zellen kleiner als  $2 \mu\text{m}$  und von  $2-5 \mu\text{m}$  mit jeweils gleichen Anteilen 75 % der Gesamtzahl stellten. Aus diesem allgemeinen Schema fallen lediglich die Ergebnisse an von P. pouchetii dominierten Stationen heraus. Hier wurden immer hohe Populationsdichten von Choanoflagellaten angetroffen.

Davis et al. (1985) fanden im Nordatlantik in Küstennähe  $7.2 \cdot 10^3$  Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ , im offenen Ozean dagegen nur noch  $0.66 \cdot 10^3$

Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Einen Gradienten in der Abundanz der heterotrophen Flagellaten fanden Sherr et al. (1984) ebenso in den Küstengewässern Georgias. Die Zellzahlen nahmen von 6.3\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup> in 250 m Abstand von der Küste auf 0.3\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup> in 15 km Küstenabstand ab. Davis und Sieburth (1982) untersuchten ebenfalls das Vorkommen des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons im Nordatlantik. In der Narragansett Bucht variierten die Abundanzen zwischen 0.9-37\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup>, im Golfstrom lagen sie bei 0.9-1.4\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup> und in der oligotrophen Sargasso See bei 0.9-1.3\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup>. In den Gewässern um Hawaii stellten Landry et al. (1984) Populationsgrößen von ca. 0.9\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup> fest. Nielson und Richardson (1989) fanden in der Nordsee variierende Konzentrationen von 0.7-6.6\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Im oligotrophen Roten Meer (Weisse, 1989) lagen die Werte bei 0.6-1.2\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup>. In der Antarktis stellten Garrison und Buck (1989) Dichten von 0.01-0.37\*10<sup>3</sup> Zellen\*ml<sup>-1</sup> fest.

Die Angaben zeigen, daß die höchsten Populationsdichten in Küstennähe und damit produktiven Regionen gefunden wurden (Tab. 5.3.4). In oligotrophen Regionen bzw. im offenen Ozean waren die Abundanzen niedriger. Die Ergebnisse aus der Grönländischen See lassen sich in die zweite Kategorie einordnen.

**Tab. 5.3.4:** Vergleich der Abundanzen von heterotrophen Flagellaten (10<sup>3</sup>\*ml<sup>-1</sup>) aus versch. Meeresregionen.

Autor	Meeresregion	Abundanz
Sherr et al. (1984)	Küstengewässer Georgias	0.3-6.3
Davis und Sieburth (1982)	Narragansett Bay	0.9-37
	Golfstrom	0.9-1.4
	Sargasso See	0.9-1.3
Nielson und Richardson (1989)	Nordsee	0.7-6.6
Landry et al. (1984)	Hawaii	0.9
Weisse (1989)	Rotes Meer	0.6-1.2
Garrison und Buck (1989)	Antarktis	0.01-0.37
eigene Daten (ARK4 und ARK5)	Grönländische See	Diatomeenblüte 0.4
		<i>P. pouchetii</i> -Blüte 1.8
		Flagellaten-Blüte 0.6
		Winterzustand 0.2

Das Vorkommen von Choanoflagellaten als bedeutende Komponente des heterotrophen Nanoplanktons ist auch aus der Antarktis bekannt. Buck und Garrison (1983) fanden dort Konzentrationen von  $0.0001-2 \cdot 10^3$  Choanoflagellaten  $\cdot \text{ml}^{-1}$ , Marchant (1985) von  $0.3 \cdot 10^3$  Zellen  $\cdot \text{ml}^{-1}$  und Garrison und Buck (1989) von  $0.002-0.27 \cdot 10^3$  Zellen  $\cdot \text{ml}^{-1}$ . Garrison und Buck (1989) stellten dabei fest, daß das Protozooplankton dennoch von den sonstigen unbestimmten heterotrophen Flagellaten dominiert wurde (62-79 % der Gesamtzahl). Dieselbe Feststellung ist für die Grönländische See zu treffen. Bei charakteristischen Systemzuständen des Pelagials der Grönländischen See (*P. pouchetii*-Blüte) treten Choanoflagellaten gehäuft auf, sie sind aber stets in geringerer Anzahl als die dominierenden sonstigen heterotrophen Flagellaten.

Die taxonomische Zusammensetzung der Populationen der heterotrophen Flagellaten ist weitgehend unbekannt. Am besten untersucht sind bisher die Choanoflagellaten (z.B. Thomsen, 1982), da Arten aus dieser Familie häufig eine im Lichtmikroskop sichtbare Lorica als bestimmbares Merkmal aufweisen. Das Vorkommen anderer Gruppen dagegen wie der heterotrophen Chrysomonaden, Kinetoplastiden oder auch der Cryptomonaden ist zum größten Teil nicht bekannt, da die Identifizierung der Arten schwierig und häufig nur durch elektronenmikroskopische Betrachtung möglich wird (Fenchel, 1986). Ein genaueres Studium dieses Aspektes wäre aber von großer Bedeutung. Die einzelnen Arten, Gattungen und Familien unterscheiden sich in der Art und Weise ihrer Ernährung. Neben reinen Filtrierern (z.B. Choanoflagellaten) gibt es auch den Typ des Beutegreifers (z.B. Bodoniden) (Fenchel, 1986). Je nach Abundanz und Produktivität der Hauptnahrungsquelle der heterotrophen Flagellaten, der Bakterien, werden bestimmte Ernährungstypen bevorzugt oder benachteiligt. Das gehäufte Auftreten von Choanoflagellaten beispielsweise während der *P. pouchetii*-Blüten korrespondiert mit den maximalen Bakterienkonzentrationen. Möglicherweise werden in anderen Sukzessionsstadien des Planktons nicht die unteren Schwellenkonzentrationen an Bakterien erreicht, ab denen Choanoflagellaten sich erst vermehren können. Es ist von dieser Flagellatengruppe bekannt, daß sie in der Lage sind, sich bei zu niedrigen Futterkonzentrationen zu encystieren (Fenchel, 1986). So könnten sie solche Phase überdauern. Andere Flagellatentypen, wie z.B. die Kinetoplastiden, könnten als Beutegreifer gezielt Bakterien chemotaktisch orten und ingestieren und somit auch niedrigere Bakterienkonzentrationen verwerten. Auf die Fähigkeit der Flagellaten zur Chemotaxis wurde bereits vorher hingewiesen. Eine zweite wichtige Aufgabe neben der taxonomischen Erfassung der Artenzusammensetzung wären autökologische Studien an einzelnen charakteristischen Flagellaten

dieser Region, um deren physiologische Adaptationen wie z.B. Abhängigkeit der Ingestionsrate von Bakterienkonzentrationen, Überdauerung des polaren Winters oder auch Adaptation an kalte Wassertemperaturen (Psychrophilie) zu untersuchen.

Zum Vergleich der Aktivität des heterotrophen Pico- und Nanoplanktons in der Grönländischen See mit Angaben aus anderen Untersuchungen sollen die Ingestionsrate und die Filtrationsrate pro Flagellat benutzt werden (Tab. 5.3.5). Die gemessenen Ingestionsraten lagen zwischen 1-129 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> mit durchschnittlich 25 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Läßt man die extrem niedrigen Ergebnisse aus den Experimenten an Stationen im Ostgrönlandstrom außer acht, so ergibt sich eine Ingestionsrate von 32-50 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Es zeigte sich eine signifikante Beziehung zwischen der Abundanz der Bakterien und der Filtrationsrate pro Flagellat. Die durchschnittliche Filtrationsrate betrug 77 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>.

McManus und Fuhrman (1986) kamen bei ihren Experimenten mit künstlichen Futterpartikeln zu den niedrigsten bisher berichteten Ingestionsraten mit lediglich 2.4 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Dies zeigt wiederum, daß die Flagellaten wahrscheinlich zwischen natürlichen und künstlichen Partikeln diskriminieren können. Weisse (1989) ermittelte im Roten Meer Ingestionsraten von 21-58 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> bzw. eine Filtrationsrate von 36-94 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> bei Bakterienkonzentrationen von ca. 5-8\*10<sup>5</sup> Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. Landry et al. (1984) stellten bei Hawaii Ingestionraten von 17-38 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> und Filtrationsraten von 2.5-29 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> fest. Die Bakterienkonzentrationen betragen ca. 8\*10<sup>5</sup> Bakterien\*ml<sup>-1</sup>. In der Sargasso See ermittelten Davis und Sieburth (1984) Ingestions- und Filtrationsraten von 50 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> bzw. 100 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. In den Küstengewässern Georgias betragen die Ingestions- und die Filtrationsrate 20-80 Bakterien\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> bzw. 2-10 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> bei Bakterienkonzentrationen von 10-100\*10<sup>5</sup> Bakterien\*ml<sup>-1</sup> (Sherr et al., 1986). In einer weiteren Untersuchung aus dieser Region (Sherr et al., 1989 b) ergab sich bei Bakterienkonzentrationen von 53-128\*10<sup>5</sup> Bakterien\*ml<sup>-1</sup> Filtrationsraten von nur 1.65 nl\*Flagellat<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Die Daten zeigen eine weitgehende Übereinstimmung in der Größenordnung der Ingestionsraten. Weiterhin ist ersichtlich, daß die Filtrationsrate mit steigender Bakterienpopulationdichte sinkt. Eine umgekehrte Proportionalität zwischen Bakterienzahl und Filtrationsrate stellten ebenso Lucas et al.

(1987) in "mesocosm" Experimenten fest. Sie fanden mittlere Ingestionsraten von  $19 \text{ Bakterien} \cdot \text{Flagellat}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  und variierende Filtrationsraten zwischen 2 bis  $20 \text{ nl} \cdot \text{Flagellat}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Tab. 5.3.5:** Vergleich der Ingestionsraten heterotropher Flagellaten versch. Meeresregionen (Ingestionsrate: Bakterien/Flagellat/h); Filtrationsrate: nl/Flagellat/h)

Autor	Meeresregion		Ingestionsr.	Filtrationsr.
Davis und Sieburth (1982)	Sargasso See		50	100
Sherr et al. (1986)	Küstengewässer Georgias		20-80	2-10
(1989 b))	- " -			1.65
Landry et al. (1984)	Hawaii		17-38	2.5-29
Weisse (1989)	Rotes Meer		21-58	36-94
eigene Daten (ARK4 und ARK5)	Grönländische See	Diatomeenblüte	50	54
		<i>P. pouchetii</i> -Blüte	32	17
		Flagellaten-Blüte	48	48
		Winterzustand	11	33

Abschließend soll die Bedeutung der heterotrophen Pico- und Nanoplankter für den Stoffumsatz in der Grönländischen See dargestellt werden. Im Mittel betrug ihre Ingestion an bakteriellem Kohlenstoff 8 % der autotrophen Kohlenstoffproduktion. Im Ostgrönlandstrom und während der Phase der Diatomeenblüte betrug die Relation 3 bzw. 4 %. Das Verhältnis nahm während der *P. pouchetii*-Blüte auf 12 % zu und erreichte schließlich mit 20 % das Maximum während dem Flagellatensukzessionsstadium. Diese Relationen stimmen größtenteils mit denen der bakteriellen Produktion zur Primärproduktion überein. Dementsprechend lag das Verhältnis von bakterieller Produktion und Kohlenstoffingestion durch heterotrophes Pico- und Nanoplankton stets in der Nähe von 100 % (91-162 %). Dies bedeutet, daß ungefähr genauso viel bakterielle Biomasse produziert wurde, wie gleichzeitig vom Protozooplankton gefressen wurde. Die dargestellte enge Korrelation zwischen der bakteriellen Wachstumsrate  $\mu$  und der Wegfraßrate  $g$  (Kap. 4.4.2.) demonstriert zusätzlich die enge Kopplung zwischen Bakterien und heterotrophen Flagellaten. Es zeigt, daß die Pico- und Nanoflagellaten die Bakterienzahl kontrollieren, sie fressen praktisch nicht die vorhandene Biomasse der Bakterien, sondern vielmehr die neue Produktion. Dies erklärt auch die geringen Schwankungen in der Relation von Bakterienzahl und Abundanz der heterotrophen Flagellaten zwischen  $1.4-2.4 \cdot 10^3$  während der Frühling/Sommer-Phase und  $1.6-5.7 \cdot 10^3$  im Herbst/Winter.

#### 5.4. Der 'Microbial Loop' in der Grönländischen See

In der bisherigen Darstellung konnte gezeigt werden, daß die Organismen der Größenfraktionen des Pico- und Nanoplankton einen bedeutenden Beitrag zum Stofftransfer im Pelagial der Grönländischen See leisten. Dabei wurden beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Sukzessionsstadien nachgewiesen. Die Frühjahrsblüte wurde von Diatomeen bestimmt, Bakterien und Flagellaten waren von geringer Bedeutung. In späteren Sukzessionsstadien der Planktonentwicklung (Sommerphase) stieg sowohl die Biomasse als auch die Aktivität der Bakterien und Flagellaten stark an.

Welche Faktoren beeinflussen die Struktur der pelagischen Lebensgemeinschaften? Hilfreich zum Verständnis ist das Konzept von Dugdale und Goering (1967), das zwischen den Zuständen der "neuen" und der "regenerierenden" Produktion unterscheidet. Die "neue" Produktion wird am Anfang der Vegetationsperiode gebildet, typischerweise durch Diatomeen. Hauptstickstofflieferant ist hierfür das Nitrat, das durch winterliche Vertikalkonvektion der Wassersäule in die euphotische Zone gelangt. Mit zunehmendem Aufbau der pflanzlichen Biomasse und gleichzeitig einsetzender Stabilisierung der Wassersäule durch z.B. sommerliche Erwärmung oder im Falle der Grönländischen See durch abtauendes Meereis erfolgt eine Verarmung an Nährstoffen, Nitrat wird limitierend. In dieser Phase kommt es zu einer entscheidenden Veränderung in der Struktur der pelagischen Lebensgemeinschaft. Von heterotrophen Organismen regeneriertes Ammonium wird Hauptstickstoffquelle und Phytoflagellaten dominieren. Das sich nun ausbildende regenerierende System mit einer engen Vernetzung der verschiedenen trophischen Ebenen wurde später als "microbial loop" bezeichnet (Azam et al., 1983). Im Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, daß die Plankton Sukzession in der Grönländischen See diesem grundlegenden Konzept entspricht.

Eine Schlüsselrolle im Verständnis der Prozesse kommt der Produktion gelöster organischer Substanzen (DOM) zu, die die Basis für die Ernährung pelagischer Bakterien darstellen. Baumann (pers. Mitteilung) stellte bei autökologischen Untersuchungen an arktischen Diatomeen fest, daß Diatomeenkulturen in der logarithmischen Wachstumsphase weitgehend frei von Bakterien sind, die Exsudationsrate mußte folglich niedrig sein. Bestimmungen der Exsudationsraten an Freilandpopulationen zeigten, daß diese ihr Maximum im Sommer erreichen. In der nördlichen Ostsee beispielsweise fand Kuparinen (1987) mit über 30 % der partikulären

Primärproduktion die höchsten Exsudationsraten im Sommer. Die in meiner Arbeit gezeigten drastischen Unterschiede in der bakteriellen Produktion zwischen den einzelnen Phasen der Planktonsukzession lassen umgekehrt Rückschlüsse auf die Bildung von Exsudaten durch die Primärproduzenten zu. Die bakterielle Produktion und damit vermutlich auch die Exsudation waren während der Phasen der Diatomeenmassenentwicklung ("neue" Produktion) niedrig, während der von P. pouchetii bzw. autotrophen Flagellaten dominierten Sukzessionsstadien ("regenerierte" Produktion) dagegen hoch. Nimmt man einmal einen Gleichgewichtszustand zwischen Exsudation und Produktion bakterieller Biomasse an, so ergibt sich eine maximale Exsudationsrate von ca. 53 % während der von Flagellaten dominierten Entwicklungsphase des Pelagials (s. Kap. 5.3.3.), ähnlich den Angaben von Kuparinen (1987) für die Ostsee. Bei künftigen Untersuchungen in der Grönländischen See sollten folglich sowohl die Konzentration, die Zusammensetzung (DFAA, Lipide,...), die Produktion (Exsudation) und die bakterielle Aufnahme von DOM als zentrales Glied zum Verständnis des "microbial loop" bestimmt werden. Besonders deutlich wird die mögliche Signifikanz der DOM für die Biologie der Grönländischen See bei Betrachtung der Ergebnisse der Herbst/Winter-Expedition (Tab. 4.2.3). Während im Sommer das Verhältnis von autotrophen zu heterotrophen Pico- und Nanoflagellaten stets größer 10 war, sank es im Herbst/Winter auf Werte unter 1 ab, d.h., die Abundanzen der autotrophen Organismen nahmen sehr viel schneller ab als die der heterotrophen. Eine Erklärungsmöglichkeit hierfür ist, daß aufgrund eines Pools von DOM heterotrophe Organismen (Bakterien und damit auch heterotrophe Flagellaten) länger gute Wachstumsbedingungen vorfanden als die durch die beginnende Polarnacht Licht-limitierten Phytoflagellaten. Ohne aktuelle Messungen der DOM-Konzentrationen und Umsatzraten läßt sich diese Hypothese allerdings nicht nachweisen. Eine andere Möglichkeit wäre speziell für diese Fragestellung eine genaue Analyse der Zusammensetzung der Phytoflagellatenpopulationen. Es ist inzwischen für eine Reihe von Algen, insbesondere Chrysophyceen, nachgewiesen, daß sie einen Großteil ihres Kohlenstoffbedarfs durch Phagozytose von Bakterien decken (z.B. Andersson et al., 1989; Bird und Kalff, 1989). Es wäre durchaus denkbar, daß es im Herbst/Winter zu einer starken Verschiebung des Artenspektrums innerhalb der Phytoflagellatengemeinschaft in Richtung phagozytischer Algen kommt, falls tatsächlich ein Pool von DOM eine längere heterotrophe als autotrophe Entwicklungszeit ermöglichen sollte.

Ein Vergleich zwischen den Umsatzraten innerhalb des "microbial loop" mit dem durch calanoide Copepoden verdeutlicht, daß der Stoffkreislauf der Kleinstplankter (Pico- und Nanoplankton) nicht allein in tropischen und borealen, sondern ebenso in arktischen Regionen berücksichtigt werden muß.

Barthel (1986) untersuchte in der Grönländischen See die drei dominierenden herbivoren Calanus Arten C. finmarchicus, C. glacialis und C. hyperboreus. Betrachtet man den ingestierten Kohlenstoffs durch diese Mesozooplankter, so lag er in Relation zur Primärproduktion bei 0-65 %. Als typische Werte für den eisbedeckten Ostgrönlandstrom gibt Barthel (1986) eine Relation zwischen ingestiertem Kohlenstoff und Primärproduktion von 4 %, für die ostgrönländische Schelfpolynya während der Diatomeenblüte von 1 % und für den Eiskantenbereich während Flagellaten- und P. pouchetii-Blüten von 3-21 % an. Knickmeier (1989) untersuchte auf der Ark5/2-Expedition ebenfalls die Ingestionsraten der dominanten Copepoden und fand, daß der Wegfraß an pflanzlicher Biomasse, ausgedrückt als Chl a-Konzentrationen, stets weniger als 1 % betrug. Einen Vergleich zur Produktion lieferte Knickmeier allerdings nicht. Insbesondere die Ergebnisse von Barthel (1986) verdeutlichen, daß der Stoffumsatz durch Organismen des "microbial loop" absolut vergleichbar zu dem durch das traditionell stärker beachtete Mesozooplankton sein kann.

Ciliaten wurden von Gradinger (1986) als weitere potentielle Glieder der Nahrungskette insbesondere im Eiskantenbereich ausgewiesen. Untersuchungen von Auf dem Venne (pers. Mitteilung) während der gemeinsam durchgeführten Expedition ARK 5 ergaben in Übereinstimmung mit den Angaben von Gradinger (1986) Populationsdichten der Ciliaten von maximal mehreren tausend Zellen\* $l^{-1}$ . Er stellte allerdings weiterhin fest, daß bis zu 95 % der Ciliaten als mixotroph im Sinne von Stoecker et al. (1987) bezeichnet werden müssen. Durch Retention ingestierter Algenchloroplasten werden diese Ciliaten in die Lage versetzt, selbst organischen Kohlenstoff zu produzieren. Andererseits sind Ciliaten als effektive Grazer von Bakterien bekannt (Albright et al., 1987; Sherr et al., 1989 a). Die Stellung der Ciliaten im Nahrungsnetz der Grönländischen See muß daher im Gegensatz zu der ausschließlich auf deren heterotrophes Potential gerichteten Betrachtungsweise von Gradinger (1986) sehr differenziert neu untersucht werden.

Die Frage, ob der "microbial loop" in der Grönländischen See eine Verlustquelle oder aber ein Bindeglied für organischen Kohlenstoff von

DOM zu höheren trophischen Stufen wie z.B. den Copepoden darstellt ("sink or link?"), läßt sich aufgrund meiner Untersuchungen alleine nicht beantworten. Barthel (1986) stellte für die drei untersuchten Copepodenarten fest, daß diese sowohl Flagellaten als auch Ciliaten als Nahrung aufnehmen. Untersuchungen von Wiadnyana und Rassoulzadegan (1989) an zwei im Mittelmeer weitverbreiteten Copepodenarten zeigten sogar eine deutliche Präferenz in der Wahl der Nahrung für Ciliaten gegenüber gleichzeitig angebotenen Diatomeen und Dinoflagellaten. In der Antarktis konnten Hara und Tanoue (1984, 1985) aufgrund von Kotballenanalysen die Ingestion von Choanoflagellaten durch Euphausia superba nachweisen und schlossen hieraus, daß der "microbial loop" für das als "Nahrungskette der Giganten" häufig titulierte Nahrungsnetz des antarktischen Pelagials ein Bindeglied von DOM zu Krill darstellt. Die Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit lassen dies auch für bestimmte Sukzessionsstadien in der Grönländischen See erwarten. Zu einer Abschätzung dieser Möglichkeit fehlen aber grundlegende Arbeiten über die schwierig zu messenden Transfer-Effizienzen zwischen den einzelnen trophischen Stufen des Nahrungsnetzes.

Neben dem Kohlenstoff-Umsatz innerhalb des "microbial loop" bildet dieser weiterhin eine Quelle zur Erneuerung von Nährstoffen (Stickstoffverbindungen). Zur Abschätzung der Stickstoffexkretion (N1) durch das heterotrophe Nanoplankton (Tab. 5.4.1) wurde angenommen, daß 60 % des ingestierten bakteriellen Stickstoffs remineralisiert bzw. exkretiert werden (Fenchel, 1987):  $N1 = IngC \cdot 0.6 / 5.678$  (5.678: Gewichtsverhältnis C/N). Weiterhin sollte das Phytoplankton bei der Primärproduktion (PP) Stickstoff im Verhältnis C/N=5.678 einbauen (N2). Aus den Ergebnissen dieser Abschätzung ist ersichtlich, daß das Regenerationspotential alleine der heterotrophen Nanoflagellaten während der durch sehr niedrige Nitrat-Konzentrationen gekennzeichneten Flagellaten-Blüten bereits etwa 20 % des gesamten Phytoplankton-Bedarfs decken könnte. Der Stickstoffbedarf der Frühjahrsblüte der Diatomeen kann durch das Protozooplankton nicht gedeckt werden. Diese Ergebnisse entsprechen erneut dem Konzept der neuen bzw. regenerierten Produktion von Dugdale und Goering (1967).

**Tab. 5.4.1.: Abschätzung der Stickstoffregeneration (N1: ng N/ml/h) durch heterotrophes Nanoplankton in Relation zum Bedarf des Phytoplanktons (N2) während unterschiedlicher Phasen der Planktonsukzession (Erläuterung der Abkürzungen im Text).**

Sukzessionsstadium	heterotr. Flagellaten		Primärproduzenten		Relation
	IngC	N1	PP	N2	N1/N2
Diatomeen-Blüte	0.13	0.013	3.43	0.604	0.02
<i>P. pouchetii</i> -Blüte	0.25	0.027	1.42	0.250	0.11
Flagellaten-Blüte	0.18	0.018	0.52	0.092	0.20
Winterzustand	0.02	0.002	0.12	0.021	0.08

Abschließend kann festgestellt werden, daß das auto- und heterotrophe Pico- und Nanoplankton im Pelagial der Grönländischen See eine bedeutende Komponente darstellt. Ein Großteil des biologischen Stoffumsatzes erfolgt in diesen Größenfraktionen, sowohl bezüglich der Primär- wie auch der Sekundärproduktion. Der "microbial loop" bildet somit ähnlich wie in borealen und tropischen Meeren eine charakteristische Größe innerhalb dieses polaren Ökosystems.

## 6. Zusammenfassung:

- 1) Auf insgesamt drei Expeditionen mit FS "Polarstern" bzw. FS "Meteor" wurde die Zusammensetzung der Pico- und Nanoplanktongemeinschaften der Grönländischen See untersucht. Zwei Fahrten fanden im Frühling/Sommer (Mai-Juni 1987, April-Juni 1988) statt, eine im Herbst/Winter (Oktober-Dezember 1988).
- 2) Die Bestandsermittlung erfolgte mittels Epifluoreszenzmikroskopie. Die Wachstums- und Wegfraßrate der Bakterien wurde durch selektive Inhibition (Sherr et al., 1986) gemessen. Auf der Sommer-Expedition 1988 erfolgte zusätzlich die Auswertung von Proben, die mittels Kernbohrern aus arktischem Meereis entnommen wurden.
- 3) Zur Analyse der Wechselwirkungen zwischen einzelnen Parametern wurden sowohl Korrelationsberechnungen als auch Faktorenanalysen durchgeführt.
- 4) Die Untersuchungen zur Besiedlung des Meereises zeigten, daß Bakterien, auto- und heterotrophe Flagellaten sowie Diatomeen bevorzugt in den untersten 10 cm der Eisschollen vorkommen. In einem Freilandexperiment konnte gezeigt werden, daß die Frühjahrsentwicklung der Eisalgen an die Überschreitung eines Schwellenwertes der Lichtintensität gebunden war. Gleichzeitig wurde damit der regulierende Einfluß der die Quantenstromdichte reduzierenden Schneeschicht nachgewiesen.
- 5) Im Pelagial demonstrierte die vergleichende Betrachtung der Ergebnisse aus verschiedenen hydrographischen Regionen, daß das Vorkommen und die Aktivität der Pico- und Nanoplankter nicht an bestimmte Wasserkörper, sondern vielmehr an bestimmte Sukzessionsstadien der Planktonentwicklung gekoppelt waren. Eine Ausnahme bildete lediglich die Verteilung der Cyanobakterien, deren Bedeutung als Indikatororganismen für warmes, atlantisches Wasser in polaren Regionen diskutiert wird.
- 6) Mittels Faktorenanalyse wurden die Stationen entsprechend ihren biologischen Charakteristika gruppiert. Die Frühlings- und Sommergemeinschaften liessen sich in vier Gruppen aufteilen. Gruppe 1 bestand aus Stationen im eisbedeckten Ostgrönlandstrom. Gruppe 2 war gekennzeichnet durch die Frühjahrsblüte der Diatomeen, Gruppe 3 umfaßte die Stationen mit Phaeocystis pouchetii-Blüten und Gruppe 4 das für die Grönländische See bisher noch nicht beschriebene Sukzessionsstadium der Flagellaten-Blüten.

- 7) Die Abundanzen sowohl der Bakterien als auch der auto- und heterotrophen Flagellaten erreichten jeweils im Sommer ihr Maximum. Von ca.  $3.5 \cdot 10^5$  Bakterien\*ml<sup>-1</sup> in Gruppe 1 stieg deren Abundanz auf 15.5 bzw.  $12.8 \cdot 10^5$ \*ml<sup>-1</sup> in den Gruppen 3 und 4. Damit gekoppelt war eine Zunahme der bakteriellen Produktion. Ihr Verhältnis zur Primärproduktion stieg von minimal 4 % während der Diatomeen-Blüte auf 19 bis 23 % während der P. pouchetii- bzw. Flagellaten-Blüten. Die Abundanzen der auto- und heterotrophen Flagellaten zeigten eine ähnliche Entwicklung mit Minimalwerten in den Gruppen 1 und 2 und daran anschließenden Maxima in den Gruppen 3 und 4 (autotrophe Pico- und Nanoflagellaten: max.  $13.7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup>, heterotr. Pico- und Nanoflagellaten: max.  $1.7 \cdot 10^3$  Zellen\*ml<sup>-1</sup>). Die Relationen der Kohlenstoffinkorporation durch Grazing der Bakterien durch heterotrophe Flagellaten zur Primärproduktion waren nahezu identisch mit den bereits aufgeführten Angaben zur bakteriellen Produktivität.
- 8) Während der Herbst/Winter-Expedition war eine deutliche Abnahme aller Abundanzparameter gegenüber den Sommermonaten festzustellen. Die Bakterienkonzentrationen lagen mit einer Ausnahme alle unter  $10 \cdot 10^5$ \*ml<sup>-1</sup>, die Flagellaten-Dichten betragen wenige hundert Zellen\*ml<sup>-1</sup>. Beachtenswert war die deutliche Abnahme des Verhältnisses der autotrophen zu den heterotrophen Pico- und Nanoplanktern. Dies deutet auf das Vorhandensein eines Pools an gelöster organischer Substanz hin, der auch während der lichtarmen Polarnacht heterotrophes Wachstum ermöglicht.
- 9) Die Ergebnisse zeigten eine enge Kopplung zwischen bakterieller Produktivität und dem Wegfraß durch heterotrophe Flagellaten. Nahezu 100 % der bakteriellen Produktion wurden im Mittel von heterotrophen Flagellaten täglich ingestiert. Die Flagellaten fressen folglich nicht die aktuelle Biomasse, sondern vielmehr die Produktion der Bakterien.
- 10) In der Diskussion wird dargelegt, daß der Stoffumsatz innerhalb des "microbial loop" in der arktischen Grönländischen See in seiner Bedeutung der Aktivität des dortigen Mesozooplanktons gleichzusetzen ist. Weiterhin wird festgestellt, daß keine Unterschiede zu Ergebnissen aus tropischen oder borealen Regionen hinsichtlich Abundanz und Aktivität des Pico- und Nanoplanktons festzustellen sind. Hierdurch konnte nachgewiesen werden, daß der "microbial loop" auch in polaren Gewässern wie der Grönländischen See von großer Bedeutung ist.

## 7. Literaturverzeichnis

- Aagard, K., Coachman, L.K. (1968): The East Greenland Current north of Denmark Strait: part II. *Arctic* 21: 267-290
- Albright, L.J., Sherr, E.B., Sherr, B.F., Fallon, R.D. (1987): Grazing of ciliated protozoa on free and particle-attached bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38: 125-129
- Alexander, V. (1980): Interrelationships between seasonal sea ice and biological regimes. *Cold Regions Sci. Technol.* 2: 157-178
- Alexander, V., Niebauer, H.J. (1981): Oceanography of the eastern Bering Sea ice-edge in spring. *Limnol. Oceanogr.* 26: 1111-1125
- Anderson, G.C. (1965): Fractionation of phytoplankton communities off the Washington and Oregon coasts. *Limnol. Oceanogr.* 10: 329-334
- Andersson, A., Lee, C., Azam, F., Hagström, A. (1985): Release of aminoacids and inorganic nutrients by heterotrophic marine microflagellates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 23: 99-106
- Andersson, A., Falk, S., Samuëllon, G., Hagström, A. (1989): Nutritional characteristics of a mixotrophic nanoflagellate, Ochromonas sp.. *Microb. Ecol.* 17: 251-262
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A., Thingstad, T.F. (1983): The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 10: 257-263
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Schuchard, R., Fischer, Chr., Weiber, R. 1987: *Multivariate Analyseverfahren*. Springer Vlg. Berlin, 404 pp.
- Barthel, K.G. (1986): Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im Nahrungsgefüge typischer Wasserkörper der Grönland-See. *Ber. Inst. für Meeresk. Kiel* 158, 107 pp.
- Bartsch, A. (1989): Die Eisalgenflora des Wedellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten. *Ber. Polarforsch.* 63: 1-110
- Bernstein, I.H. (1988): *Applied multivariate analysis*. Springer, New York, 508 pp.

- Billen, G., Fontigny, A. (1987): Dynamics of a Phaeocystis-dominated spring bloom in Belgian coastal waters. II. Bacterioplankton dynamics. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **37**: 249-257
- Bird, D.F., Kalff, J. (1989): Phagotrophic sustenance of a metalimnetic phytoplankton peak. *Limnol. Oceanogr.* **34**: 155-162
- Bjørnsen, P.K. (1986): Automatized determination of bacterioplankton biomass by image analysis. *Appl. Environm. Microbiol.* **51**: 1199-1204
- Bloem, J., Bär-Gilissen, M.-J. B., Cappenberg, T.E. (1986): Fixation, counting, and manipulation for heterotrophic nanoflagellates. *Appl. Environm. Microbiol.* **52**: 1266-1272
- Bloem, J., Bär-Gilissen, M.-J. (1989): Bacterial activity and protozoan grazing potential in a stratified lake. *Limnol. Oceanogr.* **34**: 297-309
- Bock, H.H. (1974): Automatische Klassifikation. Vandenhoeck und Ruprecht Vlg., Göttingen, 480 pp.
- Booth, J.A. (1984): The eponitic algal community of the ice edge zone and its significance to the Davis Street ecosystem. *Arctic* **37**: 234-239
- Booth, B.C. (1988): Size classes and major taxonomic groups of phytoplankton at two locations in the subarctic Pacific Ocean in May and August, 1984. *Mar. Biol.* **97**: 275-286
- Booth, B.C., Lewin, J., Norris, R.E. (1982): Nanoplankton species predominant in the subarctic Pacific in May and June 1978. *Deep Sea Res.* **29**: 185-200
- Braarud, T. (1935): The "Oest"- expedition to the Denmark Strait 1929: 2. The phytoplankton and its conditions of growth. *Hvalradets Skr.* **10**: 1-171
- Buck, K.R., Garrison, D.L. (1983); Protists from the ice-edge region of the Weddell Sea. *Deep Sea Res.* **30**: 1261-1277
- Buckley, J.R., Gammelsröd, T., Johannessen, J.A., Johannessen, O.M., Röed, L.P. (1979): Upwelling: oceanic structure at the edge of the Arctic ice pack in winter. *Sci.* **203**: 165-167
- Bunt, J.S. (1968): Some characteristics of microalgae isolated from Antarctic sea ice. *Antarct. Res. Ser.* **11**: 1

- Bunt, J.S., Lee, C.C. (1970): Seasonal primary production in Antarctic sea ice at McMurdo Sound in 1967. *J. Mar. Res.* 28: 304
- Button, D.K. (1985): Kinetics of nutrient-limited transport and microbial growth. *Microb. Rev.* 49: 270-297
- Campbell, L., Carpenter, E.J. (1986): Estimating the grazing pressure of heterotrophic nanoplankton on *Synechococcus* spp. using the sea water dilution and selective inhibitor technique. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 33: 121-129
- Caron, D.A. (1983): Technique for enumeration of heterotrophic and phototrophic nanoplankton, using epifluorescence microscopy, and comparison with other procedures. *Appl. Environ. Microbiol.* 46: 491-498
- Cleve, P.T. (1873): On diatoms in the Arctic Sea. *Bihang till K. Svensk Vet. Akad. Handl.* 1: 1-28
- Cleve, P.T. (1883): Diatoms collected during the expedition of the "Vega". *Vega-Exped. Iakttagelser* 3: 455-517
- Coachman, L.K., Aagard, K. (1974): Physical oceanography of arctic and subarctic seas. In: Herman, Y. (Ed.): *Marine geology and oceanography of the arctic seas*. Springer, New York, pp. 1-72
- Coffin, R.B., Sharp, J.H. (1987): Microbial trophodynamics in the Delaware Estuary. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 41: 253-266
- Cota, G.F. (1985): Photoadaptation in high arctic ice algae. *Nature* 315: 219-222
- Davis, P.G., Sieburth, J.McN. (1982): Differentiation of phototrophic and heterotrophic nanoplankton populations in marine waters by epifluorescence microscopy. *Annls. Inst. océanogr. Paris* 58: 249-260
- Davis, P.G., Sieburth, J.McN. (1984): Estuarine and oceanic microflagellate predation of actively growing bacteria: estimation by frequency of dividing bacteria. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 19: 237-246
- Davis, P.G., Caron, D.A., Johnson, P.W., Sieburth, J.McN. (1985): Phototrophic and apochlorotic components of picoplankton and nanoplankton in the North Atlantic: geographic, vertical, seasonal and diel distributions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 21: 15-26

- Dietrich, G., Kalle, K., Krauss, W., Siedler, G. (1975): *Allgemeine Meereskunde*. Bornträger, Berlin. 593 pp.
- Douglas, D.J., Novitsky, J.A., Fournier, R.O. (1987): Microautoradiography-based enumeration of bacteria with estimates of thymidine-specific growth and production rates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 36: 91-99
- Dugdale, R.C., Goering, J.J. (1967): Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnol. Oceanogr.* 12: 196-206
- Dunbar, M.J. (1982): Arctic marine ecosystems. In: Rey, L (Ed.): *The Arctic Ocean - the hydrographic environment and the fate of its pollutants*. MacMillan Press, London. pp. 233-261
- Eilertsen, H.C., Taasen, J.P. (1984): Investigations on the plankton community of Balsfjorden, northern Norway. The phytoplankton 1976-1978. Abundance, species composition, and succession. *Sarsia* 66: 129-141
- Fenchel, T. (1982): Ecology of heterotrophic microflagellates. IV. Quantitative occurrence and importance as bacterial consumers. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 9: 35-42
- Fenchel, T. (1986): The ecology of heterotrophic microflagellates. In: Marshall, K.C. (Ed.): *Advances in microbial ecology* 9: 57-97
- Fenchel, T. (1987): *Ecology of protozoa*. Springer Vlg., New York, 197 pp.
- Field, J.G., Clarke, K.R., Warwick, R.M. (1982): A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 8: 37-52
- Fuhrman, J. (1987): Close coupling between release and uptake of dissolved free amino acids in seawater studied by an isotope dilution approach. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 37: 45-52
- Fuhrman, J.A., Azam, F. (1980): Bacterioplankton secondary production estimates for coastal waters of British Columbia, Antarctica, and California. *Appl. Environ. Microbiol.* 39: 1085-1095
- Fuhrman, J.A., Azam, F. (1982): Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluations and field results. *Mar. Biol.* 66: 109-120

- Fuhrmann, J.A., McManus (1984): Do bacteria-sized marine eucaryotes consume significant bacterial production? *Science* 224: 1257-1260
- Galvao, H.M., Fritz, A.T., Schmaljohann, R. (1989): Ingestion of gametes by protists: fate of surplus reproductive energy in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 51: 215-220
- Garrison, D.L., Ackley, S.F., Buck, K.R. (1983): A physical mechanism for establishing algal populations in frazil ice. *Nature* 306: 363
- Garrison, D., Buck, K.R. (1989): Protozooplankton in the Weddell Sea, Antarctica: Abundance and distribution in the ice-edge zone. *Polar Bio.* 9: 341-351
- Gascard, J.C., Kergomard, C., Jeanin, P.F., Fily, M. (1988): Diagnostic study of the Fram Strait marginal ice zone during summer from 1983 and 1984 Marginal Ice Zone Experiment Lagrangian observations. *J. Geophys. Res.* 93: 3613-3641
- Gast, V. (1985): Bacteria as a food source for microzooplankton in the Schlei Fjord and Baltic Sea with special reference to ciliates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 22: 107-120
- Glover, H.E., Campbell, L., Prezelin, B.B. (1986): Contribution of *Synechococcus* spp. to size-fractionated primary productivity in three water masses in the northwest Atlantic Ocean. *Mar. Biol.* 91: 193-203
- Gradinger, R. (1986): Die Phytoplanktonverbreitung in der Framstrasse zwischen Grönland und Spitzbergen. *Dipl.Arb. Univ. Kiel.* 94 pp.
- Gradinger, R., Lenz, J. (1989): Picocyanobacteria in the high Arctic. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 52: 99-101
- Gran, M.H. (1897): Bemerkungen über das Plankton des arktischen Meeres. *Ver. dt. botan. Gesellschaft* 15: 132-136
- Gran, M.H. (1904): 1. Diatomaceae from the ice-floes and plankton of the Arctic Ocean. The Norwegian North Polar Expedition 1893-96, *Scientific Results* 64: 1-74
- Griessmann, K. (1914): Über marine Flagellaten. *Arch. Protistenkd.* 32: 1-78

- Grossi, S.M., Sullivan, C.W. (1985): Sea ice microbial communities. V. The vertical zonation of diatoms in an antarctic fast ice community. *J. Phycol.* 21: 401-409
- Grossi, S.M., Kottmeier, S.T., Sullivan, C.W. (1984): Sea ice microbial communities. III. Seasonal abundance of microalgae and associated bacteria, McMurdo Sound, Antarctica, *Microb. Ecol.* 10: 231-242
- Guillard, R.R.L., Kilham, P. (1977): The ecology of marine planktonic diatoms. In: Werner, D. (Ed.): *The biology of diatoms*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, pp. 372-469
- Gunkel, J. (1988): Zur Verbreitung von Phaeocystis pouchetii im Phytoplankton der Framstraße unter besonderer Berücksichtigung der Koloniebildung. *Dipl Arb., Univers. Kiel.* 102 pp.
- Hagström, A., Larsson, U., Hörstedt, P., Normark, S. (1979): Frequency of dividing cells, a new approach to the determination of bacterial growth rates in aquatic environments. *Appl. Environm. Microb.* 37: 806-812
- Hagström, A., Azam, F., Andersson, A., Wikner, J., Rassoulzadegan, F. (1988): Microbial loop in an oligotrophic pelagic marine ecosystem: possible roles of cyanobacteria and nanoflagellates in the organic fluxes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 49: 171-178
- Hanson, R.B., Lowery, H.K., Shafer, D., Sorocco, R., Pope, D.H. (1983): Microbes in Antarctic waters of the Drake Passage: Vertical patterns of substrate uptake, productivity and biomass in January 1980. *Polar Biol.* 2: 179-188
- Hara, S., Tanoue (1984): Choanoflagellates in the Antarctic Ocean, with special reference to Parvicorbicula socialis (Meunier) Deflandre. In: Hoshai, T., Fukuchi, M. (Eds.): *Proceeding of the sixth symposium on polar biology*. *Mem. Natl. Inst. Polar Res.* 32: pp. 1-13
- Hara, S., Tanoue, E. (1985): Marine choanoflagellates: their contribution to the Antarctic food chain. *Bull. Mar. Sci.* 37: 766
- Heimdal, B.R. (1983): Phytoplankton and nutrients in the waters north-west of Spitsbergen in the autumn of 1979. *J. Plankton Res.* 5: 901-918

- HELCOM (1983): Guidelines for the Baltic monitoring programme for the second stage. Baltic Marine Environm. Prot. Com., Helsinki, 249 pp.
- Helland-Hansen, B., Nansen, F. (1909): The Norwegian Sea: Its physical oceanography based upon the Norwegian researches 1900-1904. Rep. Norw. Fish. Mar. Invest. 2, 390 pp.
- Hesse, K.J. (1979): Produktions- und Biomasse-messung an pelagischen Heterotrophen unter besonderer Berücksichtigung des Protozooplanktons. Dip. Arb., Univers. Kiel, 103 pp.
- Hewes, C.D., Holm-Hansen, O. (1983): A method for recovering nanoplankton from filters for identification with the microscope: the filter-transfer-freeze (FTF) technique. Limnol. Oceanogr. 28: 389-394
- Hobbie, J.E., Daley, R.J., Jasper, S. (1977): Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. Appl. Environm. Microb. 33: 1225-1228
- Hollibaugh, J.T. (1988): Limitations of the ( $^3$ -H)thymidine method for estimating bacterial productivity due to thymidine metabolism. Mar. Ecol. Progr. Ser. 43: 19-30
- Hopkins, C.C.E., Tande, K.S., Grönvik, S., Sargent, J.R., Schweder, T. (1985): Ecological investigations of the Zooplankton community of Balsfjorden, Northern Norway: growth and quantification of condition in relation to overwintering and food supply in Metridia longa, Calanus finmarchicus, Thysanoessa inermis and Thysanoessa raschi. In: Gray, J.S., Christiansen, M.E. (Eds.): The marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms. Wiley, Chichester, pp. 83-101
- Horner, R., Alexander, V. (1972): Algal populations in arctic sea ice: an investigation on heterotrophy. Limnol. Oceanogr. 17: 454-458
- Horner, R., Schrader, G.C. (1982): Relative Contribution of ice algae, phytoplankton, and benthic microalgae to primary production in nearshore regions of the Beaufort Sea. Arctic 35: 485-503
- Horner, R., Syvertsen, E.E., Thomas, D.P., Lange, C. (1988): Proposed terminology and reporting units for sea ice algal assemblages. Polar Biol. 8: 249-253

- Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F. (1975): New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b,  $c_1$ ,  $c_2$ , in higher plants and phytoplankton. *Bioch. Phys. Pfl.* **167**: 191-194
- Jochem, F. (1988): On the distribution and importance of picocyanobacteria in a boreal inshore area (Kiel Bight, Western Baltic). *J. Plankton Res.* **10**: 1009-1022
- Jochem, F. (1989): Distribution and importance of autotrophic ultraplankton in a boreal inshore area (Kiel Bight, Western Baltic). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **53**: 153-168
- Johannessen, O.M., Johannessen, J.A., Morison, J., Farrelly, B.A., Svendsen, E.A.S. (1983): Oceanographic conditions in the marginal ice zone north of Svalbard in early fall 1979 with emphasis on mesoscale processes. *J. Geophys. Res.* **88**: 2755-2769
- Johnson, P.W., Sieburth, J.McN. (1979): Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnol. Oceanogr.* **24**: 928-935
- Joint, I.R., Pomroy, A.J. (1983): Production of Picoplankton and small nanoplankton in the Celtic Sea. *Mar. Biol.* **77**: 19-27
- Joint, I.R., Owens, N.J.P., Pomroy, A.J. (1986): Seasonal production of photosynthetic picoplankton and nanoplankton in the Celtic Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **28**: 251-258
- Joint, I.R., Pomroy, A.J. (1987): Activity of heterotrophic bacteria in the euphotic zone of the Celtic Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **41**: 155-165
- Kern, J.C., Carey, A.G.Jr. (1983): The faunal assemblages inhabiting seasonal sea ice in the nearshore Arctic ocean with emphasis on copepods. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **10**: 159-167.
- Kirchman, D.L., Hoch, M.P. (1988): Bacterial production in the Delaware Bay estuary estimated from thymidine and leucine incorporation rates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **45**: 169-178
- Klein Breteler, W.C.M. (1985): Fixation artifacts of phytoplankton in zooplankton grazing experiments. *Hydrobiol. Bull.* **19**: 13-19
- Knickmeier, K. (1989): Bestimmung der Freßrate arktischer Copepoden mittels der Magenfluoreszenz-Methode. *Dipl. Arb., Univ. Kiel.* 82 pp.

- Kottmeier, S.T., Grossi, S.M., Sullivan, C.W. (1987): Sea ice microbial communities. VIII. Bacterial production in annual sea ice of Mc Murdo Sound, Antarctica. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 35: 175-186
- Kuosa, H., Kivi, K. (1989): Bacteria and heterotrophic flagellates in the pelagic carbon cycle in the northern Baltic Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 53: 93-100
- Kuparinen, J. (1987): Production and respiration of overall plankton and ultraplankton communities at the entrance to the Gulf of Finland in the Baltic Sea. *Mar. Biol.* 90: 591-607
- Lancelot, C. (1984): Metabolic changes in Phaeocystis pouchetii (Hariot) Lagerheim during the spring bloom in Belgian coastal waters. *Estuar. coast. Shelf Sci.* 18: 593-600
- Landry, M.R., Hassett, R.P. (1982): Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. *Mar. Biol.* 67: 283-288
- Landry, M.R., Haas, L.W., Fargerness, V.L. (1984): Dynamics of microbial plankton communities: Experiments in Kaneohe Bay, Hawaii. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 16: 127-133
- Lighthard, B. (1969): Planktonic and benthic bacterivorous protozoa at eleven stations in Pudget Sound and adjacent Pacific Ocean. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 299-304
- Linley, E.A., Newell, R.C., Lucas, M.I. (1983): Quantitative relationships between phytoplankton, bacteria and heterotrophic microflagellates in shelf waters. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 12: 77-89
- Lohmann, H. (1911): Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleinster Wasserproben zur Gewinnung derselben in lebendem Zustande. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol. Hydrogr.* 4: 1-38
- Lucas, M.I., Probyn, T.A., Painting, S.J. (1987): An experimental study of microflagellate bacterivory: further evidence for the importance and complexity of microplankton interactions. In: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds.): *The Benguela and comparable ecosystems*. *S. Afr. J. mar. Sci.* 5: 791-808
- Marchant, H.J. (1985): Choanoflagellates in the Arntarctic marine food chain. In: Siegfried, W.R., Condy, P.R., Laws, R.M. (Eds.): *Antarctic nutrient and food cycles*. Springer, Berlin, pp. 271-276.

- Marchant, H.J., Davidson, A.T., Wright, S.W. (1987): The distribution of chroococcoid cyanobacteria in the southern ocean. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 1: 1-9
- Marchant, H.J., Buck, K.R., Garrison, D.L., Thomsen, H.A. (1989): Mantoniella in Antarctic waters including the description of M. antarctica sp. nov. (prasinophyceae). J. Phycol. 25: 167-174
- Margalef, R., Estrada, M. (1981): On upwelling, eutrophic lakes, the primitive biosphere and biological membranes. Coastal Estuar. Sci. 1: 522-529
- McManus, G.B., Fuhrman, J.A. (1986): Bacterivory in seawater studied with the use of inert fluorescent particles. Limnol. Oceanogr. 31: 420-426
- McManus, G.B., Peterson, W.T. (1988): Bacterioplankton production in the nearshore zone during upwelling off central Chile. Mar. Ecol. Progr. Ser. 43: 11-17
- Meguro, H., Ito, K., Fukushima, H. (1966): Diatoms and the ecological conditions of their growth in sea ice in the Arctic Ocean. Sci. 152: 1089-1090
- Meunier, A. (1910): Microplankton des mers de Barents et de Kara. Campagne arctique. Brüssel. 355 pp.
- Miller, M.A., Krempin, D.W., Manahan, D.T., Sullivan, C.W. (1984): Growth rates, distribution and abundance of bacteria in the ice edge zone of the Weddell and Scotia Seas, Antarctica. Antarct. J.U.S. 19: 103-105
- Murphy, L.S., Haugen, E.M. (1985): The distribution and abundance of phototrophic ultraplankton in the North Atlantic. Limnol. Oceanogr. 30: 47-58
- Nansen, F. (1906): Protozoa on the ice-floes of the North Polar Sea. in: Nansen, F. (Ed.): Sci. Res. Norw. N. Polar Exped., Vol. 5. J. Dybwad, Christiania.
- Nemoto, T., Harrison, G. (1981): High latitude ecosystems. In: Longhurst, A.R. (Ed.): Analysis of marine ecosystems. Academic Press, London, pp. 95-126

- Newell, S.Y., Fallon, R.D., Sherr, B.F., Sherr, E.B. (1988): Mesoscale temporal variation in bacterial standing crop, percent active cells, productivity and output in a salt-marsh tidal river. *Verh. Intern. Verein Limnol.* 4: 1839-1845
- Niebauer, H.J., Alexander, V. (1985): Oceanographic frontal structure and biological production at an ice edge. *Continent. Shelf Res.* 4: 367-388
- Nielson, T.G., Richardson, K. (1989): Food chain structure of the North Sea plankton communities: seasonal variations of the role of the microbial loop. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 56: 75-87
- Painting, S.J., Lucas, M.I., Muir, D.G. (1989): Fluctuations in heterotrophic bacterial community structure, activity and production in response to development and decay of phytoplankton in a microcosm. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 53: 129-141
- Palmisano, A.C., Sullivan, C.W. (1982): Physiology of sea ice diatoms. I. Response of three polar diatoms to a simulated summer-winter transition. *J. Phycol.* 18: 489-498
- Paquette, R.G., Bourke, R.H., Newton, J.F., Perdue, W.F. (1985): The East Greenland Polar Front in autumn. *J. Geophys. Res.* 90: 4866-4882
- Payne, W.J. (1970): Energy yields and growth of heterotrophs. *Ann. Rev. Microbiol.* 24: 17-52
- Porter, K.G., Feig, Y.S. (1980): The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 25: 943-948
- Quadfasel, D., Gascard, J.C., Koltermann, K.P. (1987): Large scale oceanography in Fram Strait during the 1984 Marginal Ice Zone Experiment. *J. Geophys. Res.* 92: 6719-6728
- Reid, F.M.H. (1983): Biomass estimation of components of the marine nanoplankton and picoplankton by the Utermöhl settling technique. *J. Plankton Res.* 5: 235-252
- Rey, F., Loeng, H. (1985): The influence of ice and hydrographic conditions on the development of phytoplankton in the Barents Sea. In: Gray, J.S., Christiansen, M.E.: *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms.* Wiley, Chichester, pp. 49-63

- Riemann, B., Bjørnsen, P.K., Newell, S., Fallon, R. (1987): Calculation of cell production of coastal marine bacteria based on measured incorporation of ( $^3\text{H}$ )-thymidine. *Limnol. Oceanogr.* 31: 1010-1021
- Rivkin, R.B., Putt, M., Alexander, S.P., Meritt, D., Gaudet, L. (1989): Biomass and production in polar planktonic and sea ice microbial communities: a comparative study. *Mar. Biol.* 101: 273-283
- Sakshaug, E., Holm-Hansen (1984): Factors governing pelagic production in polar oceans. In: Holm-Hansen, Bolis, L., Gilles, R. (Eds.): *Marine phytoplankton and productivity. Lecture notes on coastal and estuarine studies.* Vol 8. Springer, Berlin, 1984. pp. 1-18
- Sherr, E.B., Sherr, B.F. (1983 a): Double-staining epifluorescence technique to assess frequency of dividing cells and bacterivory in natural populations of heterotrophic microprotozoa. *Appl. Environ. Microbiol.* 46: 1388-1393
- Sherr, B., Sherr, E. (1983 b): Enumeration of heterotrophic microprotozoa by epifluorescence microscopy. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 16: 1-7
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Newell, S.Y. (1984): Abundance and productivity of heterotrophic nanoplankton in Georgia coastal waters. *J. Plankton Res.* 6: 195-202
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Andrew, T.L., Fallon, R.D., Newell, S. (1986): Trophic interactions between heterotrophic protozoa and bacterioplankton in estuarine water analysed with selective metabolic inhibitors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 32: 169-179
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Fallon R.D. (1987): Use of monodispersed, fluorescently labeled bacteria to estimate in situ protozoan bacterivory. *Appl. Environm. Microb.* 53: 958-965
- Sherr, E.B., Rassoulzadegan, F., Sherr, B.F. (1989 a): Bacterivory by pelagic choreotrichous ciliates in coastal waters of the NW Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 55: 235-240
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Pedros-Alio, C. (1989 b): Simultaneous measurement of bacterioplankton production and protozoan bacterivory in estuarine waters. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 54: 209-219

- Sibbald, M.J., Albright, L.J., Sibbald, P.R. (1987): Chemosensory responses of a heterotrophic microflagellate to bacteria and several nitrogen compounds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **36**: 201-204
- Sieburth, J. McN., Smetacek, V., Lenz, J. (1978): Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relation to size fractions. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 1256-1263
- Sieracki, M.E., Johnson, P.W., Sieburth, J.McN. (1985): Detection, enumeration, and sizing of planktonic bacteria by image-analyzed epifluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.* **49**: 799-810
- Sieracki, M.E., Haas, L.W., Caron, D.A., Lessard, E.J. (1987): The effect of fixation on particle retention by microflagellates: underestimation of grazing rates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **38**: 251-258
- Silver, M.W., Gowing, M.M., Davoll, P.J. (1986): The association of photosynthetic picoplankton and ultraplankton with pelagic detritus through the water column (0-2000m). In: Platt, T., Li, W.K.W. (Eds.): *Photosynthetic picoplankton*. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* **214**: 311-341
- Siver, P.A., Hamer, J.S. (1989): Multivariate statistical analysis of the factors controlling the distribution of scaled chrysophytes. *Limnol. Oceanogr.* **34**: 368-381
- Slagstad, D. (1985): A model of phytoplankton in the marginal sea-ice zone of the Barents Sea. In: Gray, J.S., Christiansen, M.E. (Eds.): *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms*. Wilney, Chichester. pp. 35-48
- Smith, S.L., Smith, W.O., Codispoti, L.A., Wilson, D.L. (1985): Biological observations in the marginal ice zone of the East Greenland Sea. *J. Marine Res.* **43**: 693-717
- Smith, W.O., Nelson, D.M. (1985): Phytoplankton bloom produced by a receding ice edge in the Ross Sea: spatial coherence with the density field. *Sci.* **227**: 163-166
- Smith, W.O., Nelson, D.M. (1986): Importance of ice edge phytoplankton production in the Southern Ocean. *BioSci.* **36**: 251-257

- Smith, W.O., Baumann, M.E.M., Wilson, D.L., Aletsee, L. (1987): Phytoplankton biomass and productivity in the marginal ice zone of the Fram Strait during summer 1984. *J. Geophys. Res.* **92**: 6777-6786
- Smith, R.E.H., Clement, P., Cota, G.F. (1989): Population dynamics of bacteria in arctic sea ice. *Microb. Ecol.* **17**: 63-76
- Sorokin, Y.I. (1977): The heterotrophic phase of plankton succession in the Japan Sea. *Mar. Biol.* **41**: 107-117
- Sorokin, Y.I. (1981): Microheterotrophic organisms in marine ecosystems. In: Longhurst, A.R. (Ed.): *Analysis of marine ecosystems*. Academic Press, New York, pp. 293-342
- Spindler, M., Beyer, K., Gradinger, R., Henschel, D., Steinmetz, R. (1989): *Biologische Untersuchungen. Ber. Polarforsch.* **59**: 77-78
- Steele, J.H. (1974): *The structure of marine ecosystems*. Blackwell, Oxford, 128 pp.
- Steeman Nielsen (1935): The production of phytoplankton of the Faroe Isles, Iceland, East Greenland and in the waters around. *Komm. Dan. Fisk. Havundersög. Medd. Ser. Plankton* **3**: 1-93
- Steinhausen D. Langer, K. (1977): *Clusteranalyse*. de Gruyter Vlg., Berlin, New York, 206 pp.
- Stockner, J.G. (1988): Autotrophic picoplankton: an overview from marine and freshwater ecosystems. *Limnol. Oceanogr.* **33**: 765-775
- Stockner, J.G., Antia, N.J. (1986): Algal Picoplankton from marine and freshwater ecosystem: a multidisciplinary perspective. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**: 2472-2503
- Stoecker, D.K., Michaels, A.E., Davis, L.H. (1987): Large portions of marine planktonic ciliates found to contain functional chloroplasts. *Nature* **326**: 790-792
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972): *A practical handbook of sea water analysis*. Bull. Fish. Res. Board Canada, Ottawa, 310 pp.
- Sullivan, C.W., Palmisano, A.C. (1984): Sea ice microbial communities: Distribution, abundance and diversity of ice bacteria in McMurdo Sound, Antarctica, in 1980. *Appl. Environ. Microbiol.* **47**: 788-795

- Sverdrup, H.U. (1953): On the conditions of the vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* **18**: 287-295
- Swift, J.H., Aagard, K. (1981): Seasonal transition and water mass formation in the Iceland and Greenland Sea. *Deep Sea Res.* **28**: 1107-1129
- Taylor, F.J.R. (1976): Flagellates. In: Steedman, H.F. (Ed.): Zooplankton fixation and preservation. UNESCO Press, Paris, pp. 259-265
- Thomsen, H.A. (1982): Planktonic choanoflagellates from Disko Bugt, West Greenland, with a survey of the marine nanoplankton of the area. *Medd. om Grönland, Bioscience* **8**: 1-36
- Thronksen, J. (1970 a): *Salpingoeca spinifera* sp. nov., a new planktonic species of the craspedophyceae recorded in the Arctic. *Br. Phycol. J.* **5**: 87-89
- Thronksen, J. (1970 b): Marine planktonic Acanthoecaceans (Craspedophyceae) from Arctic waters. *Nytt Mag. Bot.* **17**: 103-111
- Thronksen, J. (1970 c): Flagellates from Arctic waters. *Nytt. Mag. Bot.* **17**: 49-57
- Thronksen, J. (1974): Planktonic choanoflagellates from North Atlantic waters. *Sarsia* **56**: 95-122
- Tschernia, P. (1980): Descriptive regional oceanography. Pergamon Press, Oxford, 253 pp.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommenung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. theor. angew. Limnol.* **5**: 567-596
- VanDilla, M.A., Langlois, R.G., Pinkel, D., Vajko, D., Hadley, W.K. (1983): Bacterial characterization by flow cytometry. *Science* **220**: 620-622
- Veldhuis, M.J.W., Colijn, F., Venekamp, L.A. (1986): The spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. *Neth. J. Sea Res.* **20**: 37-48
- Vinje, T.E. (1977): Sea ice conditions in the European sector of the marginal seas of the Arctic, 1966-1975. In: Lundquist, K.Z. (Ed.): *Norsk Polarinstitutt Arbok 1975*, Polarinstitutt Oslo, pp. 163-174

- Wadhams, P. (1981): The ice-cover in the Greenland and Norwegian Seas. *Rev. Geophys. Space Phys.* **19**: 345-393
- Waterbury, J.B., Watson, S.W., Guillard, R.R.L., Brand, L.E. (1979): Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. *Nature* **277**: 293-294
- Weisse, T., Grimm, N., Hickel, W., Martens, P. (1986): Dynamics of Phaeocystis pouchetii blooms in the Wadden Sea of Sylt (German Bight, North Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **23**: 171-182
- Weisse, T. (1989): The microbial loop in the Red Sea: dynamics of pelagic bacteria and heterotrophic nanoflagellates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **55**: 241-250
- Wiadnyana, N.N., Rassoulzadegan, F. (1989): Selective feeding of Acartia clausi and Centropages typicus on microzooplankton. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **53**: 37-45
- Wikner, J., Andersson, A., Normark, S., Hagström, A. (1986): Use of genetically marked minicells as a probe in measurements of predation on bacteria in aquatic environments. *Appl. Environm. Microbiol.* **52**: 4-8

## **DATENANHANG**

Im folgenden Anhang sind sämtliche Ergebnisse tabellarisch aufgeführt.

Die Tabellen sind in folgender Weise angeordnet:

- 1) Ergebnisse der Zellzählungen auf den einzelnen Stationen
- 2) Ergebnisse der Grazing-Experimente.

## Erläuterung der verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
bact	Bakterien

### Autotrophe Organismen

cyanob	Picocyanobakterien
app<2	Autotrophes Picoplankton < 2µm
anp<5	Autotrophes Nanoplankton 2-5µm
anp<10	Autotrophes Nanoplankton 5-10µm
anp<20	Autotrophes Nanoplankton 10-20µm
autdin	Autotrophe Dinoflagellaten
crypt<10	Cryptophyceen < 10µm
crypt<20	Cryptophyceen < 20 µm
phaeoc	<u>Phaeocystis pouchetii</u>
centdiat	Zentrische Diatomeen
pendiat	Pennate Diatomeen
chaetoc	<u>Chaetoceros</u> spp.
nitgrun	<u>Nitzschia grunowii</u>
eucgron	<u>Eucampia groenlandica</u>
nitser	<u>Nitzschia seriata</u>
mesrub	<u>Mesodinium rubrum</u>

### Heterotrophe Organismen

hnp<2	Heterotrophes Picoplankton < 2µm
hnp<5	Heterotrophes Nanoplankton 2-5µm
hnp<10	Heterotrophes Nanoplankton 5-10µm
hnp<20	Heterotrophes Nanoplankton 10-20µm
choano	Choanoflagellaten
hetdin	Heterotrophe Dinoflagellaten
hetdin<10	Heterotrophe Dinoflagellaten < 10µm
hetdin<20	Heterotrophe Dinoflagellaten 10-20µm

Die folgenden Tabellen sind nach Abschnitten geordnet.

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NAUOPLANKTON DURING ARK 4/1

ARK 4/1

station	depth (#)	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (100/ml)	app<2 (1000/ml)	anp<5 (1000/ml)	anp<10 (1000/ml)	anp<20 (1000/ml)	phaeoc (1000/ml)	hpp<2 (100/ml)	hnp<5 (100/ml)	hnp<10 (100/ml)	hnp<20 (100/ml)	choanof (100/ml)
61	100	0	5.36	0.00			0.18	1.17		1.59	1.02	0.68	1.33	0.00
	50	5	5.72	0.00			0.41	0.30		1.36	0.68	0.68	0.59	0.00
	30	9	6.16	0.00			0.77	0.39		1.70	1.93	1.02	1.27	0.00
	15	14	6.51	2.83						2.61	2.04	0.79	1.39	0.00
	5	23	6.16	0.00						1.93	1.59	0.91	0.62	0.00
1	35	5.74	3.97						2.61	1.59	0.23	1.05	0.00	
66	100	0	10.26	1.19						2.66	2.89	1.19	0.62	0.00
	50	5	4.06	0.79						3.12	2.72	0.68	0.40	0.00
	30	9	5.20	1.87						3.74	2.89	1.30	0.28	0.00
	15	13	4.68	1.93						2.55	3.51	1.02	0.40	0.00
	5	21	5.13	1.53						4.14	2.32	1.02	0.17	0.00
1	32	4.70	2.61						3.74	2.38	0.74	0.06	0.00	
72	100	0	8.41	0.28						3.06	1.25	0.68	0.11	0.00
	50	6	11.72	0.11						2.44	0.91	0.45	0.11	0.00
	30	10	12.59	0.51						1.42	1.19	0.57	0.06	0.00
	15	16	10.98	0.96						1.70	1.93	0.57	0.23	0.00
	5	25	10.60	0.23						1.30	1.64	0.68	0.17	0.00
1	38	11.25	0.45						1.53	1.76	0.68	0.62	0.00	
87	50	5	12.03	0.23			0.21	0.00		1.81	3.80	1.30	0.17	0.68
	15	12	12.95	0.40	22.67 in app<2	16.80 in app<2	0.41	0.00		2.04	4.70	1.42	0.17	0.51
	1	30	11.44	0.11	24.63 in app<2	14.53 in app<2	0.41	0.00		1.59	4.31	1.30	0.00	0.74
91	50	5	9.86	0.28	24.12 in app<2	13.81 in app<2	0.62	0.00		4.02	3.51	0.34	0.06	0.85
	15	15	9.54	0.91	16.80 in app<2	14.53 in app<2	0.41	0.00		3.12	4.31	0.96	0.23	0.79
	5	23	8.41	0.40	13.81 in app<2	10.51 in app<2	0.93	0.00		3.29	3.91	0.51	0.23	0.62
94	50	7	5.31	4.08	7.52 in app<2	7.52 in app<2	1.65	0.10		3.57	2.32	0.40	0.17	0.06
	15	20	5.45	4.08	8.76 in app<2	8.76 in app<2	0.52	0.21		1.81	3.91	0.51	0.28	0.17
	1	49	4.84	2.78	10.51 in app<2	10.51 in app<2	0.93	0.31		2.32	2.66	0.34	0.23	0.06

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPLANKTON DURING ARK 4/1

station	depth (%)	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (100/ml)	app<2 (1000/ml)	app<5 (1000/ml)	app<10 (1000/ml)	app<20 (1000/ml)	phaeoc (1000/ml)	hpp<2 (100/ml)	hnp<5 (100/ml)	hnp<10 (100/ml)	hnp<20 (100/ml)	choanof (100/ml)
101	50	5	6.21	0.00	17.42 in app<2		1.03	0.00		2.32	3.46	1.08	0.28	0.85
	15	15	5.81	0.00	13.09 in app<2		1.86	0.31		2.95	3.97	1.02	0.17	0.23
	1	35	5.37	0.00	17.73 in app<2		0.93	0.10		4.25	6.46	1.02	0.17	0.28
102	50	6	6.49	0.00	12.68 in app<2		0.72	0.21		1.76	2.89	1.19	0.45	0.00
	15	16	6.16	0.00	11.54 in app<2		0.52	0.00		1.13	1.70	0.68	0.28	0.00
	1	38	3.48	0.00	2.89 in app<2		0.00	0.00		0.85	2.10	0.34	0.11	0.00
104	50	5	8.87	0.00	16.90 in app<2		1.03	0.00		6.69	8.67	1.13	0.23	2.15
	15	12	9.04	0.00	22.67 in app<2		0.10	0.00		5.21	7.65	1.98	0.17	1.53
	1	30	7.18	0.00	12.37 in app<2		0.10	0.00		2.78	2.32	0.62	0.06	0.57
105	50	5	9.96	0.28	22.88 in app<2		0.10	0.00		6.80	9.63	1.70	0.11	2.95
	15	15	10.15	0.62	22.57 in app<2		0.10	0.00		7.59	5.16	0.74	0.11	2.27
	1	35	7.86	0.34	16.49 in app<2		0.21	0.00		7.54	6.12	1.36	0.06	0.85
109	50	5	11.59	0.34	35.04 in app<2		0.00	0.00		12.47	6.80	1.59	0.11	1.93
	15	12	11.09	0.11	40.40 in app<2		0.00	0.00		7.03	4.42	0.68	0.23	1.59
	1	30	9.66	0.00	26.38 in app<2		0.21	0.00		7.03	2.49	0.45	0.23	1.25
110	50	5	8.44	0.11	34.83 in app<2		0.00	0.00		10.37	7.42	1.13	0.17	2.72
	15	12	8.94	0.40	35.45 in app<2		0.21	0.00		10.60	6.80	1.08	0.17	2.72
	1	30	9.82	0.06	30.40 in app<2		0.00	0.00		8.05	5.95	1.08	0.28	2.32
132	50	11	1.88	0.00	6.70	2.10	0.10	0.00		0.40	0.96	0.96	0.34	0.00
	15	31	1.80	0.06	3.61	2.30	0.08	0.01		0.40	0.96	0.40	0.34	0.00
	1	76	1.57	0.00	0.82	0.50	0.02	0.01		0.85	1.76	0.28	0.00	0.00
135	50	5	4.14	0.00	39.88 in app<2		0.82	0.52		3.17	6.74	1.42	0.28	0.00
	15	13	4.62	0.06	31.02 in app<2		0.41	0.52		4.87	4.48	1.64	0.23	0.00
	1	33	2.60	0.06	4.74 in app<2		0.10	0.10		1.30	1.08	0.45	0.17	0.00
136	50	5	4.58	0.00	38.13	1.65	0.31	0.31		1.93	4.42	1.47	0.17	0.11
	15	13	4.91	0.00	51.63	1.96	0.52	0.31		3.17	7.08	1.70	0.17	0.11
	1	33	2.70	0.00	27.62	1.55	0.00	0.00		2.66	1.59	0.45	0.11	0.00

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPLANKTON DURING ARK 4/2

station	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (100/ml)	app<2 (1000/ml)	amp<5 (1000/ml)	amp<10 (1000/ml)	amp<20 (1000/ml)	phaeoc (1000/ml)	hnp<2 (100/ml)	hnp<5 (100/ml)	hnp<10 (100/ml)	hnp<20 (100/ml)	choano (100/ml)
215	2	25.64	0.26	6.60	1.24	0.00	0.00	14.84	5.44	5.67	0.00	0.23	0.23
215	14	26.30	0.26	5.36	0.00	0.00	0.00	15.67	7.93	5.89	0.68	0.00	0.23
219	4	17.67	0.18	4.95	2.89	0.00	0.00	0.00	1.81	2.04	0.00	0.00	1.81
219	10	15.10	0.15	4.95	2.06	0.82	0.00	0.00	1.36	2.49	0.91	0.00	6.80
219	24	11.52	0.12	2.89	1.65	0.82	0.00	0.00	3.17	3.17	0.68	0.00	2.95
223	5	6.60	0.07	10.31	2.06	1.03	0.10	0.00	2.83	2.95	1.13	0.34	0.79
223	13	6.49	0.06	9.69	1.44	1.44	0.05	0.00	2.83	1.70	0.68	0.00	1.13
223	33	8.33	0.08	5.36	0.62	0.41	0.02	0.00	3.51	2.72	0.91	0.23	0.91
225	5	7.30	0.07	12.99	2.27	0.82	0.01	0.00	2.04	1.47	0.91	0.00	1.02
225	13	6.71	0.07	10.92	1.65	1.24	0.05	0.00	3.85	4.31	1.13	0.45	1.47
225	33	5.11	0.05	2.89	1.03	0.41	0.01	0.00	4.08	1.70	0.45	0.00	0.91
227	6	7.12	0.07	14.02	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17	2.95	1.36	0.45	0.91
227	17	7.46	0.07	7.01	0.21	0.00	0.00	0.00	3.74	3.40	1.36	0.34	0.79
242	2	7.46	0.07	1.65	19.79	1.65	1.24	0.00	4.76	4.42	3.51	0.68	5.78
242	4	8.02	0.08	1.44	17.11	3.30	0.21	0.00	7.71	8.05	3.51	0.34	8.05
242	7	8.38	0.08	3.09	13.81	3.30	0.21	0.00	7.37	8.27	2.83	0.91	7.14
242	16	7.79	0.08	3.71	10.51	3.71	0.21	0.00	5.67	6.23	4.65	0.91	8.39
245	4	11.11	0.11	5.15	1.86	0.62	0.02	0.00	1.70	4.19	2.27	0.23	1.81
245	11	12.24	0.12	7.21	1.65	1.03	0.02	0.00	1.02	3.51	2.04	0.68	2.15
245	28	7.29	0.07	81.21	1.65	0.82	0.02	0.00	2.38	2.83	0.34	0.00	0.79
249	6	6.75	0.07	1.24	1.65	0.41	0.00	0.00	2.61	4.31	1.25	0.11	1.13
249	16	6.19	0.06	1.86	2.27	2.27	0.01	0.00	1.81	3.74	1.25	0.11	0.79
249	38	4.98	0.05	0.41	0.82	0.00	0.02	0.00	2.72	1.81	0.45	0.00	0.11
250	5	8.50	0.09	5.98	5.15	0.21	0.00	0.00	1.36	4.19	4.53	0.23	0.79
250	12	10.43	0.10	20.41	4.12	2.47	0.02	0.00	1.70	3.06	4.19	0.45	1.13
250	30	10.56	0.11	64.10	1.03	0.21	0.00	0.00	0.45	0.68	0.23	0.11	1.93
253	4	5.97	0.06	5.98	0.82	0.00	0.01	0.00	2.38	1.25	0.68	0.23	0.11
253	11	4.37	0.04	3.92	0.82	0.21	0.03	0.00	1.81	1.59	0.45	0.00	0.34
253	27	4.32	0.04	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	0.79	0.68	0.00	0.00

## ARK 5/1 (Meereisproben)

hem	probe	horizont (cm)	bact. (10 <sup>5</sup> /ml)	cyano (100/ml)	app2 (100/ml)	app5 (100/ml)	app10 (100/ml)	app20 (100/ml)	aurin (100/ml)	crypt10 (100/ml)	crypt20 (100/ml)	centriat (100/ml)	peridiat (100/ml)	hpx2 (100/ml)	hpx5 (100/ml)	hpx10 (100/ml)	hpx20 (100/ml)	hctdin (100/ml)	
3	2	140-150	3.18	2.00	1.64	0.36	0.18	0.08	0.00	0.36	0.00	0.18	0.36	0.00	4.96	0.00	0.00	0.00	0.00
		150-160	47.84	1.09	0.86	0.54	1.45	0.18	0.00	0.73	0.00	0.18	3.81	1.09	0.86	0.18	0.00	0.00	0.00
		160-170		0.33	3.82	2.65	3.98	0.17	0.50	4.98	0.83	0.00	8.79	2.49	1.99	0.50	0.00	0.00	0.00
3	3	140-150	9.15	0.12	0.24	0.06	0.18	0.18	0.06	0.48	0.12	0.06	1.99	0.06	0.36	0.24	0.00	0.00	0.06
		150-159	1.70	0.33	0.40	0.40	0.47	0.60	0.06	0.53	0.13	0.06	2.87	0.20	0.27	0.27	0.00	0.00	0.13
		159-161	3.85	0.61	1.02	2.35	1.94	0.41	0.31	1.94	0.31	0.00	12.03	0.00	1.22	1.84	0.10	0.10	0.10
4	4	140-150	11.31	0.85	1.21	1.45	0.85	0.24	0.00	0.60	0.00	0.12	3.99	0.77	1.93	0.73	0.36	0.00	0.00
		150-160	4.44	1.93	2.18	2.42	0.85	1.09	0.00	0.60	0.00	0.00	5.08	2.35	3.63	1.69	0.48	0.00	0.00
		160-164	33.87	3.20	4.65	14.24	7.56	2.33	2.62	3.20	0.58	0.00	48.56	2.35	5.52	6.40	2.04	0.29	0.29
5	5	140-150	0.71	0.46	1.09	0.41	0.32	0.23	0.09	0.37	0.05	0.00	2.22	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00
		150-160	2.47	0.45	0.63	1.36	1.00	0.63	0.00	0.18	0.00	0.00	4.44	0.45	0.36	0.36	0.09	0.00	0.00
		160-169	3.29	0.60	2.30	5.10	3.40	1.50	1.60	0.80	0.70	0.00	66.37	0.50	1.40	1.60	0.60	0.20	0.20
6	6	140-150	24.07	0.54	0.63	0.89	0.54	0.36	0.00	0.00	0.00	0.09	5.92	0.82	1.54	0.82	0.18	0.09	0.09
		150-160	17.21	1.09	0.63	1.36	0.36	0.91	0.09	0.09	0.27	0.09	8.43	1.54	0.91	1.27	0.27	0.00	0.00
		160-163	52.44	2.60	6.07	4.04	4.91	7.22	1.16	0.00	1.73	0.00	308.85	2.02	4.04	4.62	2.60	0.87	0.87

Einzelproben NR 5/1

keru	probe	horizont (cm)	bact (100S/ml)	cyano (100/ml)	app2 (100/ml)	app5 (100/ml)	app10 (100/ml)	app20 (100/ml)	autdin (100/ml)	crypt10 (100/ml)	crypt20 (100/ml)	centinat (100/ml)	pendiat (100/ml)	hpp2 (100/ml)	hpp5 (100/ml)	hpp10 (100/ml)	hpp20 (100/ml)	hetdin (100/ml)	
6	1	20-30	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		80-90	6.36	0.00	0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.24	0.00	0.00	0.12	5.46	5.46	0.36	0.12	0.00	
		150-160	4.05	0.00	4.10	3.44	0.12	0.36	0.18	0.18	0.00	0.00	2.36	9.06	8.16	2.90	0.18	0.00	
		160-169	6.13	0.00	4.52	13.81	6.21	2.20	0.40	1.80	0.00	0.00	29.83	6.79	11.31	2.80	0.60	0.40	
3	140-150	140-150	14.00	0.60	0.36	1.93	0.73	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	1.93	0.12	0.24	0.06	0.06	0.00	
		150-160	4.58	1.33	1.81	2.30	1.33	0.12	0.12	1.93	0.12	0.00	6.16	0.36	0.24	0.60	0.24	0.00	
		160-168	7.06	1.61	4.30	6.98	6.62	0.18	0.54	3.76	0.18	0.00	14.14	1.25	0.90	1.07	0.18	0.00	
4	130-140	130-140	8.28	1.33	1.21	1.45	0.97	0.24	0.12	0.85	0.24	0.00	1.93	0.73	0.36	0.60	0.00	0.00	
		140-150	4.89	1.09	2.67	2.42	1.94	0.36	0.12	2.90	0.00	0.00	4.11	0.85	0.24	0.36	0.36	0.00	
		150-161	8.25	2.10	4.20	9.40	4.75	1.55	0.44	6.30	2.21	0.00	9.29	0.77	1.11	0.55	0.00	0.11	
5	140-150	140-150	1.62	0.18	1.45	1.45	1.63	0.82	0.00	0.63	0.18	0.00	3.90	0.36	0.09	0.09	0.09	0.00	
		150-160	2.68	1.45	3.08	3.81	3.17	0.73	0.54	1.72	0.54	0.00	4.99	0.82	1.00	0.45	0.00	0.09	
		160-169	5.41	0.60	5.11	5.30	2.90	0.70	1.10	3.40	1.70	0.00	21.42	0.70	1.20	0.70	0.50	0.00	
6	140-150	140-150	5.25	0.18	3.17	1.63	1.09	0.45	0.18	1.09	0.27	0.18	4.98	0.18	0.00	0.09	0.00	0.00	
		150-160	5.30	0.36	6.07	2.81	1.54	0.54	0.27	1.45	0.54	0.00	10.06	0.27	0.36	0.09	0.09	0.00	
		160-164	7.65	1.09	15.70	9.60	6.54	6.11	1.09	1.31	0.65	0.22	27.92	0.22	0.65	0.44	0.44	0.00	

## Eiskern-Proben ARR 5/1

kern	probe	horizont (cm)	bact (10E5/ml)	cyanob (100/ml)	app<2 (100/ml)	app<5 (100/ml)	app<10 (100/ml)	app<20 (100/ml)	autdin (100/ml)	crypt<10 (100/ml)	crypt<20 (100/ml)	centdiat (100/ml)	pendiat (100/ml)	hpx<2 (100/ml)	hpx<5 (100/ml)	hpx<10 (100/ml)	hpx<20 (100/ml)	hetdin (100/ml)
9	2	140-150	3.36	0.73	0.27	0.45	0.09	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.27	0.00	0.36	0.27	0.00	0.00
		150-160	2.76	1.63	0.54	1.00	0.18	0.09	0.00	0.91	0.00	0.09	0.63	2.00	3.17	1.54	0.18	0.18
		160-169	5.24	1.20	1.30	1.80	0.40	0.00	0.20	0.80	0.20	0.20	1.80	1.64	2.20	1.20	0.00	0.20
3	3	140-150	2.99	0.60	0.12	0.40	0.60	0.12	0.12	0.97	0.12	0.00	0.60	0.60	0.36	0.12	0.00	0.00
		150-160	4.09	1.15	0.18	0.30	0.66	0.06	0.06	0.73	0.00	0.00	0.60	0.36	0.60	0.36	0.00	0.00
		160-168	12.63	0.52	1.12	2.98	0.75	0.22	0.00	1.12	0.00	0.00	2.09	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00
4	4	140-150	6.53	0.60	0.85	0.12	0.36	0.12	0.24	0.36	0.00	0.00	0.97	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
		150-160	5.92	1.57	0.50	0.24	2.78	0.00	0.00	1.21	0.60	0.00	0.36	0.36	1.21	0.85	0.00	0.00
		160-162	22.81	8.04	0.57	12.63	14.35	1.72	0.57	4.02	0.57	0.00	14.93	3.08	2.87	1.14	0.57	0.00
5	5	140-150	2.68	0.27	1.00	0.54	0.27	0.18	0.09	0.45	0.09	0.00	1.18	0.45	0.54	0.54	0.36	0.00
		150-160	2.50	0.36	0.54	1.00	0.36	0.45	0.00	1.09	0.09	0.00	2.72	1.18	0.73	0.63	0.00	0.00
		160-167	5.27	0.00	1.91	3.30	1.91	0.64	0.25	1.78	0.51	0.00	7.12	0.25	0.76	1.14	0.13	0.00
6	6	140-150	2.68	0.18	0.18	0.36	0.36	0.18	0.00	0.00	0.09	0.09	1.00	0.09	0.27	0.45	0.09	0.00
		150-160	6.86	0.63	0.45	0.73	0.36	0.45	0.18	0.54	0.27	0.00	2.54	0.09	0.18	0.73	0.18	0.00
		160-169		0.70	1.60	2.20	1.40	0.40	0.20	1.90	0.50	0.00	5.51	0.80	1.00	0.40	0.20	0.20

# ARK 5/1 (Wasserproben)

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NAUPLANKTON DURING ARK 5/1

date	depth (m)	bact (10 <sup>5</sup> /ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (100/ml)	anp<5 (100/ml)	anp<10 (100/ml)	anp<20 (100/ml)	autdin (100/ml)	cryp<10 (100/ml)	crypt<20 (100/ml)	hpp<2 (100/ml)	hnp<5 (100/ml)	hnp<10 (100/ml)	hnp<20 (100/ml)	hetdin<20 (100/ml)
5.5.88	5	2.67	0	7.52	14.02	2.39	1.03	0.00	0.00	0.00	4.44	3.42	0.34	0.38	0.68
	20	2.16	0	10.77	3.59	0.06	0.10	0.44	0.07	0.04	2.05	2.56	0.29	0.13	0.08
	40	3.40	0	6.66	4.61	0.25	0.10	0.02	0.13	0.03	2.05	1.54	0.31	0.09	0.09
	75	3.26	128	4.61	3.59	1.38	1.32	0.00	0.03	0.00	0.77	1.41	0.68	0.41	0.06
	100	2.61	2	2.56	1.79	0.85	0.07	0.00	0.03	0.00	1.03	0.83	0.31	0.01	0.08
6.5.88	0	1.90	0	8.20	4.61	2.93	0.09	0.01	0.17	0.03	2.05	0.75	0.25	0.08	0.09
	5	1.62	0	9.23	4.61	2.11	0.15	0.02	0.15	0.08	1.03	0.73	0.25	0.08	0.07
	20	1.71	0	7.69	3.08	0.31	0.06	0.02	0.05	0.05	2.31	0.88	0.25	0.02	0.09
	40	2.73	0	5.64	2.56	0.67	0.05	0.02	0.14	0.01	2.44	0.93	0.23	0.05	0.09
	100	1.93	26	2.44	1.03	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.64	0.68	0.28	0.02	0.17
7.5.88	5	2.39	0	2.56	4.87	1.44	0.34	0.08	0.15	0.06	1.66	1.59	0.53	0.03	0.12
	20	2.33	0	2.56	1.69	1.03	0.17	0.02	0.09	0.05	1.03	0.77	0.15	0.00	0.07
	40	1.55	0	2.39	1.03	0.39	0.01	0.00	0.00	0.00	1.03	0.67	0.18	0.02	0.21
	75	2.34	51	0.68	0.28	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.28	0.22	0.02	0.04
	100	1.57	23	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.26	0.16	0.08	0.01	0.03
8.5.88-A	5	2.92	0	7.69	6.92	1.36	0.09	0.06	0.16	0.09	1.03	0.86	0.31	0.02	0.04
	20	3.14	0	3.33	10.26	0.84	0.17	0.04	0.10	0.09	1.54	0.96	0.17	0.01	0.11
	40	3.27	0	9.49	0.11	0.66	0.03	0.00	0.09	0.02	1.41	1.01	0.19	0.00	0.07
	75	2.65	0	4.10	1.28	0.36	0.01	0.00	0.01	0.00	1.28	0.53	0.31	0.01	0.08
	100	2.41	7	2.82	0.77	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00	1.54	0.82	0.29	0.03	0.07
8.5.88-B	0	2.26	0	8.54	2.09	0.85	0.10	0.01	0.16	0.02	0.43	0.69	0.17	0.00	0.04
	5	2.50	0	8.71	3.07	1.48	0.15	0.06	0.02	0.12	1.11	1.39	0.43	0.03	0.08
	20	3.02	0	3.24	1.37	1.40	0.15	0.05	0.07	0.11	0.51	1.16	0.52	0.07	0.12
	40	3.77	0	1.20	0.51	0.48	0.00	0.02	0.02	0.00	0.51	0.80	0.28	0.12	0.08
	75	3.14	0	4.61	1.54	0.51	0.04	0.01	0.00	0.00	1.23	0.78	0.58	0.02	0.18
9.5.88-A	0	2.87	2	4.87	2.05	0.45	0.09	0.08	0.12	0.07	1.17	0.87	0.25	0.03	0.03
	5	2.80	0	10.24	3.07	1.36	0.16	0.07	0.18	0.07	2.22	1.63	0.41	0.02	0.03
	20	3.28	0	4.44	2.22	0.83	0.12	0.04	0.22	0.03	1.02	0.95	0.20	0.00	0.03
	40	3.52	7	2.05	1.54	0.78	0.00	0.00	0.05	0.01	1.22	0.61	0.18	0.01	0.08
	75	3.63	2	1.00	0.31	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.55	0.31	0.08	0.00	0.02
100	2.73	12	1.79	0.51	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.54	0.85	0.17	0.02	0.06	

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANODIPLANKTON DURING ARK 5/1

date	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (100/ml)	app<5 (100/ml)	app<10 (100/ml)	app<20 (100/ml)	autdin (100/ml)	cryp<10 (100/ml)	cryp<20 (100/ml)	hpp<2 (100/ml)	hpp<5 (100/ml)	hpp<10 (100/ml)	hpp<20 (100/ml)	hetdin<20 (100/ml)
9.5.88-8	0	2.65	0	4.78	2.05	0.88	0.10	0.03	0.18	0.03	0.51	0.54	0.14	0.03	0.10
	5	3.07	0	4.87	2.31	1.30	0.20	0.11	0.25	0.05	1.02	0.82	0.24	0.02	0.15
	20	3.60	0	4.27	2.22	1.27	0.22	0.06	0.20	0.06	0.88	0.66	0.27	0.07	0.00
	40	3.63	0	7.17	3.54	1.54	0.12	0.07	0.22	0.11	0.90	0.54	0.26	0.05	0.19
	75	3.81	0	2.05	1.20	0.78	0.02	0.02	0.03	0.00	1.60	1.65	0.35	0.06	0.16
100	2.13	5	1.37	0.85	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.48	0.09	0.00	0.07	
11.5.88	0	2.16	0	3.84	1.54	1.00	0.10	0.02	0.03	0.01	0.68	0.54	0.19	0.01	0.01
	5	1.82	0	4.87	1.28	0.67	0.15	0.05	0.06	0.03	0.51	0.71	0.22	0.04	0.05
	20	1.83	0	3.59	1.28	0.76	0.12	0.01	0.06	0.01	0.22	0.94	0.17	0.04	0.01
	40	2.56	0	5.63	2.31	1.01	0.08	0.06	0.11	0.06	0.68	1.29	0.29	0.01	0.09
	75	2.62	11	1.79	0.26	0.09	0.01	0.00	0.01	0.00	0.56	0.53	0.22	0.01	0.05
100	2.54	9	0.51	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.80	0.19	0.03	0.04	
12.5.88	0	4.25	0	2.37	1.37	0.34	0.12	0.02	0.02	0.00	0.77	0.40	0.12	0.00	0.08
	5	2.07	0	2.31	1.54	0.48	0.08	0.02	0.05	0.03	0.80	0.39	0.16	0.05	0.01
	20	2.07	0	2.82	0.77	0.24	0.06	0.01	0.02	0.03	1.02	0.82	0.15	0.02	0.07
	40	2.15	0	2.56	1.79	0.29	0.10	0.01	0.05	0.02	1.10	1.03	0.25	0.01	0.06
	75	2.37	5	4.86	1.79	0.14	0.00	0.00	0.01	0.00	0.45	0.57	0.10	0.03	0.11
100	2.49	6	1.54	0.17	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.61	0.18	0.01	0.04	
13.5.88	0	2.21	0	2.82	0.90	0.54	0.07	0.02	0.06	0.00	0.39	0.50	0.12	0.02	0.02
	5	2.17	0	3.07	1.02	0.56	0.08	0.03	0.05	0.01	0.72	1.22	0.15	0.03	0.08
	20	1.91	0	3.59	0.51	0.62	0.13	0.07	0.06	0.00	0.72	0.68	0.23	0.00	0.01
	40	1.98	0	2.97	1.02	0.84	0.09	0.01	0.06	0.01	0.67	0.45	0.17	0.01	0.05
	75	2.31	0	4.48	1.02	0.59	0.01	0.00	0.00	0.00	0.59	0.65	0.08	0.00	0.10
100	2.39	6	1.74	0.31	0.41	0.02	0.00	0.00	0.00	0.38	0.62	0.19	0.02	0.04	
14.5.88	0	2.78	0	4.41	1.13	0.66	0.05	0.02	0.02	0.01	0.58	0.33	0.14	0.01	0.03
	5	2.45	0	2.18	2.05	0.71	0.11	0.02	0.04	0.06	0.51	0.44	0.15	0.01	0.03
	20	2.40	1	2.90	1.54	0.66	0.12	0.01	0.06	0.03	0.56	0.31	0.17	0.13	0.00
	40	3.72	0	2.46	1.64	0.84	0.17	0.01	0.07	0.01	0.61	0.49	0.24	0.01	0.01
	75	2.89	1	3.07	0.51	0.46	0.01	0.00	0.00	0.00	0.93	0.37	0.16	0.03	0.14
100	2.91	6	2.73	0.68	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.50	0.26	0.02	0.12	

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NAUOPLANKTON DURING ARK 5/1

date	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (100/ml)	anp<5 (100/ml)	anp<10 (100/ml)	anp<20 (100/ml)	autdin (100/ml)	crypt<10 (100/ml)	crypt<20 (100/ml)	hpp<2 (100/ml)	hnp<5 (100/ml)	hnp<10 (100/ml)	hnp<20 (100/ml)	hetdin<20 (100/ml)
16.5.88	0	3.72	0	1.37	1.54	0.92	0.20	0.02	0.27	0.10	0.67	0.50	0.29	0.02	0.18
	5	3.19	0	1.66	1.47	1.31	0.35	0.05	0.09	0.14	0.92	0.60	0.47	0.07	0.04
	20	3.47	0	1.71	2.22	1.50	0.31	0.11	0.12	0.09	1.02	0.61	0.41	0.02	0.12
	40	5.30	0	1.41	1.54	0.68	0.01	0.02	0.03	0.01	0.65	0.44	0.34	0.08	0.23
	75	6.91	1	0.00	0.34	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.96	1.09	0.39	0.08	0.26
	100	6.04	7	2.56	0.82	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	0.74	0.18	0.05	0.18
18.5.88	0	3.53	0	0.51	0.64	0.69	0.12	0.05	0.14	0.11	0.90	0.54	0.27	0.05	0.07
	5	21.07	0	1.43	1.43	1.05	0.40	0.15	0.48	0.15	1.83	0.48	0.75	0.18	0.35
	20	11.71	0	4.15	2.22	0.77	0.36	0.18	0.52	0.19	1.40	0.39	0.86	0.24	0.45
	40	4.44	0	5.89	3.33	0.76	0.26	0.01	0.57	0.10	1.33	0.28	0.42	0.07	0.30
	75	4.49	0	0.51	0.77	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.17	0.08	0.05	0.05
	100	3.87	6	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.05	0.01	0.07
21.5.88	0	1.82	0	0.95	0.71	0.68	0.08	0.03	0.02	0.00	0.37	0.49	0.25	0.03	0.08
	20	2.08	0	1.55	0.36	0.43	0.05	0.00	0.01	0.01	0.20	0.46	0.35	0.08	0.06
	40	2.20	1	1.24	1.46	0.58	0.06	0.01	0.00	0.00	1.28	0.37	0.26	0.07	0.11
	75	2.11	0	0.29	0.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.39	0.12	0.05	0.02
	100	2.96	9	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.43	0.16	0.01	0.08
	23.5.88	0	1.99	0	2.31	2.05	1.72	0.02	0.03	0.03	0.05	0.41	0.51	0.32	0.05
5		1.98	0	2.05	1.61	1.72	0.09	0.02	0.05	0.01	0.41	0.34	0.22	0.10	0.06
20		2.32	0	1.61	0.73	1.27	0.11	0.00	0.02	0.03	0.36	0.45	0.18	0.06	0.08
40		1.80	0	1.27	1.20	0.70	0.08	0.02	0.00	0.00	0.29	0.19	0.09	0.01	0.11
75		1.76	1	0.67	0.36	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.11	0.10	0.05	0.08
100		1.61	0	0.27	0.15	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.28	0.24	0.08	0.06	0.10

VERTICAL ABUNDANCE OF CYANOBACTERIA DURING ARK 5/1

date	depth (m)	cyanob (1/ml)	date	depth (m)	cyanob (1/ml)
17.5.88	80	2	22.5.88	90	3
	135	22		120	4
	165	14		135	5
	200	21		145	6
19.5.88	80	10		155	5
	110	16		160	13
	150	20	23.5.88	75	1
	180	17		100	6
	200	11		125	7
20.5.88	50	1		150	9
	110	8		175	13
	150	19	200	10	
	180	21			
	200	11			

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPLANKTON DURING ARK 5/2

station	depth (m)	bact (10E5/ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (1000/ml)	amp<5 (1000/ml)	amp<10 (1000/ml)	amp<20 (1000/ml)	autdin (100/ml)	crypt<10 (100/ml)	crypt<20 (100/ml)	phaeoc (1000/ml)	centdiat (100/ml)	pendiat (100/ml)	chaetoc (100/ml)	nitgrun (100/ml)	eucgron (100/ml)	nitser (100/ml)	mesrub (100/ml)	hpp<2 (100/ml)	hmp<5 (100/ml)	hmp<10 (100/ml)	hmp<20 (100/ml)	choano (100/ml)	hetdin10 (100/ml)	hetdin20 (100/ml)
39	0	7.87	0.00	14.84	1.43	2.30	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	1.23	0.59	0.14	0.00	0.00	0.00
	5	7.03	0.00	11.39	0.77	1.50	0.01	0.05	0.05	0.00	0.00	2.05	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	1.46	0.50	0.05	0.00	0.05	0.00
	20	5.93	0.00	9.69	1.86	3.09	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	1.50	0.64	0.09	0.00	0.05	0.09
	40	4.39	0.00	27.21	4.95	0.35	0.12	0.14	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.87	1.50	0.68	0.09	0.00	0.05	0.00
	75	3.90	1.00	13.60	4.54	0.21	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	1.91	0.59	0.09	0.00	0.05	0.18
	100	2.96	3.00	5.36	3.30	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.46	0.05	0.00	0.00	0.00	0.09
40	0	17.49	0.00	1.86	0.62	0.62	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	8.89	0.00	3.69	0.00	0.00	0.00	0.00	7.11	3.36	1.60	0.27	0.00	0.09	0.14
	18.3	13.53	0.00	1.03	0.52	1.03	0.02	0.14	0.05	0.09	0.00	5.06	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	6.34	3.51	1.60	0.46	0.00	0.27	0.14
	36.4	7.06	9.00	0.82	0.03	0.01	0.01	0.14	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	1.28	0.14	0.05	0.00	0.05	0.09
	81.8	4.47	16.00	2.89	0.16	0.02	0.01	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.59	0.23	0.05	0.00	0.14	0.05
	104.8	4.06	9.00	1.03	0.14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78	0.18	0.09	0.00	0.00	0.00
42	0	8.83	0.00	0.82	1.03	1.24	0.04	0.18	0.09	0.00	0.00	5.97	0.00	16.60	0.82	0.00	0.00	0.00	0.96	0.55	0.36	0.09	0.00	0.00	0.00
	19.8	5.99	7.00	0.62	0.03	0.01	0.01	0.09	0.02	0.00	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.60	1.05	0.27	0.09	0.00	0.05	0.05
	35.9	4.19	0.00	0.41	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.87	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	81.2	5.00	9.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.82	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00
	105	3.10	21.00	0.41	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.23	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
44	0	8.50	0.00	8.86	1.24	1.31	0.01	0.18	0.09	0.09	0.00	6.93	0.00	12.36	4.24	0.00	0.09	0.05	0.82	0.82	0.36	0.09	0.00	0.05	0.00
	20	7.56	0.00	6.60	0.46	0.73	0.02	0.27	0.00	0.00	0.00	2.23	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0.05	2.28	1.41	0.68	0.05	0.00	0.05	0.05
	40	4.84	0.00	0.62	0.22	0.04	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	1.70	0.12	0.00	0.00	0.03	2.58	0.82	0.12	0.00	0.00	0.03	0.00
	75	3.77	2.00	1.86	0.28	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.69	0.55	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02
	100	4.33	5.00	1.65	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	1.21	0.30	0.00	0.00	0.02	0.02
46	0	11.67	0.00	15.25	1.65	0.25	0.13	0.82	0.91	0.59	0.00	0.78	0.00	1.37	5.65	0.00	0.00	0.00	0.91	1.73	0.55	0.00	0.00	0.09	0.23
	20	7.01	0.00	11.96	1.24	0.19	0.06	0.18	0.23	0.05	0.00	0.09	0.00	0.00	5.11	0.00	0.00	0.00	0.96	1.14	0.27	0.00	0.00	0.05	0.27
	40	3.91	5.00	4.12	1.03	0.25	0.04	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.14	0.05	0.00	0.21	0.07
	75	2.89	5.00	0.31	0.10	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.41	0.14	0.00	0.00	0.11	0.05
	100	2.83	11.00	0.82	0.12	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.52	0.16	0.00	0.00	0.02	0.07
49	0	5.58	0.00	1.44	1.65	0.21	0.04	0.00	0.59	0.18	0.00	0.59	0.00	0.68	9.94	0.00	0.18	0.05	1.79	1.41	0.68	0.18	0.00	0.09	0.09
	20	5.20	0.00	1.83	1.24	0.16	0.06	0.12	0.27	0.23	0.00	0.09	0.00	0.27	5.24	0.00	0.14	0.00	1.23	0.96	0.32	0.00	0.00	0.23	0.23
	40	4.04	0.00	0.82	0.21	0.06	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.25	0.00	0.00	2.46	0.00	0.00	0.02	0.84	0.71	0.14	0.00	0.00	0.11	0.00
	75	2.04	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	100	2.49	5.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.29	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00

ARK 5/2

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPLANCTON DURING APR. 5/2

station	depth	bact	cyanob	app<2	app<5	app<10	app<20	autdin	crypt<10	crypt<20	phaeoc	centdiat	pendiat	chaetoc	nitgron	eucgron	nitser	mesrub	hmp<2	hmp<5	hmp<10	hmp<20	choano	hetdin10	hetdin20
	(m)	(10ES/ml)	(1/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(1000/ml)	(100/ml)													
65	0	21.86	0.00	32.15	11.96	0.00	0.01	0.00	0.09	0.00	9.48	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	3.29	2.04	0.79	0.00	0.05	0.18	0.05
	20	16.60	0.00	21.85	0.00	0.00	0.01	0.14	0.09	0.05	12.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	0.00	1.55	1.23	0.50	0.09	0.00	0.27	0.32
	40	6.68	5.00	0.15	0.74	0.80	0.01	0.00	0.14	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	1.00	0.96	0.27	0.05	0.18	0.14	0.09
	75	2.97	11.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.50	0.14	0.00	0.00	0.09	0.05
	100	2.51	5.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.46	0.09	0.00	0.00	0.05	0.00
68	0	13.20	0.00	36.28	4.12	0.00	0.01	0.04	0.09	0.14	5.94	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	0.05	6.12	3.63	0.64	0.00	0.05	0.09	0.05
	18.9	12.21	0.00	15.25	2.06	0.00	0.17	0.14	0.14	0.05	4.95	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	5.67	5.10	3.29	0.09	1.02	0.55	0.32
	44.3	7.65	0.00	9.17	1.75	0.82	0.09	0.39	0.21	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	7.21	4.64	4.38	0.77	1.55	0.82	0.34
	79.7	3.96	5.00	0.11	0.24	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.75	0.43	0.09	0.02	0.00	0.21	0.46
	104.8	3.24	5.00	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.32	0.14	0.00	0.00	0.07	0.07
70	0	20.94	0.00	25.97	3.30	0.00	0.04	0.00	0.82	0.27	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	1.05	0.68	0.18	0.41	0.18	0.09
	23	28.33	5.00	12.78	5.15	0.00	0.04	0.05	0.82	0.64	3.50	0.09	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	4.31	2.27	1.47	0.11	1.47	0.23	0.14
	44.8	7.18	0.00	0.14	0.23	0.26	0.01	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.28	0.55	0.00	0.55	0.41	0.14
	79.8	3.53	5.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.46	0.02	0.00	0.02	0.07	0.00
	105.6	3.38	7.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.52	0.05	0.00	0.00	0.11	0.07
72	0	8.50	5.00	6.80	1.24	0.09	0.01	0.05	0.41	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	1.14	0.18	0.00	0.09	0.05	0.00
	18	8.25	0.00	8.06	0.94	0.16	0.02	0.05	0.55	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	1.23	0.32	0.00	0.05	0.18	0.05
	39.3	6.40	5.00	18.14	0.27	0.05	0.01	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	1.55	0.23	0.05	0.09	0.00	0.00
	79.3	3.22	5.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.18	0.05	0.00	0.00	0.09	0.05
	105.1	2.53	2.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.30	0.11	0.00	0.00	0.02	0.02
73	0	11.74	0.00	12.64	1.65	0.10	0.01	0.12	0.84	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	1.84	0.54	0.03	0.21	0.27	0.15
	16.8	13.67	0.00	6.32	3.02	0.05	0.02	0.12	0.84	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	2.44	0.69	0.06	0.33	0.42	0.06
	39.9	7.48	0.00	2.61	1.24	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	1.66	0.48	0.06	0.27	0.15	0.09
	80.1	5.77	0.00	0.15	0.26	0.00	0.00	0.03	0.06	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	1.17	0.15	0.00	0.24	0.48	0.30
	105	3.39	0.00	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.99	0.12	0.00	0.12	0.30	0.12
74	0	9.37	0.00	9.48	1.65	0.07	0.01	0.05	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.95	0.32	0.05	0.18	0.05	0.05
	22.9	11.50	0.00	9.48	1.65	0.09	0.05	0.23	1.26	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	2.57	1.49	0.00	0.54	0.23	0.09
	39.6	11.40	0.00	5.36	1.24	0.06	0.04	0.00	1.99	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	2.80	1.22	0.05	0.23	0.45	0.05
	79.8	6.36	0.00	0.19	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.86	0.18	0.05	0.23	0.16	0.02
	105.4	5.47	5.00	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.63	0.02	0.00	0.20	0.11	0.07

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND MICROPLANKTON DURING ABR 5/2

station	depth	bact	cyanob	app<2	amp<5	amp<10	amp<20	autdin	crypt<10	crypt<20	phaeoc	centrat	pendiat	chaetoc	nitserum	eucgron	nitser	mesrub	hmp<2	hmp<5	hmp<10	hmp<20	choano	hetdin10	hetdin20
	(m)	(1025/ml)	(1/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(1000/ml)	(100/ml)													
75	0	7.67	0.00	19.51	2.20	0.15	0.03	0.03	1.35	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	0.48	0.12	0.06	0.15	0.21
	21.2	9.38	0.00	21.99	0.82	0.08	0.03	0.03	1.23	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	1.69	0.51	0.06	0.24	0.18	0.15
	42.6	7.92	0.00	4.40	0.82	0.07	0.02	0.00	2.80	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.83	0.63	0.00	0.18	0.15	0.00
	79.5	2.91	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	1.08	0.03	0.00	0.09	0.03	0.09
	105	1.88	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.42	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00
79	0	15.38	9.00	6.60	1.65	0.00	0.00	0.09	0.46	0.00	18.96	0.09	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.48	10.43	3.40	0.68	16.55	0.23	0.23
	24.6	20.56	0.00	6.60	2.89	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	17.31	0.36	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.75	6.12	5.22	0.00	19.73	0.23	0.00
	45.2	14.84	0.00	3.30	1.24	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	13.19	0.91	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.71	7.26	4.99	0.23	18.59	0.23	0.23
	79.9	5.03	9.00	0.03	0.04	0.02	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.91	0.14	0.00	0.00	0.09	0.05
	105.6	4.04	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.32	0.05	0.00	0.05	0.05	0.09
82	0	16.96	0.00	3.30	5.77	0.07	0.03	0.09	0.64	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	1.64	0.55	0.00	0.18	0.09	0.09
	21.8	16.80	0.00	3.30	7.42	0.06	0.00	0.00	0.36	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37	1.55	0.27	0.00	0.09	0.18	0.09
	44.8	23.10	0.00	4.54	2.89	0.01	0.00	0.09	0.46	0.00	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	1.55	0.18	0.00	1.19	0.18	0.00
	79.5	10.13	9.00	1.03	0.82	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	1.78	0.41	0.00	0.68	0.55	0.27
	103.3	8.71	0.00	0.12	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	1.23	0.32	0.05	0.32	0.14	0.23
85	0	3.78	0.00	2.06	1.24	0.04	0.02	0.00	0.27	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.55	0.23	0.00	0.00	0.09	0.05
	20	5.56	0.00	5.47	1.24	0.08	0.02	0.00	0.18	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.78	0.14	0.05	0.00	0.14	0.09
	40	3.30	0.00	0.41	0.21	0.02	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.50	0.14	0.00	0.00	0.00	0.05
	75	2.26	0.00	0.05	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	2.46	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.41	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00
86	0	2.73	0.00	3.85	0.69	0.05	0.01	0.00	0.18	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.57	0.63	0.18	0.00	0.00	0.03	0.06
	20	3.22	0.00	1.65	1.65	0.06	0.04	0.15	0.03	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.57	0.63	0.06	0.00	0.00	0.09	0.15
	40	3.23	0.00	0.69	0.69	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.24	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03
	75	3.37	0.00	0.69	0.55	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.42	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00
	100	4.76	0.00	0.50	0.38	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.48	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06
87	0	4.76	0.00	1.51	0.96	0.06	0.01	0.00	0.52	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	0.78	0.09	0.06	0.00	0.15	0.03
	20	3.50	0.00	3.44	0.96	0.12	0.02	0.06	0.18	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.93	0.39	0.09	0.00	0.06	0.03	0.12
	40	3.74	0.00	0.69	0.55	0.05	0.00	0.00	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.45	0.24	0.03	0.06	0.09	0.09
	75	2.89	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.30	0.06	0.00	0.00	0.03	0.03
	100	3.30	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.33	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPHYTOPLANKTON DURING ARK 5/2

station	depth	bact	cyanob	app<2	app<5	app<10	app<20	autdin	crypt<10	crypt<20	phaeo	centdiat	pendiat	chaetoc	nitgrun	eucgron	nitser	mesrub	hpp<2	hmp<5	hmp<10	hmp<20	choans	hetdin10	hetdin20
	(m)	(10 <sup>5</sup> /ml)	(1/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(1000/ml)	(100/ml)													
96	0	17.31	9.00	1.65	0.99	0.06	0.01	0.27	0.91	0.09	0.00	0.18	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	2.37	4.56	1.28	0.00	3.10	0.00	0.00
	17.8	18.48	0.00	3.71	0.91	0.02	0.01	0.36	0.82	0.46	0.00	0.18	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.09	1.82	3.56	0.46	0.09	1.64	0.09	0.00
	36.3	16.70	9.00	0.82	0.91	0.02	0.02	0.00	0.73	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	2.37	0.27	0.00	3.37	0.00	0.18
	81.3	5.51	0.00	0.01	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	3.33	1.37	0.00	0.14	0.05	0.00
	108.1	5.79	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.69	2.23	0.46	0.00	0.09	0.05	0.09
98	5	16.20	8.00	2.06	2.47	0.03	0.06	0.00	0.64	0.27	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.82	1.82	0.91	0.00	3.37	0.18	0.09
	19.5	15.54	11.00	2.89	4.12	0.03	0.01	0.00	0.55	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.91	3.01	1.00	0.18	3.92	0.00	0.09
	54.9	14.77	14.00	8.25	10.72	0.14	0.03	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.82	1.55	0.46	0.18	1.82	0.00	0.27
	105.1	5.97	18.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09	1.46	0.18	0.09	0.00	0.27	0.18
100	0	11.42	0.00	1.24	0.41	0.22	0.00	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	2.10	0.73	0.00	0.82	0.09	0.00
	21.7	11.42	9.00	0.82	1.24	0.18	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	1.69	0.64	0.00	1.60	0.09	0.05
	46.5	9.69	14.00	1.03	1.65	0.07	0.03	0.09	0.05	0.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	1.87	0.59	0.05	0.96	0.41	0.50
	80.4	4.77	9.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.70	0.09	0.00	0.00	0.06	0.09
	104.3	6.57	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	1.61	0.09	0.00	0.00	0.03	0.03
102	0	11.37	9.00	1.24	2.89	0.16	0.04	0.09	0.18	0.18	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	1.91	1.00	0.00	2.00	0.09	0.00
	20	12.29	0.00	0.82	3.30	0.03	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	2.19	0.82	0.00	1.09	0.00	0.00
	40	14.37	18.00	0.82	4.54	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.92	2.64	0.55	0.00	1.64	0.18	0.46
	75	4.98	5.00	0.02	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	0.87	0.25	0.07	0.02	0.07	0.18
	100	4.29	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.21	1.96	0.16	0.00	0.07	0.05	0.09
104	0	10.00	0.00	5.15	0.13	0.05	0.01	0.00	0.23	0.18	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	1.41	0.82	0.05	0.64	0.05	0.00
	19.9	9.29	0.00	5.36	0.42	0.08	0.01	0.00	0.36	0.14	0.00	0.14	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	1.19	0.78	0.09	0.27	0.00	0.00
	43.5	2.18	0.00	0.04	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.96	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
	83.3	2.64	5.00	0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.34	0.05	0.00	0.00	0.02	0.09
	111	3.10	0.00	0.01	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.43	0.05	0.00	0.02	0.02	0.14
106	0	9.52	0.00	0.32	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	2.14	0.50	0.05	0.00	0.00	0.00
	20	12.79	0.00	7.21	0.11	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	2.46	0.50	0.00	0.00	0.05	0.00
	40	5.79	0.00	0.16	0.18	0.01	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	4.39	1.87	0.09	0.05	0.00	0.05
	75	3.53	2.00	0.07	0.25	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.80	0.07	0.05	0.00	0.07	0.05
	100	2.62	2.00	0.02	0.10	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.23	0.11	0.02	0.00	0.09	0.00

VERTICAL ABUNDANCE OF PICO- AND NANOPHYTANCTON DURING AER 5/2

station	depth	bact	cyanob	app<2	amp<5	amp<10	amp<20	autdin	crypt<10	crypt<20	phaeo	centdiat	pendiat	chaetoc	nitgrun	eucgron	nitser	mesrub	hpp<2	hmp<5	hmp<10	hmp<20	choano	hetdin10	hetdin20
	(m)	(10ES/ml)	(1/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(1000/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(100/ml)	(1000/ml)	(100/ml)													
108	0	6.96	0.00	2.47	0.55	0.47	0.03	0.09	0.23	0.05	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	1.14	0.36	0.00	0.00	0.27	0.27
	18.4	4.16	0.00	2.68	0.55	0.04	0.01	0.05	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.96	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00
	35.6	1.74	5.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
	80.4	3.17	2.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.30	0.07	0.00	0.00	0.02	0.05
	105.9	2.15	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02

Station	Tiefe (m)	Chl a (10 <sup>-3</sup> µg/l)	baet (10 <sup>3</sup> /ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (1/ml)	anp<5 (1/ml)	anp<10 (1/ml)	anp<20 (1/ml)	crypt<10 (1/ml)	crypt<20 (1/ml)	autdin (1/ml)	hnp<2 (1/ml)	hnp<5 (1/ml)	hnp<10 (1/ml)	hnp<20 (1/ml)	ehoano (1/ml)	hetdin<10 (1/ml)	hetdin<20 (1/ml)
607	3	12	286	2652	786	227	19	6	11	1	2	108	99	30	10	0	0	13
	10	12	292	2387	796	227	26	8	15	0	3	94	87	15	11	0	21	10
	40	16	339	2021	666	253	37	2	7	0	0	103	73	31	10	0	8	6
	75	17	252	1545	505	168	33	5	8	0	0	106	103	24	6	0	14	6
	100	15	296	2360	476	152	36	4	7	0	2	117	93	31	3	0	15	4
609	0	16	598	2342	999	448	30	2	10	0	1	115	78	27	4	5	21	12
	20	16	630	1994	877	259	127	5	5	0	0	103	127	5	5	0	29	10
	40	19	666	2565	729	262	20	2	14	0	4	127	142	28	2	0	10	8
	75	17	565	3747	2315	505	32	2	6	0	2	107	107	40	4	15	20	4
	100	17	559	2790	551	210	24	4	14	0	4	195	112	30	10	0	26	18
610	0	19	640	1384	560	231	58	10	4	0	6	278	195	54	10	0	14	4
	10	15	648	1378	597	299	58	2	20	0	8	181	103	28	6	0	4	8
	40	15	602	1073	568	189	80	2	8	0	4	225	103	48	8	0	24	14
	75	13	630	1412	861	138	70	12	8	0	4	171	112	40	6	0	8	6
	100	15	586	1442	807	218	56	6	8	0	12	247	156	54	10	0	12	12
611	0	8	584	1921	423	141	24	10	2	0	0	142	82	22	8	0	10	8
	20	8	649	1493	379	156	28	0	2	0	2	132	98	58	4	15	10	10
	40	13	609	1499	556	236	34	10	2	0	0	127	93	18	2	0	8	12
	75	13	1145	828	652	123	26	2	0	0	4	215	64	56	2	0	8	8
	100	15	1065	1044	451	143	32	4	4	0	4	112	98	10	4	5	6	6
612	0	15	708	2501	1564	391	52	4	6	0	6	166	98	68	16	0	19	10
	20	15	859	2719	1233	183	54	2	2	0	2	122	83	40	2	10	20	16
	40	13	764	2823	1442	186	28	6	6	0	2	156	59	52	4	0	8	8
	75	7	332	73	98	39	22	8	2	0	2	78	54	18	0	5	8	6
	100	8	298	52	20	10	20	4	2	0	6	107	24	20	0	10	19	6
613	0	14	767	1030	971	75	14	2	2	0	0	137	54	20	0	0	10	6
	20	13	720	758	781	115	22	2	0	0	0	78	34	16	0	0	12	6
	40	14	735	873	620	82	14	4	2	0	2	103	54	22	0	29	10	6
	75	12	280	32	93	27	6	2	2	0	0	54	44	16	0	0	6	6
	100	5	252	0	15	20	13	6	0	0	3	73	64	16	8	0	18	8
614	0	11	832	52	1628	365	36	8	2	0	0	132	64	52	6	24	12	14
	20	11	776	40	1178	281	22	6	4	0	0	142	78	64	6	24	14	16
	40	7	525	18	309	84	16	0	2	0	0	73	64	24	0	20	6	16
	75	6	429	6	36	14	10	4	6	0	0	20	43	18	0	0	16	4
	100	2	285	2	12	8	4	4	2	0	0	54	28	28	2	15	8	2

MET 8/1

Station	Tiefe (m)	Chl a (10 <sup>-3</sup> µg/l)	baet (10 <sup>6</sup> /ml)	eyanob (1/ml)	app<2 (1/ml)	anp<5 (1/ml)	anp<10 (1/ml)	anp<20 (1/ml)	erypt<10 (1/ml)	erypt<20 (1/ml)	autdin (1/ml)	hnp<2 (1/ml)	hnp<5 (1/ml)	hnp<10 (1/ml)	hnp<20 (1/ml)	choano (1/ml)	hetdin<10 (1/ml)	hetdin<20 (1/ml)
616	0	20	773	439	1516	359	46	20	2	0	0	161	107	30	2	5	20	16
	20	16	885	253	1155	361	46	14	0	0	0	103	59	43	0	10	16	18
	40	17	632	171	442	189	44	4	4	0	0	103	59	18	9	5	26	16
	75	8	245	16	30	15	10	4	0	0	0	54	54	13	2	0	16	2
	100	8	192	0	2	6	10	0	2	0	0	54	29	28	0	0	10	6
617	0	14	909	541	974	108	22	6	6	0	0	107	59	30	0	5	16	10
	20	14	584	1079	1148	161	44	12	8	0	0	101	98	28	0	24	30	10
	40	15	327	631	758	202	30	6	4	0	0	78	39	28	2	0	18	8
	75	8	199	8	16	26	10	4	0	0	0	49	39	16	0	5	8	4
	100	6	249	8	6	12	2	0	0	0	0	29	29	12	0	0	2	6
619	0	8	351	974	263	108	16	2	0	0	0	98	59	8	0	10	10	4
	20	6	460	1104	541	43	18	2	0	0	0	59	49	16	0	0	8	2
	40	12	487	844	372	100	10	0	0	0	0	54	39	10	0	0	6	2
	75	10	761	599	56	84	16	2	0	0	0	83	49	30	2	10	12	10
	100	13	691	701	360	132	10	2	2	0	0	64	24	10	0	0	2	0
627	0	9	1287	2330	834	208	26	2	6	0	0	107	64	24	0	0	10	0
	20	10	1369	2741	735	178	22	0	0	0	0	98	64	24	0	0	10	8
	40	8	1033	1660	387	32	24	2	0	0	0	98	64	30	0	0	12	6
	75	7	372	185	168	34	8	2	0	0	0	64	15	14	0	0	4	4
	100	4	335	109	14	6	4	2	0	0	0	49	54	24	0	0	8	10
630	0	7	1251	1600	786	168	12	0	0	0	0	73	39	18	0	0	8	8
	20	7	965	2108	616	95	19	2	0	0	2	107	64	16	0	0	12	2
	40	7	961	1849	839	108	12	2	0	0	0	64	54	26	2	10	16	2
	75	7	348	50	22	33	16	4	2	0	0	73	24	10	0	0	6	2
	100	4	164	26	4	10	4	0	0	0	0	44	34	26	2	0	2	2
647	10	8	426	1117	30	249	22	0	2	0	0	107	24	26	0	0	8	10
	20	8	708	1516	150	50	18	0	0	0	0	88	29	26	0	0	2	6
	40	8	1288	1313	134	34	24	6	0	0	0	142	73	56	0	0	8	0
	75	6	1089	1282	233	58	10	4	4	0	2	142	83	38	0	0	6	4
	100	7	1054	1426	446	111	2	6	0	0	0	78	44	14	0	0	4	10

Station	Tiefe (m)	Chl a (10 <sup>-3</sup> µg/l)	baet (10 <sup>3</sup> /ml)	cyanob (l/ml)	app<2 (l/ml)	anp<5 (l/ml)	anp<10 (l/ml)	anp<20 (l/ml)	crypt<10 (l/ml)	crypt<20 (l/ml)	autdin (l/ml)	hnp<2 (l/ml)	hnp<5 (l/ml)	hnp<10 (l/ml)	hnp<20 (l/ml)	choano (l/ml)	hetdin<10 (l/ml)	hetdin<20 (l/ml)
650	0	13	585	1949	1119	335	36	2	10	0	0	107	78	27	4	5	12	8
	20	11	487	2179	947	403	16	4	10	0	2	171	83	22	0	5	14	10
	40	13	398	1722	436	69	20	2	2	2	2	98	78	20	0	0	8	8
	75	14	360	330	13	16	2	2	0	0	0	103	78	6	0	15	4	4
	100	5	229	131	14	10	0	0	0	2	0	39	39	8	0	0	12	2
651	0	12	587	928	587	189	12	0	0	0	0	64	68	38	0	5	16	8
	20	12	425	881	553	328	14	2	4	0	0	93	54	22	4	5	6	6
	40	11	407	1025	579	223	7	0	2	1	0	103	83	32	0	0	12	6
	75	10	158	1217	230	23	8	4	2	0	0	68	32	22	2	2	6	10
	100	12	272	376	58	20	4	6	6	0	2	64	59	20	0	0	8	10
652	0	11	534	58	113	113	4	2	0	0	0	142	112	52	2	10	12	20
	20	7	390	36	117	74	10	0	2	0	2	132	73	40	0	4	12	10
	40	7	213	0	18	20	6	2	2	0	2	68	49	20	0	5	4	6
	75	11	190	2	10	4	6	2	8	2	4	29	34	16	0	0	10	6
	100	9	192	8	2	6	2	2	2	0	2	39	39	16	0	0	8	8
653	0	9	574	52	74	24	4	0	2	0	0	88	88	40	0	5	14	14
	20	8	478	56	58	32	10	0	0	0	0	103	78	30	0	2	12	4
	40	9	531	62	40	12	6	2	0	0	0	73	49	36	0	6	8	8
	75	10	269	4	24	14	2	2	2	0	0	73	44	12	0	5	8	4
	100	4	196	2	10	10	0	0	0	0	0	68	39	18	0	0	8	8
654	0	6	339	368	357	87	10	1	3	0	0	73	66	36	0	5	7	6
	20	8	347	277	323	92	11	1	4	0	2	98	73	26	0	10	13	10
	40	7	321	184	138	80	10	0	0	0	1	127	51	36	0	5	9	12
	75	8	318	207	276	86	5	1	1	0	0	81	34	17	0	2	9	7
	100	6	295	215	139	51	4	0	0	0	1	45	17	2	0	0	5	4
657	0	9	431	69	241	86	14	4	2	0	2	68	73	32	0	6	8	2
	20	6	425	177	161	48	6	2	0	0	0	98	78	22	0	0	8	4
	40	6	363	117	198	49	4	0	2	0	0	122	88	30	0	0	18	4
	75	6	215	8	66	33	12	2	0	0	0	59	34	30	0	4	4	6
	100	6	198	8	6	8	2	2	0	0	0	64	54	20	0	10	4	8
658	0	10	332	791	297	32	7	1	2	0	0	84	9	17	0	2	1	1
	20	7	363	823	292	76	9	5	1	0	5	103	63	32	9	0	10	15
	40	10	437	909	237	95	11	2	5	0	2	112	68	27	0	0	14	6
	75	19	314	788	329	80	5	2	2	0	0	85	71	27	1	2	22	10
	100	7	378	674	242	105	10	2	2	0	2	98	59	17	0	2	15	13

MET 8/2

Station	Tiefe (m)	chl a (10 <sup>-3</sup> µg/l)	baet (10 <sup>3</sup> /ml)	cyanob (1/ml)	app<2 (1/ml)	anp<5 (1/ml)	anp<10 (1/ml)	anp<20 (1/ml)	anp<50 (1/ml)	crypt<20 (1/ml)	autdin (1/ml)	hpp<2 (1/ml)	hnp<5 (1/ml)	hnp<10 (1/ml)	hnp<20 (1/ml)	choano (1/ml)	hetdin<10 (1/ml)	hetdin<20 (1/ml)
659	0	7	314	280	198	63	8	0	2	0	2	88	59	15	0	5	16	15
	20	6	332	211	203	70	6	0	2	0	1	90	48	25	0	5	15	6
	40	9	241	205	215	92	4	1	2	0	3	107	44	25	0	0	14	9
	75	9	201	133	123	72	5	0	2	0	0	66	42	19	0	2	12	13
	100	5	204	33	11	11	3	1	1	0	1	61	29	17	0	0	7	4
660	0	4	379	924	249	36	5	1	1	0	0	73	61	25	0	5	17	6
	20	7	329	848	165	41	7	2	1	0	0	88	44	22	0	5	22	12
	40	6	376	878	250	112	3	1	0	0	1	112	51	18	0	5	13	12
	75	7	325	143	72	20	3	1	1	0	1	120	71	19	0	5	11	6
	100	8	241	66	142	28	2	3	0	0	4	76	42	19	0	2	9	8
662	0	10	308	574	184	65	12	2	2	0	1	120	88	26	0	3	10	6
	20	6	285	574	173	65	9	2	3	0	0	98	68	29	0	2	12	7
	40	9	270	508	241	77	8	4	1	0	0	122	68	30	0	3	15	16
	75	10	313	585	147	46	9	1	0	0	0	122	71	29	0	5	11	9
	100	7	245	552	150	114	11	1	1	0	2	110	73	33	0	1	15	15
664	0	4	298	232	102	29	2	2	1	0	2	76	54	26	0	0	9	11
	20	5	279	329	199	10	3	1	1	0	2	66	59	24	0	0	8	13
	40	5	322	379	123	33	4	0	1	0	2	81	42	28	0	0	7	11
	75	7	258	348	164	51	3	1	2	0	0	76	61	29	0	2	8	8
	100	6	239	182	51	15	1	1	0	0	2	73	34	13	0	1	5	5
665	0	6	217	422	162	82	6	2	2	0	4	54	54	29	0	0	6	2
	20	6	279	411	141	22	11	0	1	0	0	73	66	29	0	0	9	14
	40	9	230	281	110	12	4	0	0	0	1	81	56	30	0	0	10	12
	75	8	199	344	92	11	5	1	1	0	1	66	44	24	0	0	9	11
	100	4	193	308	142	95	3	0	0	0	0	68	46	29	0	0	10	10
666	0	5	226	319	93	27	3	1	0	0	1	81	44	18	0	0	10	8
	20	6	192	215	102	61	2	1	1	0	0	73	37	17	0	1	5	7
	40	4	214	205	114	53	3	2	3	0	0	56	29	13	0	0	9	6
	75	6	212	253	63	16	1	1	1	0	1	88	37	18	0	2	6	6
	100	6	222	272	68	8	3	1	1	0	2	81	32	15	0	0	12	11
667	0	10	256	422	94	59	1	1	0	0	3	61	37	24	0	0	12	12
	20	4	192	217	96	48	1	3	0	0	3	51	42	27	0	0	9	7
	40	5	254	355	151	32	3	1	1	0	3	76	32	25	0	0	8	8
	75	5	197	321	138	34	1	1	0	0	0	76	51	29	0	0	15	0
	100	6	287	379	80	57	3	1	3	0	0	83	71	35	0	0	15	12



Station	Tiefe (m)	chl a (10 <sup>-3</sup> µg/l)	baet (10 <sup>3</sup> /ml)	eyanob (1/ml)	app<2 (1/ml)	anp<5 (1/ml)	anp<10 (1/ml)	anp<50 (1/ml)	erypt<10 (1/ml)	erypt<20 (1/ml)	autdin (1/ml)	hnp<2 (1/ml)	hnp<5 (1/ml)	hnp<10 (1/ml)	hnp<20 (1/ml)	choano (1/ml)	hetdin<10 (1/ml)	hetdin<20 (1/ml)
684	0	7	251	451	61	41	4	0	0	0	0	29	24	28	0	0	14	16
	30	4	360	314	18	18	2	0	0	0	0	20	15	14	0	0	8	4
	40	8	221	265	76	19	1	0	0	0	0	29	20	20	0	0	10	4
	75	6	188	141	53	18	1	0	0	0	0	29	29	22	0	0	8	4
	100	7	221	135	27	14	2	0	0	0	0	28	20	22	0	0	6	6
		5	313	108	80	51	2	1	0	0	0	88	39	16	0	2	11	10
685	30	5	316	172	172	41	2	0	1	0	1	98	61	26	0	3	12	7
	40	9	314	231	41	16	2	1	0	0	1	93	49	18	0	2	10	5
	75	7	279	124	31	8	3	1	0	0	1	73	37	22	0	0	8	5
	100	7	282	136	38	15	3	2	0	0	1	68	39	22	0	0	10	6
		8	241	631	166	32	2	1	5	0	0	100	68	15	0	2	8	9
		4	297	484	188	58	1	1	2	0	0	110	57	25	0	2	14	16
689	20	6	339	529	136	29	2	0	1	0	0	98	51	18	0	0	7	3
	40	6	270	172	69	17	1	0	3	0	0	61	39	12	0	0	3	4
	75	6	249	185	84	17	1	0	2	0	0	59	37	13	0	0	4	3
	100	6	320	532	90	9	3	1	1	0	0	93	42	21	0	5	6	6
		6	319	280	97	10	1	0	0	0	0	100	49	15	0	0	3	3
		12	301	418	58	39	1	0	1	0	0	95	42	18	0	2	2	4
690	75	9	305	658	60	7	1	0	4	0	0	61	22	17	0	1	7	2
	100	8	334	656	120	87	1	0	2	0	0	49	22	9	0	0	3	3
		4	346	409	53	45	2	0	0	0	0	61	27	10	0	4	5	5
	20	7	272	469	26	9	1	0	0	0	0	66	22	13	0	3	6	5
	40	3	242	431	26	7	1	0	0	0	1	64	22	9	0	4	5	6
	75	3	269	317	28	21	2	0	1	0	0	59	27	8	0	6	4	5
691	100	5	329	322	7	7	1	0	2	0	0	73	42	12	0	1	4	4
		6	246	546	26	18	2	0	0	0	0	64	42	12	0	0	6	3
	20	2	248	648	25	17	1	0	0	0	0	68	44	10	0	0	7	3
	40	4	248	588	25	17	1	0	0	0	0	61	42	9	0	0	3	1
	75	6	289	674	34	17	0	0	0	0	0	64	37	12	0	0	8	4
	100	5	308	790	22	11	0	0	0	0	0	73	48	11	0	0	4	3

### Wachstums- und Wegfraßraten der Bakterien

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Experimente von allen 3 Expeditionen ARK 4, ARK 5 sowie MET 8 für die einzelnen Stationen aufgeführt. Sowohl die Wachstumsrate  $\mu$  als auch die Grazingrate  $g$  weisen die Dimension ( $10^{-2} \cdot h^{-1}$ ) auf. Die als Kontrolle bezeichnete Spalte gibt die Veränderung der Bakterienzahl bei Inkubation ohne Zusatz von selektiven Inhibitoren an.

Exp.	Station	g	μ	Kontrolle
ARK41	61	1.2	2.8	1.3
ARK41	72	1.0	1.9	0.2
ARK41	91	1.1	1.1	0.3
ARK41	94	1.1	2.1	0.9
ARK41	101	0.0	2.5	
ARK41	105	0.9	1.3	-0.4
ARK41	110	0.0	1.0	0.9
ARK41	132	2.3	1.1	3.4
ARK41	136	2.4	1.7	-0.7
ARK41	149	3.3	4.4	1.6
ARK41	153	0.4	3.5	-2.5
ARK41	157	2.5	3.3	0.3
ARK41	168	5.9	9.3	2.1
ARK41	172	1.1	2.6	-1.4
ARK41	174	9.7	17.9	4.1
ARK41	179	6.1	6.7	0.4
ARK42	185	2.8	4.5	3.4
ARK42	189	7.3	7.6	-4.2
ARK42	194	11.7	16.1	
ARK42	195	11.8	13.5	-3.3
ARK42	208	1.8	2.6	1.3
ARK42	210	1.3	3.2	-4.2
ARK42	213	1.0	2.4	-4.5
ARK42	214	2.2	1.6	-0.1
ARK42	215	1.3	0.5	-2.5
ARK42	219	4.9	10.6	5.6
ARK42	225	5.7	16.7	10.1
ARK42	227	2.1	6.3	-2.2
ARK42	245	4.7	5.7	2.6
ARK42	250	6.7	4.1	-7.7
ARK42	253	5.4	2.7	-1.2
ARK52	40	0.4	0.4	-0.4
ARK52	42	0.0	4.0	0.6
ARK52	44	3.3	1.3	-3.2
ARK52	46	0.8	0.2	-0.2
ARK52	49	0.0	1.5	-1.3
ARK52	65	2.5	1.6	-1.9
ARK52	68	1.1	3.3	-2.1
ARK52	70	0.0	1.1	0.9
ARK52	72	3.5	0.6	-4.0
ARK52	73	0.4	2.2	2.3
ARK52	74	0.1		-1.2
ARK52	75	1.4	0.1	0.1
ARK52	79	2.0	1.7	-2.6
ARK52	82	0.3	2.0	-1.0
ARK52	85	0.6	0.7	1.0
ARK52	86	0.9		0.7
ARK52	87	0.2		3.3
ARK52	96	1.4	5.2	1.9
ARK52	98	2.5	2.4	-1.1
ARK52	100	3.2	2.2	0.5
ARK52	102	0.5	2.8	1.4
ARK52	104	1.9	2.0	-2.1
ARK52	106	0.0	0.8	-0.3

Exp.	Station	g	μ	Kontrolle
MET81	607	6.0		-3.9
MET81	609	2.2	0.1	-1.5
MET81	610	2.6	3.1	-0.1
MET81	613	0.0	2.5	2.4
MET81	616	2.3	5.0	2.3
MET82	651	1.8	1.4	-0.4
MET82	657	4.2	5.5	1.5
MET82	662	3.5	0.0	-0.1
MET82	664	2.2	1.2	-2.3
MET82	669	1.5	2.2	1.4
MET82	678	0.2	2.4	1.4
MET82	687	1.6	3.4	-1.9
MET82	691	4.8	1.5	-0.4

## BERICHTE AUS DEM INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

## Verzeichnis der veröffentlichten Arbeiten

- 
- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 1   | (1973) FECHNER, H.  | Orthogonale Vektorfunktionen zur stetigen Darstellung von meteorologischen Feldern auf der Kugeloberfläche  |
| 2   | (1974) SPETH, P.  | Mittlere Meridionalschnitte der verfügbaren potentiellen Energie für jeden Januar und Juli aus dem Zeitraum 1967 bis 1972   |
| 3   | (1974) SPETH, P.  | Mittlere Horizontalverteilungen der Temperatur und der verfügbaren potentiellen Energie und mittlere Meridionalschnitte der Temperatur für jeden Januar und Juli aus dem Zeitraum 1967 bis 1972 |
| 4   | (1974) DEFANT, Fr.  | Das Anfangstadium der Entwicklung einer baroklinen Wellenstörung in einem baroklinen Grundstrom   |
| 5   | (1974) FECHNER, H.  | Darstellung des Geopotentials der 500 mb-Fläche der winterlichen Nordhalbkugel durch natürliche Orthogonalfunktionen  |
| 7   | (1974) SPETH, P.  | Die Veränderlichkeit der atmosphärischen Zirkulation, dargestellt mit Hilfe energetischer Größen  |
| 8   | (1975) SKADE, H.  | Eine aerologische Klimatologie der Ostsee. Teil I - Textband  |
| 9   | (1975) SKADE, H.  | Eine aerologische Klimatologie der Ostsee. Teil II - Abbildungsband   |
| 10  | (1975) MÖLLER, H.   | Bestimmungstabellen für die Fischparasiten der Kieler Bucht   |
| 11  | (1975) KEUNECKE, K.H.,<br>KOHN, H.,<br>KRAUSS, W.,<br>MIOGSA, G.,<br>SCHOTT, F.,<br>SPETH, P.,<br>WILLEBRAND, J.,<br>ZENK, W. | Baltic 75 - Physikalischer Teil<br>Messungen des IfM, der FWG und der DFVLR   |
| 13  | (1975) RUMOHR, H.   | Der Einfluß von Temperatur und Salinität auf das Wachstum und die Geschlechtsreife von nutzbaren Knochenfischen (Eine Literaturstudie)  |
| 14  | (1975) PULS, K.E.,<br>MEINCKE, J.   | General Atmospheric Circulation and Weather Conditions in the Greenland-Scotland Area for August and September 1973   |
| 15  | (1975) MÖLLER, H.   | Bibliography on parasites and diseases of marine fishes from North Sea and Baltic Sea   |
| 16  | (1975) LÖBE, D.   | Schwermetall-Kontamination von Phytoplankton unter natürlichen Verhältnissen und in Laborkulturen   |
| 17  | (1976) BEHR, H.D.   | Untersuchungen zum Jahresgang des atmosphärischen Wärmehaushalts für das Gebiet der Ostsee. Teil I - Textband   |
| 18  | (1976) BEHR, H.D.   | Untersuchungen zum Jahresgang des atmosphärischen Wärmehaushalts für das Gebiet der Ostsee. Teil II - Abbildungsband  |
| 19  | (1976) BROCKMANN, Ch.,<br>MEINCKE, J.,<br>PETERS, H.,<br>SIEDLER, G.,<br>ZENK, W.   | GATE - Oceanographic Activities on FRG-Research Vessels   |
| 20a | (1977) WILLEBRAND, J.,<br>MÖLLER, P.,   | Inverse Analysis of the Trimooored Internal Wave Experiment (IWEX)<br>Part 1  |
| 20b | OLBERS, D.J.  | Part 2  |
| 21  | (1976) MÖLLER, H.   | Die Biologie des Flachwassers vor der westdeutschen Ostseeküste und ihre Beeinflussung durch die Temperatur - eine Literaturstudie  |
| 22  | (1976) PETERS, H.   | GATE - CTD Data measured on the F.R.G. Ships Shipboard Operations-Calibration-Editing   |
| 23  | (1976) KOLTERMANN, K.P.,<br>MEINCKE, J.,<br>MÖLLER, T.  | Overflow '73 - Data Report 'Meteor' and 'Meerkatze 2'   |
| 24  | (1976) LIEBING, H.  | Grundlagen zur objektiven Ermittlung eines Bodenluftdruckfeldes für ein begrenztes Gebiet (Ostsee)  |
| 25  | (1976) SIMONS, T.J.   | Topographic and Baroclinic Circulations in the Southwest Baltic   |
| 26  | (1976) KIELMANN, J.,<br>HOLTORFF, J.,<br>REIMER, U.   | Data Report Baltic '75  |
| 27  | (1976) BEHRENDT, J.   | Der Zusammenhang zwischen wahrem und geostrophischem Wind über der Ostsee während "Baltic '75"  |

- 28 (1977) DEFANT, Fr.,  
SPETH, P. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe "Diagnose Empirischer Felder der Allgemeinen Atmosphärischen Zirkulation" im Schwerpunkt "Energiehaushalt und Zirkulation der Atmosphäre" der Deutschen Forschungsgemeinschaft
- 29 (1977) MEINCKE, J. Measurements of Currents and Stratification by FRV "Anton Dohrn" during the GATE Equatorial Experiment
- 30 (1977) SANFORD, Th. Design Concepts for a Shallow Water Velocity Profiler and a Discussion of a Profiler Based on the Principles of Geomagnetic Induction
- 31 (1977) MÖLLER, H. Indexed bibliography on parasites and diseases of marine fish from North Sea and Baltic Sea (2nd edition)
- 32 (1977) BROCKMANN, Ch.,  
HUGHES, P.,  
TOMCZAK, M. Data Report on Currents, Winds and Stratification in the NW African Upwelling Region during early 1975
- 33 (1977) SIERTS, H.W. Meteorologische Einflüsse auf das Auftriebsgebiet vor Nordwest-Afrika
- 34 (1977) CUBASCH, U. Spektren des Windes über Land und über Meer im Periodenbereich von 1 Minute bis 1 Tag
- 35 (1977) KAMINSKI, U. Klassifikation der Wetterlagen über dem Wetterschiff - C - durch vertikale natürliche Orthogonalfunktionen
- 36 (1977) JECKSTRÖM, W. Eine Entwicklung des Geopotentialfeldes der 500 mb-Fläche im Winter der Nordhalbkugel in natürliche Orthogonalfunktionen und eine Interpretation der Ergebnisse im Zusammenhang mit tatsächlichen synoptischen groß-skaligen Wetterlagen
- 37 (1977) CLAUSS, E.,  
HESSLER, G.,  
SPETH, P.,  
UHLIG, K. Datendokumentation zum meteorologischen Meßprojekt 1976
- 38 (1977) KIRK, E. Objektive Analysen meteorologischer Parameter über der Kieler Bucht
- 40 (1978) OSTHAUS, A.,  
SPETH, P. Large-scale horizontal fluxes of sensible energy and of momentum caused by mean standing eddies for each January and July of the period 1967 until 1976
- 41 (1978) SPETH, P. Mean meridional cross-sections of the available potential energy for each January and July of the period 1973 until 1976
- 42 (1978) SPETH, P. Mean meridional cross-sections of the available potential energy for each April and October of the period 1967 until 1976
- 43 (1978) SPETH, P. Mean horizontal fields of temperature available potential energy and mean meridional cross-sections of temperature for each January and July of the period 1967 until 1976
- 44 (1978) FECHNER, H. Darstellung meteorologischer Felder mit endlichem Definitionsgebiet durch Reihen orthogonaler Funktionen
- 45 (1978) RIECKE, W. In der Meteorologie benutzte objektive horizontale Analysenverfahren im Hinblick auf die Anwendung bei wissenschaftlichen Untersuchungen
- 46 (1978) OSTHAUS, A. Die Struktur der stehenden Temperatur- und Geopotentialwellen im Januar und Juli und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls
- 47 (1978) CORNUS, H.-P. Untersuchungen zu Deckschichtänderungen und zur Anwendbarkeit eindimensionaler Deckschichtmodelle im äquatorialen Atlantik während GATE 1974
- 48 (1978) WÖRNER, F.G.,  
KÖHN, A. Liste der Mikronekton- und Zooplanktonfänge der Deutschen Antarktis-Expedition 1975/76
- 49 (1978) DETLEFSEN, H. Wasseroberflächentemperaturen und Luftdruckdifferenzen im Auftriebsgebiet vor Nordwest-Afrika von 1969-1976
- 50 (1978) MENGELKAMP, H.-T. Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile über der Ostsee während des Meßprojektes "Kieler Bucht" 1976
- 51 (1978) BROCKMANN, C.,  
FAHRBACH, E.,  
URQUIZO, W. ESACAN - Data report
- 52 (1978) STROFING, R. Die Struktur der atmosphärischen Temperatur- und Geopotentialwellen und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls während eines viertel-jährigen Winterzeitraums November 1967 - Januar 1968
- 53 (1978) SPETH, P. Mean horizontal fields of temperature and geopotential height for each January, April, July and October for the period 1967 - 1976
- 54 (1978) KREY, J.(+),  
BABENERD, B.,  
LENZ, J. Beobachtungen zur Produktionsbiologie des Planktons in der Kieler Bucht: 1957-1975 - 1. Datenband
- 55 (1978) PAULY, D. A preliminary compilation of fish length growth parameters
- 56 (1978) WITTSTOCK, R.-R. Vergleich der aus Temperatur- und Dichtefluktuationen berechneten Vertikalgeschwindigkeit im GATE-Gebiet

- 57 (1978) STRUVE, S. Transport und Vermischung einer passiven Beimengung in einem Medium mit einem vorgegebenen Geschwindigkeitsfeld
- 58 (1978) MÖLLER, H. Effects of Power Plant Cooling on Aquatic Biota - An Indexed Bibliography -
- 59 (1978) JAMES, R.,  
WÖRNER, F.G. Results of the Sorting of the Mikronekton and Zooplankton Material sampled by the German Antarctic Expedition 1975/76
- 60 (1978) WÖRNER, F.G. Liste der Mikronekton- und Zooplanktonfänge der 2. Deutschen Antarktis-Expedition 1977/78
- 61 (1978) SCHWEIMER, M. Physikalisch-ozeanographische Parameter in der westlichen Ostsee - Eine Literaturstudie -
- 62 (1979) MÖLLER, T.J.,  
MEINCKE, J.,  
BECKER, G.A. Overflow '73: The Distribution of Water Masses on the Greenland-Scotland Ridge in August/September 1973 - A Data Report -
- 63 (1979) PAULY, D. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula
- 64 (1979) WÖBBER, C. Die zweidimensionalen Seiches der Ostsee
- 65 (1979) KILS, U. Schwimmverhalten, Schwimmleistung und Energiebilanz des antarktischen Krills, *Euphausia superba* - Ergebnisse der zweiten deutschen Antarktis-Expedition des "FFS Walther Herwig" im Südsommer 1977/78
- 66 (1979) KREMLING, K.,  
OTTO, C.,  
PETERSEN, H. Spurenmetall-Untersuchungen in den Förden der Kieler Bucht - Datenbericht von 1977/78
- 67 (1979) RHEINHEIMER, G. Mikrobiologisch-ökologische Untersuchungen in verschiedenen Flüssen Schleswig-Holsteins - Daten -
- 68 (1979) KNOLL, M. Zur Wärmebilanz der ozeanischen Deckschicht im GATE-Gebiet
- 69 (1979) ZENK, W.,  
SCHAUER, U.,  
PETERSOHN, U.,  
MITTELSTÄEDT, R.U. Bodenströmungen und Schichtungsverhältnisse in der nördlichen Kieler Bucht im März 1978
- 70 (1979) REDELL, R.-D. Winderzeugte Trägheitsbewegungen und Energiekorrelationen interner Wellen im tropischen Atlantik
- 72 (1979) HERRMANNSEN, U. Energiespektren von Temperatur, Geopotential und Wind an ausgewählten Gitterpunkten des DWD-Gitternetzes der Nordhalbkugel
- 73 (1979) PERKUHN, J. Spektrale Betrachtung der großskaligen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls an ausgewählten Gitterpunkten des DWD-Gitternetzes der Nordhemisphäre
- 74 (1979) VOGL, Ch. Die Struktur der stehenden Temperatur- und Geopotentialwellen im April und Oktober und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpulse
- 75 (1980) NIELAND, H. Die Nahrung von Sardinen, Sardinellen und Maifischen vor der Westküste Afrikas
- 76 (1980) DAMM, U. Langfristige Veränderungen in der Verbreitung von Nordseefischen, untersucht durch Korrelations- und Varianzanalyse
- 77 (1980) DAUB, P. Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile über der Kieler Bucht im Zeitraum April bis Oktober 1977
- 78 (1980) EBBRECHT, H.-G. Die verfügbare potentielle Energie des Planetarischen Wirbels und ihre jährliche Variation
- 79 (1980) WOSNITZA-MENDO, C. Zur Populationsdynamik und Ökologie von *Tilapia rendalli* (Blgr.) im Lago Sauce (Peru)
- 80 (1981) ZEITZSCHEL, B.,  
ZENK, W. ANTARKTIS 80/81, Beobachtungen und erste Ergebnisse der "Meteor"-Reise 56 aus der Scotia-See und der Bransfield-Straße im November/Dezember 1980 (ANT I): ein nautischer und wissenschaftlicher Bericht
- 81 (1981) STRUNK, H.A. Die kinetische Energie des planetarischen Wirbels und ihre jährliche Variation
- 82 (1981) PETERS, H. Zur Kinematik eines stochastischen Feldes interner Wellen in einer Scherströmung
- 83 (1981) WILLEBRAND, J. Zur Erzeugung großräumiger Ozeanischer Strömungsschwankungen in mittleren Breiten durch veränderliche Windfelder
- 84 (1981) STRAMMA, L. Die Bestimmung der Dynamischen Topographie aus Temperaturdaten aus dem Nordostatlantik
- 85 (1981) BAUERLE, E. Die Eigenschwingungen abgeschlossener, zweigeschichteter Wasserbecken bei variabler Bodentopographie
- 86 (1981) MÖLLER, H. Feldführer zur Diagnose der Fischkrankheiten und wichtigsten Fischparasiten in Nord- und Ostsee
- 87a (1981) KIELMANN, J. Grundlagen und Anwendung eines numerischen Modells der geschichteten Ostsee - Teil 1 -
- 87b (1981) KIELMANN, J. - Teil 2 - (Anhang, Literatur, Abbildungen)

- 88 (1981) WOODS, J.D. The GATE Lagrangian Batfish Experiment - Summary Report -  
89 (1981) LEACH, H., MINNETT, P.J. The GATE Lagrangian Batfish Experiment - Data Report -
- 90 (1981) MOLLER, T.J. Current and temperature measurements in the North-East Atlantic during NEADS - a data report
- 91 (1981) LUPATSCH, J., NELLEN, W. Der Zustand der Fischbestände in der Schlei und die Entwicklung der Fischerei im Zeitraum 1962 - 1981
- 92 (1981) HESSLER, G. Untersuchung bodennaher Temperatur- und Windfelder im Übergangsbereich Land-See am Beispiel der Kieler Bucht
- 93 (1981) STEINHAGEN-SCHNEIDER, G. Fucus vesiculosus als Schwermetall-Bioakkumulator - Der Einfluß von Temperatur, Salzgehalt und Metallkombination auf die Inkorporationsleistung
- 94 (1982) RIEGER, K.-W. Die räumliche und zeitliche Veränderlichkeit des meridionalen Transportes sensibler Energie im 850 und 200 mb-Niveau während eines Jahre (1975)  
- Teil 1 - Textband  
- Teil 2 - Abbildungsband
- 95 (1982) MYDLA, B. Longitudinale und zeitliche Veränderlichkeit des durch stehende und wandernde Wellen getätigten meridionalen Transportes von relativem Drehimpuls im 200 und 500 mb-Niveau in der Breitenzone von 20° bis 60°N während des Jahres 1975  
- Teil 1 - Textband  
- Teil 2 - Abbildungsband
- 96 (1982) WILLENBRINK, E. Wassermassenanalyse im tropischen und subtropischen Nordostatlantik
- 97 (1982) HORCH, A., MINNETT, P., WOODS, J.D. CTD Measurements Made From F.S. POSEIDON During JASIN 1978  
- A Data Report -
- 98 (1982) ASTHEIMER, H. Die Variabilität der Phytoplanktonschichtung in driftenden Wasserkörpern. Untersuchungen aus dem Skagerrak, Kattegat und Bornholm-Becken im März 1979
- 99 (1982) QUADFASEL, D. Über den Monsunresponse der Zirkulation im westlichen äquatorialen Indischen Ozean
- 100 (1982) LEACH, A. Spektrale Untersuchungen des Geopotentials und des Geostrophischen Windes im 200 mb-Niveau und Parametrisierung von großturbulentem meridionalen Drehimpulstransport
- 101 (1982) SIEDLER, G. SI-Einheiten in der Ozeanographie
- 102 (1982) STRUVE-BLANCK, S. Die Strömungen in der Kieler Bucht
- 103 (1982) KXSE, R., RATHLEV, J. CTD-Data from the North Canary Basin - "Poseidon" Cruise 86/2 - 26 March - 13 April, 1982
- 104 (1982) KRAUSS, W., WOBBER, Ch. A detailed description of a semispectral model on the  $\beta$ -plane
- 105 (1982) SCHAUER, U. Zur Bestimmung der Schubspannung am Meeresboden aus der mittleren Strömung
- 106 (1983) HORSTMANN, U. Distribution patterns of temperature and watercolour in the Baltic Sea as recorded in satellite images: Indicators for phytoplankton growth
- 107 (1982) WITTSTOCK, R.-R. Zu den Ursachen bodennaher Strömungsschwankungen in der nordöstlichen Kieler Bucht
- 108 (1982) SCHRÖDER, M. Das statische Verhalten von Einpunktverankerungen bei Anströmung
- 109 (1982) BREITENBACH, J., SCHRÖDER, M. Anleitung für Benutzer des Rechenprogramms STASIP (statics of single-point moorings)
- 110 (1983) BAUERFEIND, E., BOJE, R., FAHRBACH, E., LENZ, J., MEYERHÜFER, M., ROLKE, M. Planctological and chemical data from the Atlantic at 22°W obtained in February to June 1979 ("FGGE-Equator '79")
- 111 (1983) SY, A. Warmwassersphäre - Handling and Processing of Hydrographic Data -  
- Technical Report -
- 112 (1983) KETZLER, C. Zur Kinematik der Gezeiten im Rockall-Gebiet
- 113 (1983) FAHRBACH, E. Transportprozesse im zentralen äquatorialen Atlantik und ihr Einfluß auf den Wärmeinhalt
- 114 (1983) MOLLER, T.J., ZENK, W. Some Eulerian current measurements and XBT-sections from the North East Atlantic - October 1980 - March 1982 - A Data Report -
- 115 (1983) VIEHOFF, Th. Bestimmung der Meeresoberflächentemperatur mittels hochauflösender Infrarot-Satellitenmessungen
- 116 (1983) HILLER, W., KXSE, R.H. Objective analysis of hydrographic data sets from mesoscale surveys

- 117 (1983) PRICE, J.M. Historic hydrographic and meteorological data from the North Atlantic and some derived quantities
- 118 (1983) FAHRBACH, E.,  
KRAUSS, W.,  
119 (1983) MEINCKE, J.,  
SY, A. Nordostatlantik '81 - Data Report -  
Nordostatlantik '82 - Data Report -
- 120 (1983) HORCH, A.,  
BARKMANN, W.,  
WOODS, J.D. Die Erwärmung des Ozeans hervorgerufen durch solare Strahlungsenergie
- 121 (1983) SINN, M. Berechnung der solaren Bestrahlung einer Kugel sowie des menschlichen Körpers aus Werten der Global- und Himmelsstrahlung
- 122 (1984) ASMUS, H. Freilanduntersuchungen zur Sekundärproduktion und Respiration benthischer Gemeinschaften im Wattenmeer der Nordsee
- 123 (1984) BREY, Th. Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrozoobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5 - 10 m Wassertiefe
- 124 (1984) KREMLING, K.,  
WENCK, A. Chemical Data from the NW African Upwelling Region ("Auftrieb '75" and "Ostatlantik-Biozirkel 1983")
- 125 (1984) STRAMMA, L. Wassermassenausbreitung in der Warmwassersphäre des subtropischen Nordostatlantiks
- 126 (1984) JXGER, T.,  
NELLEN, W.,  
SELL, H. Belüchtete Netzgehegeanlagen zur Aufzucht von Fischbrut bis zur Setzlingsgröße - Eine Bauanleitung und Aufzuchtbeschreibung -
- 127 (1984) MÖLLER, T.J. Eulerian Current Measurements from the North East Atlantic - March 1982 - October 1983 - A Data Report -
- 128 (1984) WOODS, J.D. The Warmwatersphere of the Northeast Atlantic - A Miscellany -
- 128 (1987) WOODS, J.D. The Warmwatersphere of the Northeast Atlantic - A Miscellany - (second, expanded edition)
- 129 (1984) FINKE, M. Messungen zum Widerstandsbeiwert von Verankerungskomponenten
- 130 (1984) GERLACH, S.A. Oxygen Depletion 1980 - 1983 in Coastal Waters of the Federal Republic of Germany. First Report of the Working Group "Eutrophication of the North Sea and the Baltic"
- 131 (1984) ASMUS, R. Benthische und pelagische Primärproduktion und Nährsalzbilanz Eine Freilanduntersuchung im Watt der Nordsee
- 132 (1984) BAUER, J.,  
WOODS, J.D. Isopycnic Atlas of the North Atlantic Ocean - monthly mean maps and sections -
- 133 (1984) KNOLL, M. Feinstrukturen in der jahreszeitlichen Sprungschicht im JASIN-Gebiet
- 134 (1984) FAHRBACH, E.,  
KRAUSS, W.,  
MEINCKE, J.,  
SY, A. Nordostatlantik '83 - Data Report -
- 135 (1984) SAURE, G. Verhalten der Freifallprofilsonde FPS
- 136 (1984) FIEDLER, M.,  
TEMMING, A.,  
WEIGELT, M. Eine Analyse der fischereibiologischen und fischereilichen Verhältnisse in einem für die Ölförderung genutzten Offshore-Bereich des deutschen Ostseegebietes
- 137 (1985) BÖNING, C. Eine Untersuchung der Dynamik der windgetriebenen ozeanischen Zirkulation mit einem wirbelauflösenden barotropen Modell
- 138 (1985) WEIGELT, M. Auswirkungen des Sauerstoffmangels 1981 auf Makrozoobenthos und Bodenfische in der Kieler Bucht
- 139 (1985) BREITENBACH, J.,  
ZENK, W.,  
DASCH, W.,  
WITTSTOCK, R.-R.,  
SCHLOSSER, P. A compilation of hydrographic data from the Canary Basin, October to November 1983
- 140 (1985) LENZ, J.,  
SCHNEIDER, G.,  
ELBRÄCHTER, M.,  
FRITSCHÉ, P.,  
JOHANNSEN, H.,  
WEISSE, T. Hydrographic, chemical, and planktological data from the North-West-African upwelling area, obtained from february to april 1983 (OSTATLANTIC-BIOZIRKEL)
- 141 (1985) OSTERROHT, C.,  
WENCK, A.,  
KREMLING, K.,  
GÖCKE, K. Chemical planktological and microbiological investigations at an anchor station in Kiel Bight during 1981/82

- 142 (1985) ENNENGA, U. Objektive Analyse aktueller Wind- und Druckfelder über dem Nordatlantik
- 143 (1985) BAUER, J.,  
FISCHER, J.,  
LEACH, H.,  
WOODS, J.D. SEA ROVER Data Report I - North Atlantic Summer 1981 - NOA '81 -
- 144 (1985) WEISSE, Th. Die Biomasse und Stoffwechselaktivität des Mikro- und Mesozooplanktons in der Ostsee
- 145 (1985) NIESSLBECK, P.,  
VOIGT, M.,  
KIM, S.J.,  
BOLMS, G.,  
HOPPE, H.-G. Auswirkungen von Salzgehalts- und Temperaturänderungen auf die Extrazelluläre Enzymaktivität marin-pelagischer Mikroorganismen
- 146 (1985) FAHRBACH, E.,  
KRAUSS, W.,  
MEINCKE, J.,  
SY, A. Nordatlantik '84 - Data Report -
- 147 (1985) PAULY, D. Zur Fischereibiologie tropischer Nutztiere - Eine Bestandsaufnahme von Konzepten und Methoden -
- 148 (1985) BABENERD, B.,  
ZEITZSCHEL, B. Trends für eintragsrelevante Faktoren und für die Nährsalzkonzentrationen im Wasser der Kieler Bucht  
- Ein Beitrag zur Erforschung der Eutrophierung der Nord- und Ostsee -
- 149 (1986) BREY, T.,  
PAULY, D. Electronic Length Frequency Analysis - A User's Guide to ELEFAN 0, 1 AND 2 (Revised and Expanded Version)
- 150 (1985) LIPPERT, A. Erzeugung niederfrequenter ozeanischer Variabilität durch fluktuierende Windfelder
- 151 (1986) ZARKESHWARI, N. Fische als Fischräuber, dargestellt an der Nahrung demersaler Fische der Nordsee
- 152 (1986) STIENEN, Ch. Die Phytoplanktonentwicklung in Abhängigkeit von der Nährsalzkonzentration  
Ein Vergleich zwischen Kieler Förde und Kieler Bucht
- 153 (1986) BAUER, E. Isopyknische und diapyknische Ausbreitungsvorgänge im tropischen und subtropischen Nordatlantik
- 154 (1986) AMBAR, I. et al. (TOPOGULF GROUP) TOPOGULF - A joint programme initiated by IFREMER, Brest (France) - IFM, Kiel (W.Germany)  
- Data Report -
- 155 (1986) DICKE, M. Vertikale Austauschkoefizienten und Porenwasserfluß an der Sediment/Wasser-Grenzfläche
- 156 (1986) ONKEN, R. Numerische Simulation der Erzeugung und Instabilität mesoskaliger Fronten  
*Numerical Simulation of the Generation and Instability of Mesoscale Fronts*
- 157 (1986) WENZEL, M.K.CH. Die mittlere Zirkulation des Nordatlantik auf der Grundlage klimatologischer hydrographischer Daten
- 158 (1986) BARTHEL, K.-G. Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im Nahrungsgefüge typischer Wasserkörper der Grönland-See
- 159 (1986) WÜBBER, Ch. Ein numerisches Modell zur Untersuchung barokliner Rossby-Wellen im Nordatlantik
- 160 (1987) ISEMER, H.-J. Optimierte Parametrisierungen der klimatologischen Energie- und Impulsflüsse an der Oberfläche des Nordatlantik
- 160a (1987) ISEMER, H.-J. The Bunker Climate Atlas of the North Atlantic Ocean - a technical description of the data tape -
- 161 (1987) SCHLÜSSEL, P. Infrarotfernerkundung von Oberflächentemperaturen sowie atmosphärischen Temperatur- und Wasserdampfstrukturen
- 162 (1987) VIEHOFF, Th. Bestimmung mesoskaliger Variabilitäten der Oberflächentemperatur und der Attenuation im Nordatlantik aus Satellitenmessungen
- 163 (1986) KILS, U. Verhaltensphysiologische Untersuchungen an pelagischen Schwärmen  
Schwarmingbildung als Strategie zur Orientierung in Umwelt-Gradienten  
Bedeutung der Schwarmingbildung in der Aquakultur
- 164 (1987) FISCHER, J. Struktur und Dynamik einer mesoskaligen Front im Wirbelfeld des Nordatlantischen Stromes
- 165 (1987) STAMMER, D.,  
WOODS, J.D. Isopycnic Potential Vorticity Atlas of the North Atlantic Ocean  
- monthly mean maps -
- 166 (1987) MÖLLER, T.J.,  
FINKE, M.,  
DASCH, W.,  
WITTSTOCK, R.-R. Hydrographic and current measurements in the North-East Atlantic Ocean  
Data Report F.S. Meteor Cruises 69/5 and 69/6 October to November 1984
- 167 (1987) BECKMANN, A. Die Modellierung mesoskaliger quasigeostrophischer Instabilität
- 168 (1987) ROLKE, M. Ein Verfahren zur Auswertung von Zooplanktonfeldproben mittels der quantitativen automatischen Bildanalyse am Beispiel von Material der "Meteor-Äquatorexpedition 1979"

- 169 (1987) STEGMANN, P.M. Untersuchungen zur Variabilität der sonnenlichtangeregten Fluoreszenz von Phytoplankton in der Ostsee im Hinblick auf Fernerkundung
- 170 (1987) MÖLLER, T.J. Analyse niederfrequenter Strömungsschwankungen im Nordostatlantik
- 171 (1987) BARKMANN, W. Der Einfluß der Wärmebilanz auf die Struktur der saisonalen Grenzschicht
- 172 (1988) FINKE, M. Zirkulation und Rossbywellen im Kanarenbecken
- 173 (1987) SIEDLER, G.  
SCHMICKLER, H.  
MÖLLER, T.J.  
SCHENKE, H.W.  
ZENK, W. Forschungsschiff METEOR, Reise Nr. 4  
Kapverden-Expedition, Oktober - Dezember 1986
- 174 (1987) SCHNEIDER, G.  
LENZ, J. Die Bedeutung der Größenstruktur und des Stoffumsatzes des Zooplanktons für den Energie-transfer im pelagischen Ökosystem der Auftriebsregion vor NW-Afrika
- 175 (1987) LEACH, H.  
DIDDEN, N.  
FIEKAS, V.  
FISCHER, F.  
HORCH, A.  
WOODS, J. SEA ROVER Data Report II - North Atlantic Summer 1983 - NOA '83 -
- 176 (1987) WEIGELT, M. Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Bodenfauna der Kieler Bucht
- 177 (1988) BREY, TH.  
SORIANO, M.  
PAULY, D. Electronic length frequency analysis. A revised and expanded user's guide to elefan 0, 1 and 2 (2nd Edition)
- 178 (1988) HALBEISEN, H.-W.† Bestimmungsschlüssel für Fischlarven der Nordsee und angrenzender Gebiete  
In der Oberar-  
beitung von  
SCHÖFER, W.
- 179 (1988) GERDES, R. Die Rolle der Dichtediffusion in numerischen Modellen der nordatlantischen Zirkulation
- 180 (1988) LENZ, J.  
SCHNEIDER, G.  
EL HAG, A.G.D.  
GRADINGER, R.  
FRITSCHÉ, P.  
MOIGIS, A.  
PILLEN, T.  
ROLKE, M.  
WEISSE, T. Planktological data from the central Red Sea and the Gulf of Aden  
(R.V. "Meteor", cruise No. 5/2, January - March 1987)
- 181 (1988) SIEDLER, G.  
BLÖBAUM, H.  
KOY, U.  
MEYER, P.  
ZENK, W.  
ZWIERZ, M. Schwankungen des Wärmehalts der Warmwassersphäre im Nordatlantik, Meßprogramm 1984 - 1986
- 182 (1988) HOTTEL, M. Zur Bedeutung der Macrofauna für die Nährsalzprofile im Wattsediment
- 183 (1988) ABELE, D. Carotinoide als biogene Marker für benthische Makroalgen im Sediment der Kieler Bucht
- 184 (1988) MÖLLER, T.J.  
SIEDLER, G.  
ZENK, W. Forschungsschiff METEOR Reise Nr. 6. ATLANTIK 87/88, Fahrtabschnitte Nr. 1 - 3,  
Oktober - Dezember 1987
- 185 (1988) BUCHHOLZ, F. Zur Lebensweise des antarktischen und des nordischen Krills, Euphausia superba und Meganyctiphanes norvegica.
- 186 (1988) BREY, TH. Der Einfluß physikalischer und biologischer Faktoren auf Struktur und Dynamik der Sublitoralen Macoma-Gemeinschaft der Kieler Bucht.
- 187 (1989) STRASS, V. Physikalisch kontrollierte saisonale und horizontale Variabilität von Chlorophyllprofilen - Ergebnisse hydrographisch-optischer Schnitte zwischen den Azoren und Grönland.
- 188 (1989) ABTEILUNG  
MARINE  
MIKROBIOLOGIE  
INSTITUT FOR  
MEERESKUNDE Forschungen der Abteilung Marine Mikrobiologie des Instituts für Meereskunde an der  
Universität Kiel 1964 - 1989
- 189 (1989) TEMMING, A. Biologie und Populationsdynamik der Kliesche (Limanda limanda L.) in der Ostsee
- 190 (1989) WACKE, G. Ableitung der Bodenalbido aus METEOSAT-Daten
- 191 (1990) SICH, H. Die benthische Ciliatenfauna bei Gabelsflach (Kieler Bucht) und deren Beeinflussung durch Bakterien - Eine Studie über Menge, Biomasse, Produktion, Bakterieningestion und Ultrastruktur von Mikroorganismen -
- 192 (1990) PASSOW, U. Vertikalverteilung und Sedimentation von Phytoplanktonarten in der mittleren Ostsee während des Frühjahres 1986

- 193 (1990) EVERSBERG, U.      Abbau und Akkumulation von organischer Substanz in den Sedimenten der Kieler Bucht
- 194 (1990) MAROTZKE, J.      Instabilities and Multiple Equilibria of the Thermohaline Circulation
- 195 (1990) JOCHEM, F.      Zur Struktur und Dynamik autotropher Ultraplankton-Gemeinschaften in marinen Warmwasser-Ökosystemen.
- 196 (1990) GRADINGER, R.      Zur Bedeutung des Pico- und Nanoplanktons in polaren Regionen am Beispiel der Grönländischen See.