

**Ökologische Untersuchungen zur Fauna des
arktischen Meereises**

**Ecological investigations on the fauna of the
Arctic sea-ice**

Christine Friedrich

**Ber. Polarforsch. 246 (1997)
ISSN 0176 - 5027**

Wer spricht von Siegen?
Überstehn ist alles.
(Rilke)

Christine Friedrich
Institut für Polarökologie der Universität Kiel,
Wischhofstr. 1-3, Geb.12, D-24148 Kiel
Bundesrepublik Deutschland

Diese Arbeit ist die leicht veränderte und gekürzte Fassung einer Dissertation, die der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im März 1997 vorgelegt wurde.

Inhalt

Zusammenfassung	V
Summary	VII
1. Einleitung	1
1.1 Das Meereis der Polarregionen	1
1.2 Bildung des Meereises	1
1.3 Eisorganismen: Historischer Überblick	2
1.4 Besiedlung des Meereises und Bedeutung für das Ökosystem	4
1.5 Anpassungen der Organismen an den Lebensraum Meereis	5
1.6 Fragestellung, Zielsetzung	5
2. Material und Methoden	7
2.1 Untersuchungsgebiete	7
2.2 Die Eisstationen	7
2.3 Bearbeitung der Proben an Bord	10
2.4 Lebendbeobachtungen und Videoaufzeichnungen	12
2.5 Bearbeitung der fixierten Proben	12
2.6 Taxonomische Untersuchungen	13
2.7 Biomasse-Bestimmung	15
2.8 Experimentelle Arbeiten	20
2.8.1 Vorbereitung der Experimente und allgemeine Versuchsbedingungen	20
2.8.2 Generationszeiten von Meereisciliaten	20
2.8.3 Salzgehaltstoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden	21
2.8.4 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (1)	23
2.8.5 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (2)	25
2.9 Statistische Bearbeitung der Daten	26
3. Ergebnisse	29
3.1 Fahrtverlauf, Eissituation und Eisstationen	29
3.2 Eisdicke, Temperatur, Salzgehalt, Solevolumen und Algenpigmentgehalt der Eiskerne	31
3.3 Vertikalverteilung und Abundanz der Meiofaunaorganismen	45
3.4 Untersuchungen zur Variabilität der Meiofaunaabundanz innerhalb einer Eisscholle	52
3.5 Taxonomische Untersuchungen und Lebendbeobachtungen der Meereis- und Planktonproben	62
3.6 Biomasse der Meiofauna	82
3.7 Einfluß biotischer und abiotischer Parameter auf Abundanz und Biomasse der Meiofauna	90

3.8 Ergebnisse der Experimente	95
3.8.1 Generationszeiten von Meereisciliaten	95
3.8.2 Salzgehaltstoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden	97
3.8.3 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (1)	103
3.8.4 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (2)	106
4. Diskussion	109
4.1 Eisdicke, Temperatur, Salzgehalt, Solevolumen und Algenpigmentgehalt der Eiskerne	109
4.1.1 Diskussion der Methoden	109
4.1.2 Diskussion der Ergebnisse	111
4.2 Experimentelle Untersuchungen der Meereisorganismen	121
4.2.1 Diskussion der Methoden	121
4.2.2 Diskussion der Ergebnisse	122
4.3. Abundanz, Biomasse und Taxonomie der Meiofauna	133
4.3.1 Diskussion der Methoden	133
4.3.2 Diskussion der Ergebnisse	136
4.4 Ausblick	160
5. Literaturverzeichnis	161
Danksagung	171
6. Anhang	173

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Beschreibung der klein- und großräumigen Verteilung der Eisfauna und ihrer Biomasse im Meereis der Transpolardrift. Die Erfassung biotischer und abiotischer Parameter sollte einen Einblick in die Lebensbedingungen der untersuchten Habitate geben. Durch experimentelle Studien wurde der Einfluß der Bedingungen im Eis auf das Wachstum und Überleben ausgewählter Vertreter der arktischen Meereisfauna untersucht.

Die Proben und Felddaten wurden auf zwei Expeditionen mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ in die Arktis gewonnen. Die Expedition ARK IX/4 (6.8. bis 5.10. 1993) führte in das nördliche Barentsmeer und in das Laptewmeer und die Expedition ARK X/1 (6.7. bis 15. 8.1994) in die Grönlandsee.

Die physikalischen Parameter Salzgehalt und Temperatur des Eises wurden auf 35 bzw. 29 Stationen anhand von Kernbohrungen ermittelt. An 33 Stationen wurde die Verteilung der Algenpigmente und der Eisfauna bestimmt. In Laborexperimenten wurde die Generationszeit, die Salzgehalts- und Temperaturtoleranz der Eisorganismen untersucht.

Das Eis war in der Grönlandsee im Mittel mit 270 cm am dicksten, im Barents- und Laptewmeer wurde dünneres Eis von 197 bzw. 133 cm beprobt. Das Eis war mit mittleren Temperaturen von -0.8°C relativ warm. Die Eistemperaturen nahmen zumeist von der Eisoberseite zur Unterseite hin ab. Die Vertikalverteilung der Salzgehalte war sehr variabel, nahm im Mittel aber zur Unterseite hin zu. Die gemittelten Salzgehalte des Eises betragen im Laptewmeer 1.51‰, im Barentsmeer 1.77‰ und in der Grönlandsee 1.96‰. Die berechneten relativen Solevolumina waren mit 0 ppt bis über 500 ppt extrem variabel und betragen im Mittel 128 ppt. Die Chlorophyll *a*-Gehalte der Eiskerne waren in den oberen und mittleren Eisschichten meist gering und nahmen in den unteren Zentimetern drastisch zu. Die mittlere integrierte Algenbiomasse war mit 0.34 mg/m^2 Chlorophyll *a* im Laptewmeer geringer als im Barentsmeer und der Grönlandsee mit 1.00 bzw. 0.93 mg/m^2 Chlorophyll *a*.

Die Meereisfauna der Transpolardrift setzte sich im wesentlichen aus Nematoden, Rotatorien, acoelen Turbellarien, Copepoden und Ciliaten zusammen. Darunter waren typisch benthische und pelagische Formen sowie auch Organismen, die bisher nur im Meereis gefunden wurden. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen in Flachwasserre-

gionen wurden in der Transpolardrift keine Larven von benthischen Organismen gefunden. In den oberen und mittleren Eisschichten traten meist nur geringe Individuendichten auf, während die Konzentrationen in den unteren 30 bis 40 cm am höchsten waren und nahe der Eisunterseite maximale Werte von bis zu 10960 Ind./l erreichten. Kleinere Maxima der Algenpigment- und Eisfaunakonzentrationen wurden jedoch auch weiter oben im Eis beobachtet. Die über die gesamte Dicke der Eisscholle integrierte Abundanz der Eisfauna schwankte zwischen 0 und 209900 Ind./m². Im Mittel waren die Organismenhäufigkeiten in der Grönlandsee mit 118500 Ind./m² höher als im Barentsmeer mit 6800 Ind./m² und im Laptewmeer mit 14300 Ind./m². Die Variabilität der Abundanz der Eisfauna war innerhalb einer Eisscholle zumeist deutlich geringer als zwischen verschiedenen Schollen einer Region. Die integrierten Biomassen schwankten zwischen 0 und 47.6 mg C/m². In der Grönlandsee war die mittlere Biomasse mit 5.6 mg C/m² höher als im Barents- und Laptewmeer mit 0.5 bzw. 0.6 mg C/m². Verschiedene Parameter wie Eisdicke, Wassertiefe und Chlorophyll *a*-Gehalt zeigten einen Einfluß auf Abundanz und Biomasse der Eisfauna.

Die experimentell untersuchten Meereisorganismen waren gut an die extremen Bedingungen in ihrem Habitat angepaßt. Der Meereisciliat *Euplotes* sp. zeigte bei 0 bis 1°C deutliches Wachstum und hatte eine mittlere Generationszeit von 3.8 Tagen, die der antarktischer Meereisciliaten entsprach. Acoele Turbellarien aus dem Meereis tolerierten in einem Zeitraum von 12 Tagen bei Temperaturen von 0 bis 1°C Salinitäten von 5 bis 65‰. Die Eisturbellarien überlebten ferner bei Temperaturen bis -6°C sowie zweitägigen Einschluß ins Eis. Der Meereisnematode *Theristus melnikovi* tolerierte über einem Zeitraum von 12 Tagen bei einer Temperatur von 0 bis 1°C ein weites Salinitätsspektrum von 5 bis 100‰ und zeigte somit die größte Salinitätstoleranz aller bisher untersuchten Vertreter der Eisfauna. Juvenile und adulte Nematoden überlebten ferner Temperaturen bis -6.8°C sowie zweitägigen Einschluß ins Eis. Auch der Meereisciliat *Diophrys* sp. tolerierte einen weiten Salinitätsbereich von 5 bis 95‰.

Summary

The aim of this work was the description of the small- and large-scale distribution of the fauna and its biomass inside the sea-ice of the Transpolar Drift. The record of biotic and abiotic parameters provides insights in the conditions of life in the investigated habitat. The influence of the environmental conditions on growth and survival of selected specimens of the Arctic sea-ice fauna was investigated by experimental studies.

The samples and sea-ice data were collected during two expeditions with the research vessel "Polarstern" to the Arctic. The expedition ARK IX/4 (August 6 to October 5 1993) focussed on the northern Barents Sea and the Laptev Sea and the expedition ARK X/1 (June 7 to August 8 1994) on the Greenland Sea.

The physical parameters salinity and temperature of the ice were measured on ice cores at 35 and 29 stations, respectively. The distribution of algal pigments and ice fauna was determined at 33 stations. Generation time, salinity and temperature tolerance were investigated experimentally in the laboratory.

On average the ice in the Greenland Sea was thickest with 270 cm, in the Barents and Laptev Sea thinner ice of 197 and 133 cm, respectively, was sampled. With median temperatures of -0.8°C the ice was relatively warm. Ice temperatures usually decreased from the top to the bottom of the ice. The vertical distribution of the salinity was very variable, but on average increased to the bottom. Median salinities were 1.51‰ in the Laptev Sea, 1.77‰ in the Barents Sea and 1.96‰ in the Greenland Sea. The calculated relative brine volumes were very variable ranging from 0 ppt to more than 500 ppt with a median of 128 ppt. Chlorophyll *a* contents were mostly low in the upper and middle parts of the ice but showed an extreme increase towards the lower centimetres. The median integrated algal biomass was lower in the Laptev Sea with 0.34 mg/m^2 chlorophyll *a* than in the Barents and Greenland Seas with 1.00 and 0.93 mg/m^2 chlorophyll *a*, respectively.

The sea-ice fauna of the Transpolar Drift was mainly composed of nematodes, rotifers, acoel turbellarians, copepods and ciliates. Among them were typically benthic and pelagic forms, as well as organisms so far only known from the sea-ice. In contrast to other investigations in shallow waters no larvae of benthic organisms were found in the Transpolar Drift. The density of ice fauna was generally low in the upper and middle layers of the ice, whereas highest concentrations occurred in the lower 30 to 40 cm with maximal

values up to 10,960 specimens per litre near the bottom. Smaller accumulations of algal pigment and ice fauna were also observed further away from the bottom. The integrated abundance of the ice fauna, calculated over the entire ice thickness, varied from 0 to 209,900 specimens per m². On average, the concentrations of organisms were higher in the Greenland Sea with 118,500 specimens per m² as compared to the Barents Sea with 6,800 specimens per m² and the Laptev Sea with 14,300 specimens per m². The variability of the ice fauna abundance inside a single ice floe was usually significantly lower than between different floes of one region. The integrated biomass ranged between 0 and 47.6 mg C/m². The median biomass in the Greenland Sea (5.6 mg C/m²) was higher than the values in the Barents and Laptev Seas (0.5 and 0.6 mg C/m², resp.). Different parameters like ice thickness, water depth and chlorophyll *a* content showed an influence on abundance and biomass of the ice fauna.

The experimentally investigated sea-ice organisms were well-adapted to the extreme conditions in their habitat. The sea-ice ciliate *Euplotes* sp. showed significant growth at 0 to 1°C and had an average generation time of 3.8 days, which corresponded to those of Antarctic sea-ice ciliates. Acoel turbellarians from the sea-ice tolerated salinities from 5 to 65‰ at temperatures of 0 to 1°C during a period of 12 days. Furthermore, they survived temperatures down to -6°C and incorporation into solid ice for two days. The sea-ice nematode *Theristus melnikovi* tolerated a wide salinity range from 5 to 100‰ at temperatures of 0 to 1°C during a period of 12 days and thus showed the greatest salinity tolerance of all sea-ice fauna investigated so far. Juvenile and adult nematodes survived temperatures down to -6.8°C and incorporation into solid ice for two days. The sea-ice ciliate *Diophrys* sp. also tolerated a wide salinity range from 5 to 95‰.

1. Einleitung

1.1 Das Meereis der Polarregionen

Das Meereis der Polarregionen bedeckt zur Zeit seiner maximalen Ausdehnung 8% der südlichen und 5% der nördlichen Erdhalbkugel. Das Nordpolarmeer ist ein Mittelmeer (Hempel 1987), das nördlich von 70°N fast ganzjährig eisbedeckt ist (Maykut 1985). Die Ausdehnung des vorwiegend mehrjährigen Eises der Arktis (Spindler 1990) schwankt saisonal zwischen 7×10^6 und $14 \times 10^6 \text{ km}^2$ (Walsh und Johnson 1979). Das Südpolarmeer ist ein Ringozean, dessen Wassermassen den antarktischen Kontinent umgeben (Hempel 1987). Das vorwiegend einjährige Packeis bedeckt zwischen 4×10^6 und $20 \times 10^6 \text{ km}^2$ des antarktischen Ozeans (Zwally et al. 1983).

Das Meereis ist abgesehen vom Festeis, welches mit den Küsten verbunden ist (Horner et al. 1992), durch die Einwirkung von Wind und Wasserströmungen ständig in Bewegung (Maykut 1985). Im Nordpolarmeer existieren im wesentlichen zwei Driftmuster, die Transpolardrift, mit der das Eis von den eurasischen Schelfregionen über den Nordpol in die Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen transportiert wird sowie der Beaufortwirbel, in dem die Eismassen des Kanadischen Beckens, der Beaufortsee sowie von Teilen der angrenzenden Randmeere im Uhrzeigersinn bewegt werden (Gordienko 1958, Melnikov 1997). In der Grönland- und Beringsee beträgt die mittlere Driftgeschwindigkeit des Eises 15 km/Tag (Muench und Ahlnas 1976). Die Schelfregionen, vor allem das Laptewmeer, gelten als die wichtigsten Eisbildungsgebiete des Arktischen Ozeans (Zakharov 1976, Colony und Thorndike 1985). Während der Verlust von Eis aus dem Arktischen Becken durch die Beringstraße gering ist, werden jährlich etwa 10% des arktischen Meereises in die Grönlandsee transportiert, wo es schließlich schmilzt (Maykut 1985). In der Antarktis driftet das Meereis im wesentlichen im Uhrzeigersinn um den Kontinent, daneben bildet das Driftmuster im Weddellmeer einen Wirbel, in dem das Eis an der Antarktischen Halbinsel nordwärts wandert (Maykut 1985, Hempel 1985).

1.2 Bildung des Meereises

Bei Abkühlung des Oberflächenwassers unter den Gefrierpunkt, der bei Meerwasser ca. -1.8°C beträgt, kommt es zur Bildung von Eiskristallen in Form kleiner Plättchen und Eisnadeln, die aufgrund ihrer geringen Dichte an die Oberfläche steigen (Maykut 1985, Weeks und Ackley 1986). Beim Gefrieren von Seewasser werden Salze und andere gelö-

ste Stoffe aus dem Kristallgitter des Eises ausgeschlossen, wodurch ein Zweiphasensystem aus nahezu reinen Süßwasser-Eiskristallen und konzentrierter Salzlauge (Sole) entsteht (Maykut 1985, Weeks und Ackley 1986). Bei anhaltendem Gefrieren bildet sich ein Eisbrei an der Wasseroberfläche, der sich unter ruhigen Bedingungen zu einer festen, geschlossenen Eisdecke verdichtet. Unter Einwirkung von Wind und Wellen bildet sich aus dem Eisbrei das sogenannte Pfannkucheneis, welches aus abgerundeten, halbfesten Schollen mit einem Durchmesser von 0.3 bis 3 m besteht (Maykut 1985). Diese „Eispfannkuchen“ werden im weiteren Verlauf der Eisbildung zusammen- oder übereinandergeschoben und frieren zu einer geschlossenen Eisdecke zusammen (Maykut 1985, Weeks und Ackley 1986). Mehrjähriges arktisches Meereis erreicht schließlich Dicken von etwas weniger als 3 m (Eicken et al. 1995), während antarktisches Meereis zumeist geringere Dicken als 2 m aufweist (Spindler 1990). Ein Teil der beim Eiswachstum entstehenden Sole wird in Poren und Kanälchen innerhalb des Eises konzentriert, während der Rest aus der Eisschicht ausgeschlossen wird. Dieses Hohlraumssystem dient einer Vielzahl von Organismen als Lebensraum. Die Durchmesser der Kanälchen betragen zum Teil nur wenige μm und im Mittel etwa 200 μm (Weissenberger 1992). In den untersten Eisschichten können sie aber auch einige Millimeter bis Zentimeter betragen.

1.3 Eisorganismen: Historischer Überblick

Lange galt das Meereis der Arktis und Antarktis als unbelebte, lebensfeindliche Wüste. Erst als vor ca. 150 Jahren von dem deutschen Naturforscher und Protozoologen Ehrenberg (1841, 1853) in der Arktis und von Hooker (1847) in der Antarktis braun gefärbtes Meereis entdeckt und untersucht wurde, erwachte das Interesse. Mikroskopische Untersuchungen zeigten, daß eine Vielzahl von Organismen, vor allem pennate Diatomeen und andere Mikroalgen, die auffällige Färbung des Eises verursachten. 1906 berichtete Nansen nach seiner Expedition mit der „Fram“ erstmals über das Auftreten von Ciliaten im arktischen Meereis. Usachev (1949) entdeckte Tintinnen und andere Ciliaten im Eis des Kara- und Laptevmeeres. Während die frühen Untersuchungen sich weiterhin vorwiegend mit den Algen befaßten und vor allem Listen der im Eis vorkommenden Arten beinhalteten, begann erst in den 60er Jahren eine intensivere Erforschung der Eisfauna. Andriashev (1968) lieferte erstmals eine zusammenfassende Beschreibung der eisassoziierten Fauna des antarktischen Festeises. Dazu zählten Polychaeten, junge calanoide Copepoden, cyclopoide und harpacticoide Copepoden und Amphipoden. Er unterteilte die Eisfauna in zwei ökologische Gruppen: 1. Eisfauna, die zumindest zeitweise den unteren Bereich des Eises besiedelt und 2. die Untereisfauna, die nicht im Eis lebt, aber eine trophische Verbindung zum Eis hat.

Horner und Alexander (1972), Clasby et al. (1976) und Horner (1977) fanden im bzw. unter dem Meereis der Chukchisee in der Nähe von Barrow, Alaska, Flagellaten, Helio-

zoen, hypotriche Ciliaten, Nematoden, Polychaetenlarven, Turbellarien, harpacticoide Copepoden und Amphipoden. Carey (1985) gab einen Überblick über die arktische Eisfauna und faßte die unter anderem aus benthischen und pelagischen Formen bestehende Gemeinschaft unter dem Begriff „sympagisch“ zusammen, was soviel heißt wie „mit dem Eis“. Melnikov und Kulikov (1980) unterteilten die sympagischen Organismen in eine „autochthone“ Gruppe, zu der die Vertreter der Eisfauna gezählt wurden, die in beiden Geschlechtern und allen Entwicklungsstadien im Eis auftreten, während „allochthone“ Vertreter nur zeitweise im Eis vorkommen.

In Untersuchungen zur Meiofauna (62 bis 500 µm) und Mikrofauna (<62 µm) der kanadischen Arktis und der Beaufortsee, die zumeist an saisonalem Festeis in Flachwasserregionen stattfanden, wurden zahlreiche Eisorganismen identifiziert, darunter Ciliaten, Turbellarien, Nematoden, Cirripedia-, Polychaeten-, Tunicaten-, und Gastropodenlarven, Copepoden (Calanoida, Harpacticoida, Cyclopoida und Monstrilloida), Nauplien, Rotatorien, Milben und Amphipoden (Carey und Montagna 1982, Cross 1982, Kern und Carey 1983, Pett et al. 1983, Chengalath 1985, Grainger et al. 1985, Grainger und Mohammed 1986, Grainger 1988, Grainger und Hsiao 1990, Grainger und Mohammed 1990, Grainger 1991, Carey 1992).

Die Fauna des Meereises anderer Regionen der Arktis ist weniger gut untersucht. Im Eis der Framstraße wurden Flagellaten, Ciliaten, Nematoden, Turbellarien, Rotatorien, Copepoden und Nauplien gefunden (Gradinger et al. 1991, Agatha et al. 1993). Dabei wurden 4 neue Ciliatenarten beschrieben, darunter *Euplotes sigmolateralis*, der auch im antarktischen Meereis vorkommt (Agatha et al. 1993). Im Verlauf von Eisdriftstudien wurden in verschiedenen Regionen des arktischen Ozeans Protozoen, Nematoden, Turbellarien, Milben, Copepoden und Amphipoden in mehrjährigem Eis gefunden (Melnikov 1997), wobei auch der Nematode *Theristus melnikovi* (Tchesunov 1986) entdeckt wurde. Nematoden traten ferner im Eis des Laptevmeeres und der Framstraße auf (Tchesunov und Riemann 1995). In der Transpolar drift wurden neben den bereits genannten Taxa auch zahlreiche Foraminiferenschalen gefunden (Gradinger und Härtling 1992). Meist wurden nur die untersten cm der Eischollen untersucht, vereinzelte Studien (Grainger und Mohammed 1986, Gradinger und Härtling 1992, Melnikov 1997) deuten aber darauf hin, daß die höchsten Konzentrationen der arktischen Eisfauna zwar nahe der Eisunterseite auftreten, geringere Individuendichten aber auch bis zur Eisoberseite vorkommen können. Die Ausbildung sogenannter Bodengemeinschaften im arktischen Meereis durch Eisalgen ist allgemein bekannt (Horner 1990).

Im Meereis der Antarktis treten neben den Bodengemeinschaften auch interne und oberflächennahe Organismengemeinschaften auf (Horner 1977, Horner 1990, Spindler 1990). Die Fauna des antarktischen Meereises besteht aus Ciliaten, Flagellaten, Foraminiferen, Nacktschnecken, Polychaetenlarven und anderen benthischen Larven, Nauplien

und Copepoden, darunter auch der harpacticoiden Copepode *Drescheriella glacialis* (Fenchel und Lee 1972, Corliss und Snyder 1986, Hoshiai und Tanimura 1986, Spindler und Dieckmann 1986, Dahms und Dieckmann 1987, Dahms et al. 1989, Garrison und Buck 1989, Agatha et al. 1990, Dieckmann et al. 1991b, Garrison und Buck 1991, Spindler und Dieckmann 1991, Stoecker et al. 1993, Tanimura et al. 1996 u.a.).

1.4 Besiedlung des Meereises und Bedeutung für das Ökosystem

Die Konzentration der Organismen ist im antarktischen Meereis im allgemeinen höher als im arktischen (Spindler 1990). Zum einen ist die Lichteinstrahlung in dem dünneren antarktischen Eis größer, wodurch das Wachstum der Eisalgen begünstigt ist (Spindler 1990). Ferner ist der Porenraum im antarktischen Eis, welches zumeist unter dynamischen Bedingungen gebildet wird, größer als im arktischen Eis. Arktisches Meereis entsteht hingegen vorwiegend durch langsames, thermodynamisches Wachstum, wobei ein Großteil der Sole aus dem Eis ausgeschlossen wird (Spindler 1990, Weissenberger 1992, Eicken et al. 1995). Außerdem können Organismen bereits bei der Eisbildung eingeschlossen und konzentriert werden, wenn sie unter dynamischen Bedingungen abläuft, während diese Prozesse beim thermodynamischen Wachstum nicht stattfinden (Ackley et al. 1987, Weissenberger 1992, Reimnitz et al. 1993, Spindler 1994). Dementsprechend können im Eis der Antarktis deutlich höhere Organismenkonzentrationen auftreten, als in der darunterliegenden Wassersäule. Die Individuendichte der Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma* war beispielsweise im Eis etwa 70 mal höher als im Wasser (Dieckmann et al. 1991b). Doch auch in der Arktis können die Algenkonzentrationen in der unteren Eisschicht, die den größten Porenraum aufweist, im Sommer um ein Vielfaches höher sein als in der Wassersäule (Gradinger 1995).

Die Algenbiomasse, die im Sommer in der Arktis zwischen 1 und 100 mg Chlorophyll μm^2 schwanken kann (Gradinger 1995), dient den Proto- und Metazoen im Eis als Nahrungsgrundlage (Gradinger und Hsiao 1990). Auch von benthischen und pelagischen Organismen, wie den Polychaetenlarven in der Arktis (Carey und Montagna 1982) und dem pelagischen Copepoden *Stephos longipes* in der Antarktis (Kurbjeweit et al. 1993), werden die hohen Algenbiomassen im Eis genutzt. Für diese Organismen dient das Eis als „Kindergarten“, der den Juvenilstadien Nahrung und Schutz vor größeren Räubern bietet (Gradinger 1995). Auch die Eis-Wasser-Grenzschicht der Arktis wird von einer Vielzahl von Organismen als Habitat genutzt, darunter „autochthone“ Amphipoden der Gattungen *Apherusa*, *Onisimus* und *Gammarus*, die permanent unter dem Eis leben (Gulliksen 1984, Carey 1985, Carey und Boudrias 1987, Lønne und Gulliksen 1991a und b). Ferner treten auch pelagische Organismen, wie der calanoide Copepode *Calanus glacialis*, zeitweise in der Untereisschicht auf, um die Algen an der Eisunterseite zu beweidern (Bradstreet und Cross 1982, Runge et al. 1991). Die Untereisfauna dient wie-

derum größeren Räubern, z.B. dem Polardorsch *Boreogadus saida* als Nahrungsquelle (Bradstreet und Cross 1982) und bildet somit die Verbindung zwischen der Primärproduktion im Eis und höheren trophischen Stufen des Pelagials. Ein vergleichbares Nahrungsnetz wurde bereits auch von Andriashev (1968) für die Antarktis beschrieben.

1.5 Anpassungen der Organismen an den Lebensraum Meereis

Die Bedingungen in den Solekanälchen stellen extreme Anforderungen an die im Eis lebenden Organismen. Die Temperaturen, die starken saisonalen Schwankungen unterliegen, bestimmen sowohl den Salzgehalt der Sole als auch das Volumen des besiedelbaren Raumes (Assur 1958, Frankenstein und Garner 1967). Während im Sommer durch Schmelzprozesse der Salzgehalt in den Solekanälchen drastisch absinken kann, steigt die Salinität der Sole schon bei Temperaturen von -10°C im Winter auf 144‰ (Morey et al. 1984). Nahe der Eisunterseite werden die Temperaturen vor allem durch das darunterliegende Wasser beeinflusst und sind vergleichsweise stabil, in höheren Eisschichten können drastische Änderungen der physikalischen Bedingungen jedoch schon innerhalb weniger Tage auftreten (Gradinger et al. 1991). So wurden im Winter in der Arktis in 1 m Tiefe im Eis niedrige Temperaturen von -19°C gemessen (Thomas et al. 1995). Die Solevolumina können auf nur 1% des Eisvolumens absinken (Eicken et al. 1994). Die Eisorganismen müssen dementsprechend spezielle Mechanismen entwickeln, um sich vor der mechanischen Zerstörung durch das Eis zu schützen und die starken Salzgehalts- und Temperaturänderungen und den damit einhergehenden osmotischen Streß zu tolerieren.

Laborexperimente mit dominanten antarktischen Eisalgen, Bakterien, Ciliaten, Foraminiferen und Copepoden sowie arktischen Eisalgen zeigten, daß diese Organismen gut an die drastisch schwankenden Bedingungen angepaßt sind (Lee und Fenchel 1972, Grant und Horner 1976, Vargo et al. 1986, Kottmeier und Sullivan 1988, Bartsch 1989, Dahms et al. 1990, Spindler 1996). Untersuchungen bipolarer Eisalgen zeigten, daß der Einfluß von Salzgehaltsänderungen den der Temperaturänderungen überwiegt (Aletsee und Jahnke 1992). Die Anpassungen von Meiofaunaorganismen des arktischen Meereises sind jedoch kaum untersucht. Meereiscopepoden überlebten am längsten bei Salinitäten von 40‰ und tolerierten maximale Salzgehalte von 60‰ (Grainger und Mohammed 1990).

1.6 Fragestellung, Zielsetzung

Während die Eisfauna der Flachwasserregionen der Arktis relativ gut untersucht ist, gibt es bisher nur wenige Untersuchungen über die Fauna des mehrjährigen Eises der Transpolardrift. Informationen über die klein- und großskalige Verteilung und Abundanz der

Eisfauna dieser Region existieren nur vereinzelt. Einige der bisher untersuchten Eisorganismen wurden nur auf dem Niveau der höheren Taxa eingeordnet. Aufgrund der extremen Lebensbedingungen im Meereis sind Untersuchungen über die Anpassungen der arktischen Eisfauna an ihren Lebensraum von großem Interesse.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit bestand die Möglichkeit, auf zwei Expeditionen in die Arktis, ARK IX/4 und ARK X/1, mit dem Forschungsschiff „Polarstern“ umfangreiches Probenmaterial aus dem Meereis verschiedener Regionen der Transpolardrift zu gewinnen. Bei der ökologischen Untersuchung der Eislebensgemeinschaften dieser Regionen standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Aus welchen Organismen setzt sich die Gemeinschaft der Eisfauna in den verschiedenen Regionen der Transpolardrift zusammen?
- Wie sind die Organismen horizontal und vertikal (klein und großräumig) verteilt?
- Wie groß ist die pflanzliche und tierische Biomasse?
- Welche biotischen und abiotischen Parameter beeinflussen die Abundanz und Biomasse der Organismen?
- Welche Anpassungen zeigt die Eisfauna an die Bedingungen in ihrem Lebensraum?

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiete

Die Proben für die vorliegende Arbeit wurden auf zwei Expeditionen des Forschungsschiffes „Polarstern“ in die Arktis gewonnen. Die Expedition ARK IX/4 (6.8. bis 5.10.1993) führte in das nördliche Barentsmeer und das Laptewmeer, die Expedition ARK X/1 (6.7. bis 15.8.1994) in die Grönlandsee. Obwohl einige Stationen im nördlichen Barentsmeer bereits an das Nansen-Becken angrenzen, werden diese im folgenden in der Gruppe der Barentsmeer-Stationen zusammengefaßt. Die Lage der Eisstationen ist in Abb. 2.1 dargestellt. Während beider Expeditionen wurden von den Wissenschaftlern der Meereis-Arbeitsgruppe alle 1 bis 2 Stunden Eisbeobachtungen von der Schiffsbrücke aus durchgeführt, um einen Überblick über die Eissituation entlang der Fahrtroute zu erhalten. Angaben über den genauen Fahrtverlauf und Ziele der Expeditionen sind den Expeditionsberichten zu entnehmen (Fütterer 1994, Fahrbach 1995).

2.2. Die Eisstationen

Im Verlauf beider Expeditionen wurden Eisschollen verschiedener Größe und Dicke beprobt. Die Eisschollen wurden entweder direkt vom Schiff oder durch Helikopterflüge erreicht. Die Stationen bzw. Kerne wurden nach folgendem Schema numeriert:

1. Name der Expedition
2. Nummer des Tages im Jahr (001 bis 365)
3. Nummer des Kernes der jeweiligen Station

Beispiel: AR94250-04 = Expedition ARK IX/4, Station 250 (7.9.1993), Kern Nr. 4

Mittels KOVACS- (4 Zoll Durchmesser) und SIPRI-Kernbohrern (3 Zoll Durchmesser) wurden Eiskerne durch die gesamte Dicke der Eisscholle gebohrt. Ein Kern wurde jeweils in ein dafür angefertigtes isoliertes Temperaturmeßrohr überführt. Durch die im Rohr in 5 cm Abstand befindlichen Löcher konnten mittels eines Handbohrers Löcher in die Eiskerne gebohrt werden, in denen anschließend mit einem digitalen Thermometer (THESTOTHERM, Typ Testo 700, Meßgenauigkeit $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$) die Temperatur im Inneren des Eiskerns gemessen wurde. Derselbe Kern wurde im Anschluß in Segmente von 1 bis 10 cm Länge zersägt und für die Bestimmung des Salzgehaltes und der Konzentration an Algenpigmenten geschmolzen. Der Salzgehalt wurde bei einer Temperatur von 25°C mit

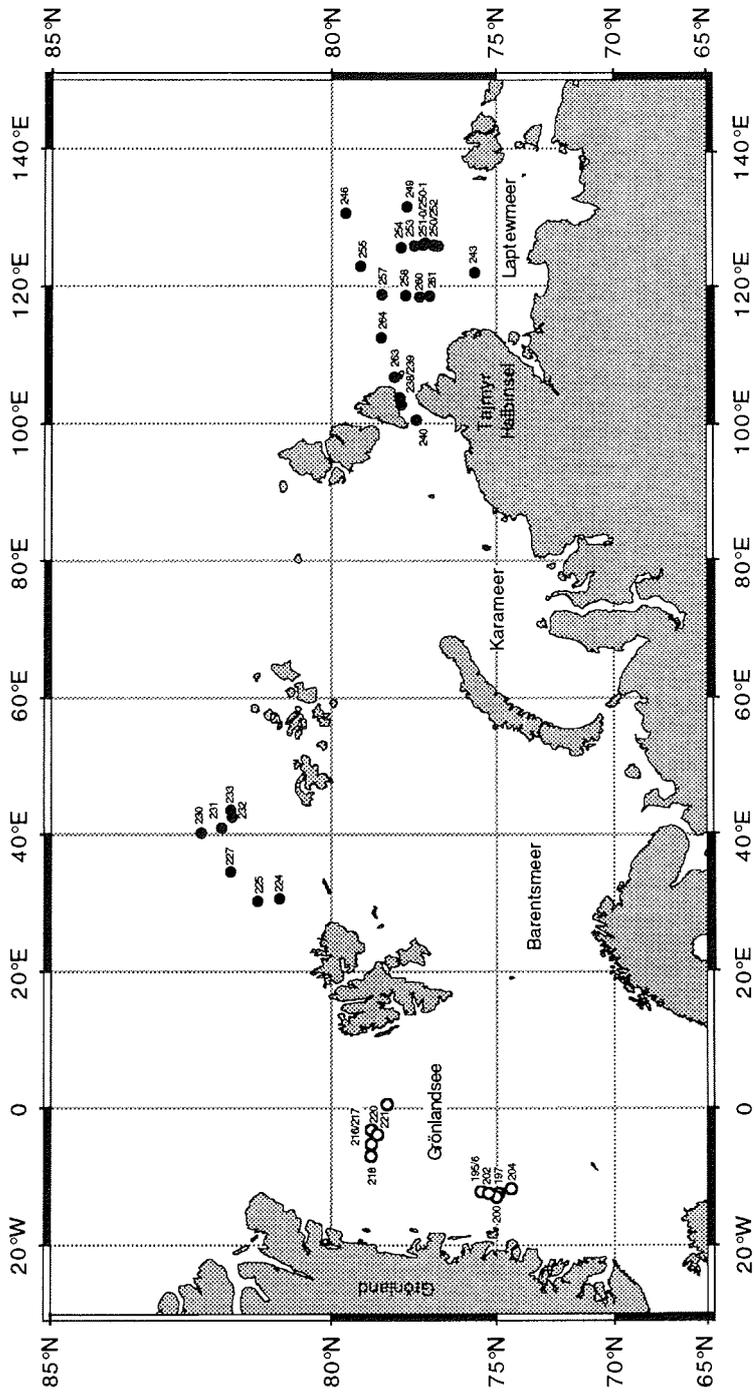


Abb. 2.1: Eisstationen der „Polarstern“-Reise ARK IX/4 (schwarze Kreise) und ARK X/1 (weiße Kreise).

einem Konduktometer (WTW) bestimmt. Der Gehalt an Algenpigmenten wurde nach Filtration auf 25 mm Filter (GFC) fluorometrisch nach Evans et al. (1987) mit einem „Turner Design“ Fluorometer ermittelt. Die Salzgehalts- und Chlorophyllmessungen wurden von anderen Wissenschaftlern der Meereis-Arbeitsgruppe durchgeführt.

Aus der Temperatur (T) und dem Salzgehalt (S) wurde das relative Solevolumen (V_S) innerhalb der Meereisproben errechnet. Es wurden folgende Formeln nach Leppäranta und Manninen (1988) verwendet, die in der von Eicken et al. (1995) korrigierten Form verwendet wurden:

$$V_S = (1 - v_a) * (p_i * S / (F_1(T) - p_i * S * F_2(T))) \quad \text{für } 0.0^\circ > T > -0.5^\circ\text{C}$$

$$F_1(T) = -4.1221 * 10^{-2} + (-1.8407) * 10^1 * T + 5.8402 * 10^{-1} * T^2 + 2.1454 * 10^{-1} * T^3$$

$$F_2(T) = 9.0312 * 10^{-2} + (-1.6111) * 10^{-2} * T + 1.2291 * 10^{-4} * T^2 + 1.3603 * 10^{-4} * T^3$$

Das Gasvolumen v_a wird als 0 angenommen.

$$p_i = \text{Eisdichte (g/cm}^3\text{)} = 0.917 - 1.403 * 10^{-4} * T(^{\circ}\text{C})$$

Für den Temperaturbereich unterhalb von -0.5°C wurden folgende Formeln nach Frankenstein und Garner (1967) verwendet:

$$V_S = S * ((52.560 / T) - 2.28) \quad \text{für } -0.5^\circ \geq T \geq -2.06^\circ\text{C}$$

$$V_S = S * ((45.917 / T) + 0.93) \quad \text{für } -2.06^\circ \geq T \geq -8.2^\circ\text{C}$$

Die Temperatur geht als Betrag in die Berechnungen ein. Während die Formeln von Frankenstein und Garner (1967) das Solevolumen in Promille angeben, gibt die Formel von Leppäranta und Manninen (1988) das relative Solevolumen an. Dieser Wert muß daher mit 1000 multipliziert werden, um Angaben in Promille zu erhalten.

Weitere Kerne wurden für die Bestimmung der Meiofaunaabundanz und zur Etablierung von Meiofaunakulturen erhoben. Meist wurden zur Erfassung der Meiofaunaabundanz ein bis zwei Kerne an jeder Station genommen. Um die horizontale Variabilität der Abundanz innerhalb einer Scholle zu untersuchen, wurden auf Station AR101204 sieben Kerne nach dem Schema in Abb. 2.2 gebohrt. Dabei wurde mit der Station AR101204

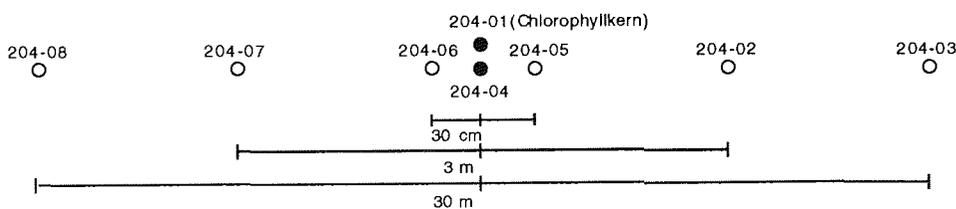


Abb. 2.2: Übersichtsschema über die Lage der Kernbohrungen auf Station AR101204: Kern 01 und 04 wurden vollständig bearbeitet (schwarze Kreise), von allen anderen nur die untersten 32 cm (weiße Kreise).

dieselbe Eisscholle erneut beprobt, die schon früher als Station AR101196 aufgesucht worden war. Auf der Station AR94243 mußte wegen eines Defektes am Eiskernbohrer während der Probennahme von Kern 03 der Bohrer gewechselt und direkt daneben mit einem anderen Bohrer der noch fehlende untere Teil erbohrt werden (Kern 04).

Die Kerne wurden direkt nach der Probennahme auf dem Eis in Segmente von 1 bis 10 cm Länge zersägt. Die Längen der Segmente sind jeweils den Tabellen A1 bis A4 im Anhang zu entnehmen. Im allgemeinen wurden die Kerne am untersten Ende in dünnere Abschnitte zersägt, um eine bessere Auflösung in diesem Horizont zu erhalten, da dort erfahrungsgemäß die größten Organismen- und Chlorophyllkonzentrationen auftraten. Die Segmente wurden nach Abschluß der Stationsarbeiten in fest verschließbaren Dosen in den Kühlraum des Schiffes transportiert. Zur Gewinnung von Organismenkulturen wurden außerdem sogenannte „Sacklöcher“ gebohrt, die nicht ganz durch die Scholle reichten, so daß sich die Sole aus dem umgebenden Eis darin sammeln und abgeschöpft werden konnte.

Ferner wurden das Freibord (Teil der Eisscholle oberhalb der Wasserlinie), die Dicke der Schneeauflage sowie die Lufttemperatur bestimmt. Auf einigen Stationen wurden außerdem mit 20 µm Handnetzen Planktonproben von der Eiskante oder vom Schiff nahe der Eiskante genommen. Diese Proben wurden nur qualitativ, nicht aber quantitativ ausgewertet.

2.3 Bearbeitung der Proben an Bord

Die Eiskernsegmente wurden in einem Überschuß (10 cm Eiskernsegment in 2 l Seewasser) an 0.2 µm-filtriertem Seewasser bei 4°C im Dunkeln aufgetaut. Diese Methode vermeidet weitgehend den osmotischen Streß, der beim Schmelzen der Kerne ohne Zugabe von Seewasser entstehen würde und gilt als besonders schonend (Garrison und Buck 1986). Die Volumina der Proben sind im einzelnen den Tabellen A1 bis A4 im Anhang zu entnehmen. Alle verwendeten Transport- und Auftaubehälter wurden vor der Benutzung einmalig mit 10%iger Salzsäure und anschließend und vor jeder weiteren Benutzung mit Milli-Q-Wasser (hochreines, bakterienfreies Wasser) gespült, um Kontamination mit Schadstoffen oder Organismen zu vermeiden.

Nach dem vollständigen Auftauen der Kerne nach ca. 24 Stunden wurde eine Unterprobe für die Zählung von Bakterien und Protisten entnommen (diese Daten sind nicht dargestellt). Dann wurde die Probe über eine 20 µm-Gaze soweit aufkonzentriert, daß sie in eine Petrischale überführt werden konnte. Die mit der 20 µm-Gaze zurückgehaltene Fauna wird im folgenden als „Meiofauna“ bezeichnet, obwohl für diese Größenklasse zumeist Maschenweiten von 42 µm verwendet werden (Higgins und Thiel 1988). Die kleinere Maschenweite wurde verwendet, damit Metazoen mit kleinem Durchmesser

aber relativ großer Länge, wie die Nematoden, die typische Vertreter der Meiofauna sind, möglichst vollständig erfaßt wurden. Unter einem Binokular (LEICA, M8/MZ8, bis 50fache Vergrößerung) wurden die Organismen einzeln mit einer Pasteurpipette nach höheren Taxa aussortiert und gezählt. Etwa alle 5 Minuten wurde dabei die Petrischale auf einer Kühlplatte (REICHERT-JUNG Tissue cool plate) auf eine Temperatur von 0°C heruntergekühlt, um die Organismen am Leben zu erhalten. Während dieser Arbeit wurden auf der Expedition ARK X/1 zusätzlich Videoaufnahmen an Binokular und Mikroskop gemacht (siehe Kapitel 2.4). Im Anschluß wurden die vorsortierten Copepoden, Nematoden und Rotatorien mit Formol (boraxgepuffert, Pfannkuche und Thiel 1988) und die acoelen Turbellarien und Ciliaten mit Bouin'scher Lösung (Song und Wilbert 1995) mit 1%iger Endkonzentration für spätere Untersuchungen fixiert. Da aus Zeitmangel nicht alle Proben lebend sortiert werden konnten, wurden einige Proben mit Bouin'scher Lösung oder Formol vollständig fixiert und im Institut für Polarökologie sortiert. Aus dem Barentsmeer wurden 16 Eiskerne, davon 9 lebend im Labor und Teile von 3 weiteren Kernen lebend an Bord sortiert, der Rest wurde für die spätere Bearbeitung fixiert. Aus dem Laptewmeer wurden 29 Eiskerne bearbeitet, davon wurden im Labor 6 Kerne vollständig und an Bord Teile von weiteren 9 Kernen lebend sortiert. Aus der Grönlandsee wurden 14 Kerne bearbeitet, davon wurden 4 an Bord lebend gezählt, sowie 2 unvollständig. Die ermittelten Parameter aller Kerne sind in den Abbildungen A1 und A2 im Anhang dargestellt.

Die meisten Organismen lebten zum Zeitpunkt der Sortierarbeiten an Bord, hatten also den Auftauprozess gut überstanden. Dies läßt sich mit Sicherheit für Tiere mit mehr oder weniger festem Exoskelett aussagen, während tote Ciliaten und Turbellarien möglicherweise nicht mehr erfaßbar waren. Als tot wurden auch solche Tiere gewertet, die beim Sortieren der fixierten Proben deutliche Zersetzungsmerkmale aufwiesen. Insgesamt waren in den Proben der Reise ARK IX/4 nur 0.6% (4 Harpacticoida) der Copepoden, und in den Proben der Reise ARK X/1 0.5% (=5 Ind.) der Nematoden, 42.9% (=3 Ind.) der Nauplien, 24.1% (=45 Ind., v.a. Familie Ectinosomatidae) der Copepoden tot. Diese wurden nicht in die Erfassung der Organismenabundanzen miteinbezogen, da nicht feststellbar war, ob die Tiere bei der Probennahme bereits tot waren oder erst während des Auftauens gestorben sind.

Proben, die zur Etablierung von Kulturen gewonnen wurden, wurden ebenfalls über eine 20 µm-Gaze konzentriert und in Kulturflaschen (250 und 500 ml, CORNING) überführt. Das Filtrat wurde zur Etablierung von Kulturen von Meereisprotisten (Diatomeen, Flagellaten, Ciliaten) verwendet.

Die Kulturen wurden an Bord und im Institut für Polarökologie in Kulturschränken bei Temperaturen von 0 bis 1°C und einem hell/dunkel Beleuchtungstakt von 12:12 Stunden gehältert. Die Lichtintensität betrug je nach Entfernung von den Lampen 1.6 bis 9.7

$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$. Die Protistenkulturen wurden alle 2 Wochen mit Drebes-Medium versetzt (von Stosch und Drebes 1964), wobei jeweils 1/3 der alten Kultur verworfen wurde und mit derselben Menge an angereichertem Nährstoffmedium aufgefüllt wurde. Die Meiofaunakulturen wurden ohne weitere Behandlung mehrere Wochen bis zum Beginn der Experimente in den Kulturflaschen belassen.

2.4. Lebendbeobachtungen und Videoaufzeichnungen

Lebendbeobachtungen und Videoaufzeichnungen wurden zur Beobachtung und Erfassung des Verhaltens und der für die Taxonomie wichtigen Merkmale wie Färbung und Bewegung der Tiere eingesetzt. Videoaufzeichnungen dienten außerdem zur Vermessung der Tiere und zur Berechnung der Biomasse.

Lebende Tiere wurden in Zellkulturschalen und Petrischalen verschiedener Größen in ihrem Kulturmedium beobachtet und gefilmt. Bei Verwendung der Umkehrmikroskope konnten nur solche Organismen gefilmt werden, die sich am Boden der Schalen befanden. Schnell bewegliche Formen (z.B. acoele Turbellarien) wurden zur Videodokumentation in geringere Wasservolumina überführt oder auf Objektträgern unter Deckgläsern in ihrer Bewegung eingeschränkt. Dieser Vorgang wurde von vielen Tieren nicht überlebt.

Für die Beobachtung und Aufnahmen größerer Organismen (z.B. Nematoden) wurden ein Binokular (LEICA, MZ8) mit einer Farbvideokamera (JVC, TK-1070E) und einem Videorecorder (BLAUPUNKT, SVHS, RTV-925HIFI) verwendet. Für die Beobachtung und Erfassung kleiner Organismen (z.B. Ciliaten) sowie für Detailaufnahmen größerer Organismen wurden Umkehrmikroskope (LEITZ Labovert und ZEISS Axiovert 135) verwendet, die ebenfalls mit Farbvideokameras (SONY, 3CCD und PANASOIC F15HS) ausgerüstet waren. Beide Mikroskope sind mit Hellfeld und Phasenkontrast ausgestattet und bieten Vergrößerungen von 50- bis 1000fach. Die Aufzeichnungen erfolgten mit Hilfe von SVHS Videorecordern (SONY, SVO-9500MDP). Zur Dokumentation einzelner Filmausschnitte wurden von den Videobändern Farbbilder mittels eines Farb-Videoprinters (SONY, Color Video Printer UP1800EPM) ausgedruckt.

2.5 Bearbeitung der fixierten Proben

Formolfixierte Proben wurden vor dem Sortieren mit Bengalrosa (SIGMA) gefärbt, um auch kleine Organismen und solche, die sich in den häufig vorhandenen Algenflocken befanden, erkennen zu können. Um nur die Organismen, nicht aber die Algenflocken anzufärben, wurden die Proben mit einer deutlich geringeren Konzentration ($1\mu\text{g}/100\text{ ml}$),

als bei Pfannkuche und Thiel (1988) angegeben, versetzt und für mindestens 2 Tage gefärbt. Die gefärbten Formolproben sowie Bouin-fixierte Proben wurden dann über eine 20 µm-Gaze gefiltert und nach mehrmaligem Spülen mit Leitungswasser in eine Petrischale überführt. Danach wurden die Proben unter einem Binokular nach Taxa und soweit möglich, nach Familien, Gattungen und Stadien sortiert. Die Abundanz der Taxa wurde hinsichtlich ihrer vertikalen Verteilung in den Eiskernen untersucht sowie auch als integrierte Abundanz pro Quadratmeter Eisscholle berechnet. Auch die Biomasseberechnungen (Kapitel 3.6) beziehen sich auf diese Taxa. Für die Biomasseberechnungen wurden Organismen ausgewählter Stationen im Rahmen der Sortierarbeiten gefilmt. Weiterhin wurden verschiedene „nicht bestimmbare Objekte“ gefunden, die nach ihrer Größe und ihrem Aussehen in neun Gruppen eingeteilt wurden.

2.6 Taxonomische Untersuchungen

Die taxonomische Bearbeitung der Meiofaunaorganismen erfolgte durch verschiedene Spezialisten im In- und Ausland. Mit Ausnahme der Ciliaten hatte ich bei allen Taxa die Gelegenheit, einen bzw. mehrere Tage an den verschiedenen Instituten die Arbeitsweisen zu erlernen und bei der Bestimmung der Meereisfauna zu assistieren.

Nematoda (Nemathelminthes)

Die Meereisnematoden wurden von Dr. Franz Riemann (Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven) bestimmt. Es wurden formolfixierte Individuen mit Glycerin auf Objektträger gebracht und mit Differential-Interferenzkontrast („Nomarsky-Mikroskopie“) lichtmikroskopisch untersucht. Ein Nematode wurde von Prof. Dr. Alexei V. Tchesunov (Moscow State University, Rußland) und 13 Exemplare wurden von mir selbst bestimmt. Alle Individuen gehörten der Art *Theristus melnikovi* an. Die Bestimmung erfolgte nach der Artbeschreibung von Tchesunov (1986).

Rotatoria (Nemathelminthes)

Die Rotatorien wurden von Prof. Dr. Willem De Smet (Universität Antwerpen R.U.C.A., Belgien) bestimmt. Die formolfixierten Tiere wurden zu diesem Zweck auf Objektträger in Glycerin gebettet, welches mit dem Farbstoff „Lignin pink“ (GURR) versetzt wurde. Nachdem die Tiere gefärbt waren, wurden sie zunächst lichtmikroskopisch untersucht. Anschließend wurden sie mit einer Nadel mit einem Tropfen Glycerin einzeln auf Objektträger überführt und das überschüssige Glycerin mit einem Filterpapier abgesaugt. Dann wurde ein Tropfen 10%ige Natriumhypochlorit-Lösung auf das Rotator getropft. Dies bewirkte eine allmähliche Streckung der zum Teil kontrahierten Tiere, wodurch taxonomisch wichtige Merkmale erkennbar wurden, bevor die Tiere schließlich

platzten. Dann wurde alles bis auf die zur Bestimmung wichtigen Trophi (Kauwerkzeuge der Rotatorien) vorsichtig mit Filterpapier abgesaugt und diese bei großer Vergrößerung (400 bis 1000fach) untersucht. Außerdem wurden von einzelnen Exemplaren von Prof. Dr. De Smet rasterelektronenmikroskopische Bilder der Trophi angefertigt. Dauerpräparate von ganzen Tieren und Trophi wurden durch Einbettung in „Glyceel“ (GURR) hergestellt. Um Präparate von nicht kontrahierten Rotatorien zu erhalten, wurden einzelne lebende Tiere in Uhrgläsern schwimmen gelassen und dann mit kochendem Wasser übergossen. Anschließend wurden sie mit Formol fixiert und wie oben beschrieben präpariert.

Zur Bestimmung wurden die Artbeschreibungen in Voigt und Koste (1978), von Smirnov (1932) und von Chengalath (1985) herangezogen.

Ciliata (Protozoa)

Die Meereisciliaten wurden von Dr. Sabine Agatha vom Institut für Frischwasser- und Abwasserbiologie in Hamburg bestimmt. Die bouinfixierten Ciliaten wurden nach Song und Wilbert (1995) präpariert und anschließend mikroskopisch untersucht. Unterstützend zu diesen Untersuchungen an fixiertem Material wurden zur Bestimmung Lebendaufnahmen der Tiere von mir durchgeführt, um wichtige Informationen, wie die natürliche Größe, Zellgestalt und Cytoplasmafärbung in unfixiertem Zustand sowie ihre charakteristische Bewegung zu erfassen.

Es wurden Ciliaten von zwei Stationen in der Grönlandsee (196 und 216), aus dem Salzgehaltstoleranz-Experiment (siehe Kap. 2.8.3) sowie aus dem Experiment zur Bestimmung der Generationszeiten (siehe Kap. 2.8.2) taxonomisch bearbeitet. Daneben wurden einige Exemplare aus den Lebendproben und den fixierten Proben der drei Untersuchungsgebiete nur anhand ihres Habitus von mir Gattungen zugeordnet.

Die gefundenen Arten wurden anhand von Fernandez-Leborans und Novillo (1994), Agatha et al. (1993), Hill und Borrer (1992), Nansen (1906) und Valbonesi und Luporini (1990) bestimmt.

Acoela (Plathelminthes)

Die acoelen Turbellarien wurden von Dr. Jan Hendelberg an der Universität Göteborg, Schweden, untersucht. Hierzu werden Serien von Dünnschnitten der fixierten Tiere (1% Bouin) lichtmikroskopisch untersucht. Von mir wurden zahlreiche Lebendaufnahmen gemacht und hinsichtlich ihrer Abmessungen mittels Bildanalyse (siehe Kapitel 2.7) ausgewertet. Dazu zählten die Merkmale Länge, Breite und Umriß der Tiere in Ruhe wie in der Fortbewegung. Zur Untersuchung der Lage und Größe der Statocyste (Schweresinnesorgan der Acoela) sowie der verschiedenen Gewebe wurden lebende Turbellarien auf

einem Objektträger mit einem Deckglas bedeckt, so daß sie in Ruhe bei hoher Vergrößerung (mit Ölimmersion) mikroskopisch untersucht und gefilmt werden konnten.

Copepoda/Nauplien (Arthropoda)

Die Copepoden wurden von mir nach Harpacticoida, Poecilostomatoida, Cyclopoida und Nauplien vorsortiert. Bei den Harpacticoiden wurde außerdem die Art *Halectinossoma* sp. (Familie Ectinosomatidae) gesondert aussortiert, da sie durch ihren auffallenden Habitus und ihre rote Färbung leicht von den übrigen Copepoden zu unterscheiden war und ihre Biomasse mit einer anderen Formel als die der übrigen Copepoden bestimmt wurde.

Die Bestimmung der harpacticoiden Copepoden erfolgte durch Sybille Seifried an der Universität Oldenburg. Einige Exemplare wurden außerdem von Pedro Martinez Arbizu (Universität Oldenburg) bestimmt. Dort wurden Tiere von den Stationen 224 bis 250 der Reise ARK IX/4, sowie alle Stationen der Reise ARK X/1 bearbeitet. Zu diesem Zweck wurden die Copepoden auf Objektträgern in Glycerin mit Bienenwachs eingedeckelt oder ihre Mundwerkzeuge mit angespitztem Wolframdraht herauspräpariert und ebenfalls eingedeckelt. Die Cyclopoida und Poecilostomatoida wurden, soweit möglich, von mir bestimmt.

Zur Bestimmung wurde folgende Literatur verwendet: Lang (1948), Becker (1970), Chislenko (1977), Klekowski und Weslawski (1991).

2.7 Biomassebestimmung

Die Biomasse der Meeres-Meiofauna wurde vorwiegend anhand von fixiertem Material bestimmt. Lediglich 5 Nematoden und 5 Rotatorien und 13 Ciliaten wurden lebend vermessen. Die Tiere wurden zu diesem Zweck am Binokular mit Hilfe einer Videokamera (JVC, TK-1070-E) gefilmt. Mittels computergesteuerter Bildanalyse (NEXT-Computer, „BILD“-Programm, Hukriede IfM Kiel) wurden die Breiten und Längen der Tiere vermessen. Anhand dieser Größen wurden mit Hilfe entsprechender Formeln aus der Literatur (s.u.) die Feucht- und Trockengewichte sowie die Kohlenstoffgehalte der Organismen berechnet. Die Ergebnisse dieser Biomasseberechnungen sind in den Tabellen im Anhang und in Kapitel 3.6 tabellarisch aufgeführt. Im Ergebnisteil wurden die Biomassen einheitlich als Kohlenstoff dargestellt.

Es konnten nicht alle Tiere vermessen werden, da zum einen vor allem kleine Exemplare des jeweiligen Taxons beschädigt oder nicht mehr auffindbar waren und zum anderen Tiere zur taxonomischen Bestimmung an die jeweiligen Institute verschickt worden waren und somit nicht mehr zur Vermessung herangezogen werden konnten. Daher wur-

den auf Stationen, auf denen weniger als 90% der Tiere eines Taxons vermessen wurden bzw. keine Messungen vorlagen, die Medianwerte der Kohlenstoffgehalte der Tiere des entsprechenden Taxons von allen bearbeiteten Stationen der jeweiligen Expedition eingesetzt. Wurden mindestens 90% der Tiere eines Taxons auf einer Station vermessen, wurde für die fehlenden Werte der Median der Kohlenstoffwerte des Taxons der jeweiligen Station eingesetzt.

Die Gesamtbiomasse eines Kerns wurde schließlich auf Biomasse pro Quadratmeter Eisoberfläche hochgerechnet.

Nematoden

Insgesamt wurden 602 Nematoden vermessen, 574 von sechs Stationen in der Grönlandsee und 28 von zwei Stationen im Laptewmeer. Das Feuchtgewicht (FG, in μg) der Nematoden wurde anhand der Formel

$$\text{FG} = (\pi * R^2 * L * 1.13 * 10^{-6}) - 10\%$$

verändert nach Riemann et al. (1990) berechnet, wobei R die halbe maximale Breite, L die Länge (beides in μm) und 1.13 die spezifische Dichte (g/cm^3) nach Wieser (1960) sind.

Das Trockengewicht der Nematoden wurde als 22.5% des Feuchtgewichts (Mittelwert zwischen den Werten 20% und 25% nach Myers (1967) und Wieser (1960)) berechnet und der Kohlenstoffgehalt mit 40% des Trockengewichts (Feller und Warwick 1988).

Rotatorien

Insgesamt wurden 15 Rotatorien von sechs Stationen in der Grönlandsee vermessen, davon 5 lebende Individuen. Die geringe Anzahl vermessener Tiere beruht vor allem auf der Tatsache, daß sich ein Großteil der Tiere durch die Fixierung in stark kontrahiertem Zustand befand und somit für die Biomassebestimmung ungeeignet war. Das Volumen (V , in μm^3) wurde nach der Formel

$$V = 0.26 * L * B^2$$

von Ruttner-Kolisko (1977) berechnet, wobei L die Länge der Tiere ohne Zehen und B die maximale Breite der Tiere ist (beides in μm). Da die untersuchten Rotatorien im Wasser schwerelos erschienen, wurde zur Berechnung des Feuchtgewichts die Dichte von Seewasser $1.028 \text{ (g}/\text{cm}^3)$ bei einem Salzgehalt von 35‰ und einer Temperatur von 0°C (Ott 1988) verwendet. Das Trockengewicht wurde als 10% des Feuchtgewichts berechnet (Bottrell et al. 1976) und der Kohlenstoffgehalt (pg) als 8% des Volumens (μm^3) (Beers und Stewart 1970).

Neben diesen Werten wurden außerdem die Biomassen von vier der dominanten Rotatorienarten anhand von Längen- und Breitenangaben aus der Literatur berechnet (Voigt

und Koste 1978, Chengalath 1985). Zur Ermittlung der Gesamtbiomasse der Rotatorien wurde aus dem Median der Kohlenstoffgehalte dieser Arbeit und den Literaturdaten ein Mittelwert gebildet.

Ciliaten

Insgesamt wurde die Biomasse von 58 Ciliaten bestimmt. Die Vermessung der Organismen und Berechnung der Zellvolumina wurde von Dr. Sabine Agatha am Institut für Frischwasser- und Abwasserbiologie in Hamburg durchgeführt. Es wurden mit Bouin'scher Lösung fixierte Ciliaten nach Protargolfärbung auf Objekträgern vermessen. Die Zellvolumina (V , in μm^3) wurden anhand der Formel für einen abgeflachten Rotationsellipsoid

$$V = \pi * L * B^2 / 12$$

nach Auf dem Venne (1994) berechnet, wobei Länge (L) und Breite (B) in μm gemessen wurden. Da die Zellen durch die Fixierung schrumpfen, wurde ein Korrekturfaktor von 2,5, der von Jerome et al. (1993) und Auf dem Venne (1994) bei gleichen Fixierungs- und Färbetechniken ermittelt wurde, angewendet. Die Feuchtgewichte wurden wie bei den Rotatorien berechnet und die Trockengewichte wurden als 20% der Feuchtgewichte angenommen (Beers und Stewart 1970). Der Kohlenstoffgehalt (pg) wurde als 8% des korrigierten Zellvolumens (μm^3) berechnet (Beers und Stewart 1970).

Es wurden 4 Ciliatenarten bzw. Gattungen für die Biomassebestimmung herangezogen: *Euplotes* cf. *sigmolateralis* und *Peritromus* sp. (aus Kernen 196 und 216) sowie *Diophrys* sp. (aus Salzgehaltstoleranz-Experiment, 5‰-Ansatz) stammten aus der Grönlandsee, während *Euplotes* sp. aus Kulturen von Station 243 aus dem Laptewmeer stammte, die für das Experiment zur Untersuchung der Generationszeiten verwendet wurden. Aus ihren Kohlenstoffgehalten wurde entsprechend ihrer Häufigkeit in den untersuchten Proben ein gewichtetes Mittel gebildet, welches für alle Ciliaten als Biomassewert eingesetzt wurde. *Euplotes* cf. *sigmolateralis* machte 16% und *Peritromus* sp. 71% der Ciliatenabundanz aus. Die verbleibenden 26% wurden zu gleichen Teilen auf die Kulturciliaten *Diophrys* sp. und *Euplotes* sp. angerechnet.

Acoele Turbellarien

Es wurden insgesamt 196 Turbellarien von sechs Stationen in der Grönlandsee vermessen. Das Volumen (V , in nl) der Tiere wurde nach der Formel

$$V = L * B^2 * 550$$

von Feller und Warwick (1988) berechnet. Dabei ist L die Länge der Tiere, B die maximale Breite der Tiere (beides in mm) und $C=550$ ein spezifischer Umrechnungsfaktor für

Tab. 2.1: Verhältnis von Breite/Länge verschiedener Meereiscopepoden, -copepodite (C) und -nauplien. Cycl. = Cyclopoida, Poec. = Poecilostomatoida.

	Halectinosoma sp. Weibchen	Halectinosoma sp. Männchen	Halectinosoma sp. CV	Halectinosoma sp. Copepodit CIV	Cycl./Poec. Copepoden	Tisbe furcata Männchen	
Mittelwert	0.193	0.196	0.208	0.212	0.299	0.355	
Median	0.187	0.190	0.215	0.217	0.276	0.331	
Standardabweichung	0.034	0.037	0.046	0.039	0.087	0.088	
Minimum	0.115	0.101	0.122	0.168	0.158	0.276	
Maximum	0.272	0.323	0.288	0.258	0.587	0.480	
Anzahl	65	49	19	5	40	4	
	Tisbe furcata CV	Tisbe furcata CIV	Tisbe furcata CIII	Tisbe furcata CIII	Tisbe furcata CII	Tisbe furcata CI	Nauplien
Mittelwert	0.244	0.264	0.271	0.271	0.307	0.334	0.608
Median	0.238	0.261	0.257	0.257	0.292	0.318	0.647
Standardabweichung	0.028	0.042	0.047	0.047	0.074	0.099	0.206
Minimum	0.220	0.185	0.194	0.194	0.030	0.224	0.209
Maximum	0.298	0.352	0.417	0.417	0.680	0.898	1.148
Anzahl	6	22	65	65	80	47	51

dieses Taxon. Da es sich bei den Turbellarien wie auch bei den Nematoden um eher kriechende Formen handelt, wurde wie bei diesen eine Dichte von $1.13 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ für die Berechnung des Feuchtgewichts (Wieser 1960) angenommen. Das Trockengewicht wurde ebenfalls als 22.5% des Feuchtgewichts berechnet und der Kohlenstoffgehalt als 40% des Trockengewichts (Feller und Warwick 1988).

Copepoden

Insgesamt wurden 486 Copepoden vermessen, 32 aus dem Barentsmeer, 329 aus dem Laptewmeer und 125 aus der Grönlandsee. Bei 76 Tieren (2 aus dem Barentsmeer, 48 aus dem Laptewmeer und 26 aus der Grönlandsee) wurden im Rahmen der taxonomischen Arbeiten nur die Längen vermessen. Die fehlenden Breiten wurden mit Hilfe der Mittelwerte der Breiten/Längenverhältnisse von 397 Copepoden der verschiedenen Gattungen und Copepoditstadien von beiden Reisen ergänzt (Tab. 2.1).

Die Biomasse der Copepoden wurde nach der Formel

$$V=L*B^2*C$$

nach Warwick und Gee (1984) berechnet, wobei V das Körpervolumen (nl), L die Länge inklusive Furca, B die maximale Breite (beides in mm) und C ein spezifischer von der Körperform abhängiger Umrechnungsfaktor ist.

Tab. 2.2: Mittelwerte der Kohlenstoffgehalte (C, in μg) aller vermessenen Copepoden der jeweiligen Stationen.

ARK X/1	C (μg)	ARK IX/4	C (μg)
196-02	0.6258	224-03	0.6616
197-03	0.4587	224-04	0.4815
200-04	0.8165	227-03	0.5785
202-02	0.6646	230-03	0.6059
204-02	0.8878	230-04	0.1320
204-04	0.6190	232-03	0.5945
204-05	0.6563	232-04	0.1751
204-06	0.5485	238-03	2.0206
204-07	0.6931	240-03	0.7858
204-08	0.5324	243-03/04	0.4544
216-02	0.4230	249-03	0.5111
218-02	0.7413	250-04	0.6251
220-07	0.6884	263-22	0.9551
		264-04	1.1755
Median	0.6563		0.6002

Die Copepoden wurden, entsprechend ihrer Körperform, in zwei Gruppen eingeteilt: „Semizylindrische“, zu denen alle Stadien von *Halectinisoma* sp., und *Harpacticus superflexus* gezählt wurden (C=560) und „Pyriforme“, zu denen alle übrigen Copepoden gezählt wurden (C=400). Feucht- und Trockengewichte sowie Kohlenstoffgehalte wurden wie bei den acoelen Turbellarien berechnet. Da die Copepoden von allen Gruppen taxonomisch am besten untersucht wurden, konnten fehlende Biomassewerte auf den meisten Stationen entsprechend der Verteilung von Arten und Stadien ergänzt werden. Hierzu wurden die Mediane der Kohlenstoffwerte aller Individuen der einzelnen Gattungen bzw. Stadien für beide Reisen getrennt ermittelt und für die fehlenden Werte eingesetzt.

Aus den Mittelwerten der Kohlenstoffgehalte aller untersuchten Kerne von ARK IX/4 wurde schließlich ein Medianwert gebildet (Tab. 2.2), der dann als Kohlenstoffwert in allen Kernen, von denen keine Copepoden vermessen wurden sowie für die Kerne 263-22 und 264-04 eingesetzt wurde, auf denen nur jeweils zwei bzw. drei Copepoden vermessen wurden. Zum Vergleich sind in Tab. 2.2 auch die Mittelwerte der Biomassen der vermessenen Copepoden der Reise ARK X/1 angegeben.

Nauplien

Insgesamt wurden 317 Nauplien vermessen, 314 aus dem Laptevmeer und 3 aus der Grönlandsee. Von ARK IX/4 wurden die Breiten von 12 Nauplien aus Breiten/Längen-

verhältnissen von 51 Nauplien ergänzt (Tab. 2.1). Das Feuchtgewicht (FG, in μg) der Nauplien wurde nach der Formel

$$\text{FG} = L \cdot B^2 \cdot 360$$

verändert nach Rachor (1975) berechnet, wobei L die Länge, B die Breite (beides in mm) und 360 ein spezieller Faktor, der sich aus der Berechnung der Körperform aus Kugelabschnitt und Kegel ergibt, ist. Trockengewichte und Kohlenstoffgehalte wurden wie bei den Turbellarien berechnet. Alle Nauplien aus der Grönlandsee wurden vermessen, während von den Kernen aus dem Laptewmeer nur bei Probe 263-22 mehr als 90% der Tiere vermessen wurden. Bei allen anderen Kernen wurden die fehlenden Kohlenstoffwerte aus dem Medianwert aller Nauplien ergänzt.

2.8 Experimentelle Arbeiten

2.8.1 Vorbereitung der Experimente und allgemeine Versuchsbedingungen

Vor Beginn der Experimente wurden die Meereisorganismen aus den Kulturflaschen über eine $20 \mu\text{m}$ -Gaze angereichert und in Petrischalen überführt.

Nematoden, Turbellarien und Ciliaten wurden mit der Pipette aussortiert und in Zellkulturschalen (CORNING, cell wells, 3 ml) überführt. Die sortierten Kulturen wurden bei Temperaturen von 0 bis 1°C und einem hell-dunkel Zyklus von 12:12 Stunden gehältert; der Beleuchtungstakt wurde auch während der Experimente beibehalten. Die Salzgehalte wurden mit einem ATAGO Handrefraktometer (1‰ Auflösung) gemessen. Da das Gerät Promilleeinheiten angibt, wurde diese Einheit für die Beschreibung der Experimente beibehalten, obwohl sie nicht mehr üblich ist. Die übrigen Salzgehaltsangaben in dieser Arbeit sind deshalb einheitlich ebenfalls in ‰ angegeben. Der Vorteil bei der Verwendung eines Refraktometers liegt jedoch darin, daß für jede Messung nur ein Tropfen Wasser benötigt wird. Ein größeres Volumen, wie es für die konduktometrische Messung erforderlich ist, stand unter diesen Versuchsbedingungen nicht zur Verfügung.

Während der Experimente wurde täglich die Anzahl der überlebenden Organismen, ihr Verhalten und ihr Aussehen kontrolliert. In größeren Zeitabständen wurden außerdem Videoaufnahmen der Organismen gemacht. Während des Sortierens und der täglichen Kontrolle der Versuchsansätze wurden die Zellkulturschalen auf einer zu diesem Zweck angefertigten Binokularkühlplatte auf der entsprechenden Versuchstemperatur gehalten.

2.8.2 Generationszeiten von Meereisciliaten

Die Generationszeit wurde bei einem häufig in den Kulturen vorkommenden Ciliaten bestimmt. Zu diesem Zweck wurden 24 Ciliaten jeweils einzeln in Zellkulturschalen

(16 mm Durchmesser) mit sterilfiltriertem Seewasser mit einem Salzgehalt von 30‰ gesetzt. Die Kulturen wurden bei Temperaturen von 0 bis 1°C und einem hell/dunkel-Beleuchtungstakt von 12:12 Stunden gehältert. Den Organismen wurden Bakterienkulturen, die auf Reiskörnern gezüchtet worden waren, und Eisalgenmischkulturen als Nahrung zugegeben. In den folgenden 19 Tagen wurde die Anzahl der Ciliaten in den Zellkulturschalen täglich zur selben Zeit bestimmt. Am Ende des Versuchs wurden die Ciliaten zur Artbestimmung fixiert. Die Berechnung der Wachstumsrate erfolgte gemäß der allgemeinen Wachstumsformel

$$N_t = N_0 \cdot e^{\mu \cdot t}$$

mit N_t = Anzahl Ciliaten zum Zeitpunkt (t),
 N_0 = Anzahl Ciliaten zu Versuchsbeginn,
 μ = Wachstumsrate (1/h bzw. 1/d).

2.8.3. Salzgehaltstoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden

In diesem Experiment wurde der Einfluß des Salzgehaltes auf das Überleben von Meereisturbellarien und -nematoden untersucht. Die Organismen für dieses und die beiden folgenden Experimente zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz wurden auf der Reise ARK X/1 auf den Stationen 195, 196, 200, 201, 202, 204 und 216 gesammelt.

Die in den Experimenten zum Aufsalzen verwendete Sole wurde durch Einfrieren von 0.2 µm-filtriertem arktischem Seewasser bei einer Temperatur von -30°C in 50 ml Eppendorf „Combitips“ hergestellt. Nach kurzem Auftauen bei Raumtemperatur konnte die konzentrierte Sole herausgepreßt werden und zum Ansetzen der verschiedenen Salinitäten durch Mischen mit filtriertem Seewasser verwendet werden. Das verbleibende Eis wurde unter Zugabe von destilliertem Wasser zur Herstellung von Seewasser mit geringen Salzgehalten verwendet. Auf diese Weise konnten Salzgehalte von 1 bis 100‰ erreicht werden.

Jeweils 15 Turbellarien und Nematoden wurden 12 verschiedenen Salzgehalten ausgesetzt (gesamt: 180 Nematoden und 180 Turbellarien). Die Tiere eines Ansatzes wurden auf 3 Versuchsgefäße (je 5 Tiere) verteilt, um die Beobachtungen und Zählungen dieser schnell beweglichen Organismen zu erleichtern. Zu Beginn des Experiments hatten die Kulturen Salzgehalte von 25 bis 30‰. Davon ausgehend wurden die Salzgehalte im ersten Teil des Experiments in 5‰ Schritten täglich durch den teilweisen Austausch von Wasser mit Protistenkulturen jeweils höherer oder niedrigerer Salinität verändert, bis nach 8 Tagen 12 verschiedene Salzgehalte von 10 bis 65‰ erreicht waren. Die Verwendung von bereits angepaßten Protistenkulturen gewährleistete eine ausreichende Nahrungszufuhr für die Metazoen.

Die Meeresprotisten-Kulturen (Ciliaten, Algen u.a.) wurden vor Beginn der Experimente durch Zugabe von Seewasser entsprechender Salinität in täglichen 5‰ bzw. 1‰

Schritten allmählich auf Salzgehalte von 1 bis 100 ‰ eingestellt, bis 21 Kulturen unterschiedlicher Salzgehalte etabliert waren. Nährstoffe wurden, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, zugesetzt.

Die Turbellarien und Nematoden wurden für 11 Tage bei diesen Salinitäten belassen und täglich kontrolliert, um den Einfluß der verschiedenen Salzgehalte über die Zeit zu untersuchen. Nach der Kontrolle am 12. Experimenttag wurden im zweiten Teil des Experiments die Salzgehalte der Versuchstiere weiter verändert, bis schließlich nach 9 zusätzlichen Tagen Salzgehalte von 1 bis 100‰ erreicht waren. Die Metazoen wurden wenigstens 12 Tage bei den jeweiligen Salzgehalten belassen. Das Schema des Versuchsaufbaus ist in Tab. 2.3 dargestellt. Dieser zweiteilige Versuchsaufbau ermöglichte die Untersuchung eines solch breiten Salinitätsspektrums trotz der begrenzten Anzahl an zur Verfügung stehenden Eisorganismen. Fehlende Tiere wurden, soweit möglich, nach Ende des ersten Versuchsteils ersetzt. Da aber während der darauf folgenden Adaptationszeit einige Tiere starben, standen zum Beginn des zweiten Experimentteils nicht in allen Ansätzen 15 Tiere zur Verfügung. Die Ergebnisse beider Versuche wurden zur besseren Vergleichbarkeit in % Überlebende dargestellt, und die Anzahl der Versuchstiere zu Beginn des zweiten Experimentteils wurde als 100% bezeichnet.

Die Turbellarien und Nematoden wurden bei den täglichen Kontrollen als tot betrachtet, wenn keine Bewegung des Tieres bzw. der Cilien bei 50facher Vergrößerung mehr sichtbar war oder schon deutliche Zersetzungsprozesse auftraten. Unbewegliche Nematoden wurden außerdem mit einem Wasserstrom aus einer Pasteurpipette gereizt, da die Tiere dann häufig wieder Lebenszeichen zeigten. Inaktive aber sonst intakte Organismen wurden wenigstens eine Woche kontrolliert, da sich gelegentlich einzelne Tiere erst nach dieser Zeit wieder bewegten. Eindeutig tote Tiere wurden sofort aus den Kulturen entfernt und für die Untersuchung der Arten fixiert (siehe Kapitel 2.3). Am Ende des Experiments wurden extrem hohe und niedrige Salinitäten in 5‰ Schritten zu gemäßigteren Salzgehalten geändert, um zu überprüfen, ob inaktive Organismen sich wieder vom Salzstreß erholten. Die meisten der in diesem Experiment überlebenden Tiere wurden für die beiden nachfolgenden Experimente zur Salz- und Temperaturtoleranz übernommen, lediglich einzelne Exemplare aus verschiedenen Salzgehalten wurden für die Identifikation der Arten fixiert.

Während des Experiments überlebten verschiedene Ciliatenarten aus den Protistenkulturen. Um Information über das Artenspektrum zu erhalten, wurden einige Exemplare jeder Salzgehaltsstufe mit Bouin fixiert.

Während des Experiments wurden zu verschiedenen Zeiten Videoaufnahmen der Protisten bei 400facher Vergrößerung gemacht. Da die Ciliaten aufgrund ihrer relativ geringen Konzentration und ihrer Beweglichkeit schwer zu zählen waren, wurde nur die

Tab. 2.3: Salzgehalte des Salzgehaltstoleranz-Experiments in den 12 Ansätzen über die Zeit, Übergangsphasen schraffiert.

		Ansatz Nr.												
Tag		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	b
0		30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	e
1		30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	i
2		30	35	35	35	35	35	35	35	25	20	20	20	d
3		30	35	40	40	40	40	40	40	25	20	15	15	e
4		30	35	40	45	45	45	45	45	25	20	15	10	
5		30	35	40	45	50	50	50	50	25	20	15	10	T
6		30	35	40	45	50	55	55	55	25	20	15	10	a
7		30	35	40	45	50	55	60	60	25	20	15	10	x
8		30	35	40	45	50	55	60	65	25	20	15	10	a
bis		30	35	40	45	50	55	60	65	25	20	15	10	
19		30	35	40	45	50	55	60	65	25	20	15	10	
20		35	40	45	50	55	60	65	70	25	15	10	5	A
21		35	45	50	55	60	65	70	75	25	15	5	4	c
22		35	45	55	60	65	70	75	80	25	15	5	3	o
23		35	45	55	65	70	75	80	85	25	15	5	3	e
24		35	45	55	65	70	75	80	85	25	15	5	3	l
25		35	45	55	65	70	75	80	85	25	15	5	3	a
26		35	45	55	65	75	80	85	90	25	15	5	2	
27		35	45	55	65	75	85	90	95	25	15	5	2	
28		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	
bis		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	
40ff.		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	
20		35	40	45	50	55	60	65	70	25	15	10	5	N
21		35	45	50	55	60	65	70	75	25	15	5	4	e
22		35	45	50	55	60	65	70	75	25	15	5	4	m
23		35	45	50	55	60	65	70	75	25	15	5	4	a
24		35	45	55	60	65	70	75	80	25	15	5	3	t
25		35	45	55	65	70	75	80	85	25	15	5	3	o
26		35	45	55	65	75	80	85	90	25	15	5	2	d
27		35	45	55	65	75	85	90	95	25	15	5	2	a
28		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	
bis		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	
40ff.		35	45	55	65	75	85	95	100	25	15	5	1	

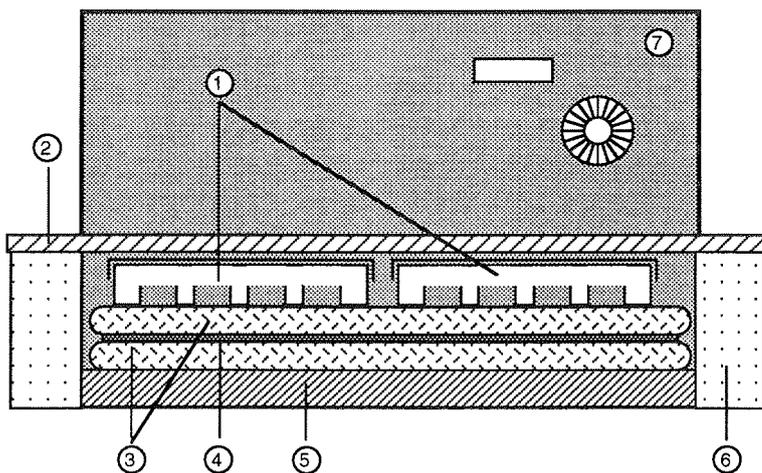
Abundanz der Algen erfaßt. Die Auswertung der Videoaufnahmen erfolgte mit einem Video-Bildanalyse-System (LEICA Q500MC) durch Qing Zhang (Second Institute of Oceanography, Hangzhou, China), der zu dieser Zeit als Gastwissenschaftler an unserem Institut tätig war.

2.8.4 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (1)

In diesem Experiment sollte der kombinierte Einfluß der Parameter Temperatur und Salzgehalt auf das Überleben der Metazoen untersucht werden.

Entsprechend der im vorigen Experiment ermittelten Salinitätstoleranzen wurden jeweils 4 Ansätze mit Turbellarien und Nematoden Salinitäten von 5, 25, 45 und 65‰ und Temperaturen von 0 bis -6°C ausgesetzt. Jeder Ansatz bestand aus 15 Turbellarien (insgesamt: 60) bzw. 9 juvenilen und 9 adulten Nematoden (insgesamt: 72).

Die Temperaturen wurden mittels einer regelbaren Kühlplatte (REICHERT JUNG, Tissue Cool Plate COP 20) erzielt. Da die Kühlplatte nicht an allen Stellen gleiche Temperaturen erreichte und deutliche Temperaturschwankungen zeigte, gewährleistete folgender Versuchsaufbau (Abb. 2.3) eine gleichmäßige Temperaturverteilung in allen Zellkulturschalen, ein Abpuffern der zeitlichen Temperaturschwankungen sowie eine effektive Temperaturübertragung: Die Kühlplatte wurde an den Rändern mit Styropor isoliert und nach oben mit 2 Acrylglasplatten abgedeckt. In den so entstandenen Raum wurden zwei mit konzentrierter NaCl-Lösung gefüllte Plastikbeutel mit einer dazwischenliegenden



- ① Zellkulturschalen mit Eisorganismen
- ② Deckplatte aus Acrylglas
- ③ Kunststoffbeutel, mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllt
- ④ Aluminiumplatte
- ⑤ Kühlplatte
- ⑥ Styroporisolation
- ⑦ Kryostat mit stufenloser Temperaturregelung

Abb. 2.3: Übersicht über den Versuchsaufbau in den Experimenten zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von acoelen Turbellarien und Nematoden.

Aluminiumplatte gelegt. Auf den oberen Beutel wurden die Zellkulturschalen aufgelegt. Die Lufttemperatur in der Versuchskammer betrug ca. 0°C. Die Temperatur in den Kulturen wurde täglich mit einem Digitalthermometer (POLZIN, 0.1°C Auflösung) kontrolliert.

Beginnend mit 0°C wurde die Temperatur jeden zweiten Tag um ca. 1°C erniedrigt bis nach 14 Tagen -6°C erreicht waren. Temperatur und Überleben der Organismen wurden dreimal täglich kontrolliert. Entgegen der Erwartung gab es in keinem der Ansätze Eisbildung. Da die Ursache für diese starke Unterkühlung unklar war, wurde die Osmolarität des Seewassers der Versuchsansätze im Vergleich zu sterilfiltriertem Seewasser gleicher Salzgehalte gemessen. Hiermit sollte geklärt werden, ob eventuell von den Organismen freigesetzte osmotisch wirksame Substanzen den Gefrierpunkt der Proben erniedrigt haben. Die Messungen erfolgten mit einem Microosmometer (DINKELBERG-LABORTECHNIK, ADVANCED INSTRUMENTS, Inc., Modell 3 MO) am IfM Kiel, Abteilung Meereszoologie.

Der Effekt der Unterkühlung gab die Möglichkeit, den Einfluß der kalten Temperaturen auf das Überleben der Organismen ohne den Effekt der Eiskristallbildung zu untersuchen. Eisbildung wurde dann schließlich durch Zugabe kleiner Eiskristalle initiiert. Nach langsamem Auftauen bei 0°C (ca. 15 bis 20 min) wurde das Überleben der Organismen kontrolliert. Anschließend wurden die Ansätze auf -6.2°C gekühlt und wiederum durch Zugabe von Eiskristallen Eisbildung initiiert. Nach 2 Tagen wurden die Proben bei 0°C aufgetaut, die Freisetzung der Tiere aus dem Eis wurde hierbei beobachtet und gefilmt und ihr Überleben kontrolliert. Parallel zu diesem Experiment wurden Kontrollen beider Taxa bei 0 bis 1°C und den vier verschiedenen Salzgehalten untersucht. Bei den adulten Nematoden mußten wegen der begrenzten Menge an zur Verfügung stehenden Organismen die Ergebnisse aus dem vorhergehenden Salzgehaltstoleranz-Experiment als Kontrolle herangezogen werden.

2.8.5. Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (2)

In diesem Experiment sollte der Einfluß von Temperatur und Salzgehalt entsprechend der natürlichen Relation dieser Parameter im Eis (Neumann und Pierson 1966) auf die beiden Taxa untersucht werden. Ausgehend von 30‰ und einer Gleichgewichtstemperatur von -1.6°C wurde der Salzgehalt täglich um 5‰ erhöht und die Temperatur auf den entsprechenden Gefrierpunkt gesenkt (siehe Tab. 2.4). Auch in diesem Experiment trat keine Eisbildung auf. Zwei Ansätze mit jeweils 15 Turbellarien wurden auf diese Weise behandelt, bis 75‰ bzw. 85‰ erreicht waren. Da die Nematoden eine höhere Salzgehaltstoleranz (siehe Ergebnisse 3.8.2) zeigten, wurden zwei Ansätze mit jeweils 9 juve-

Tab. 2.4: Salzgehalte und entsprechende Temperaturen in Salzgehalts- und Temperaturtoleranzexperiment (2) und theoretischer Gefrierpunkt nach Neumann und Pierson (1966); X= Mittelwert, SD=Standardabweichung

Salzgehalt (‰)	Theoretischer Gefrierpunkt (°C)	Temperatur (°C) im Experiment X (SD)
30	-1.6	-1.6 (0.1)
35	-1.9	-1.8 (0.2)
40	-2.2	-2.1 (0.2)
45	-2.5	-2.6 (0.2)
50	-2.7	-2.7 (0.2)
55	-3.0	-3.1 (0.5)
60	-3.3	-3.5 (0.2)
65	-3.6	-3.7 (0.1)
70	-3.9	-3.9 (0.1)
75	-4.2	-4.1 (0.1)
80	-4.5	-4.4 (0.2)
85	-4.8	-4.8 (0.4)
90	-5.1	-5.0 (0.2)
95	-5.4	-5.4 (0.1)
120	-6.9	-6.8 (0.3)

nilen und adulten Nematoden Salinitäten bis zu 85‰ bzw. 95‰ und der entsprechenden Gleichgewichtstemperatur ausgesetzt. Da alle Ansätze zur selben Zeit in der Kühlkammer waren, wurde die Temperatur bis zum Gefrierpunkt von 95‰ Seewasser gesenkt, so daß die 75‰ und 85‰ Ansätze leicht unterkühlt wurden. Die Metazoen wurden für 10 Tage (12 Tage bei dem 75‰ Ansatz) bei den entsprechenden Temperaturen und Salzgehalten belassen und täglich kontrolliert. Am Ende des Experiments wurden alle Ansätze für 2 Tage bei -6.8°C durch Zugabe kleiner Eiskristalle gefroren, dann bei Raumtemperatur aufgetaut und das Überleben der Tiere bestimmt. Da nicht mehr genügend Metazoen zur Verfügung standen, dienten die Ergebnisse des Salzgehaltstoleranz-Experiments als Kontrolle. Es liegen daher keine Kontrollwerte für juvenile Nematoden vor.

2.9 Statistische Bearbeitung der Daten

Bei der graphischen und tabellarischen Darstellung wurden die Daten zumeist durch Bilden von Mittelwert (\bar{x}), Standardabweichung (s), Median (M), Minimum (x_{\min}) und Maximum (x_{\max}) und Anzahl der Werte (n) zusammengefaßt. Bei der tabellarischen Darstellung der Abmessungen der Ciliaten wurde außerdem der Standardfehler des Mittelwertes ($S_{\bar{x}}$) und der Variabilitätskoeffizient (V) angegeben (Sachs 1984, Lozan 1992).

Der Median (mittleres Quartil $x_{0.50}$) wurde statt des Mittelwerts bei kleiner Stichprobengröße, asymmetrischer Verteilung der Daten und Verdacht auf Ausreißer verwendet.

Der Median und seine Variabilität wurde anhand von „Box“-Graphiken mit Hilfe des Programms KaleidaGraph 3.0 (Synergy Software) dargestellt. Er entspricht der Linie zwischen dem oberen Quartil $x_{0,75}$ und dem unteren Quartil $x_{0,25}$, die als Rechtecke dargestellt sind. Die senkrechten Linien an den Ober- und Unterseiten der Rechtecke zeigen die Spannweite an. Das Programm stellt Ausreißer, deren Werte entweder $>x_{0,75} + 1.5*IQD$ oder $<x_{0,25} - 1.5*IQD$ (IQD = Interquartile Distance, d.h. der Abstand vom oberen zum unteren Quartil) sind, als Kreise dar.

Die drei Untersuchungsgebiete Barentsmeer, Laptewmeer und Grönlandsee wurden hinsichtlich Meiofaunaabundanz und -biomasse, Eisdicke, Chlorophyll *a*-Gehalt, Salinität und Solevolumen der Eiskerne untersucht. Zum Vergleich dieser Parameter zwischen den drei Untersuchungsgebieten wurde der H-Test nach Kruskal und Wallis (1952) für den Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben durchgeführt. Der H-Test stellt eine parameterfreie, einfache Varianzanalyse dar, die auch bei ungleich besetzten Stichproben anwendbar ist. Es wurde geprüft, ob die beobachteten Unterschiede zwischen den Stichproben als signifikant anzusehen sind (Lozan 1992).

Da der H-Test keine Auskunft darüber gibt, zwischen welchen Untersuchungsgebieten ein signifikanter Unterschied besteht, wurde im Anschluß der Nemenyi-Test nach Nemenyi (1963) für den multiplen Vergleich von Mittelwerten durchgeführt. Die Tests wurden mit Hilfe des Statistikprogramms STATEasy 3.5 Plus von Lozan (1996) durchgeführt.

Der Einfluß der Parameter Wassertiefe, Eisdicke, Salzgehalt, Temperatur, Solevolumen und Chlorophyllgehalt der Eiskerne auf die Abundanzen und Biomassen der Eismeiofauna wurde anhand von linearen Regressionen dargestellt. Der Korrelationskoeffizient *R* wurde auf Signifikanz gegen Null geprüft. Die Nullhypothese wird zugunsten der Alternativhypothese abgelehnt, wenn *R* bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% und dem vorliegenden Freiheitsgrad (FG=n-2) einen entsprechenden tabellarischen Wert erreicht oder überschreitet (siehe Sachs 1984).

Die Ähnlichkeit der Organismengemeinschaften innerhalb einer Eisscholle wurde anhand von Daten mehrerer Eiskerne, die auf einer Scholle erbohrt wurden, mit dem ANOSIM-Test („analysis of similarities“, one-way) geprüft und als Dendrogramm mit dem Programm „Primer“ (Clarke und Warwick 1994) dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1 Fahrtverlauf, Eissituation und Eisstationen

Barentsmeer (1993)

Am 11.8.1993 erreichte das FS „Polarstern“ die Eisgrenze bei $77^{\circ}30'N / 24^{\circ}42'E$. Die Fahrtroute verlief östlich an Spitzbergen vorbei Richtung Nordosten bis an den an das Nansen-Becken angrenzenden Kontinentalabhang des Barentsmeeres. Die nördlichste Position wurde am 19.8. mit $82^{\circ}45'N$ erreicht. Von dort aus fuhr die „Polarstern“ Richtung Südosten westlich an Franz-Josef-Land vorbei. Vom 12.8. bei $81^{\circ}03'N / 30^{\circ}22'E$ bis zum 23.8.1993 bei etwa $78^{\circ}2'N / 52^{\circ}0'E$ herrschten schwere Eisbedingungen mit über 9/10 Eisbedeckung, danach wurde das Packeis verlassen, um durch das Karameer zur Wilkitzki-Straße zu gelangen. Nördlich von $81^{\circ}20'N$ betrug die Eisdicken bis 3 m, und die vermutlich mehrjährigen Schollen hatten Durchmesser von mehreren 100 m bis über 1 km. Nordwestlich von Franz-Josef-Land, östlich von $42^{\circ}E$, gab es ein Gebiet mit wahrscheinlich einjährigem Eis von weniger als 1 bis 1.5 m Dicke.

Laptewmeer (1993)

In der Wilkitzki-Straße betrug die Eiskonzentration nur 5/10, am östlichen Ausgang befand sich jedoch eine schwer passierbare Eisbarriere. Diese wurde mit der Hilfe von Atomeisbrechern vom 29.8. bis 31.8. bis zur Eisgrenze im westlichen Laptewmeer ($75^{\circ}47'N / 119^{\circ}43'E$) durchquert. Nach geringen Eiskonzentrationen wurde am 7.9. bei $77^{\circ}02'N / 126^{\circ}25'E$ wieder das Packeis erreicht. Mitte September öffnete sich eine Polynya an der Küste von Severnaya Zemlya in der starke Neueisbildung stattfand. Das Eis im Laptewmeer hatte Dicken von unter 1 m im Osten und bis zu 2 m im mittleren Westen. Im nordwestlichen Laptewmeer betrug die Eisdicken bis über 3 m. Am 21.9. fand die letzte Eisstation bei $78^{\circ}42'N / 112^{\circ}32'E$ statt und am 23.9. erreichte die „Polarstern“ das offene Wasser der Wilkitzki-Straße. Eine ausführlichere Beschreibung der Eisverhältnisse und des Fahrtverlaufs gibt Fütterer (1994).

Grönlandsee (1994)

Die „Polarstern“ erreichte am 12.7.1994 bei $74^{\circ}43'N / 11^{\circ}08'W$ das erste Eis im Ostgrönlandstrom, wo bis zum 24.7. Eisstationen stattfanden. Die Eiskonzentrationen in diesem Arbeitsgebiet betrug 4/10 bis 8/10, unweit bei ca. $75^{\circ}N 9^{\circ}W$ verlief die Packeisgrenze von Nordosten nach Südwesten. Auffallend war, daß die Eischollen an den

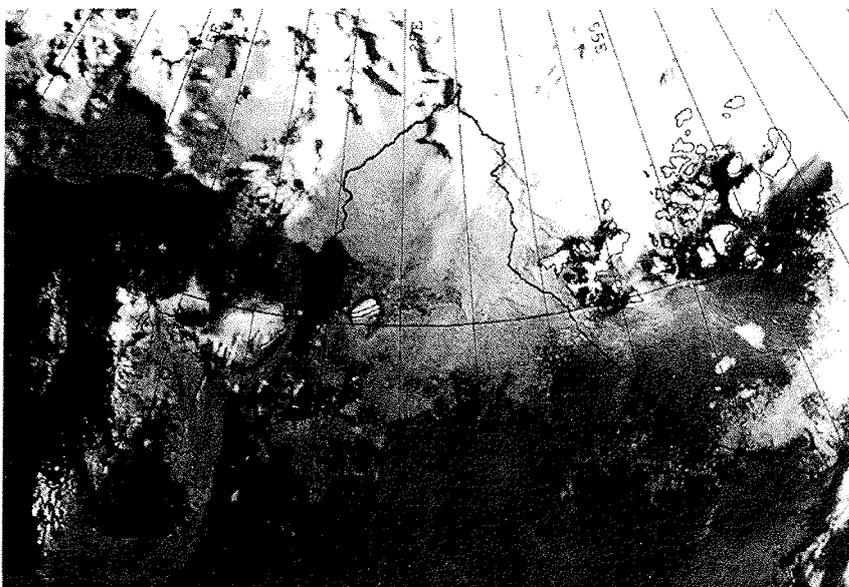


Abb. 3.1: Satellitenaufnahme des nördlichen Barentsmeeres vom 13.8.1993 mit dem Fahrtverlauf von FS „Polarstern“ (Eicken et al. 1994b).

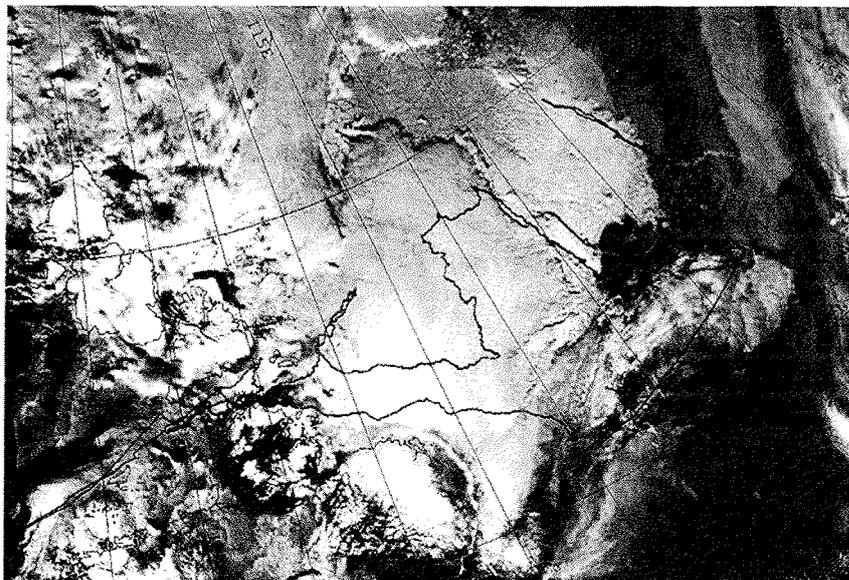


Abb. 3.2: Satellitenaufnahme des Laptevmeeres vom 6.9.1993 mit dem Fahrtverlauf von FS „Polarstern“ (Eicken et al. 1994b).

Rändern häufig stark angetaut waren. Der Anteil der Schmelztümpel, d.h. Areale geschmolzenen Meereises an der Eisoberseite, betrug bis zu 40%. Die Eisscholle, die auf der Station AR101195/96 bei 75°34'N / 12°09'W beprobt wurde, wurde 9 Tage später (Station AR101204) bei 74°28'N / 11°43'W erneut beprobt. Am 5.8.1994 erreichte das Schiff die Framstraße, wo bis zum 10.8.1994 Eisarbeiten stattfanden. Die Eiskonzentrationen in diesem Gebiet waren sehr variabel, offene Wasserflächen wechselten mit dichten (10/10) Packeisfeldern ab. Auf den Eisstationen lagen die Eisbedeckungen meist zwischen 6/10 und 9/10. Während im Ostgrönlandstrom die Schmelztümpel noch offen waren, froren diese in der Framstraße nun zu und Neueisbildung setzte ein. Am 12.8.1994 verließ die „Polarstern“ das Packeis bei 78°15'N / 01°45'W. Eine ausführlichere Beschreibung der Eisverhältnisse und des Fahrtverlaufs gibt Fahrbach (1995).

In den Abbildungen 3.1 bis 3.3 sind die Eisverhältnisse in den 3 Untersuchungsgebieten anhand von Satellitenaufnahmen dargestellt. Eine Übersicht über die Eisstationen, die dort herrschenden Bedingungen und Eisparameter gibt die Tabelle 3.1.

3.2 Eisdicke, Temperatur, Salzgehalt, Solevolumen und Algenpigmentgehalt der Eiskerne.

Die Eisdicken

Während der zwei Expeditionen wurden Eisschollen unterschiedlichster Dicke (10 bis 346 cm) beprobt. Der Median der Kernlängen aller vermessener Kerne betrug 183 cm. Die Variabilität der Eisdicken ist in Abb. 3.4 dargestellt. Zwischen den drei Untersuchungsgebieten bestanden deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Eisdicken. Im Barentsmeer betrug die mittlere Eisdicke 197 cm, mit einer großen Spannweite von 20 bis 282 cm. Im Laptewmeer waren die Eisdicken mit 10 bis 312 cm ebenfalls sehr variabel und waren im Mittel mit 133 cm dünner als im Barentsmeer. Das Eis der Grönlandsee war mit 270 cm im Mittel deutlich dicker als in den beiden anderen Gebieten und zeigte eine geringere Variabilität von 192 bis 346 cm (Abb. 3.5). Beim Vergleich der Eisdicken, sowohl aller vermessenen Kerne ($n=111$) als auch nur der vollständig für Organismenzählungen bearbeiteten Kerne ($n=32$), ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgebieten. Dabei war das Eis der Grönlandsee dicker als das des Barents- und Laptewmeeres (H-Test, Nemenyi-Test). Die Dicken-Häufigkeitsverteilung der Eiskerne, an denen die Parameter Temperatur, Salzgehalt und Algenpigmentgehalt bestimmt wurden, verdeutlicht ebenfalls, daß im Laptewmeer vorwiegend dünnere Eisschollen (100 bis 200 cm) vorkamen, in der Grönlandsee und im Barentsmeer dagegen Eis mit Dicken von 250 bis 300 cm am häufigsten war, wobei im Barentsmeer aber auch deutlich geringere Eisdicken vorkamen (Abb. 3.6).

Tab. 3.1: Stationsliste ARK IX/4: Barentsmeer (AR94224 bis AR94233), Laptevmeer (AR94238 bis AR94264), Ostgrönlandstrom (AR101195 bis AR101204) und Framstraße (AR101216 bis AR101221). HS = Helikopterstation, ej = einjährig, mj = mehrjährig. Salinität, Temperatur und Solevolumen sind über den gesamten Kern gemittelte Werte. (Fortsetzung nächste Seite)

Schiffsstation	Eisstation	Datum	Zeit	Breitengrad	Längengrad	Wassertiefe (m)	Eisbedeckung (1-10)	Eisdicke (cm)	Schollengröße (m)
27/006	AR94224	12.08.1993	10:00-16:13	81°12'N	30°35' E	185	9	260-282	>1000
27/014	AR94225	13./14.08.1993	20:15-7:00	81°40'N	30°15' E	2657	9-10	20-289	>1000
27/017	AR94227	15.08.1993	9:45-14:45	82°12'N	34°30' E	2456	10	250-252	>1000
27/019	AR94230	18./19.08.1993	9:00-0:13	82°45'N	40°12' E	2988	9-10, mj	192-203	>1000
27/020	AR94231	19./20.08.1993	18:00-03:42	82°23'N	40°55' E	1987	9-10, mj	21-55	
27/024	AR94232	20./21.08.1993	19:15-0:39	82°10'N	42°03' E	996	9-10, mj	248-257	
27/027	AR94233	21.08.1993	14:00-20:00	82°01'N	43°33' E	289	9-10	194-200	
HS	AR94238	26.08.1993	12:00-16:00	78°10'N	103°05' E			100-130	
HS	AR94239	27.08.1993	07:00-11:00	78°08'N	102°48' E	< 0.1		57-103	10 m Festeis
HS	AR94240	28.08.1993	10:00-14:00	77°40'N	100°32' E			164-183	
HS	AR94243	31.08.1993	10:00-14:00	75°46'N	121°54' E		Packeisgrenze	148-168	40
27/033	AR94246	03.09.1993	3:04-14:04	79°39'N	130°33' E	3420	8	10-85	
HS	AR94249	06.09.1993	06:00-10:00	77°57'N	131°29' E		Packeisgrenze	130-124	ca. 3000
HS	AR94250	07.09.1993	10:00	77°00'N	125°49' E			141-154	1000
27/045	AR94251-0	08.09.1993	24:00-1:00	77°28'N	125°54' E	1750	10, ej	93-111	ca. 2000
HS	AR94251-1	08.09.1993	14:00	77°24'N	126°13' E			90-92	1000
HS	AR94252	09.09.1993	10:00	77°09'N	125°51' E			132-136	ca. 2000
27/050	AR94253	10.09.1993	4:40-14:15	77°44'N	125°46' E	1990	9	143-164	3000-4000
27/052	AR94254	11.09.1993	3:20-10:00	78°07'N	125°03' E	2410	9-10	155-228	ca. 2000
27/053	AR94255	12.09.1993	3:00-13:50	79°15'N	122°53' E	3244	9-10	141-165	ca. 2000
27/056	AR94257	14.09.1993	18:16-1:43	78°40'N	118°44' E	2617	9-10	119-127	ca. 1000
27/058	AR94258	15./16.09.1993	18:35-2:56	78°00'N	118°34' E	1930	8-9	171-234	ca. 2000
27/060	AR94260	16./17.9.1993	23:26-7:05	77°34'N	118°26' E	1181	9	197-201	ca. 1000
27/064	AR94261	18.09.1993	1:32-8:15	77°16'N	118°32' E	202	8	133-158	1000-2000
HS	AR94263	20.09.1993	04:00-6:00	78°19'N	106°48' E	5	10	137-176	Festeis
27/069	AR94264	21.09.1993	3:45-8:30	78°42'N	112°32' E	517	10	258-312	ca. 200
31/7	AR101195/€	15.07.1994	21:00-14:00	75°34'N	12°09' W	229	1, ej/mj	272-336	>1000
31/9	AR101197	16.07.1994	16:00-22:00	74°55'N	12°23' W	1533	8, mj	289	>1000
31/14	AR101200	19./20.07.1994	22:00-4:00	75°01'N	12°56' W	321	5	200-224	>1000
31/16	AR101201	21.07.1994	04:25	75°00'N	12°57' W	352	5, mj	296	>1000
31/20	AR101202	22./23.7.94	20:45-0:45	75°02'N	12°26' W	890	3-4, mj	253-267	100
31/21	AR101204	24.07.1994	6:00-10:00	74°28'N	11°43' W	2909	6, mj	192-337	>1000
HS	AR101216	05.08.1994	16:30-21:00	78°58'N	5°02' W	1170	6, ej, mj	207-208	100-1000
HS	AR101217	06.08.1994	13:00-16:00	78°56'N	5°20' W	811	6, ej, mj	307-310	2000
HS	AR101218	07.08.1994	9:00-14:00	79°00'N	6°46' W		6, ej, mj	254	100
HS	AR101220	09.08.1994	10:00-15:00	78°58'N	3°14' W	2160	7, ej, mj	346	1800
HS	AR101221	10.08.1994	13:00-16:00	78°48'N	3°51' W	2013	8-9, ej, mj		10-1000

(Fortsetzung von der vorigen Seite) Auf den Stationen AR94231 und AR94263 erfolgten an jeweils zwei Stellen Probennahmen. Sedimentvorkommen im Eis: 0 = kein Sediment, 1 = wenig Sediment, 2 = mittlerer Anteil Sediment, 3 = viel Sediment, schon mit bloßem Auge zu erkennen.

Luft- temperatur (°C)	Wasser- temperatur (°C)	Freibord (cm)	Schneebe- deckung (cm)	Sediment (0-3)	Chlorophyll a (mg /m ²)	Salinität	Temperatur (°C)	Solevolumen (ppt)
2.00	-1.60	15				1.96	-0.71	121
-0.35	-1.53	32		0-3	1.13	2.05	-1.08	112
1.30	-1.50	21		3	2.90	1.77	-1.09	104
1.05	-1.50				1.00	1.43	-0.94	143
	-1.50				0.43/0.62	1.08/0.58	-0.27/-0.26	304/286
0.57	-1.50	36			1.06	2.97	-1.52	120
0.28	-1.50				0.70	1.69	-0.64	154
0.14		10-15	2		0.08	0.46	-0.06	402
				2-3	0.29	0.11	-1.00	2
-1.50	-1.50		2	2-3	3.86	2.22	-1.14	119
-1.00		16	10	2-3	0.72	0.29		
-5.00	-1.50	2	15	2	1.05	1.19	-0.31	128
-2.50	-1.50	6	5	3	0.64	1.62		
		16	5-6	2-3	0.28	0.90		
-2.00		10	5		0.08	0.95	-0.32	154
-0.40		10			0.42	1.84		
			5	2		0.65		
		12	5-10	1	0.43	1.47	-0.80	129
-3.50			10	0	0.28	1.53	-0.63	112
-6.00		23	7		0.13	1.48	-0.46	215
-10.00		27	6	1-2	1.50	1.81	-0.76	103
-8.50		20	5		0.86	1.58	-0.73	88
		24	5	0	2.52	1.73	-1.01	77
		15	4	3	1.69	1.65	-0.41	146
-5.00		9	9		0.24/ 0.17	0.39/ 2.33		
-8.00		7	5-6		4.14	3.00	-1.70	80
-0.1	-1.0	30	6	0-1	0.64	2.01	-1.10	119
-1.7	-0.8	>30	0	0-3	1.84	0.39	-0.20	98
-0.5	-1.1	9	3	0	0.93	2.47	-0.90	151
1.8	-1.2			1				
0.0	-0.6	26		0	1.49	2.35	-0.95	181
2.5	-0.1	32	0	0	0.13	1.73	-0.90	104
-0.6	-1.1	16	5	0-1	0.78	1.96	-0.50	243
-0.5	-1.1		5		0.59	1.82	-0.80	151
		30	5		2.93	2.55	-0.90	193
-0.1	-1.5		2-5	3	1.62	1.94	-1.10	138
-0.7	-1.1		5					

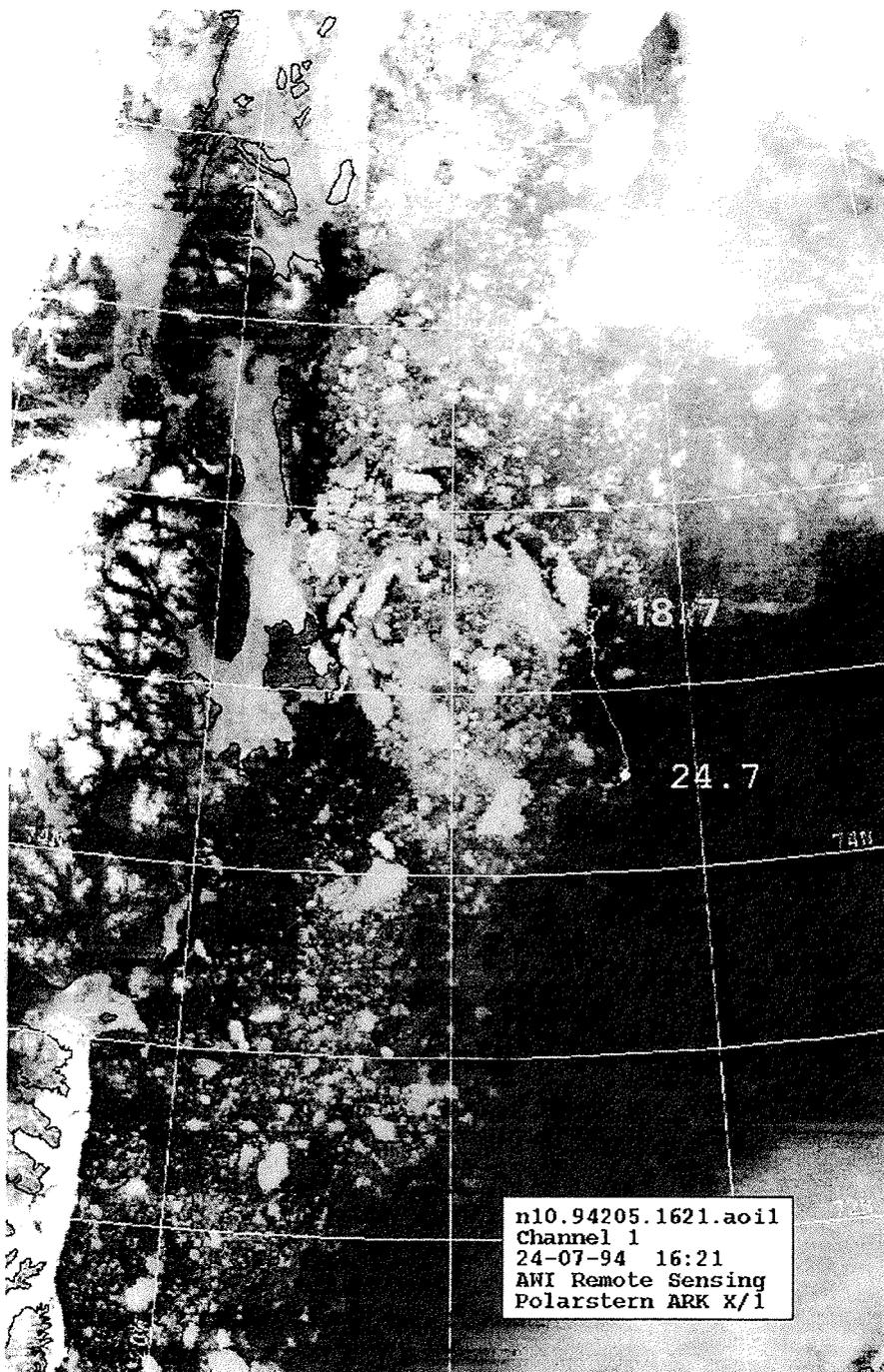


Abb. 3.3: Satellitenaufnahme der Grönlandsee vom 24.7.1994. Die eingezeichnete Linie markiert den Driftverlauf einer Eisscholle, die im Fahrtverlauf des FS „Polarstern“ zweimal, am 15.7. und am 24.7.1994, beprobt wurde (verändert nach Martin und Li 1995).

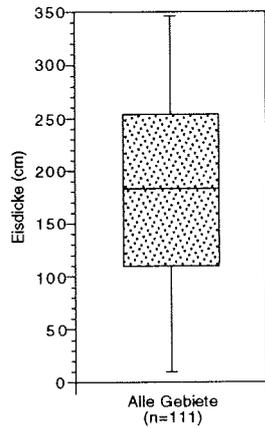


Abb. 3.4: Eisdicken aller vermessenen Kerne in der Transpolar drift (Barentsmeer, Laptewmeer und Grönlandsee), Darstellung mittels „Box“- Graphik: der Median entspricht der Linie zwischen dem oberen Quartil $x_{0,75}$ und dem unteren Quartil $x_{0,25}$, die als Rechtecke dargestellt sind. Die senkrechten Linien an den Ober- und Unterseiten der Rechtecke zeigen die Spannweite an. Ausreißer sind als Kreise dargestellt. n = Anzahl der Kerne.

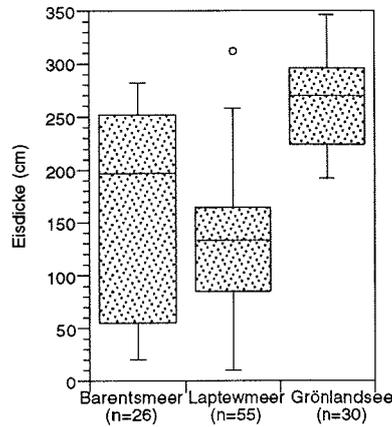


Abb. 3.5: Eisdicken aller vermessenen Kerne im Barentsmeer, Laptewmeer und in der Grönlandsee. n: Anzahl der Kerne. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

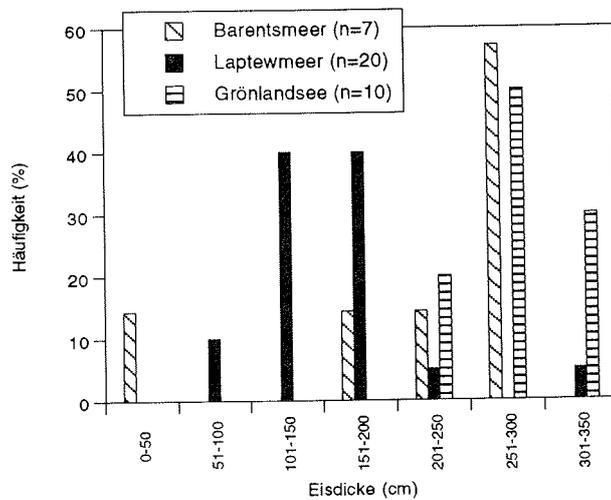


Abb. 3.6: Eisdicken-Häufigkeitsverteilung der Eiskerne, an denen die Parameter Temperatur, Salzgehalt und Algenpigmentgehalt bestimmt wurden. n = Anzahl der Kerne.

Temperatur der Eiskerne

Die Eiskerne aus den drei Untersuchungsgebieten zeigten vorwiegend den gleichen vertikalen Temperaturverlauf mit den höchsten Temperaturen an der Eisoberseite und sinkenden Temperaturen mit zunehmender Eistiefe. Dies ist beispielhaft an Kern AR94224-01 dargestellt (Abb. 3.7). Lediglich Kern AR94264-01 (Abb. 3.7) aus dem Laptewmeer war an der Oberseite etwas kälter und hatte ab ca. 50 cm eine fast gleichbleibende Temperatur. Die Kerne AR94238-01 (Abb. 3.7) und AR94231-05 hatten annähernd gleiche Temperaturen in allen Tiefenhorizonten. Die Vertikalprofile der Temperaturen aller Kerne sind im Anhang zusammen mit den jeweiligen Salzgehalts-, Solevolumen-, Algenpigment-, und Meiofaunaabundanz-Profilen dargestellt, um die verschiedenen Parameter eines Kerns besser vergleichen zu können (Abb. A1 und A2). Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind jedoch einige Abbildungen aus dem Anhang zusätzlich beispielhaft im Ergebnisteil aufgeführt.

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Temperaturprofile (Abb. 3.8) zeigten in allen drei Regionen einen ähnlichen Verlauf von sinkender Temperatur mit zunehmender Eistiefe. Im Laptewmeer waren die Temperaturen an der Eisoberseite etwas niedriger als im Barentsmeer und der Grönlandsee, was auf die dort herrschenden geringeren Lufttemperaturen von im Mittel -3.5°C gegenüber 0.8 bzw. -0.3°C zurückgeführt werden kann. Die Eiskerne der Grönlandsee zeigten zur Unterseite hin wieder eine leichte Erwärmung

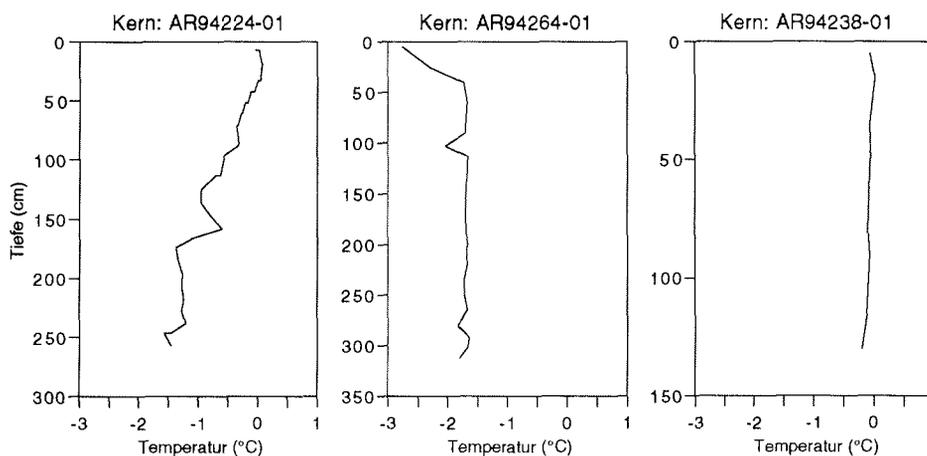


Abb. 3.7: Vertikalprofile der Temperaturverteilung in den Kernen AR94224-01 (Barentsmeer) sowie AR94264-01 und AR94238-01 (Laptewmeer).

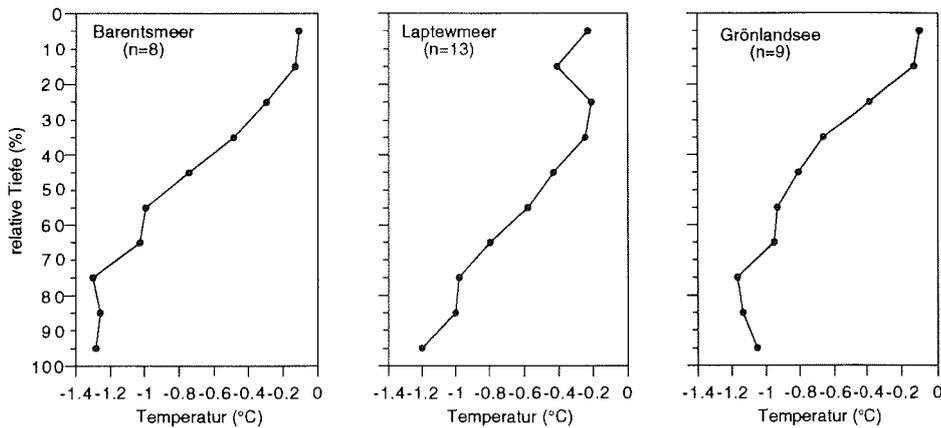


Abb. 3.8: Vertikalprofile der Temperaturverteilung, bezogen auf die relativen Eistiefen, gemittelt für die Kerne aus dem Barentsmøer, Laptewmeer und der Grönlandsee. n = Anzahl der Kerne.

auf nahezu -1°C . Dies erklärt sich aus der gegenüber den anderen Untersuchungsgebieten (-1.5°C) erhöhten Wassertemperatur von im Mittel -1.1°C und deckt sich mit der Beobachtung, daß die Eisschollen in dieser Region deutlich angetaut waren. Die mittlere Eistemperatur aller Kerne betrug -0.8°C . Ein Zusammenhang zwischen der gemittelten Eistemperatur mit der Wasser- und Lufttemperatur oder der isolierenden Schneeeauflage konnte anhand der vorhandenen Daten nicht nachgewiesen werden.

Salzgehalt der Eiskerne

Die Vertikalprofile des Salzgehaltes der Eiskerne waren deutlich uneinheitlicher als die Temperaturprofile. In den meisten Kernen nahm der Salzgehalt von oben nach unten zu, wie z.B. in Kern AR94249-01 (Abb. 3.9 und Abb. A1 und A2, Anhang), es gab aber auch Kerne mit S-förmigem Salzgehaltsprofil, wie z.B. AR94233-01 (Abb. 3.9), mit gleichbleibendem Salzgehalt, wie z.B. AR94238-01 (Abb. 3.9) oder mit starken Unterschieden zwischen den einzelnen Meßhorizonten (z.B. AR94264-01, Abb. 3.9).

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Salzgehaltsprofile zeigten den allgemeinen Trend einer Zunahme des Salzgehaltes mit der Tiefe (Abb. 3.10). Auffallend ist, daß die Salzgehalte in den oberen 2/3 der Kerne aus dem Laptewmeer niedriger waren als im Eis des Barentsmøeres und der Grönlandsee.

Die über die gesamte Dicke der Kerne gemittelten (gewichtetes Mittel unter Einbeziehung der Segmentdicken) Salzgehalte zeigten eine große Spannweite von 0.11‰ bis

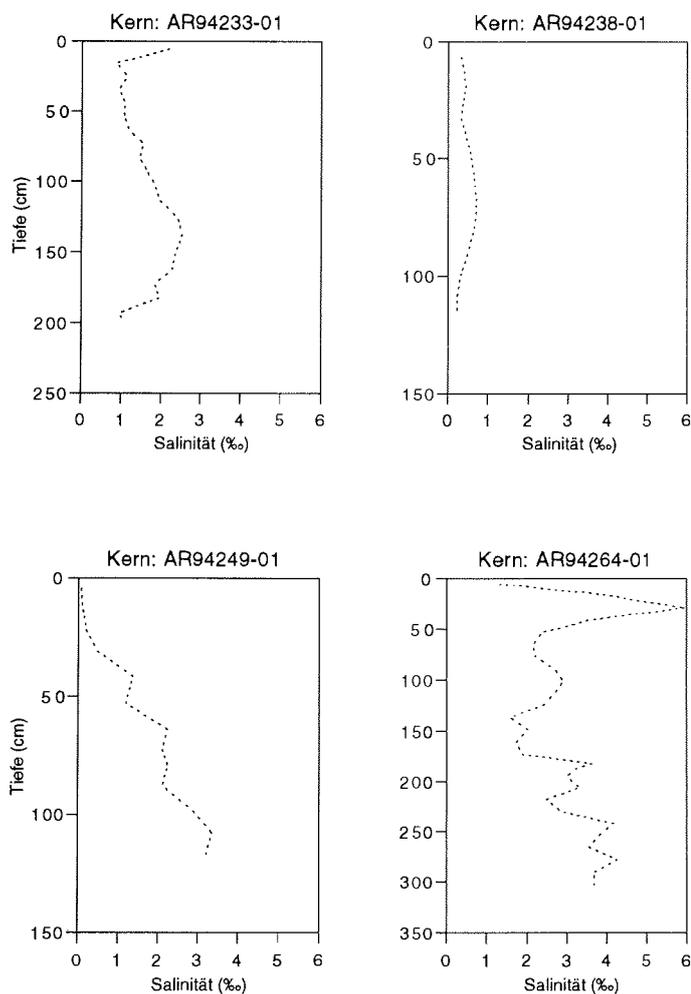


Abb. 3.9: Vertikalprofile der Salzgehaltsverteilung in den Kernen AR94233-01 (Barentsmeer) sowie AR94238-01, AR94249-01 und 264-01 (Laptewmeer).

3.00‰ mit einem mittleren Wert von 1,71‰ (Abb. 3.11). Beim Vergleich der drei Untersuchungsgebiete fallen die im Mittel geringeren Salzgehalte der Kerne im Laptewmeer auf, wobei die Spannweite mit 0.11‰ bis 3.00‰ jedoch die des Barentsmeeres und der Grönlandsee übertraf (Abb. 3.12). Die höchsten und am wenigsten variablen Gesamtsalzgehalte hatte das Eis der Grönlandsee. Insgesamt zeigten die mittleren Salzgehalte der Eiskerne aller untersuchten Regionen die Tendenz, mit zunehmender Eisdicke anzu- steigen (Abb. 3.13).

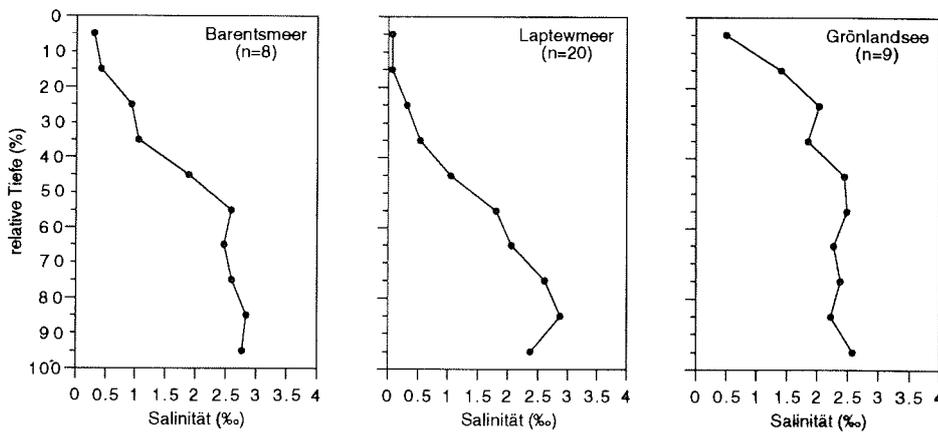


Abb. 3.10: Vertikalprofile der Salzgehaltsverteilung, bezogen auf die relativen Eistiefen, gemittelt für die Kerne aus dem Barentsmeer, Laptewmeer und der Grönlandsee. n = Anzahl der Kerne.

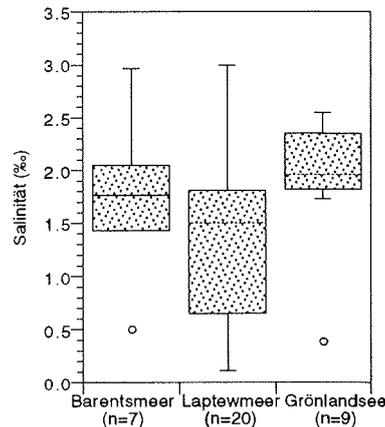
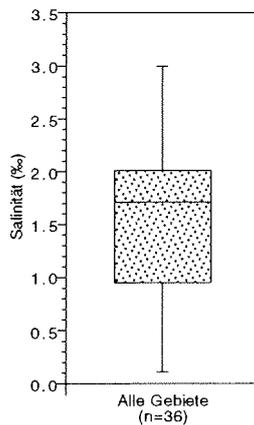


Abb. 3.11: Mittlere Salinitäten aller vermessenen Kerne in der Transpolar drift (Barentsmeer, Laptewmeer und Grönlandsee). Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

Abb. 3.12: Mittlere Salinitäten aller vermessenen Kerne im Barentsmeer, Laptewmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

Solevolumen der Eiskerne

Die Vertikalprofile der Solevolumina ließen keinen generellen Trend erkennen und zwischen übereinanderliegenden Segmenten bestanden häufig große Unterschiede (Abb. A1 und A2, Anhang). In den meisten Eiskernen der Grönlandsee nahmen die Solevolumina an den Oberseiten deutlich zu, wie z.B. in Kern AR101195/96-01 (Abb. 3.14) was im wesentlichen auf die relativ hohen Salzgehalte in diesen Horizonten zurückzuführen ist.

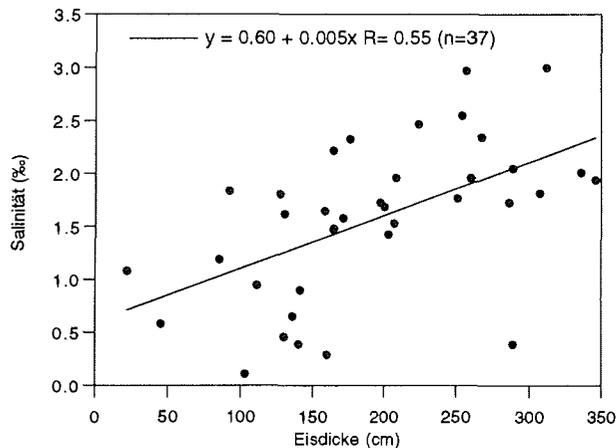


Abb. 3.13: Die gemittelten Salinitäten in Abhängigkeit von den Eisdicken. n: Anzahl der Kerne. R = Korrelationskoeffizient, $p \leq 0.05$.

In einigen Fällen wurden an den Oberseiten relative Solevolumina errechnet, die über 500 ppt lagen. Diese wurden nicht in die Abbildungen und Berechnungen einbezogen, da sie offensichtlich auf Fehlern bei der Temperaturmessung beruhten, da derartig starke Schmelzprozesse an den Eiskernen nicht erkennbar waren.

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Solevolumenprofile zeigten im wesentlichen gleichbleibende Werte, lediglich in der Grönlandsee war in den oberen 10-30% der Schollen eine Zunahme des Solevolumens zu beobachten, welches auf relativ hohen Salinitäten beruhte (Abb. 3.15). Die Kerne des Laptevmeeres hatten wegen ihres geringen Salzgehaltes an den Oberseiten etwas geringere Solevolumina.

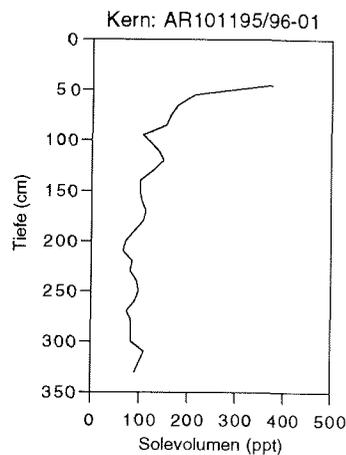


Abb. 3.14: Vertikalprofil der relativen Solevolumina in Kern AR101195/96-01 (Grönlandsee).

Die über die gesamte Dicke der Scholle gemittelten relativen Solevolumina lagen durchschnittlich bei 128 ppt und zeigten eine große Variabilität von 2 bis 402 ppt (Abb. 3.16).

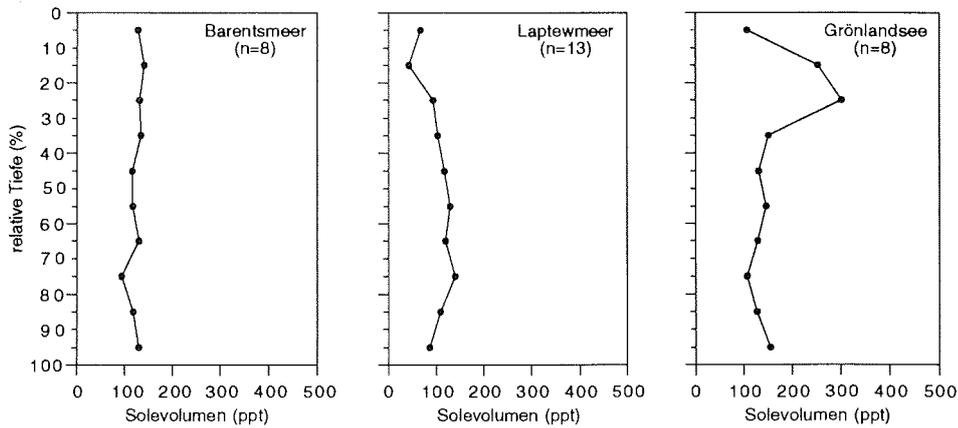


Abb. 3.15: Vertikalprofile der relativen Solevolumina, bezogen auf die relativen Eistiefen, gemittelt für die Kerne aus dem Barentsmeer, Laptevmeer und der Grönlandsee. n = Anzahl der Kerne.

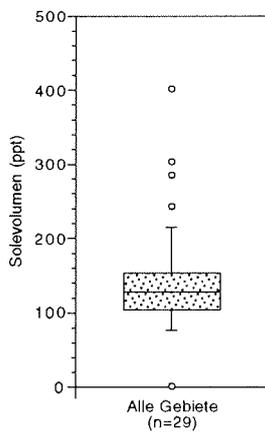


Abb. 3.16: Mittlere relative Solevolumina aller vermessenen Kerne in der Transpolar drift (Barentsmeer, Laptevmeer und Grönlandsee). Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

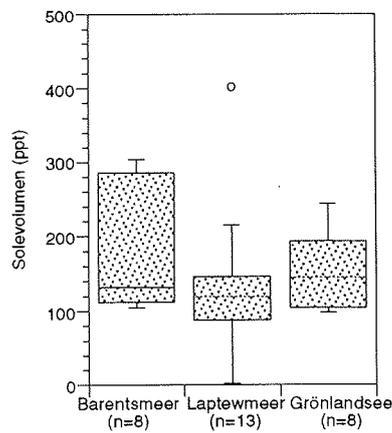


Abb. 3.17: Mittlere relative Solevolumina aller vermessenen Kerne im Barentsmeer, Laptevmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

Die Mediane der Solevolumina in den drei Untersuchungsgebieten unterschieden sich nur geringfügig. In den Kernen des Laptevmeeres waren die relativen Solevolumina am geringsten, zeigten dort aber mit 2 bis 402 ppt die größte Variabilität (Abb. 3.17). Die relativen Solevolumina der Grönlandsee-Eiskerne zeigten mit 98 bis 243 ppt die geringste Spannweite.

Algenpigmentgehalt der Eiskerne

Die Vertikalprofile der Algenpigmente zeigten zumeist einen ähnlichen Verlauf mit geringen Werten an der Eisoberseite und einer starken Zunahme der Chlorophyll *a*-Konzentration in den untersten Zentimetern der Eiskerne (Abb. A1 und A2, Anhang). Maximale Werte wurden mit 56,0 μg Chlorophyll *a*/l an der Unterseite von Kern AR101218-01 (Abb. 3.18), gefolgt von Kern AR101220-02 (37,5 $\mu\text{g}/\text{l}$) erreicht. In einigen anderen Kernen (z.B. 260-01, Abb. 3.18) aus dem Laptevmeer lagen die Chlorophyll *a*-Konzentrationen ebenfalls über 25 $\mu\text{g}/\text{l}$. In einigen Eiskernen traten auch kleinere interne Chlorophyll *a*-Maxima auf (z.B. AR94264-01, Abb. 3.18). Der Gehalt an Phaeopigmenten stieg an der Unterseite meist nur leicht an (Abb. A1 und A2, Anhang).

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Chlorophyll *a*-Profile zeigten die stärkste Zunahme an Algenpigmentkonzentration (5,5 $\mu\text{g}/\text{l}$) nahe der Unterseite der Barentsmeer-Eiskerne (Abb. 3.19). Bei den Kernen aus dem Laptevmeer war ein deutlich geringerer Anstieg zu verzeichnen. Da bei der Berechnung der Mediane jeweils die Werte innerhalb 10% der Gesamtdicke zusammengefaßt wurden, lagen die gemittelten Chlorophyllkonzentrationen deutlich unter den beobachteten Maximalwerten in den untersten Horizonten z.B. in den untersten 2 cm der Kerne.

Die über die gesamte Dicke der Scholle integrierten und auf einen Quadratmeter bezogenen Chlorophyll *a*-Gehalte hatten einen mittleren Wert von 0,72 mg/m^2 mit einer Spannweite von 0,08 bis 4,14 mg/m^2 (Abb. 3.20). Der mittlere Chlorophyll *a*-Gehalt war

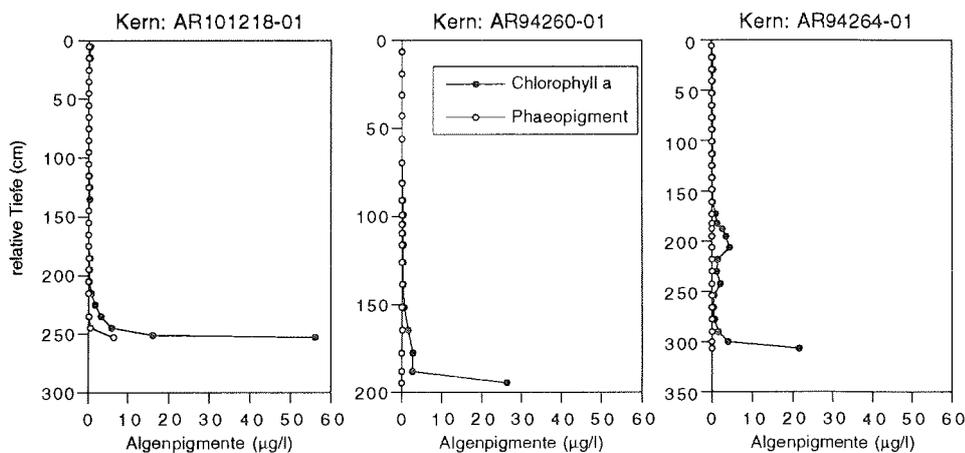


Abb. 3.18: Vertikalprofile der Algenpigmentkonzentrationen im Kern AR101218-01 (Grönlandsee) sowie den Kernen AR94260-01 und AR94264-01 (Laptevmeer).

mit 0.34 mg/m^2 im Laptewmeer am niedrigsten, jedoch wurde dort mit 4.14 mg/m^2 auch der höchste Wert gemessen. Die Chlorophyllgehalte der Eiskerne aus dem Barentsmeer und der Grönlandsee waren ähnlich variabel und hatten mit 1.0 bzw. 0.93 mg/m^2 auch ähnliche mittlere Werte (Abb. 3.21).

Die integrierten Chlorophyllgehalte nahmen mit zunehmender Eisdicke zu (Abb. 3.22). Dieser Effekt wurde zum einen dadurch hervorgerufen, daß die geringen Chlorophyll-

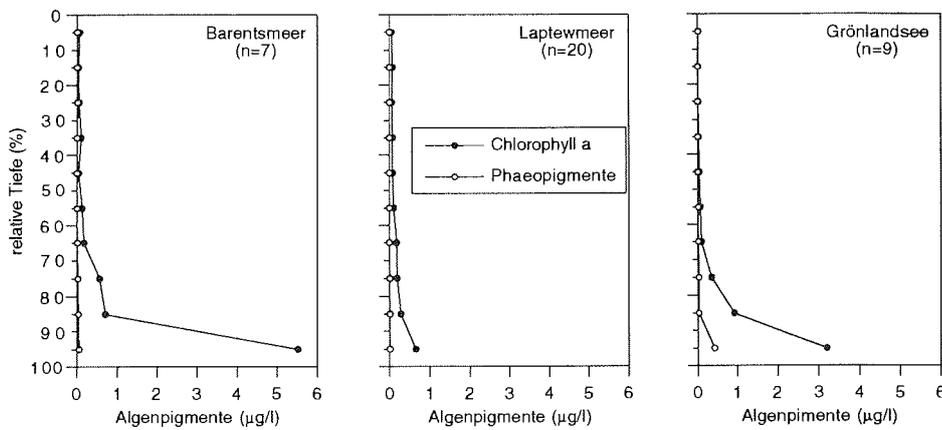


Abb. 3.19: Vertikalprofile der Algenpigmentkonzentrationen, bezogen auf die relativen Eistiefen, gemittelt für die Kerne aus dem Barentsmeer, Laptewmeer und der Grönlandsee. n = Anzahl der Kerne.

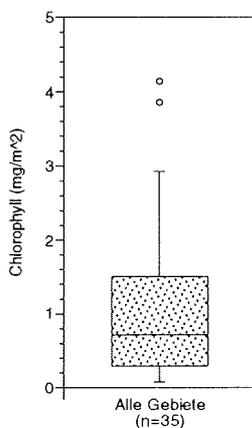


Abb. 3.20: Mittlere Chlorophyll a-Konzentrationen aller vermessenen Kerne in der Transpolar-drift (Barentsmeer, Laptewmeer und Grönlandsee). Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

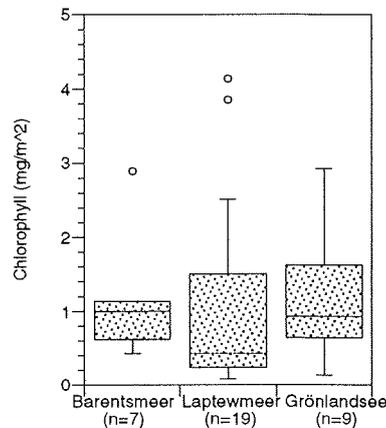


Abb. 3.21: Mittlere Chlorophyll a-Konzentrationen aller vermessenen Kerne im Barentsmeer, Laptewmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

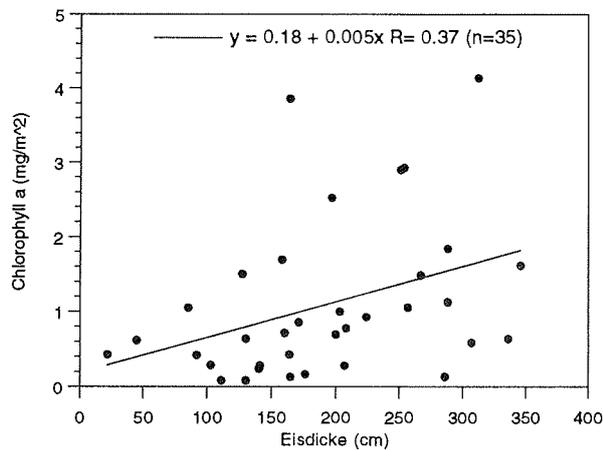


Abb. 3.22: Integrierte Chlorophyll a-Gehalte aller untersuchten Eiskerne in Abhängigkeit von den Eisdicken. n = Anzahl der Kerne, R = Korrelationskoeffizient, $p \leq 0.05$.

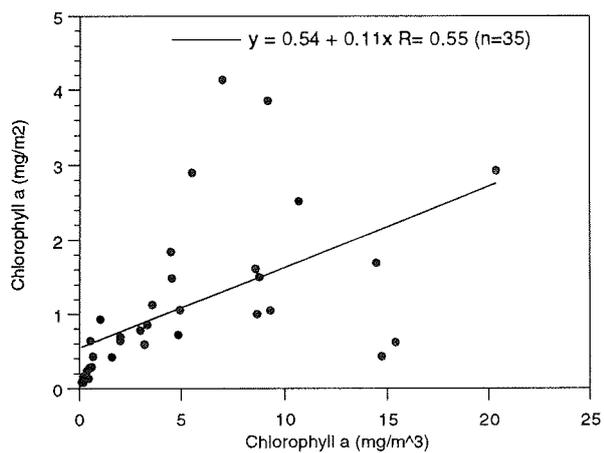


Abb. 3.23: Integrierte Chlorophyll a-Gehalte aller untersuchten Eiskerne in Abhängigkeit von den Chlorophyllkonzentrationen in den untersten 10% der Eisschollen. n = Anzahl der Kerne, R = Korrelationskoeffizient, $p \leq 0.05$.

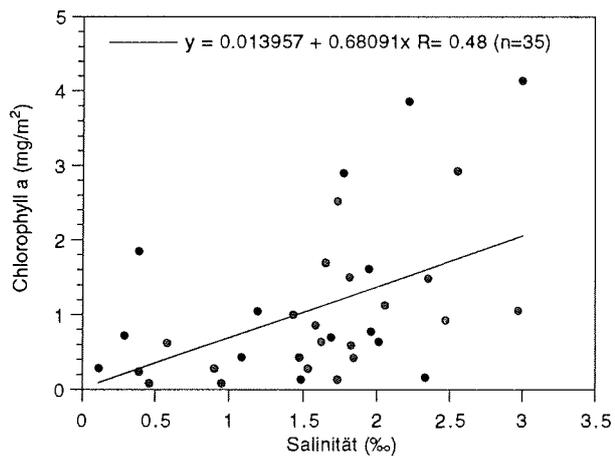


Abb. 3.24: Integrierte Chlorophyll a-Gehalte aller untersuchten Eiskerne in Abhängigkeit von den mittleren Salzgehalten der Eiskerne. n = Anzahl der Kerne, R = Korrelationskoeffizient, $p \leq 0.05$.

konzentrationen innerhalb der mittleren und oberen Schichten des Eises sich in dickeren Kernen stärker aufaddierten. Der integrierte Gesamtchlorophyllgehalt der Eiskerne wurde zum anderen stark von den Chlorophyllgehalten der unteren Horizonte der Kerne beeinflusst, wo die höchsten Chlorophyllkonzentrationen auftraten. Die Korrelation zwischen dem Chlorophyllgehalt der unteren 10% der Kerne mit dem Gesamtchlorophyllgehalt ist in Abbildung 3.23 exemplarisch dargestellt. Die Chlorophyllgehalte der untersten 11.5 cm (7 bis 17.5 cm) aller Kerne hatten einen durchschnittlichen Anteil von 42% (12 bis 93%) am integrierten Gesamtchlorophyllgehalt. Der integrierte Chlorophyllgehalt hatte die Tendenz, mit steigenden (gemittelten) Salinitäten des Eises zuzunehmen (Abb. 3.24).

3.3 Vertikalverteilung und Abundanz der Meiofaunaorganismen

Die Eismeiofauna setzte sich im wesentlichen aus Nematoden, Rotatorien, acoelen Turbellarien, Copepoden sowie Ciliaten zusammen. Daneben traten in den Eisproben noch verschiedene andere Organismen, Eier, Dauerstadien und Hartstrukturen von Organismen auf, wie z.B. Rotatorieneier, Foraminiferengehäuse, Muschelschalen, Tintinnengehäuse, Gehäuse der Flügelschnecke *Limacina*, Exuvien von Copepoden, Insekten, Pollen sowie Teile von Moosen und Flechten. Alle Organismen und Objekte, die in den Eisproben gefunden wurden, sind in den Tabellen A1 bis A4 im Anhang aufgeführt.

Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz

In den meisten Eiskernen waren in den obersten Dezimetern keine oder nur in geringer Konzentration Organismen vorhanden. In größerer Tiefe nahmen die Konzentrationen zu, und in den unteren cm lagen die höchsten Organismendichten vor (Abb. A1 und A2).

In den unteren zwei cm der Eiskerne aus dem Barentsmeer schwankten die Konzentrationen zwischen 10 und 1860 Ind./l, wie z.B. in Kern AR94230-03 (Abb. 3.25). In den Kernen 225-12 und 225-22, die in Schmelztümpeln erbohrt wurden, kamen keine Organismen vor. Im Laptewmeer lagen die Organismenkonzentrationen in den unteren 1 bis 10 cm zwischen 0 und 10960 Ind./l (z.B. in Kern AR94264-03, Abb. 3.26), in der Grönlandsee (untere 2 bis 20 cm) zwischen 0 und 4910 Ind./l (Abb. 3.27). Abweichend von diesem typischen Vertikalprofil traten auch in weiter von der Unterseite entfernten Horizonten (z.B. Kern AR94225-03, Abb. A1) erhöhte Organismenabundanz auf. In einigen Kernen wurden Organismen ausschließlich in den inneren Bereichen des Eises gefunden, so z.B. in Kern AR94258-23 aus dem Laptewmeer (Abb. A1). Diese tiefer im Eis liegenden hohen Organismenkonzentrationen bestanden im wesentlichen aus Nematoden, Rotatorien und Ciliaten. Andere Taxa erreichten nur in den unteren 10 bis 15 cm des Eises Konzentrationen von über 50 Ind./l.

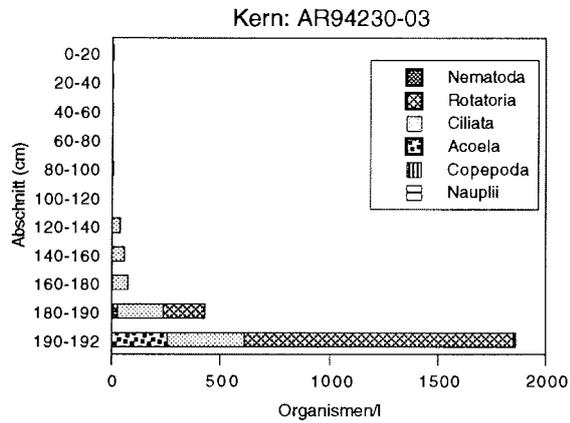


Abb. 3.25: Vertikalprofil der Meiofaunaabundanz in Kern AR94230-03 (Barentsmeer).

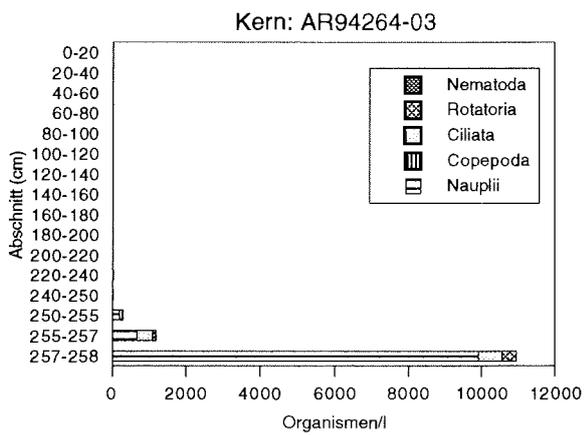


Abb. 3.26: Vertikalprofil der Meiofaunaabundanz in Kern AR94264-03 (Lap-
tewmeer).

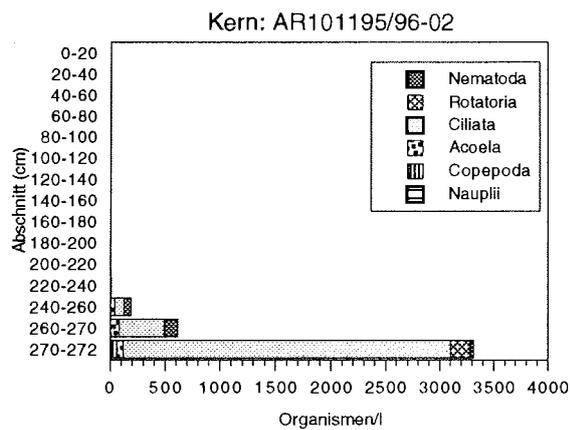


Abb. 3.27: Vertikalprofil der Meiofaunaabundanz in Kern AR101195/96-02 (Grönlandsee).

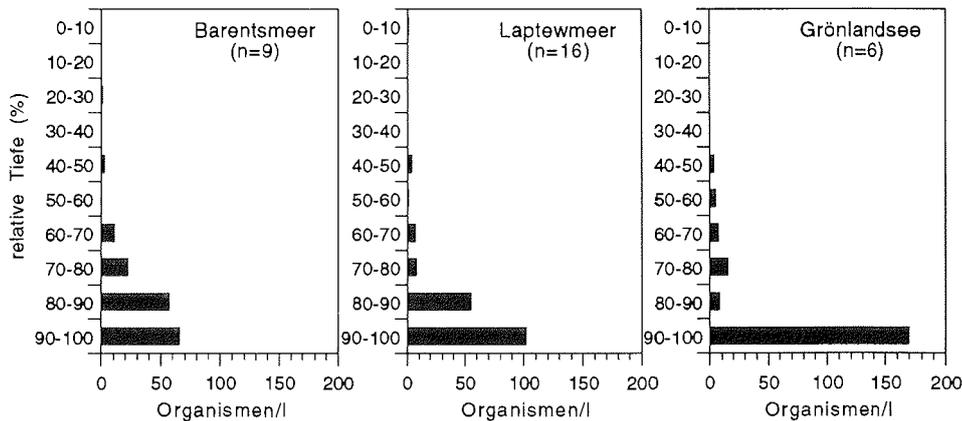


Abb. 3.28: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz, bezogen auf die relativen Eistiefen, gemittelt für die Kerne aus dem im Barentsmeer, Laptewmeer und der Grönlandsee. n = Anzahl der Kerne.

Die über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz verdeutlichen die typische Verteilung der Organismen mit geringen Konzentrationen in den oberen zwei Dritteln der Eisschollen und einer Zunahme der Abundanz im unteren Drittel der Schollen (Abb. 3.28). Im Barentsmeer war eine allmähliche Zunahme der Organismendichte in den unteren 40% der Schollen zu verzeichnen, mit maximal 66 Ind./l. Im Laptewmeer stieg die Organismendichte erst in den unteren 20% der Kerne deutlich an, erreichte dann aber eine mittlere Konzentration von 102 Ind./l. In der Grönlandsee nahm die Meiofaunaabundanz erst in den unteren 10% der Schollen deutlich zu, erreichte hier jedoch im Mittel den höchsten Wert von 170 Ind./l.

Einwanderungstiefe der Meereis-Meiofauna

Die verschiedenen Meiofaunataxa wanderten unterschiedlich tief in das Eis ein. Am weitesten von der Unterseite entfernt (271 cm) traten in der Grönlandsee noch lebende Ciliaten auf. Im Mittel zeigten sie mit 81 cm Entfernung von der Eis-Wasser-Grenzschicht die größte Einwanderungstiefe von allen Meiofaunataxa (Abb. 3.29). Nematoden, Rotatorien, acoele Turbellarien und Copepoden konnten mit maximalen Einwanderungstiefen von 163 bis 182 cm ähnlich weit von der Unterseite entfernt im Eis überleben. Unter den Metazoen traten die Nematoden im Mittel von allen Metazoontaxa am weitesten von der Eis-Wasser-Grenzschicht entfernt auf. Lebende Nauplien wurden maximal 128 cm von der Eisunterseite entfernt gefunden. Im Mittel traten sie allerdings nur bis zu 7 cm von der Unterseite entfernt auf.

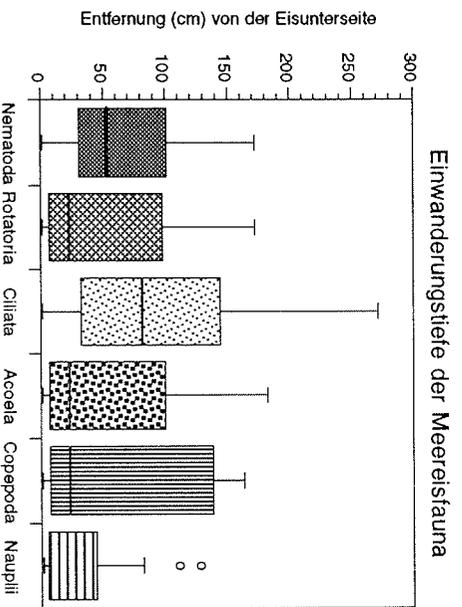


Abb. 3.29: Maximale Entfernung von der Eisunterseite, in der Vertreter der verschiedenen Taxa in den Eiskernen gefunden wurden. Erläuterung der Darstellung siehe Abb. 3.4.

Meiofaunaabundanz pro Quadratmeter

Die Organismenhäufigkeiten, ermittelt anhand aller vollständig bearbeiteten Kerne, betragen in den verschiedenen Regionen der Arktis im Mittel 25400 Ind./m² mit einer großen Spannweite von 0 bis 209900 Ind./m² (Abb. 3.30). In Abbildung 3.31 sind die Abundanz pro Quadratmeter für die einzelnen Untersuchungsgebiete getrennt dargestellt. Die mittlere Häufigkeit war mit 6800 Ind./m² im Barentsmeer am geringsten und

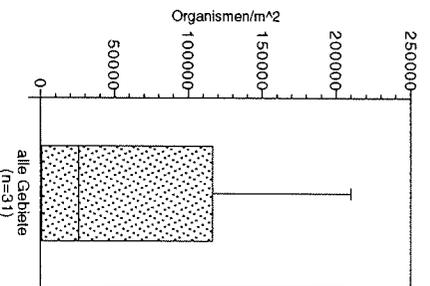


Abb. 3.30: Integrierte Meiofaunaabundanz aller vollständig bearbeiteten Kerne in der Transpolardrift (Barentsmeer; Laptewmeer; Grönlandsee). Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

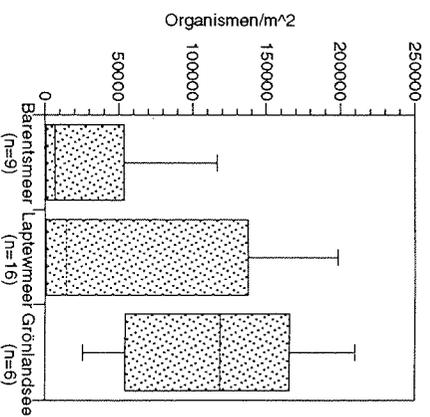


Abb. 3.31: Integrierte Meiofaunaabundanz aller vollständig bearbeiteten Kerne im Barents- und Laptewmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

schwankte absolut zwischen 0 und 116300 Ind./m². Im Laptewmeer war die mittlere Abundanz mit 14300 Ind./m² etwas größer und zeigte mit 0 bis 198100 Ind./m² eine größere Variabilität. In der Grönlandsee waren die mittleren Organismenhäufigkeiten mit 118500 Ind./m² und einer Spannweite von 25700 bis 209900 Ind./m² deutlich höher als in den beiden anderen Gebieten. Der Unterschied in den Abundanzen zeigte sich bereits bei den gemittelten Konzentrationen an Organismen in den unteren Segmenten der Eiskerne (Abb. 3.28) aus den verschiedenen Untersuchungsgebieten. Ein Vergleich mittels H-Test ergab jedoch, daß die Unterschiede in den integrierten Organismenhäufigkeiten zwischen den Regionen nicht signifikant waren.

Die erhöhte Abundanz in der Grönlandsee ist vor allem auf Ciliaten zurückzuführen, in geringerem Maße auch auf Nematoden (Abb. 3.32).

Im Barentsmeer wurde die Meereisgemeinschaft von Ciliaten (0 bis 34%), Nematoden (0 bis 94%) und Rotatorien (0 bis 88%) dominiert, während die übrigen Taxa meist nur in geringen Anzahlen vertreten waren (Abb. 3.33). Lediglich auf Station 231 gehörten bei geringen Gesamtabundanzen auch die acoelen Turbellarien zu den dominanten Organismen (12 bis 66%). Ciliaten kamen auf allen Stationen vor. Die Kerne 224-03 und 225-03 zeichneten sich durch eine Dominanz der Nematoden aus (70 bzw. 94%), während diese Tiere auf Station 231 ganz fehlten. Rotatorien und Turbellarien kamen auf allen Stationen mit Ausnahme von Station 225 vor. Copepoden und Nauplien fehlten auf den Stationen 231 und 233 völlig, Nauplien außerdem auf Station 225.

Im Laptewmeer traten sehr unterschiedliche Organismengemeinschaften auf (Abb. 3.33). Die Kerne 240-03 (Wilkitzki-Straße) sowie einige Kerne aus verschiedenen

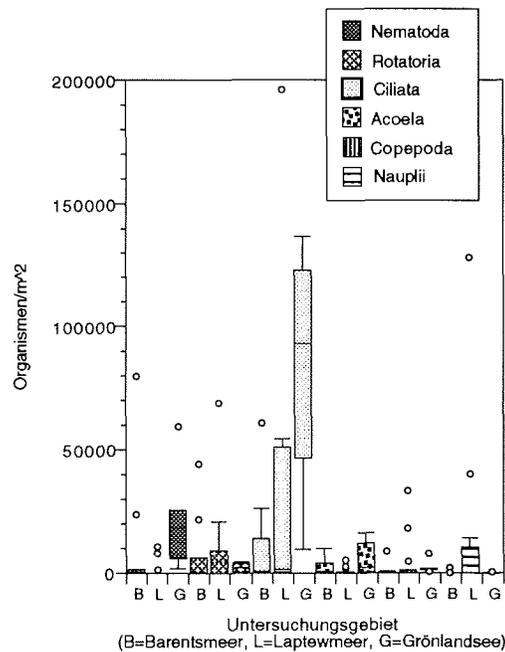


Abb. 3.32: Integrierte Abundanzen der einzelnen Meiofaunataxa im Barentsmeer (B), Laptewmeer (L) und in der Grönlandsee (G). Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

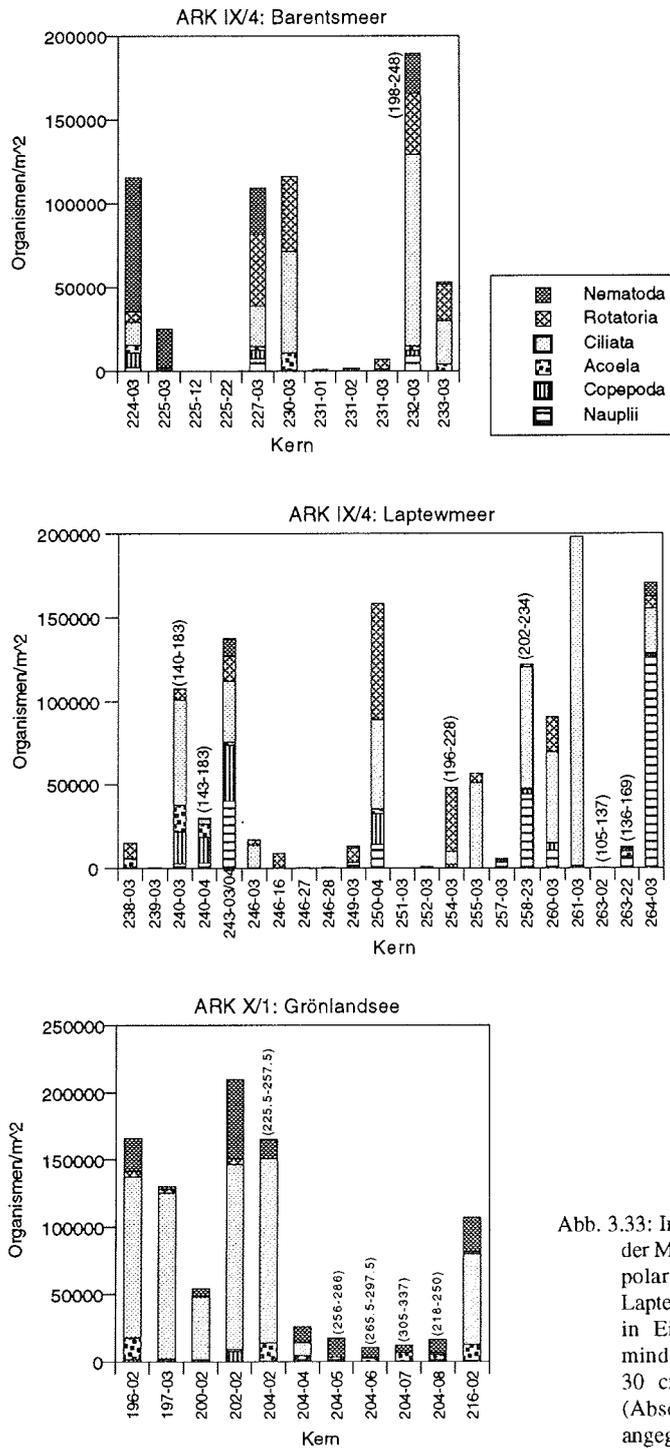


Abb. 3.33: Integrierte Abundanzen der Meiofauna in der Transpolar drift (Barentsmeer, Laptewmeer, Grönlandsee) in Eiskernen, von denen mindestens die unteren 30 cm bearbeitet wurden (Abschnitt in Klammern angegeben).

Regionen des Laptewmeeres wurden von Ciliaten dominiert (bis zu 100%). Ciliaten fehlten nur auf Station 251 und waren auf Station 239 (landnahes Festeis) das einzige vorkommende Taxon. Die Rotatorien dominierten auf Station 238 in der Wilkitzki-Straße sowie auf den Stationen 246, 249, 250 und 254 (19 bis 94%) im nördlichen Laptewmeer bzw. über dem Kontinentalhang des Laptewmeeres. Auf allen anderen Stationen kamen sie in geringer Abundanz vor, außer auf den Stationen 252 und 261, wo sie ganz fehlten. Copepoden zeigten nur auf den Stationen 240, 243 und 250, die alle auf dem flachen Schelf lagen, eine hohe Abundanz. Auf Station 240 waren sie mit 50% das häufigste Taxon. Nauplien waren auf den Stationen 243 und 264 auf dem Laptewmeerschelf sowie auf der Station 258 über tieferem Wasser (ca. 2000 m) sehr abundant und machten auf diesen Stationen 29 bis 75% der Individuen aus. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Nauplien auf den Stationen 246 und 261, da hier keine adulten Copepoden gefunden wurden. Die Abundanz der Turbellarien war, mit Ausnahme von Station 240, wie im Barentsmeer gering. Auf einigen Stationen wurden diese Organismen nicht gefunden. Auffallend ist die geringe Abundanz der Nematoden, die auf den meisten Stationen fehlten oder nur in geringer Anzahl auftraten.

In der Grönlandsee dominierten mit Ausnahme einiger Kerne von Station 204 Ciliaten (63 bis 95%) die Organismengemeinschaft des Meereises und waren auf allen Stationen vorhanden (Abb. 3.33). Neben den Ciliaten waren Nematoden zahlreich vertreten. In den meisten Kernen von Station 204 dominierten sie die Gemeinschaft (9 bis 79%) und kamen auf allen Stationen im Ostgrönlandstrom und der Framstraße vor. Rotatorien hatten auf allen Stationen eine geringe Abundanz und fehlten in einigen Kernen von Station 204. Acoele Turbellarien waren auf den meisten Stationen mit 300 bis 16200 Ind./m² etwas häufiger als im Barents- und Laptewmeer und fehlten nur auf Station 200. Copepoden traten auf allen Stationen in ähnlich geringer Abundanz von 100 bis 7700 Ind./m², wie im Barentsmeer auf. Nauplien wurden nur auf drei Stationen im Ostgrönlandstrom in geringer Anzahl gefunden. Hinsichtlich der Gemeinschaftsstruktur gab es weiterhin keine deutlichen Unterschiede zwischen den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom und der Framstraße.

Die Stationen der Grönlandsee waren hinsichtlich ihrer Meiofaunaabundanz und -zusammensetzung (auf dem Niveau der höheren Taxa) sehr ähnlich (Abb. 3.34) und unterschieden sich deutlich von den Stationen der anderen Untersuchungsgebiete. Die Meiofaunaabundanzen der Stationen 196 und 204, bei denen es sich um die im Abstand von 9 Tagen zweimal beprobte Scholle in der Grönlandsee handelte, zeigten große Ähnlichkeit. Zwischen den Stationen des Barents- und Laptewmeeres waren keine regionalen Unterschiede feststellbar, auch konnten keine Unterschiede zwischen verschiedenen Gebieten des Laptewmeeres nachgewiesen werden.

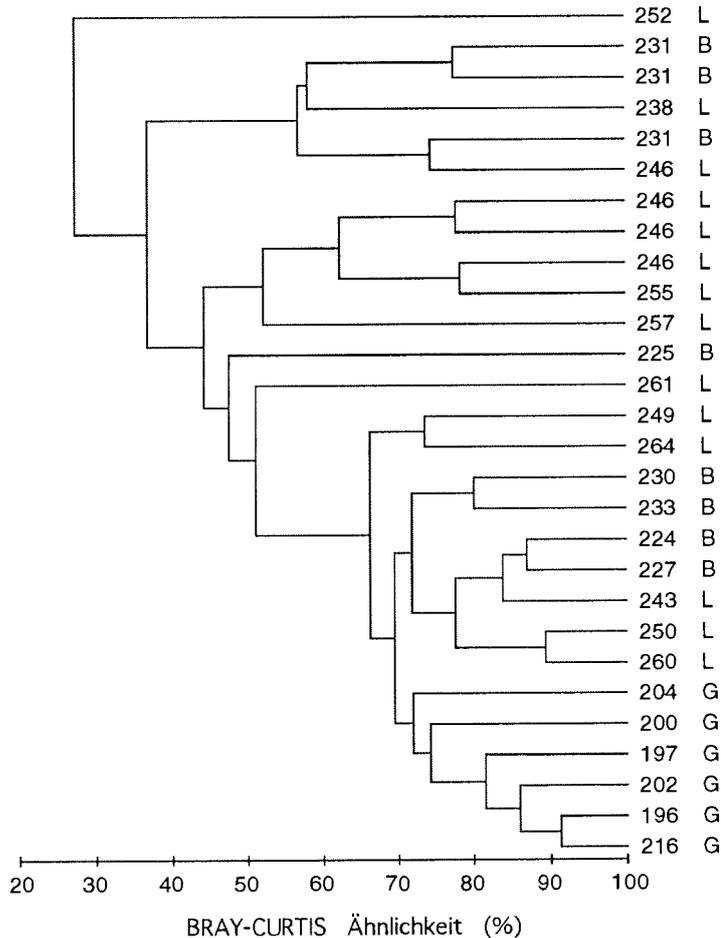


Abb. 3.34: Clusterdiagramm der Meiofaunaabundanz der Stationen im Barentsmeer (B), Laptewmeer (L) und der Grönlandsee (G).

3.4 Untersuchungen zur Variabilität der Meiofaunaabundanz innerhalb einer Eisscholle

Auf der Station AR101204 in der Grönlandsee wurden auf einer Scholle nach dem im Kapitel 2.2 beschriebenen Schema 7 Eiskerne für die Untersuchung der Fleckenhaftigkeit der Organismenverteilung innerhalb einer Eisscholle erhoben. Die Kerndicken variierten zwischen 192 und 337 cm. Die Vertikalprofile der Organismenabundanzen sind in Abb. 3.35 dargestellt. Die Abundanzen der Organismen zeigten deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Probennahmeorten, sowohl hinsichtlich ihrer Gesamtkonzentra-

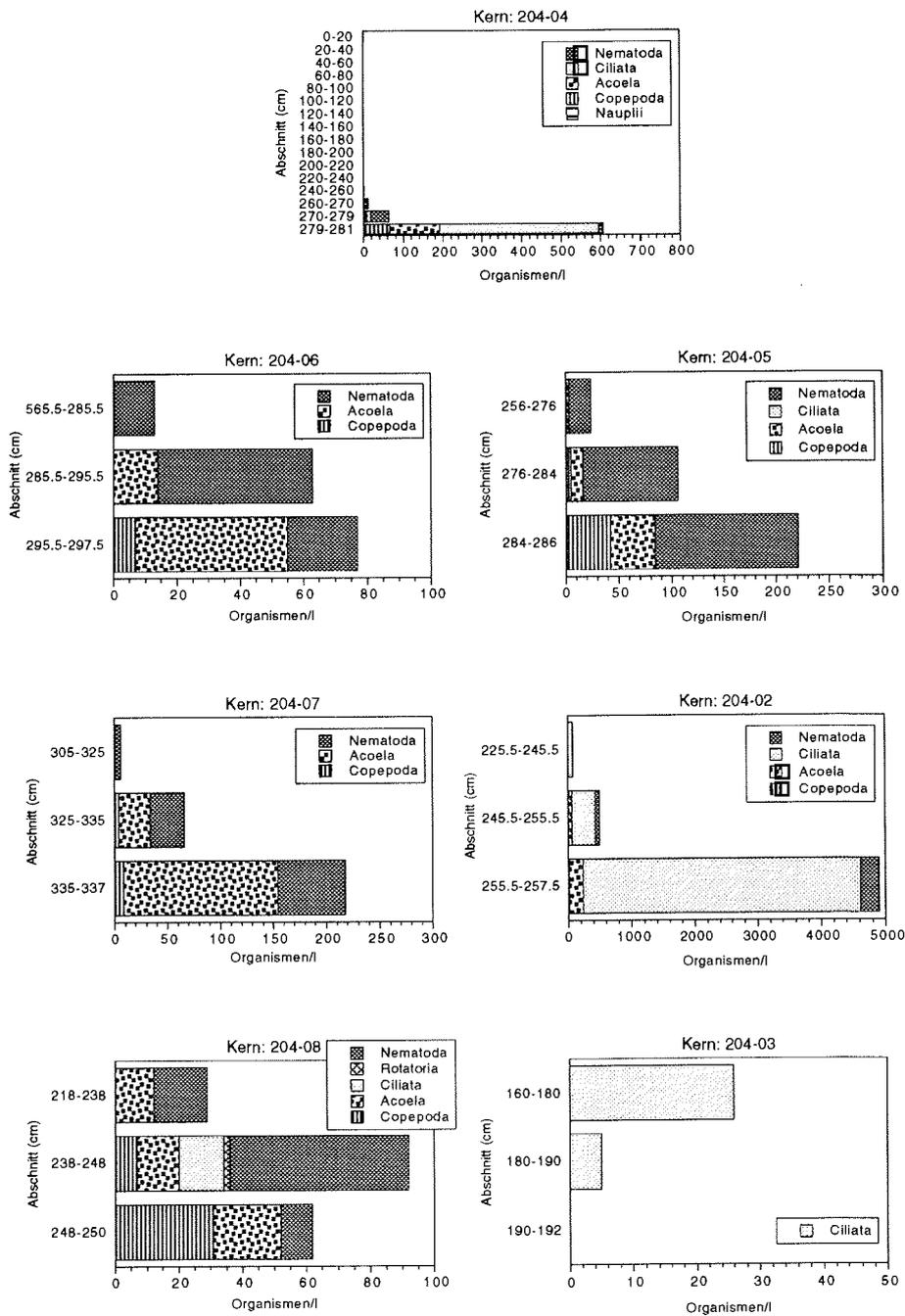


Abb. 3.35: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz auf der Station AR101204 im Ostgrönlandstrom. Aufgrund der unterschiedlichen Organismenkonzentrationen wurden verschiedene Achsenskalierungen verwendet.

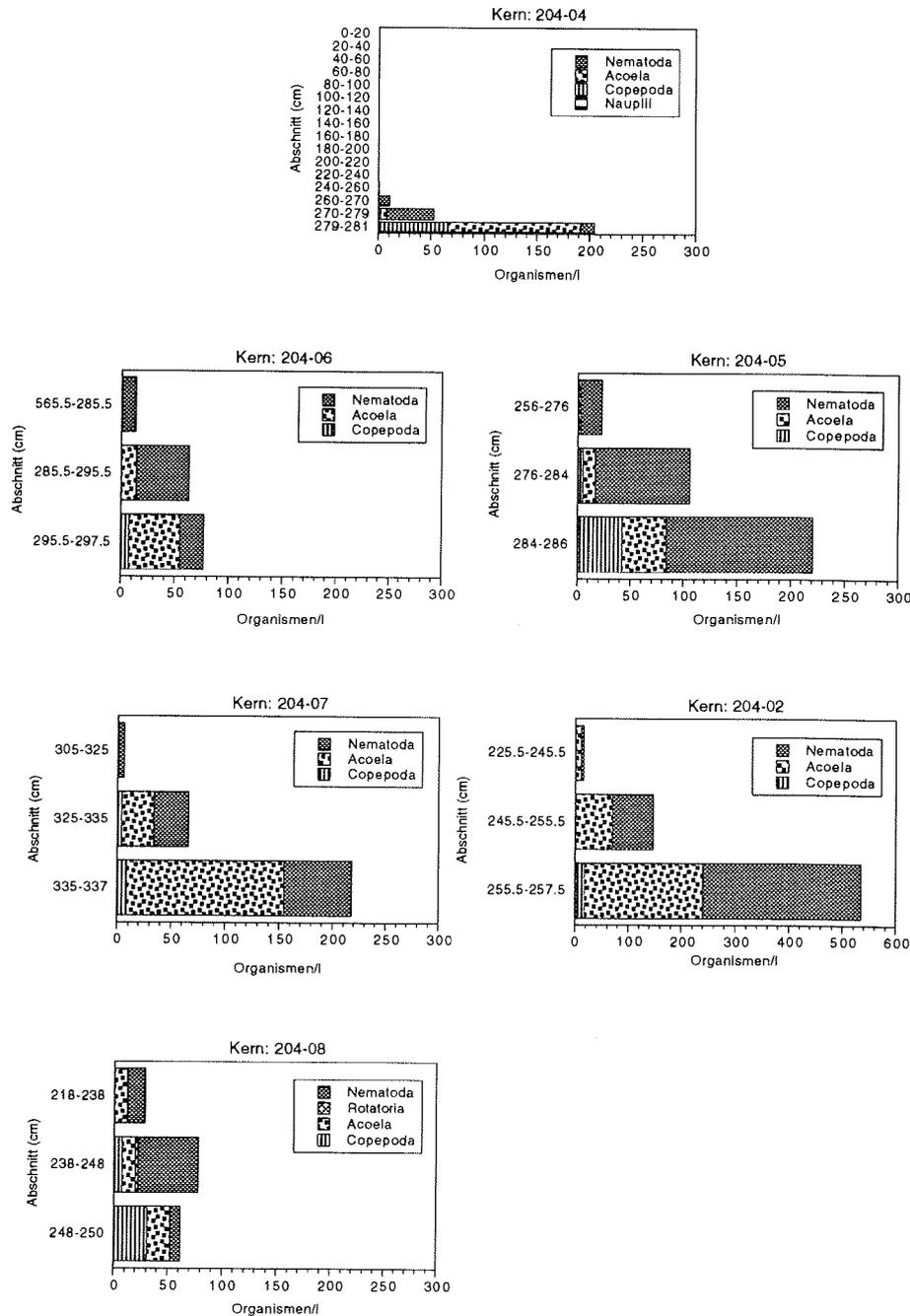


Abb. 3.36: Vertikalprofile der Metazoenabundanz auf der Station AR101204 im Ostgrönlandstrom. Aufgrund der höheren Organismenkonzentrationen wurde für Kern 204-02 eine andere Achsenskalierung als für die übrigen Abbildungen verwendet. In Kern 204-03 kamen keine Metazoen vor.

Tab. 3.2: Abundanz (Individuen pro m² und in % der Gesamtabundanz) der Metazoen im Eis des Ostgrönlandstroms in den untersten 29 bis 42 cm des Eises.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nematoda		Rotatoria		Acoela		Copepoda		Nauplien		Summe Ind./m ²
		/m ²	%	/m ²	%							
196-02	240-272 (32 cm)	24600	53	4000	9	16200	35	1600	3	0	0	46400
197-03	259.5-288.5 (29 cm)	1600	27	2300	40	0	0	1400	24	500	9	5800
200-04	180-222 (42 cm)	5100	83	200	3	0	0	900	14	0	0	6200
202-02	220-253 (33 cm)	47500	79	4400	7	1500	3	6500	11	0	0	59900
204-02	225.5-257.5 (32 cm)	14700	51	0	0	13600	47	400	1	0	0	28700
204-04	240-281 (41 cm)	11700	72	0	0	3000	19	1300	8	200	1	16300
204-05	256-286 (30 cm)	13900	80	0	0	2100	12	1400	8	0	0	17300
204-06	265.5-297.5 (32 cm)	7900	76	0	0	2400	23	100	1	0	0	10400
204-07	305-337 (32 cm)	5500	45	0	0	6100	50	500	4	0	0	12200
204-08	218-250 (32 cm)	9200	62	200	1	4100	28	1300	9	0	0	14800

tion als auch hinsichtlich ihrer taxonomischen Zusammensetzung. Die Organismenkonzentrationen schwankten zwischen 0 und 4910 Ind./l in den unteren 2 cm. Die Gemeinschaft wurde in allen Kernen von Ciliaten, Nematoden und acoelen Turbellarien dominiert, in geringerer Anzahl traten auch Copepoden auf. Rotatorien und Nauplien kamen in nur jeweils einem Kern in geringer Anzahl vor. Kern 204-03, der in 30 m Entfernung von dem zentralen Kern 204-04 lag, unterschied sich deutlich von den anderen Kernen durch seine geringe Dicke, die geringe Abundanz, das Fehlen von Metazoen und das Fehlen von Organismen in den unteren 2 cm des Eiskerns. Da es sich vermutlich um einen Fehler bei der Probennahme handelte, wird dieser Kern im folgenden nicht weiter berücksichtigt. Aus Abb. 3.36 wird deutlich, daß die Abundanz der Ciliaten die größte Variabilität zeigte, während die Metazoen in den verschiedenen Kernen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Gesamtabundanz deutlich weniger unterschiedlich waren. Die Gesamtabundanz der Metazoen auf Station AR101204 variierte zwischen 10400 und 28700 Ind./m² (bestimmt aus den unteren 29 bis 42 cm, siehe Tab. 3.2). Die Nematoden machten davon 45 bis 80% aus, die acoelen Turbellarien 12 bis 50% und die Copepoden 1 bis 9%. Die Unterschiede hinsichtlich der Abundanz der Metazoen auf Station 204 waren signifikant geringer als zwischen den verschiedenen Stationen im Ostgrönlandstrom (ANOSIM-Test, 5%-Signifikanzniveau). Die Ähnlichkeiten sind in Abb. 3.37 als Dendrogramm dargestellt (Clarke und Warwick 1994). Unter Einbeziehung der Ciliaten war die Variabilität innerhalb Station AR101204 allerdings so groß, daß keine signifikanten Unterschiede zu anderen Stationen mehr nachgewiesen werden konnten.

Neben dieser Studie wurden auf der Reise ARK IX/4 auf 9 Stationen jeweils zwei bis 6 Kerne bearbeitet (siehe Tab. 3.3). Da von einigen Stationen jeweils nur die unteren 2

oder 3 cm eines Parallelkerns bearbeitet wurden, konnten für die statistischen Tests nur Organismenkonzentrationen dieser unteren Segmente herangezogen werden.

Im Barentsmeer zeigten einige Parallelkerne geringe Variabilität. Auf Station 231 wurden drei Kerne erbohrt und vollständig bearbeitet, dabei zeigten die Kerne 231-01 und 231-02, die fast die gleiche Dicke hatten (22 bzw. 21 cm), beide sehr geringe Abundanzen und wurden von acelen Turbellarien dominiert (Abb. 3.38). Kern 231-03, der an einer dickeren Stelle der Scholle erbohrt wurde (60 cm), hatte hingegen höhere Abundanzen und wurde von Rotatorien dominiert. Die Kerne 224-04 und 233-04 hatten in den unteren cm jeweils etwas geringere Abundanzen als die Kerne 224-03 und 233-03. Die Parallelkerne der beiden Stationen glichen sich jedoch sehr hinsichtlich ihrer Organismenzusammensetzung (Abb. 3.39 und 3.40). Die übrigen Stationen zeigten etwas größere

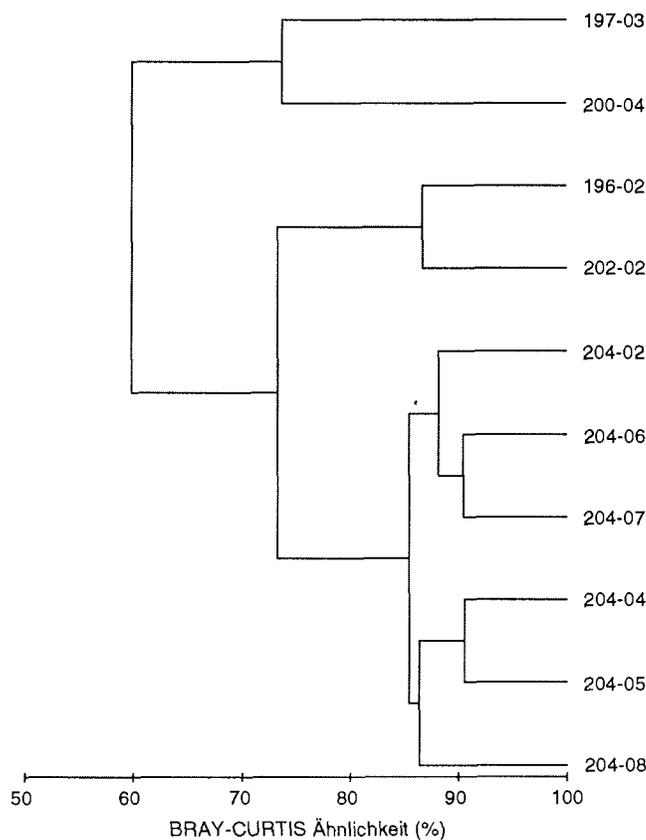


Abb. 3.37: Dendrogramm der Meiofaunaabundanz in der Grönlandsee (Organismen in den unteren 29 bis 42 cm).

re Schwankungen. Insgesamt war jedoch die Variabilität hinsichtlich der Abundanz innerhalb einer Eisscholle signifikant geringer (ANOSIM-Test, 5%-Signifikanzniveau) als zwischen den verschiedenen Stationen. Dies gilt hier sowohl nur für die Metazoen als auch für die Meiofauna unter Einbeziehung der Ciliaten. Die Ähnlichkeiten innerhalb der Stationen sind in Abb. 3.41 und 3.42 dargestellt.

Tab. 3.3: Abundanz der Meiofauna (Individuen pro Liter und in Prozent der Gesamtabundanz) in den untersten Zentimetern von Meeresproben aus dem Barentsmeer (224-233) und Laptewmeer (238-264). Kerne, die nicht in die statistische Analyse einbezogen wurden, sind kursiv dargestellt. Die Abundanzen wurden auf 10 Individuen pro Liter gerundet.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nematoda /l %	Rotatoria /l %	Ciliata /l %	Acoela /l %	Copepoda /l %	Nauplien /l %	Summe Ind./l
224-03	280-282	80 6	70 5	660 51	240 18	180 14	70 5	1290
224-04	280-282	30 4	230 29	170 22	240 31	50 7	50 7	780
227-03	250-252	0 0	230 33	0 0	0 0	170 24	300 43	700
227-05	250-252	30 19	110 63	0 0	0 0	30 19	0 0	170
230-03	190-192	10 1	1240 67	350 19	260 14	0 0	0 0	1860
230-04	190-192	0 0	610 56	400 36	70 6	10 1	10 1	1100
231-01	20-22	0 0	0 0	0 0	10 100	0 0	0 0	10
231-02	19-21	0 0	10 17	20 33	30 50	0 0	0 0	70
231-03	58-60	0 0	290 100	0 0	0 0	0 0	0 0	280
232-03	246-248	20 11	20 11	0 0	70 32	90 42	10 5	220
232-04	246-248	10 3	160 59	0 0	0 0	100 38	0 0	270
233-03	192-194	0 0	570 100	0 0	0 0	0 0	0 0	570
233-04	192-194	0 0	170 100	0 0	0 0	0 0	0 0	170
238-03	100-110	0 0	40 100	0 0	0 0	0 0	0 0	40
238-04	90-100	0 0	10 14	20 43	0 0	0 0	20 43	40
240-03	180-183	0 0	50 4	500 43	290 25	240 20	100 8	1180
240-04	181-183	0 0	0 0	120 14	230 28	330 39	160 20	840
246-03	80-83	0 0	50 10	420 87	0 0	0 0	20 3	480
246-16	50-52	0 0	90 100	0 0	0 0	0 0	0 0	90
246-27	9-11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0
246-28	8-10	0 0	20 67	10 33	0 0	0 0	0 0	30
246-17	52-54	0 0	10 14	90 86	0 0	0 0	0 0	100
246-11	58-60	0 0	0 0	80 100	0 0	0 0	0 0	80

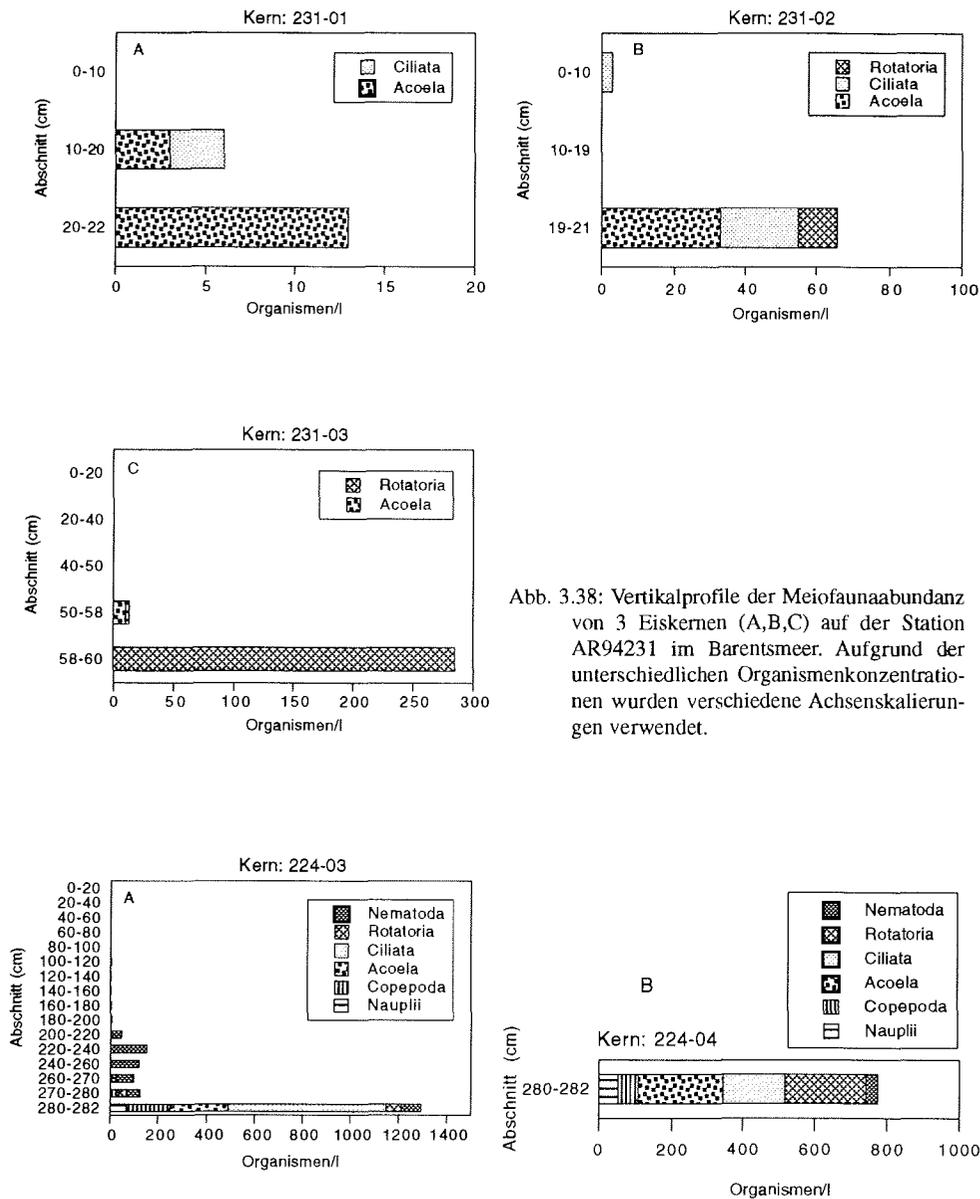


Abb. 3.38: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz von 3 Eiskernen (A,B,C) auf der Station AR94231 im Barentsmeer. Aufgrund der unterschiedlichen Organismenkonzentrationen wurden verschiedene Achsenskalierungen verwendet.

Abb. 3.39: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz von 2 Eiskernen (A,B) auf der Station AR94224 im Barentsmeer. Aufgrund der unterschiedlichen Organismenkonzentrationen wurden verschiedene Achsenskalierungen verwendet.

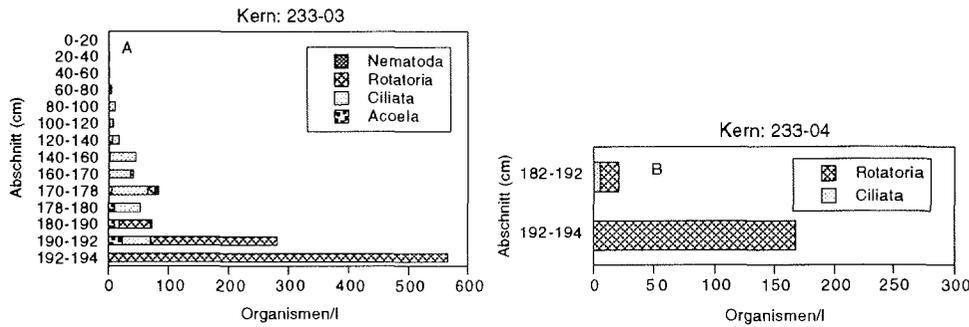


Abb. 3.40: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz von 2 Eiskernen (A,B) auf der Station AR94233 im Barentsmeer. Aufgrund der unterschiedlichen Organismenkonzentrationen wurden verschiedene Achsenskalierungen verwendet.

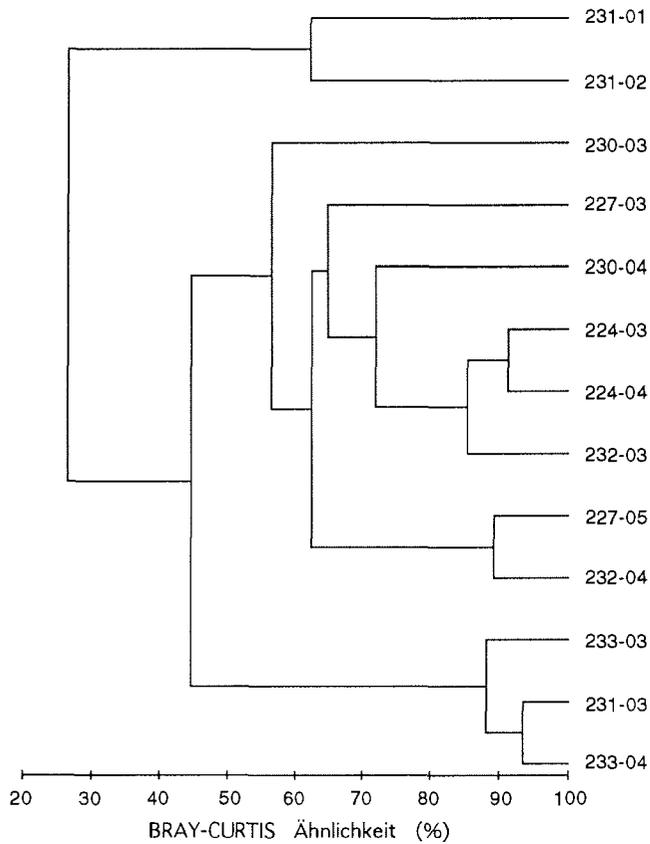


Abb. 3.41: Dendrogramm der Metazoenabundanz (Organismen in den untersten 2 cm) im Barentsmeer.

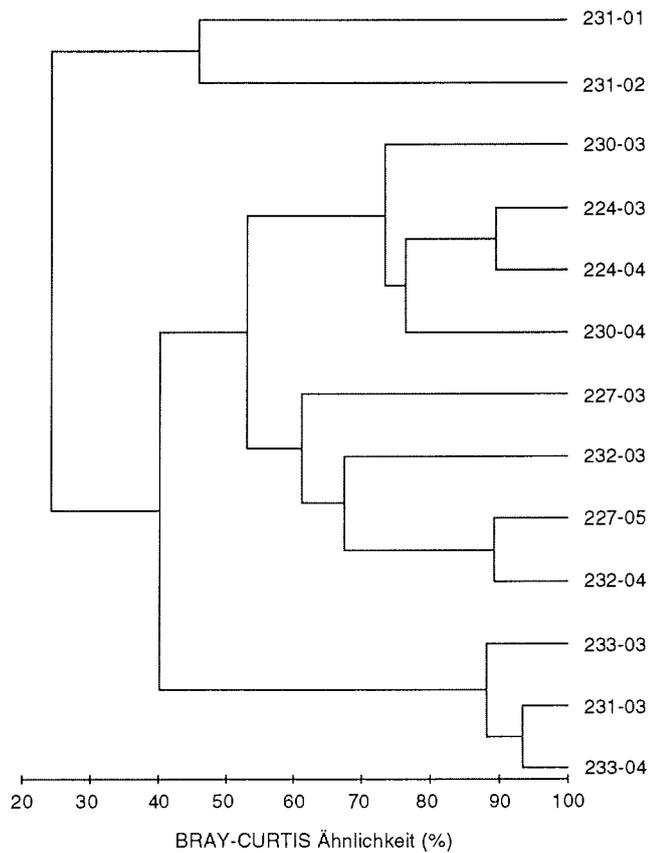


Abb. 3.42: Dendrogramm der Meiofaunaabundanz, inklusive der Ciliaten (Organismen in den unteren 2 cm) im Barentsmeer.

Im Laptewmeer wurden auf drei Stationen Parallelkerne erbohrt. Kern 238-04 hatte eine ähnliche Organismenkonzentration in den unteren 10 cm wie Kern 238-03, jedoch dominierten hier nicht Rotatorien, sondern Nauplien und Ciliaten. Diese Eiskernsegmente waren mit 10 cm deutlich dicker als die Segmente der anderen Kerne und wurden deshalb nicht in die statistischen Tests einbezogen. Abundanz und Zusammensetzung der Metazoen in Kern 240-03 und 240-04 waren ähnlich, jedoch waren die Ciliaten in Kern 240-03 häufiger als in Kern 240-04 (Abb. 3.43). Auf Station 246, die sehr unterschiedliche Eisdicken hatte, dominierten Rotatorien und/oder Ciliaten, wobei die Gesamtabundanzen jedoch deutliche Unterschiede zeigten. Die Kerne 246-27 und 246-28 wurden ebenfalls nicht in die Tests einbezogen, da sie in einiger Entfernung von den anderen Kernen in sehr dünnem Eis erbohrt wurden. Obwohl das Dendrogramm auf eine Ähnlichkeit innerhalb der Eisschollen deutet (Abb. 3.44 und 3.45), ergab der ANOSIM-Test weder mit noch ohne Einbeziehung der Ciliaten eine signifikante Ähnlichkeit.

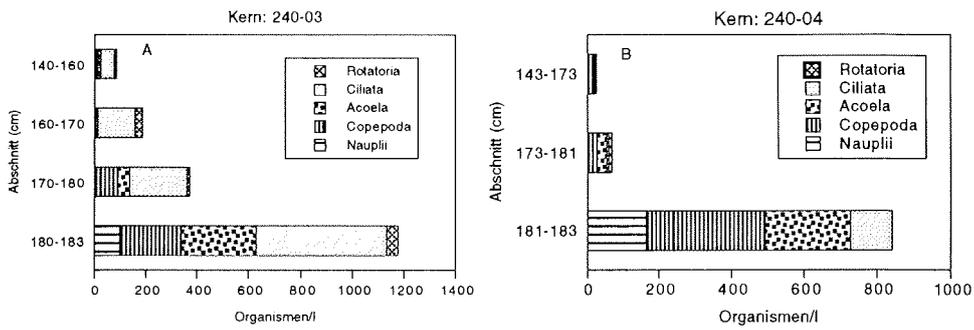


Abb. 3.43: Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz von 2 Eiskernen (A,B) auf der Station AR942240 im Laptewmeer. Aufgrund der unterschiedlichen Organismenkonzentrationen wurden verschiedene Achsenskalierungen verwendet.

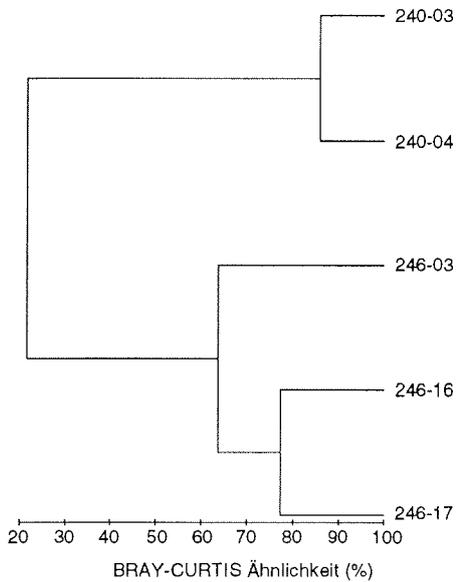


Abb. 3.44: Dendrogramm der Metazoenabundanz (Organismen in den unteren 2 bis 3 cm) im Laptewmeer.

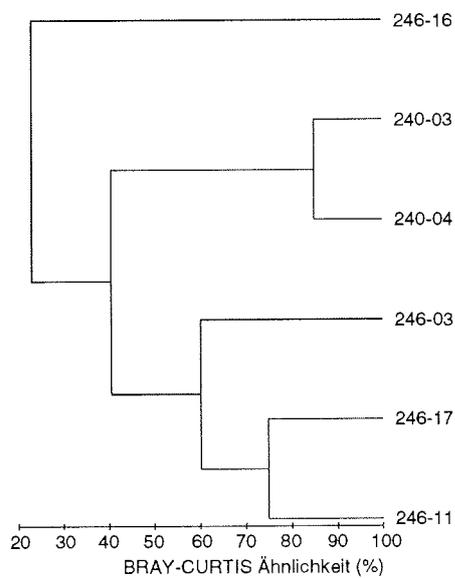


Abb. 3.45: Dendrogramm der Meiofaunaabundanz, einschließlich der Ciliaten (Organismen in den unteren 2 bis 3 cm) im Laptewmeer.

3.5 Taxonomische Untersuchungen und Lebendbeobachtungen der Meereis- und Planktonproben

Bei den taxonomischen Untersuchungen wurden häufig nicht alle Organismen, die während der Vorsortierarbeiten gezählt wurden, wiedergefunden. Die Anzahl der bearbeiteten Exemplare ist jeweils in den Ergebnistabellen angegeben. Tabelle 3.4 gibt eine Übersicht über die im Meereis gefundenen Taxa, Gattungen und Arten.

Meereisproben

Nematoda

Insgesamt wurden 130 Nematoden taxonomisch bearbeitet, 85 aus dem Packeis der Grönlandsee (Station AR101202), ein Individuum aus dem Eis des Barentsmeeres (Station AR94224), 15 aus dem Eis des Laptevmeeres (Station AR-94264) und 29 aus den Experimenten zur Salzgehaltstoleranz, die aus der Grönlandsee stammten (Tab. 3.5). Alle Exemplare gehörten zu der Art *Theristus melnikovi*, Familie Xyalidae, Überfamilie Monohysteroidea. Im Eis des Laptevmeeres wurden 5 Männchen und 8 Weibchen gefunden und im Eis der Grönlandsee 24 Männchen und 17 Weibchen sowie 43 Jungtiere. Die Anzahl der Jungtiere kann jedoch unterschätzt worden sein, da diese möglicherweise nicht quantitativ mit einer 20 µm-Gaze erfaßt wurden. Der einzelne Nematode aus dem Barentsmeer war ebenfalls ein Jungtier.

Nematoda

Xyalidae

Theristus melnikovii Tchesunov 1986

Rotatoria

Proalidae

Proales reinhardti (Ehrenberg 1834)

Dicranophoridae

Encentrum graingeri Chengalath 1985

Synchaetidae

Synchaeta tamara Smirnov 1932

Synchaeta hyperborea Smirnov 1932

Synchaeta cecilia Rousselet 1902

Synchaeta bacillifera Smirnov 1933

Ciliata

Peritromidae

Peritromus sp.

Euplotidae

Euplotes cf. *sigmolateralis* Agatha et al. 1993

Euplotes spp.

Diophrys sp.

Didiniidae

Didinium sp.

Tintinnina

Acoela (Plathelminthes)

Copepoda

Ectinosomatidae

Halectinosoma sp.

Harpacticidae

Harpacticus superflexus (Willey 1920)

Tisbidae

Tisbe furcata (Baird 1837)

Oithonidae

Oithona spp.

Oncaeidae

Oncaea spp.

Tab. 3.4: Übersicht über die im Meereis gefundenen Taxa der Meiofauna.

Tab. 3.5: Nematoden aus den Salzgehaltstoleranz-Experimenten und den Eiskernproben.

Kern/Probe	Abschnitt	Anzahl Proben	Anzahl bearbeitet	Art	Jungtiere	♂	♀
Experimente: 100‰		8	8	<i>Theristus melnikovi</i>			
Experimente: 85‰		7	7	<i>Theristus melnikovi</i>			
Experimente: 25‰		6	6	<i>Theristus melnikovi</i>		1	
Experimente: 5‰		8	8	<i>Theristus melnikovi</i>			
AR101202-02	120-140	1	1	<i>Theristus melnikovi</i>		1	
AR101202-02	160-180	4	3	<i>Theristus melnikovi</i>		3	
AR101202-02	180-200	8	5	<i>Theristus melnikovi</i>		2	3
AR101202-02	200-220	54	40	<i>Theristus melnikovi</i>	14	14	12
AR101202-02	220-240	80	11	<i>Theristus melnikovi</i>	7	2	1
AR101202-02	240-250	187	25	<i>Theristus melnikovi</i>	22	2	1
AR94224-03	280-282	6	1	<i>Theristus melnikovi</i>	1		
AR94264-03	140-160	7	5	<i>Theristus melnikovi</i>		2	3
AR94264-03	160-180	6	5	<i>Theristus melnikovi</i>		2	3
AR94264-03	180-200	6	2	<i>Theristus melnikovi</i>			2
AR94264-03	220-240	1	1	<i>Theristus melnikovi</i>			1
AR94264-03	240-250	2	2	<i>Theristus melnikovi</i>		1	

Bei den lebenden Nematoden war ein dunkler Pigmentfleck in Höhe des Osophagus sichtbar, der jedoch nach der Fixierung nicht mehr erkennbar war. Da die Nematoden fast ununterbrochen starke Schlingelbewegungen ausführten, war es leider nicht möglich, ein deutliches und stark vergrößertes Bild von dieser Pigmentstruktur festzuhalten. Abbildung A auf Bildtafel 1 gibt jedoch einen Eindruck von der Lage der Pigmentstruktur, bei der es sich nach Tehesunov (1986) um einen Ocellus handelt.

Die Nematoden in den Kulturen wanderten zumeist in die häufig darin enthaltenen Algen- und Detritusflocken ein. Seltener führten sie schlängelnde Schwimmbewegungen aus, durch die sie sich langsam in den Kulturgefäßen hin- und herbewegen konnten. Vor allem die Jungtiere hefteten sich gelegentlich mit dem Hinterende am Boden der Gefäße fest und führten dann Schlängelbewegungen in das Medium hinein aus. Während der Experimente (Kap. 3.8) fielen einige Weibchen auf, deren Uterus dicht mit Eiern gefüllt war (Abb. B, Bildtafel 1). Wenig später konnten am Boden der Gefäße Eier verschiedener Entwicklungsstadien beobachtet werden (Abb. C, Bildtafel 1). Kurz vor dem Schlüpfen zeigten die Nematoden bereits starke Bewegungen innerhalb der Eihülle.

Rotatoria

Insgesamt wurden 540 Rotatorien taxonomisch bearbeitet, 247 aus dem Barentsmeer, 244 aus dem Laptewmeer und 49 aus der Grönlandsee. Es konnten 6 Rotatorienarten der Überordnung Monogononta (Ordnung Ploima) in den Meereisproben identifiziert werden. Die Artzusammensetzung in den verschiedenen Proben ist in Tab. 3.6 dargestellt. Es handelte es sich bei fast allen Individuen um Weibchen.

Synchaeta hyperborea (Familie Synchaetidae) war die häufigste Art im Meereis und war die einzige Art in den Proben der Stationen AR94258 (Laptewmeer) und AR101204 (Grönlandsee) (Abb. 3.46 und 3.47). Hierbei handelt es sich mit einer Länge von ca. 300 µm um eine relativ große Rotatorienart.

Synchaeta tamara (Familie Synchaetidae) war auf einigen Stationen im Barentsmeer und in der Grönlandsee ebenfalls sehr häufig, fehlte aber im Eis des Laptewmeeres. Auf Station AR94230 im Barentsmeer waren 14 der 104 *S. tamara* Männchen. Die übrigen Arten wurden nur in geringen Anzahlen gefunden. Von *Synchaeta cecilia* (Familie Synchaetidae) wurden drei Individuen aus dem Barentsmeer identifiziert und von *Synchaeta bacillifera* (Familie Synchaetidae) ein Exemplar aus Barentsmeer. Daneben konnten einige Individuen der Gattung *Synchaeta* wegen unzureichender Fixierung nicht bis zur Art bestimmt werden. Die Art *Encentrum graingeri* (Familie Dicranophoridae) war nur mit sechs Exemplaren im Eis des Barents- und Laptewmeeres vertreten. Von der Art *Proales reinhardti* (Familie Proalidae) wurden 16 Individuen in den Eisproben der drei Untersuchungsgebiete identifiziert, darunter zwei Männchen. Rotatorieneier kamen auf

Bildtafel 1 (rechts):

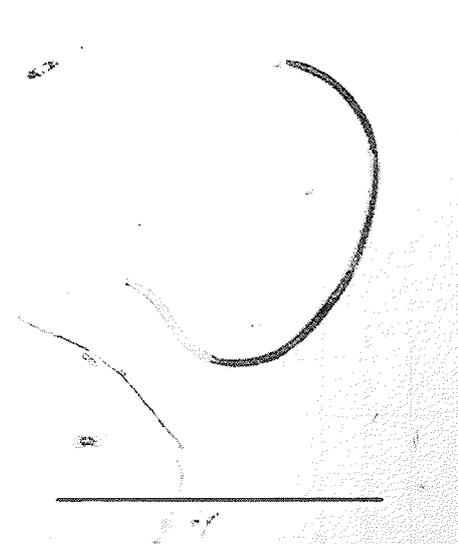
A: Nematode *Theristus melnikovi* mit Pigmentfleck (lebend). Strich = 1 mm.

B: Nematodenweibchen mit Eiern (fixiert). Strich = 100 µm.

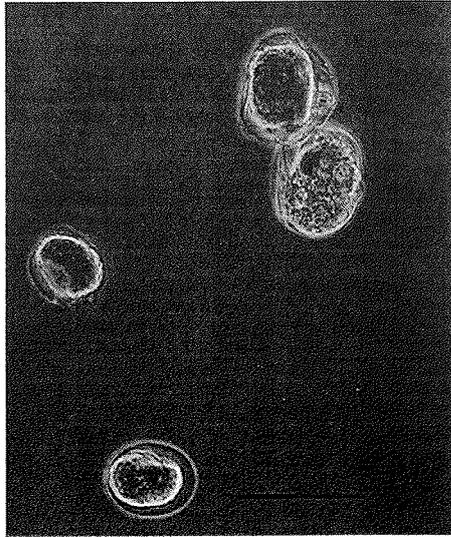
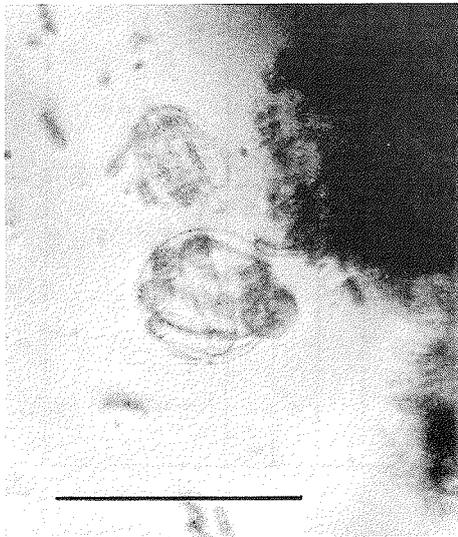
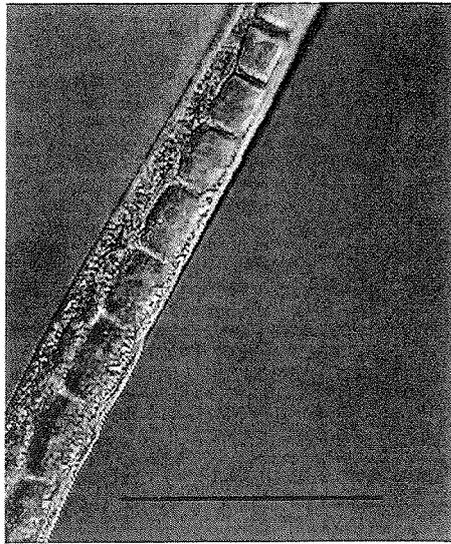
C: Nematodenei (lebend). Strich = 100 µm.

D: Rotatorieneier (fixiert). Strich = 100 µm.

A



B



C

D

Tab. 3.6: Vorkommen und Abundanz von Rotatorien in Eiskernproben und Kulturen. Männchen (M), alle übrigen sind Weibchen. X = Individuen vorhanden, Anzahl nicht bestimmt.

Kern	Abschnitt	Anzahl in Probe	Anzahl bearbeitet	<i>Synchaeta hyperborea</i>	<i>Synchaeta tamara</i>	<i>Synchaeta cecilia</i>	<i>Synchaeta bacillifera</i>	<i>Synchaeta sp.</i>	<i>Enentrum graingeri</i>	<i>Proales reinhardti</i>	Rotatorien Eier	Bemerkungen
22403	270-280	11	2	1			1					
22404	untere 2 cm	21	12	1	10			1				
22703	240-250	102	18	10				2	1	5		
23003	180-190	75	31	25	6							
23003	190-192	106	40	8	22	2		7		1		S. tamara incl. 5 M S. tamara incl. 6 M
23004	untere 2 cm	63	63		63							181 S. tamara incl. 3 M
23102	19-21	1	1			1						
23103	58-60	26	7	4				3				
231	Kultur		0	x						x		
23203	218-238	92	52	50					1	1		P. reinhardti: 1M
23303	192-194	65	21	17				4				28
24003	140-160	6	5	4					1			
24003	160-170	13	5	5								
24003	170-180	4	3						1	2		
24003	180-183	6	3	2						1		
24304	148-158	119	86	84				2				
24603	80-83	3	3	1				2				7
246	Kultur			x				x	x	x		
25004	60-80	38	19	17				2				
25004	80-100	72	48	46				2				
25004	100-120	118	46	46								21
25004	140-152	44	22	21					1			13
25004	152-154	4	2	1					1			
25803	202-222	6	2	2								1
196-02	260-270	2	2	2								
196-02	270-272	15	9		8					1		8
197-03	239.5-259.5	1	1	1								
197-03	259.5-279.5	6	4	2				2				9
202-02	220-240	1	1		1							2
202-02	240-250	17	10	7				3				27
202-02	250-253	9	2	1				1				12
204-08	238-248	1	1	1								
216-02	180-200	4	1	1								
216-02	200-204,5	6	6	1	1					4		8
218-02	244-254	2	3	2				1				1
220-07	326-346	10	9		8					1		26

Bildtafel 2 (rechts):

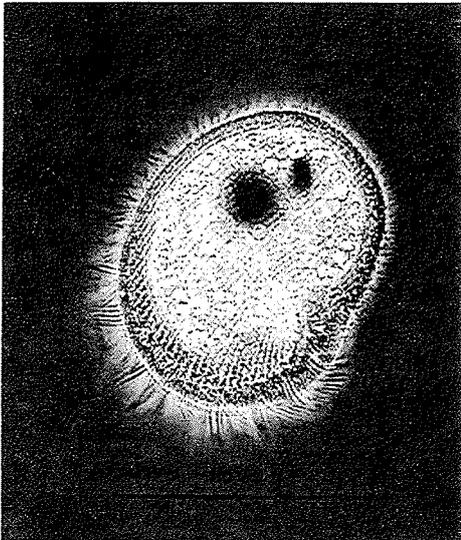
A: Ciliat *Peritromus* sp. (lebend). Strich = 100 µm.

B: Acoele Turbellarien (lebend). Strich = 1 mm.

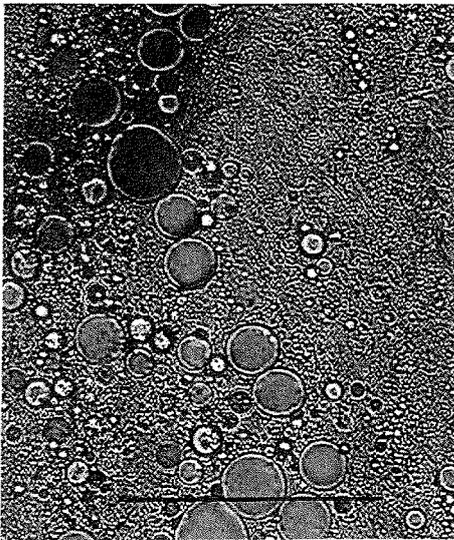
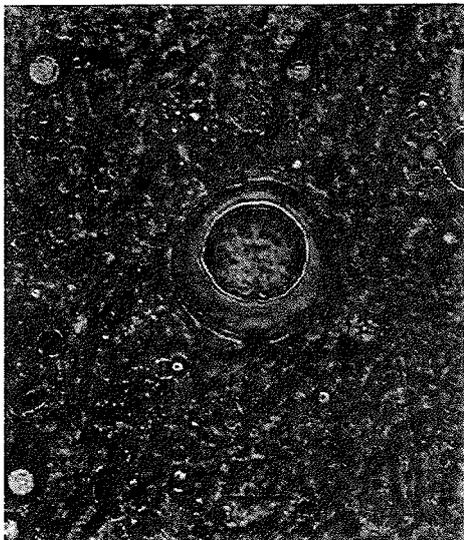
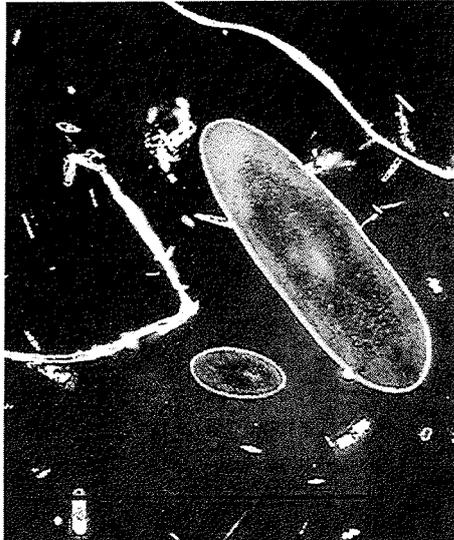
C: Statocyste der acoelen Turbellarien (lebend). Strich = 10 µm.

D: Lipidzellen und „rote Zellen“ der acoelen Turbellarien (lebend). Strich = 100 µm.

A



B



C

D

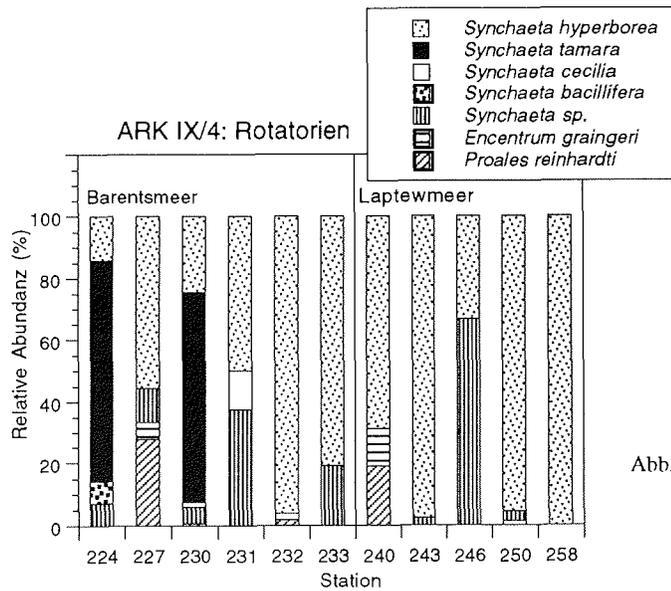


Abb. 3.46: Relative Abundanz (%) der verschiedenen Rotatorienarten und -gattungen im Meereis des Barents- und Laptevmeeres.

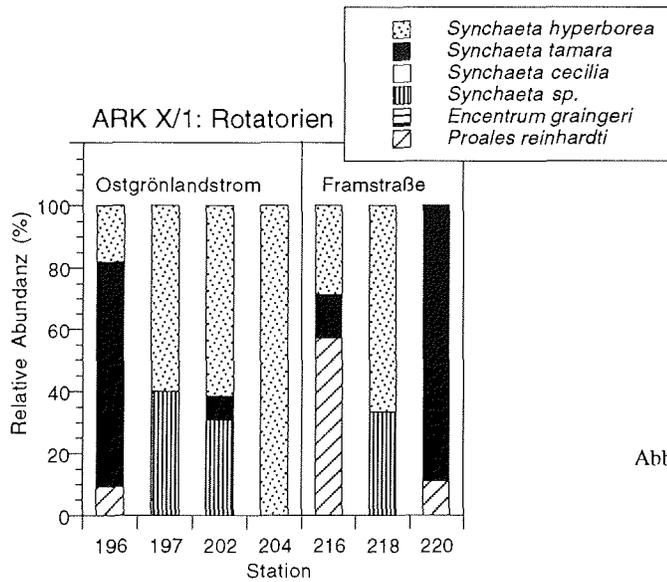
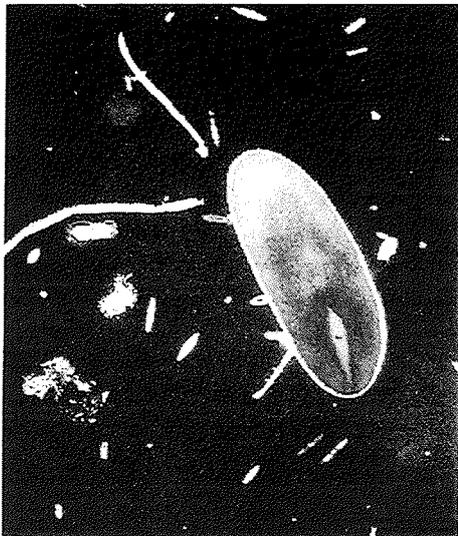


Abb. 3.47: Relative Abundanz (%) der verschiedenen Rotatorienarten und -gattungen im Meereis des Ostgrönlandstroms und der Framstraße.

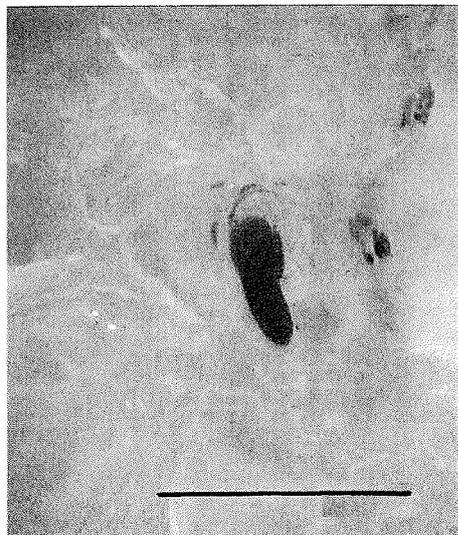
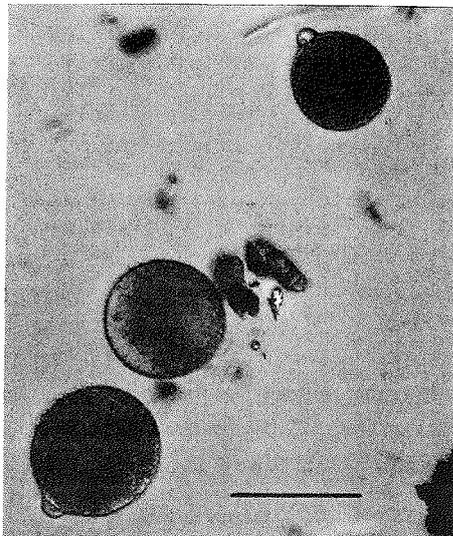
Bildtafel 3 (rechts):

- A. Acoeles Turbellar beim Fressen einer Diatomee (lebend). Strich = 1 mm.
- B: „Nicht bestimmbares Objekt“ Nr. 5 (fixiert). Strich = 100 µm.
- C: Acoeles Turbellar bei einem Salzgehalt von 1‰ (lebend). Strich = 500 µm.
- D: Acoeles Turbellar im Experiment zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz (lebend). Strich = 1 mm.

A



B



C

D

Tab. 3.7: Längen und Breiten von Subitaneiern von Rotatorien.

	Länge (μm)	Breite (μm)
Median	89	71
Minimum	61	57
Maximum	96	79
Anzahl	18	18

fast allen Stationen vor, wo Rotatorien gefunden wurden. In einigen Proben war ihre Anzahl höher als die der Rotatorien (siehe Tab. A1 bis A4 im Anhang). Aufnahmen der Trophi von *S. hyperborea* und *E. graingeri* finden sich in Abb. 3.48 und 3.49. Eine Abbildung der Rotatorieneier findet sich in Abb. D, Bildtafel 1. Die Größen der Rotatorieneier sind in Tabelle 3.7 aufgeführt.

Lebendaufnahmen der Rotatorien waren sehr schwierig, da die Tiere meist schnell umherschwammen. Selten, vor allem wenn die Temperatur in den Kulturen anstieg, hefteten sie sich am Boden der Gefäße fest, wobei sie sich jedoch meist kontrahierten. Die Rotatorien zeigten eine positive Phototaxis.

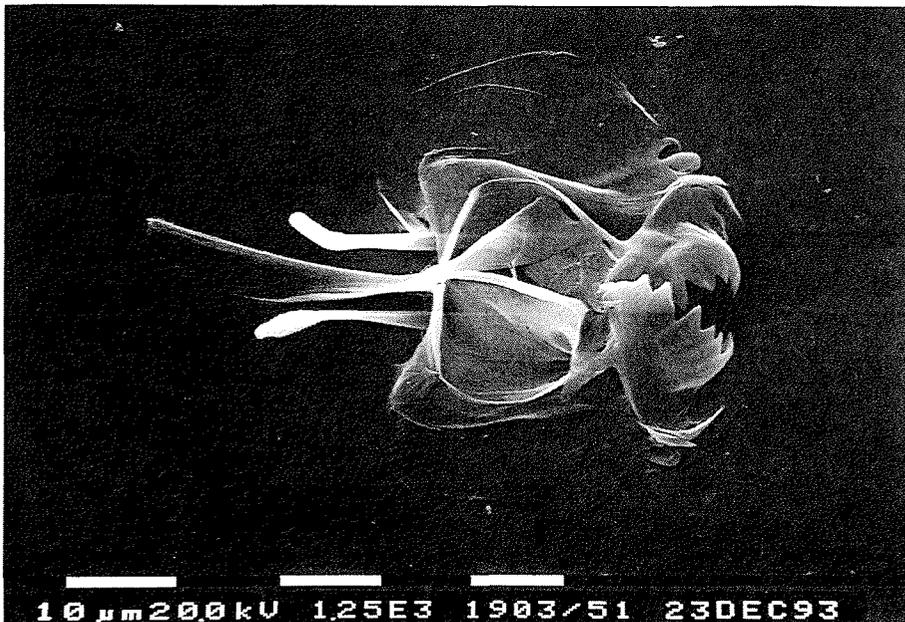


Abb. 3.48: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Trophi von *Synchaeta hyperborea* (Foto: De Smet).

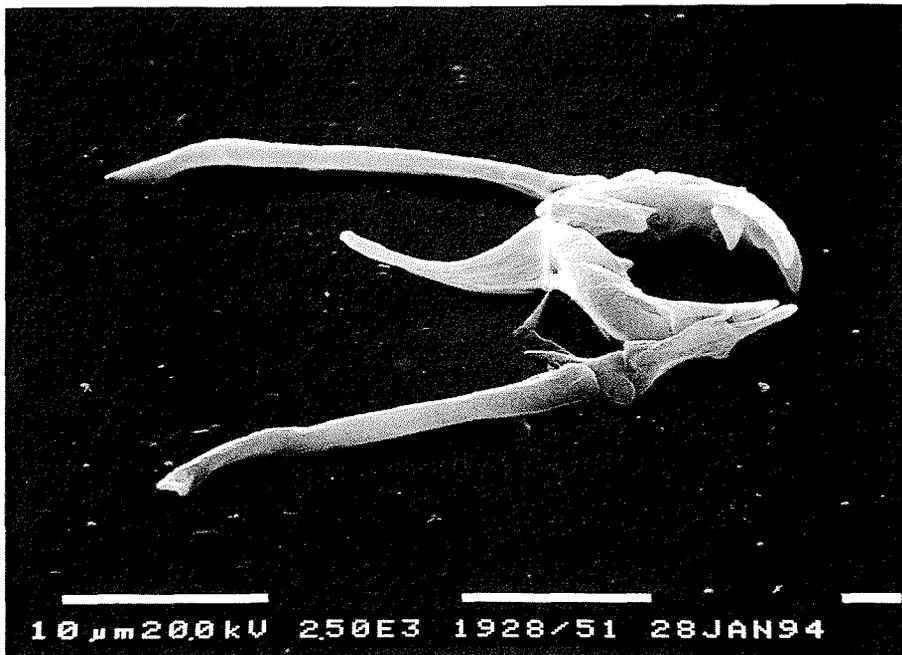


Abb. 3.49: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Trophi von *Encentrum graingeri* (Foto: De Smet).

Ciliata

Ciliaten wurden aus den Kernen 196-02 und 216-02 (Grönlandsee), aus dem Experiment zur Untersuchung der Generationszeiten (Kapitel 3.8.1) sowie aus dem Experiment zur Salzgehaltstoleranz (Kapitel 3.8.2), hinsichtlich ihrer Spezies oder Morphotypen bestimmt. Die Abmessungen der Ciliaten sind in Tabelle 3.8 aufgeführt. Die berechneten Biovolumina und Biomassen sind in Kapitel 3.6 dargestellt.

Die Ciliatengemeinschaft im Eis der Grönlandsee wurde von einer Art der Gattung *Peritromus* dominiert (Tab. 3.9, Bildtafel 2, Abbildung A). Die starke Kontraktilität der Individuen machte eine Artbestimmung anhand fixierten und präparierten Materials leider unmöglich. Diese Art ist zum einen aufgrund ihrer Größe (119 µm, siehe Kapitel 3.6) und zum anderen wegen ihrer langsam am Boden der Gefäße „kriechenden“ Bewegungen im lebenden wie auch im fixierten Zustand schon bei 50facher Vergrößerung zu erkennen. Sie wurde während der Sortierarbeiten in allen Untersuchungsgebieten sehr häufig beobachtet (in Tab. 3.9 mit * gekennzeichnet). *Peritromus* sp. konnte nicht in den Kulturen zur Vermehrung gebracht werden. Einzelne Individuen überlebten jedoch mehrere Wochen, ohne sich zu teilen.

Tab. 3.8: Metrische und meristische Daten verschiedener Meereisciliaten (Agatha, pers. Mitt.). Größenangaben in μm . min = Minimum, max = Maximum, x = Mittelwert, M = Median, S = Standardabweichung, SX = Standardfehler des Mittelwertes, V = Variabilitätskoeffizient, n = Anzahl.

Peritromus sp. aus AR101195/96-02 und 216-02	min	max	x	M	S	Sx	V	n
Länge	44	89	63.10	62.5	11.81	2.52	18.70	22
Breite	38	89	59.10	59.5	14.24	3.04	24.10	22
Anzahl der adoralen Membranellen	64	79	71.20	71	5.50	2.46	7.72	5
Kineten-Anzahl	19	34	24.60	22	6.00	2.27	24.40	7
Makronucleus: Anzahl	2	2	2.00	2	0.00	0.00	0.00	22
Makronucleus: Länge	8	20	12.60	12	3.02	0.64	23.90	22
Makronucleus: Breite	7	13	10.40	11	1.36	0.29	13.20	22
Mikronucleus: Anzahl	2	2	2.00	2	0.00	0.00	0.00	3
Mikronucleus: Durchmesser	3	4	3.67	4	0.58	0.33	15.70	3
Euplotes cf. sigmolateralis aus AR101195/96-02 und 216-02	min	max	x	M	S	Sx	V	n
Länge	81	119	95.60	91	12.60	3.24	13.14	15
Breite	44	72	53.00	52	7.04	1.95	13.27	13
Länge der adoralen Membranellenzone	63	93	75.90	73	9.37	2.42	12.34	15
Zelllänge : Länge der adoralen Membranellenzone	1.15	1.35	1.26	1.3	0.06	0.01	4.52	15
Anzahl der adoralen Membranellen	49	64	57.00	56	3.93	0.98	6.90	16
Makronucleus: Länge	53	93	70.10	66	13.50	3.48	19.24	15
Zelllänge : Makronucleuslänge	1.19	1.6	1.38	1.4	0.12	0.03	8.74	15
Anzahl der Frontoventralcirren	7	8	7.88	8	0.33	0.08	4.21	17
Anzahl der Transversalcirren	5	5	5.00	5	0.00	0.00	0.00	17
Anzahl der Caudalcirren	2	2	2.00	2	0.00	0.00	0.00	17
Anzahl der Dorsolateralkineten	9	14	11.30	12	1.42	0.45	12.55	10
Basalkörperanzahl in der mittleren Kineten	13	19	16.00	16	2.45	1.22	15.31	4
Mikronucleus: Durchmesser	2	4	2.64	2	0.81	0.24	30.69	11
Euplotes sp. aus Generationszeit-Bestimmung	min	max	x	M	S	Sx	V	n
Länge	43	66	51.37	51	4.90	1.12	9.54	19
Breite	23	30	27.80	28	2.51	0.65	9.04	15
Anzahl der Frontoventralcirren	10	10	10.00	10	0.00	0.00	0.00	10
Anzahl der Transversalcirren	5	5	5.00	5	0.00	0.00	0.00	19
Anzahl der Caudalcirren	3	3	3.00	3	0.00	0.00	0.00	16
Länge der adoralen Membranellenzone	28	38	33.53	33	2.80	0.64	8.34	19
Anzahl der adoralen Membranellen	23	30	26.42	26	2.06	0.47	7.81	19
Makronucleus: Länge	32	41	36.67	38	3.04	1.01	8.30	9
Mikronucleus: Durchmesser	2	3	2.29	2	0.49	0.18	21.35	7
Anzahl der Dorsolateralkineten	7	9	8.00	8	1.00	0.45	12.50	5
Basalkörperanzahl in den Dorsalkineten	10	12	10.67	10	1.16	0.67	10.83	3
Zelllänge : Länge der adoralen Membranellenzone	1.30	2.00	1.54	1.51	0.16	0.04	10.65	19.00
Euplotes sp. aus Salzgehalts- und Temperaturtoleranzexperimenten	min	max	x	M	S	Sx	V	n
Länge	44	59	50.40	49	3.83	0.99	7.60	15
Breite	29	34	31.36	31	1.78	0.48	5.68	14
Anzahl der Frontoventralcirren	10	10	10.00	10	0.00	0.00	0.00	15
Anzahl der Transversalcirren	5	5	5.00	5	0.00	0.00	0.00	15
Anzahl der Caudalcirren	3	3	3.00	3	0.00	0.00	0.00	14
Länge der adoralen Membranellenzone	30	36	32.27	32	1.44	0.37	4.46	15
Anzahl der adoralen Membranellen	25	27	25.93	26	0.70	0.18	2.71	15
Makronucleus: Länge	33	43	38.27	38	3.03	0.78	7.93	15
Mikronucleus: Durchmesser	2	3	2.14	2	0.38	0.14	17.64	7
Anzahl der Dorsolateralkineten	6	8	7.35	7	0.63	0.17	8.61	14
Anzahl der Basalkörper in den Dorsalkineten	10	15	11.71	11	1.70	0.64	14.55	7
Zelllänge : Länge der adoralen Membranellenzone	1.33	1.90	1.57	1.57	0.14	0.04	9.00	15.00
Diophrys sp. aus Salzgehaltstoleranzexperiment, 5‰	min	max	x	M	S	Sx	V	n
Länge	46	61	53.43	52	3.63	0.79	6.79	21
Breite	28	39	32.19	32	2.64	0.58	8.20	21
Anzahl der adoralen Membranellen	19	30	25.10	27	3.63	0.81	14.45	20
Länge der adoralen Membranellenzone	28	36	31.48	32	2.14	0.47	6.79	21
Anzahl der Frontoventralcirren	7	7	7.00	7	0.00	0.00	0.00	15
Anzahl der Transversalcirren	5	5	5.00	5	0.00	0.00	0.00	19
Anzahl der Caudalcirren	3	3	3.00	3	0.00	0.00	0.00	20
Anzahl linker? Marginalcirren	2	2	2.00	2	0.00	0.00	0.00	19
Anzahl der Makronuclei	1	2	1.86	2	0.36	0.08	19.31	21
Anzahl der Micronuclei	1	3	1.86	2	0.73	0.16	39.15	21
Mikronucleus: Durchmesser	1	3	2.05	2	0.38	0.08	18.76	21
Zelllänge : Länge der adoralen Membranellenzone	1.44	1.93	1.70	1.69	0.14	0.03	8.56	21

Tab. 3.9: Ciliaten Spezies und Morphotypen. Ciliaten, die lebend oder fixiert am Binokular bestimmt wurden sind mit * gekennzeichnet.

Kern/ Abschnitt	Probe n gesamt	Art, höheres Taxon	Anzahl bearbeitet
AR94233-03			
160-178	32	Peritromus sp.	vorwiegend*
AR94238-03			
20-40	1	Didinium sp.	1*
40-60	1	Didinium sp.	1*
AR101196-02			
gesamt	555	Peritromus sp.	91
gesamt		Euplotes sp.	17
gesamt		Euplotes cf. sigmolateralis	26
240-260	90	Peritromus sp.	22*
260-270	214	Peritromus sp.	139*
270-272	247	Peritromus sp.	124*
AR101197-02			
239.5-259.5	65	Peritromus sp.	22*
259.5-279.5	96	Peritromus sp.	32*
279.5-286.5	18	Peritromus sp.	8*
AR101200-04			
160-180	8	Peritromus sp.	1*
180-200	11	Peritromus sp.	4*
200-210	72	Peritromus sp.	15*
210-220	25	Peritromus sp.	6*
220-222	24	Peritromus sp.	10*
AR101204-02			
225.5-245.5	72	Peritromus sp.	66*
245.5-255.5	194	Peritromus sp.	168*
255.5-257.5	474	Peritromus sp.	122*
AR101204-04			
270-279	5	Peritromus sp.	5*
279-281	55	Peritromus sp.	52*
AR101204-08			
238-248	8	Tintinnen	3*
AR10/1216-02			
80-200	118	Euplotes cf. sigmolateralis	15
80-200		Tintinne (Abschnitt 120-140)	1
200-206.5	270	Dinoflagellaten	2
200-206.5		Peritromus sp.	86
200-206.5		Euplotes sp.	5
200-206.5		Euplotes sp. (*ovalis*-Typ)	1
204.4-206.5	157	Tintinnen	2*

Die zweithäufigste Art in den Meereisproben war *Euplotes* cf. *sigmolateralis*. Sie besitzt zwei rechteckige Cirren (I/1 und II/2 nach Wallengren 1900), einen häufig sigmoiden Verlauf der rechten Zellseite und zwei Caudalcirren. Charakteristisch für diese *Euplotes*-Art ist ein Verdrehen der Zelle in Längsrichtung, der Besitz eines kleinen frontalen Cirrus und ein meist weiter anterior lokalisierter Micronucleus. Der Vergleich mit Typenmaterial von *E. sigmolateralis* zeigte deutlich, daß es sich hier um eine andere, aber nahe verwandte Art handelt. Daneben traten im Meereis der Grönlandsee noch andere, nicht weiter bestimmte Vertreter der Gattung *Euplotes*, ein *Euplotes* sp. („*ovalis*-Typ“), Tintinnen sowie im Laptewmeer *Didinium* sp. auf.

Das Experiment zur Bestimmung von Generationszeiten wurde mit einer Ciliatenart durchgeführt, die häufig in den Kulturen auftrat und sich dort auch vermehrte. Es handelte sich um eine *Euplotes*-Art. Sie hatte folgende Merkmale: Ventralseite mit 3 Rippen, Dorsalseite mit 4 Rippen, Makronucleus c-förmig, kugeliger Micronucleus, z.T. in Einbuchtung des Makronucleus, sonst ihm nur anliegend.

In dem Experiment zur Untersuchung der Salzgehaltstoleranz von acoelen Turbellarien und Nematoden überlebten bei unterschiedlichen Salzgehalten (5 bis 95‰) auch Ciliaten. Es handelte sich dabei um die Art *Diophrys* sp., um die Gattung *Euplotes*, sowie um zwei nicht näher bestimmte Tintinnen.

Die meisten Ciliaten der Gattung *Euplotes* bewegten sich, indem sie auf ihren Cirren „liefen“ und dabei ruckartige Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen machten. Sie hielten sich bevorzugt auf oder in Algen- und Detritusflocken, oder auf den mit Bakterien besiedelten Reiskörnern auf.

Verschiedene Ciliatenmorphotypen überlebten das versehentliche Einfrieren einer Probe unversehrt. Während das Eis schmolz, konnte beobachtet werden, wie sie wieder daraus freigesetzt wurden. Dabei hatten die meisten Individuen eine kompakte, kugelige, cystenähnliche Form angenommen, streckten sich jedoch schon wenig später wieder auf ihre normale Gestalt und Größe, bewegten ihre Cilien und ihre Bewegungsweise normalisierte sich nach wenigen Minuten.

Acoela

Die überwiegende Anzahl aller in den Meereisproben vorhandenen Turbellarien scheint nur einer Art der acoelen Turbellarien (Ordnung Acoela) anzugehören. Sie fällt durch ihre rote Färbung auf (Bildtafel 2, Abb. B). Lediglich auf der Station 204 in der Grönlandsee wurden fünf Turbellarien gefunden, die einen ähnlichen Habitus hatten, jedoch weiß waren und bisher nicht näher untersucht wurden. Der Habitus der roten Exemplare sowie das Vorhandensein und die Struktur der Statocyste (Bildtafel 2, Abb. C) zeichnet sie als acoele Turbellarien aus. Auch die lichtmikroskopische Untersuchung von

zahlreichen Serien von Dünnschnitten durch Dr. Jan Hendelberg bestätigten, daß es sich um Acoela handelt. Es wurden Individuen sehr unterschiedlicher Größen und möglicherweise unterschiedlicher Entwicklungsstadien gefunden (Bildtafel 2, Abb. B). Da aber unter den untersuchten Exemplaren keine geschlechtsreifen Tiere waren, konnten bisher die für die Bestimmung der Art bzw. eine Neubeschreibung notwendigen männlichen Geschlechtsorgane nicht gefunden werden. Auffallend waren die zahlreichen, sehr großen rötlichen Lipidzellen in den Turbellarien, sowie tiefrote kleinere Zellen (Bildtafel 2, Abb. D). Die Abmessungen dieser und anderer für die Bestimmung wichtiger Merkmale sind in Tabelle 3.10 aufgeführt.

Tab. 3.10: Abmessungen lebender Turbellarien (μm). Min = Minimum, Max = Maximum.

	Acoela		Abstand vom breitesten Punkt zum Vorderende	Durchmesser Statocyste		Öltropfen Durchmesser	Rote Zellen Durchmesser	Epidermiscilien Länge	Ei (?) Durchmesser
	Länge	Breite		innen	außen				
	290	153	140						
	317	129	168						
	387	155	274						
	360	139	181						
	957	337	318						
	1028	324	584						
	1064	350	603						
	1058	351	430						
	1129	346	624						
	392	173		17	27	13	4	11	71
	1047	264		14	26	14	5	11	
	227	184		13	20	10	3	12	
	184	121		13	21	24	6	11	
				13	22	22	5	12	
				14	23	20	6	12	
				15	20	22	5		
				14	21	18	7		
				14	23	15	5		
				15	23	10	6		
				14	24	12	3		
				15	24	13	7		
						16			
						14			
						9			
						9			
						17			
						18			
						12			
						9			
						29			
Median	392	184	318	14	23	14	5	11.5	71
Min	184	121	140	13	20	9	3	11	71
Max	1129	351	624	17	27	29	7	12	71
Anzahl	13	13	9	12	12	21	12	6	1

Die acoelen Turbellarien konnten über 1 1/2 Jahre in Kulturen gehältert werden. Einige überlebten sogar bei Salinitäten von nur 5‰ bis zu 11 Monate lang. Im Laufe der Zeit wurde ihre rote Färbung etwas schwächer. Sie konnten wiederholt beim Fressen von Diatomeen mit dem Utermöhlmikroskop beobachtet werden, wobei sie sich auf den Nahrungspartikel bewegten und diesen dann durch Aufwölbung des gesamten Körpers in den Mund einsogen und durch starke Muskelkontraktion in das verdauende Zentralparenchym aufnahmen (Bildtafel 3, Abb. A). Einmal konnte ein Turbellar auch beim Fressen eines juvenilen Nematoden beobachtet werden.

Bei den mikroskopischen Untersuchungen der lebenden Turbellarien unter einem Deckglas kam es wiederholt vor, daß die Tiere durch schnelles Bewegen in dem beengten Raum in zwei oder mehrere Teile getrennt wurden. Die einzelnen Teile der Turbellarien bewegten sich bis zu einem Tag weiter. Dies galt auch für einzelne Epidermiszellen, deren Cilien ebensolange autonom weiterschlugen. Asexuelle Reproduktion wurde aber nicht beobachtet. Ein Turbellar zog sich durch Verletzung an einem spitzen Partikel ein großes Loch in der Körpermitte zu und lebte in diesem Zustand über sechs Wochen lang weiter. Das lange Bestehen dieser Verletzung deutet ebenfalls nicht auf schnelle Regeneration hin, die häufig mit asexueller Reproduktion einhergeht.

Die Turbellarien konnten wegen ihrer auffälligen Färbung in frisch aufgesägten Eiskernen unter dem Binokular beobachtet werden. Sie bewegten sich sehr rasch durch verschiedene Solekanäle und legten dabei innerhalb weniger Minuten Strecken von einigen Zentimetern zurück.

Copepoda

Die Bestimmung der Copepoden war durch die Bildung von Kristallen (vermutlich Borax) in den Probengefäßen erschwert. Vor allem die Nauplien klebten häufig am Boden fest und waren von Kristallen bedeckt. In solchen Fällen mußte auf eine Bestimmung der Art verzichtet werden. Insgesamt wurden 604 Copepoden taxonomisch bearbeitet und soweit möglich die Unterordnungen, Gattungen, Arten und Stadien bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.11 zusammengefaßt. In den Eiskernproben wurden Vertreter der Unterordnungen Poecilostomatoida und Cyclopoida, darunter die Gattungen *Oithona* und *Oncaea* sowie die harpacticoiden Copepoden *Halectinosoma* sp., *Tisbe furcata* und *Harpacticus superflexus* bestimmt. Die harpacticoiden Copepoden wurden weiter nach Stadien und Geschlecht getrennt.

Bei *Halectinosoma* sp. handelte es sich um *Halectinosoma finmarchicum* oder eine nahe verwandte Art. *Halectinosoma* sp. aus den Eiskernproben zeigt eine deutliche rote Färbung und rote oder schwarze Öltröpfen. Diese wurden jedoch weder von Lang (1948), noch von Becker (1970) und Chislenko (1977) erwähnt. Da das Typenmaterial im Moment nicht zugänglich ist, steht eine endgültige Artbestimmung auf morphologischer Basis und eine Neubeschreibung des vorliegenden Materials noch aus.

Bei der Tisbe Art handelt es sich mit Sicherheit um eine *Tisbe* Art der Furcata-Gruppe, sehr wahrscheinlich um *Tisbe furcata*. Dies trifft auch für die Jugendstadien der Gattung *Tisbe* zu.

Von der Art *Microsetella norvegica* wurde nur ein totes, leicht zersetztes Exemplar in den Eisprouben des Laptewmeeres (Station 240, 140 bis 160 cm) gefunden. Im Eis des Laptewmeeres (Station 238-03, 90-100 cm) wurde außerdem ein Männchen der Art *Harpacticus superflexus* identifiziert.

Im Barents- und Laptewmeer dominierten die Harpacticoida die Copepodengemeinschaft, daneben betrug der Anteil der Nauplien auf einigen Stationen bis zu 50%, auf Station 227 sogar über 60% (Abb. 3.50). Unter den Harpacticoida war die Art *Halectinossoma* sp. am häufigsten, wobei vorwiegend adulte Männchen und Weibchen auftraten. Lediglich auf den Stationen 243 und 250 im Laptewmeer war die Art *Tisbe furcata* häufiger. Auf Station 243 traten vor allem CI bis CIV Stadien von *Tisbe furcata* auf und auf Station 250 die Copepoditstadien CI und CII. Auf der Station 243, wo die Abundanz der Copepoden am höchsten war, wurden außerdem zahlreiche Exuvien und Kotballen von Copepoden gefunden. Die zumeist pelagischen Cyclopoida und Poecilostomatoida

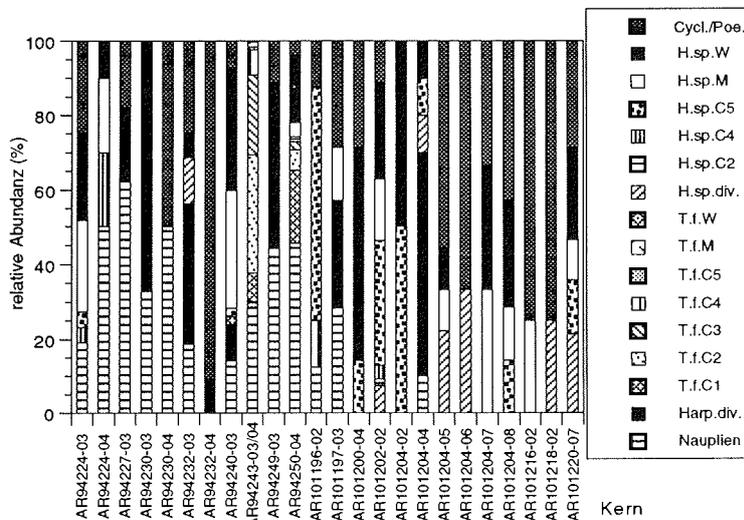


Abb. 3.50: Relative Abundanz (%) der verschiedenen Unterordnungen, Arten und Stadien der Copepoden im Meereis des Barents- und Laptewmeeres und in der Grönlandsee. Cycl.: Cyclopoida, Poe.: Poecilostomatoida, H.sp.: *Halectinossoma* sp., T.f.: *Tisbe furcata*, Harp. div.: verschiedene Harpacticoida, W: Weibchen, M: Männchen, C: Copepodite.

dominierten nur in den unteren 2 cm der Parallelkerne (Nr. -04) der Stationen 230 und 232 im Barentsmeer. In einem Fall wurden im Eis des Laptewmeeres (Station 250, Abschnitt 120 bis 140 cm) auch calanoide Copepoden gefunden, die ihrem Zustand nach zu urteilen jedoch bei der Probennahme schon tot waren. Sie wurden nicht näher bestimmt. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß in dem darüberliegenden Segment (100 bis 120 cm) besonders große Solekanäle beobachtet wurden, die das Einwandern dieser relativ großen Organismen in das Eis ermöglicht haben könnten.

In der Grönlandsee war der Anteil der Nauplien deutlich geringer als in den anderen Gebieten, auf den meisten Stationen fehlten sie ganz. Auch in diesem Untersuchungsgebiet dominierten Harpacticoida die Copepodengemeinschaft, die wiederum überwiegend der Art *Halectinosoma sp.* angehörten. Hier trat jedoch neben adulten Männchen und Weibchen auch ein hoher Anteil an CV Copepoditstadien auf. In der Grönlandsee wurde nur ein *Tisbe furcata* CIV Stadium gefunden (Station 195/96). In zwei Kernen der Station 204, sowie auf den Stationen 216 und 218 in der Framstraße dominierten die Cyclopoida und/oder Poecilostomatoida. Alle Tiere, die aufgrund ihres Erhaltungszustands nicht genauer bestimmt werden konnten, wurden als verschiedene *Halectinosoma sp.* Stadien bzw. verschiedene Harpacticoida zusammengefaßt.

Verschiedene Objekte und Organismen

Unter der Bezeichnung „nicht bestimmbare Objekte“ wurden in den Tabellen A2 und A4 im Anhang alle Objekte aufgeführt, die im Verlauf dieser Arbeit nicht taxonomisch identifiziert werden konnten. Sie zeichnen sich durch eine kugelige bis ovale Form mit etwa 80 bis 110 µm Durchmesser aus und es konnten in keinem Fall Bewegungen festgestellt werden. Es könnte sich um Eier oder Dauerstadien handeln. Am häufigsten trat während der Reise ARK IX/4 das Objekt Nr. 5 auf. Es hat eine kugelige Form mit einem mittleren Durchmesser von 92 µm und einen „Zipfel“ mit einer mittleren Länge von 10 µm (Bildtafel 3, Abb. B, Tab. 3.12). Eine Anfärbung des Objektes mit DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindol) ergab, daß es sich um einen einzelligen Organismus handelt. Von Bengalrosa wurde es nicht angefärbt. In der Grönlandsee trat dieses Objekt ebenfalls häufig auf, dort wurde aber noch häufiger eine leere Hülle von ähnlicher Gestalt gefunden (Objekt Nr. 6). Objekt Nr. 7 hatte eine ähnliche Form, war jedoch transparenter als Nr. 5.

Unter der Bezeichnung „sonstige Objekte“ wurden in den Tab. A2 und A4 im Anhang Gehäuse und Schalen von Organismen, Exuvien von Copepoden sowie Rotatorieneier aufgeführt. Im Barents- und Laptewmeer wurden Muschelschalen (Größe ca. 1 mm), sowie Tintinnengehäuse in den Eisproben gefunden. In den Eisproben aus dem Laptewmeer wurde eine und in den Proben aus der Grönlandsee insgesamt 29 Foraminiferenschalen identifiziert. Dabei handelte es sich vorwiegend um die pelagische Art *Neoglo-*

Tab. 3.12: Abmessungen der „nicht bestimmbar Objekte“ aus Eiskernen aus dem Barentsmeer. n.v. = nicht vermessen.

Kern/Abschnitt	Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)
AR94230-03, 100-160 cm	5	92	n.v.
AR94230-03, 100-160 cm	5	79	n.v.
AR94230-03, 100-160 cm	5	88	n.v.
AR94230-03, 100-160 cm	5	78	"Zipfel":
AR94230-03, 40-60 cm	5	105	7
AR94230-03, 120-140 cm	5	102	9
AR94230-03, 120-140 cm	5	93	10
AR94230-03, 120-140 cm	5	77	11
AR94230-03, 120-140 cm	5	101	10
Median		92	10
AR94230-03, 100-160 cm	6	85	82
AR94230-03, 100-160 cm	7	85	106
AR94230-03, 120-140 cm	7	114	
Median		99.5	106

boquadrina pachyderma, daneben trat auch eine benthische Foraminiferenschale im Eis auf (Station AR101202), die jedoch zu schlecht erhalten war, um sie genauer zu identifizieren.

Das Eis des Laptewmeeres und der Grönlandsee enthielt ferner Insekten, die ebenfalls schlecht erhalten waren, jedoch Ähnlichkeit mit Ektoparasiten von Seevögeln hatten. Daneben traten im Eis des Barentsmeeres Gehäuse von Schnecken, z.B. der Flügelschnecke *Limacina* auf. In allen drei Untersuchungsgebieten wurden außerdem Fragmente von größeren Crustaceen (vermutlich Amphipoden) gefunden. Besonders im Barentsmeer wurden häufig Pollen in den Eisproben beobachtet. Weiterhin traten in den Eisproben des Laptewmeeres Teile von Moosen und Flechten auf. So wurden in den Proben der Festeisstation AR94239 Teile von Lebermoosen der Gattung *Cephaloziella*, der Laubmoose *Bartramia* und *Bryum* sowie Flechtenteile identifiziert (F. Schulz, pers. Mitt.). Schließlich wurden in allen drei Untersuchungsgebieten Sklerite von Schwämmen in den Eisproben gefunden.

Planktonproben

Die Planktonproben des Oberflächenwassers, die in der Grönlandsee jeweils von der Eiskante oder vom Schiff in Nähe der Eiskante genommen wurden, wurden nur qualitativ ausgewertet. Neben verschiedenen pelagischen Tieren wurden auch einige Organismen gefunden, die in den Meeresproben beobachtet wurden. So traten auf den Statio-

Tab. 3.13: ARK X/1 (Grönlandsee): Qualitative Auswertung der Handnetz-Planktonproben von der Eiskante bzw. dem Schiff nahe der Eiskante. n.b.O.= "nicht bestimmbare Objekte", siehe Tab. A2 und A4, X = Taxon gefunden, nicht gezählt.

Kern Nr. (Datum)	Nematoda	Rotatoria	Ciliata	Acoela	Copepoda	Nauplien	Sonstige, Bemerkungen
194 (13.7.)	X		100		82		Ciliaten/Nematoden/6 Chaetognathen/>20x n.b.O.9
196 (14./15.7.)			X	1	192	344	2 Oncaea spp./1 Oithona sp./78 Calanoide Copepoden 8 Appendicularien/4 Foraminiferen/1 Tintinne
197 (16.7.)					127	100	27 Calanoide Copepoden + 154 Oithona spp./Tintinne: Dictyocystia sp. 118 Oithona spp./9 Oncaea spp./Copepodite 4 Appendicularien/Tintinnen/n.b.O.10+ 7 x n.b.O.6
200 (19./20.7.)			X		X	X	Ciliaten: Peritromus
201 (21.7.)					X		Copepoden: Ectinosomatidae/Appendicularien/Pellets
203 (23.7.)					X	X	Copepoden: Ectinosomatidae
204 (24.7.)					X	X	Kotballen von Copepoden
207 (27.7.)	X		X		X	X	(Harpacticoida) Copepoden

nen AR101194 und AR101207 Nematoden im Plankton auf (Tab. 3.13). Neben zahlreichen planktischen Ciliaten wurde auf Station AR101200 auch *Peritromus* spp. in den Planktonproben beobachtet. Rotatorien wurden im Plankton nicht gefunden. Copepoden und Nauplien traten zahlreich in den Netzfängen auf. Es handelte sich vorwiegend um nicht genauer bestimmte calanoide Copepoden, sowie um *Oncaea* spp. und *Oithona* spp.

3.6 Biomasse der Meiofauna

Die Nematoden im Laptewmeer ($n=28$) hatten bei mittleren Längen von $2661 \mu\text{m}$ und Breiten von $50 \mu\text{m}$ einen Kohlenstoffgehalt von $0.50 \mu\text{g}$. In der Grönlandsee hatten die Nematoden ($n=574$) bei mittleren Längen von $1844 \mu\text{m}$ und Breiten von $32 \mu\text{m}$ einen Kohlenstoffgehalt von $0.13 \mu\text{g}$. Die Größen, Feucht- und Trockengewichte und Kohlenstoffgehalte sind in den Tabellen A5 bis A8 im Anhang dargestellt. Der Kohlenstoffgehalt der Nematoden auf zwei Stationen im Laptewmeer ist deutlich höher als in der Grönlandsee. Zwischen den Stationen der Grönlandsee zeigten sich hinsichtlich der Kohlenstoffgehalte der Nematoden im Eis keine deutlichen Unterschiede (Abb. 3.51). Aus dem Barentsmeer wurden keine Nematoden vermessen. Um eine Abschätzung der Biomasse für diese Region zu erhalten, wurde hier der mittlere Kohlenstoffgehalt der Nematoden aus dem Laptewmeer eingesetzt, da die Tiere aus dem Barentsmeer eine ähnliche Größe hatten.

Die Rotatorien im Eis der Grönlandsee ($n=15$) hatten bei einer mittleren Länge von $189 \mu\text{m}$ und einer Breite von $72 \mu\text{m}$ einen Kohlenstoffgehalt von 25300 pg (ca $0.03 \mu\text{g}$) (Tab. 3.14). Wegen der geringen Anzahl an Tieren wurde zusätzlich die Biomasse der im Meereis aufgetretenen Arten anhand von Größenangaben aus der Literatur errechnet, soweit diese angegeben waren (Tab. 3.15). Der mittlere Kohlenstoffgehalt dieser Arten betrug bei einer Länge von $209 \mu\text{m}$ und Breite von $69 \mu\text{m}$ 21400 pg (ca $0.02 \mu\text{g}$). Der Mittelwert dieser Kohlenstoffgehalte von 23000 pg wurde schließlich für die Rotatorien aller Stationen eingesetzt.

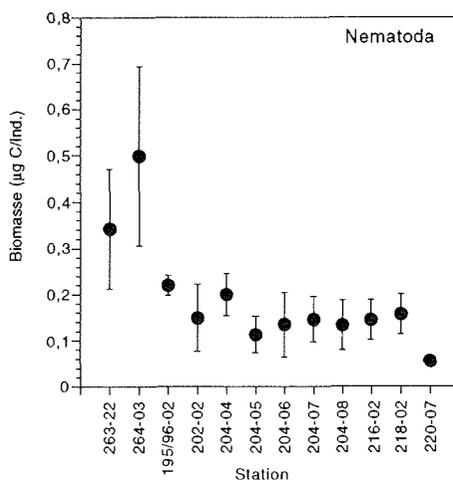


Abb. 3.51: Biomasse der Nematoden aus dem Meereis des Laptewmeeres (Stationen 263 und 264) und der Grönlandsee (Station 196 bis 220). Punkte = Mittelwerte, Balken = Standardabweichung.

Tab. 3.14: Längen, Breiten und Biomassen von Rotatorien von Meereisproben aus der Grönlandsee. F = fixierte Tiere, L = lebende Tiere.

Probe Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)	Breite/ Länge	Volumen (µm ³)	Naßgewicht (µg)	Trockengewicht (µg)	Kohlenstoff (pg)
195/260-270 (F)	248	70	0.28	315952	0.32	0.03	25276
202/250-253 (L)	268	91	0.34	577020	0.59	0.06	46162
"	230	95	0.41	539695	0.55	0.06	43176
"	225	111	0.49	720779	0.74	0.07	57662
"	190	122	0.64	735270	0.76	0.08	58822
"	234	67	0.29	273111	0.28	0.03	21849
204-08/238-248 (F.)	120	61	0.51	116095	0.12	0.01	9288
216-02/180-200 (F.)	189	102	0.54	511253	0.53	0.05	40900
"	139	72	0.52	187350	0.19	0.02	14988
"	198	145	0.73	1082367	1.11	0.11	86589
216-02/200-204.5 (F.)	117	57	0.49	98835	0.10	0.01	7907
"	182	84	0.46	333890	0.34	0.03	26711
218-02/244-254 (F)	162	65	0.40	177957	0.18	0.02	14237
220-08/326-346 (F)	158	71	0.45	207084	0.21	0.02	16567
"	170	68	0.40	204381	0.21	0.02	16350
Mittelwert	189	85	0.46	405402	0.42	0.04	32432
Median	189	72	0.46	315952	0.32	0.03	25276
Standardabweichung	46	25	0.12	281902	0.29	0.03	22552
Minimum	117	57	0.28	98835	0.10	0.01	7907
Maximum	268	145	0.73	1082367	1.11	0.11	86589
n	15	15	15.00	15	15.00	15.00	15

Es wurden vier Ciliatenarten hinsichtlich ihrer Längen und Breiten vermessen. *Diophrys* sp. aus dem Experiment zur Salzgehaltstoleranz (Kap. 3.8.2) hatte einen mittleren Kohlenstoffgehalt von 3200 pg (Tab. 3.16). *Euplotes* sp. aus dem Experiment zur Bestimmung der Generationszeiten (Kap. 3.8.1) hatte einen mittleren Kohlenstoffgehalt von 2500 pg. Für *Euplotes* cf. *sigmolateralis*, der etwa 16% der Ciliaten in den Kernen der Grönlandsee ausmachte, wurde ein mittlerer Kohlenstoffgehalt von 13400 pg ermittelt. *Peritromus* sp., der mit etwa 71% den größten Anteil der Ciliaten in den Kernen der Grönlandsee ausmachte, hatte einen mittleren Kohlenstoffgehalt von 11600 pg. Es wurden außerdem 13 *Peritromus* sp. lebend vermessen (Tab. 3.17). Verglichen mit den Maßen der fixierten Tiere ergibt sich eine fixierungsbedingte Schrumpfung von 47.1% in den Längen, 27.7% in den Breiten und 74.9% im Biovolumen. Obwohl diese Schrumpfungsraten höher sind, als die von Auf dem Venne (1994) und Jerome et al. (1993) ermittelten Raten, wurde der von diesen Autoren ermittelte Korrekturfaktor von 2.5 angewendet, da in der vorliegenden Arbeit nur die Schrumpfungsraten weniger Exemplare einer Art ermittelt wurden. Aus den Kohlenstoffgehalten der vier vermessenen Arten wurde entsprechend ihrer Häufigkeit ein mittlerer Kohlenstoffgehalt für die Ciliaten aller Stationen von 10700 pg errechnet.

Insgesamt wurden 196 acoele Turbellarien aus der Grönlandsee vermessen und ihre Biomassen berechnet. Ihre Längen waren mit einer Spannweite von 55 bis 1257 µm sehr

variabel (Tab. A6). Die Acoela hatten einen mittleren Kohlenstoffgehalt von 0.39 μg , der zur Abschätzung der Gesamtbiomasse für alle Tiere aus dem Eis des Barents- und Laptewmeeres eingesetzt wurde. Die Kohlenstoffgehalte der acoelen Turbellarien aus der Grönlandsee zeigten keine deutlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Stationen (Abb. 3.52).

Bei der Berechnung der Biomassen der Copepoden wurden die Kohlenstoffgehalte der einzelnen Stadien und Gattungen bestimmt und die fehlenden Werte entsprechend der

Tab. 3.15: Biomasseberechnung von Rotatorien anhand von Literaturzitaten: Längen (l), Breiten (b) und Verhältnisse Breite /Länge wurden aus den Quellen entnommen (aus Text und Abbildungen).

Art	Länge (μm) ohne Zehne	Breite (μm)	Breite/ Länge	Quelle	Volumen (μm^3)	Naßgewicht (μg)	Trocken- gewicht (μg)	Kohlenstoff (μg)
<i>Enicentrum graingeri</i>	209	65	0.31	Weibchen Chengalath (1985)	229587	0.24	0.024	18367
	158	49	0.31	Juv. Weibchen Chengalath (1985)	98633	0.10	0.010	7891
<i>Proales reinhardtii</i>	284	73	0.32	Juv. Weibchen Chengalath (1985)	393493	0.40	0.040	31479
<i>Synchaeta hyperborea</i>	284	120	0.42	Koste (1978)	1063296	1.09	0.109	85064
<i>Synchaeta cecilia</i>	153	bis 82	0.48	Weibchen Koste (1978)	267481	0.27	0.027	21398
Mittelwert	218	77			410498	0.42	0.04	32840
Median	209	69			267481	0.27	0.03	21398
Standardabweichung	64	31			379762	0.39	0.04	30381
Minimum	153	49			98633	0.10	0.01	7891
Maximum	284	120			1063296	1.09	0.11	85064
n	5	4			5	5	5	5

Tab. 3.16: Längen, Breiten, Zellvolumina und Biomassen der Ciliaten.

	Länge (μm)	Breite (μm)	Zellvolumen (μm^3)	Zellvolumen x Faktor 2,5	Feuchtgewicht (μg)	Trockengewicht (μg)	Kohlenstoff (pg)
<i>Diophrys sp.</i>							
Mittelwert	53	32	16713	41783	0.043	0.009	3343
Median	52	32	15817	39543	0.041	0.008	3163
Minimum	46	28	11889	29723	0.031	0.006	2378
Maximum	61	39	23494	58735	0.060	0.012	4699
Standardabweichung	3.63	2.64	3939.00				
Variabilitätskoeffizient (%)	6.79	8.20	23.60				
Anzahl	21	21	9				
<i>Euplotes sp.</i>							
Mittelwert	51	28	13082	32705	0.034	0.007	2616
Median	51	28	12328	30820	0.032	0.006	2466
Minimum	43	23	9688	24220	0.025	0.005	1938
Maximum	66	30	17856	44640	0.046	0.009	3571
Standardabweichung	4.90	2.51	2402.00				
Variabilitätskoeffizient (%)	9.54	9.04	18.40				
Anzahl	19	15	14				
<i>Euplotes cf. sigmolateralis</i>							
Mittelwert	96	53	71293	178233	0.183	0.037	14259
Median	91	52	66921	167303	0.172	0.034	13384
Minimum	81	44	41054	102635	0.106	0.021	8211
Maximum	119	72	161503	403758	0.415	0.083	32301
Standardabweichung	12.60	7.04	30435.00				
Variabilitätskoeffizient (%)	13.14	13.27	42.70				
Anzahl	15	13	13				
<i>Peritromus sp.</i>							
Mittelwert	63	59	66103	165258	0.170	0.034	13221
Median	63	60	57924	144810	0.149	0.030	11585
Minimum	44	38	16634	41585	0.043	0.009	3327
Maximum	89	89	184560	461400	0.474	0.095	36912
Standardabweichung	11.81	14.24	45228.00				
Variabilitätskoeffizient (%)	18.70	24.10	68.40				
Anzahl	22	22	22				

Zusammensetzung der Copepodengemeinschaft (Kap. 3.5) ergänzt. Dabei wurden jeweils die Mediane der Kohlenstoffgehalte aller vermessenen Individuen der einzelnen Familien, Gattungen, Arten bzw. Stadien für ARK IX/4 und ARK X/1 getrennt berechnet und eingesetzt. Für alle Stationen der Reise ARK IX/4, auf denen keine Copepoden vermessen oder taxonomisch bestimmt wurden, wurde der Median der mittleren Kohlenstoffwerte aller Copepoden von 0.60 $\mu\text{g}/\text{Ind.}$ eingesetzt (siehe Kap. 2.7).

Weibchen von *Halectinosoma sp.* hatten im Barents- und Laptevmeer mit 1.20 $\mu\text{g C}/\text{Ind.}$ höhere Biomassen als in der Grönlandsee mit 0.86 μg (Abb. 3.53, Tab. A7). Männchen von *Halectinosoma sp.* hatten mit 0.58 bzw. 0.54 $\mu\text{g C}/\text{Ind.}$ im Mittel geringere Biomassen und auch eine geringere Schwankungsbreite. Die CV Stadien von *Halectinosoma sp.* hatten im Mittel etwas höhere Biomassen von 1.02 bzw. 0.57 $\mu\text{g C}/\text{Ind.}$ (ARK IX/4, ARK X/1) als die Männchen und die wenigen Exemplare der CIV Stadien hatten mittlere Kohlenstoffgehalte von 0.39 μg . Männchen von *Tisbe furcata*

Tab. 3.17: Abmessungen und berechnete Biomassen lebender *Peritromus* sp. aus dem Meereis der Grönlandsee (AR101195/96). SD = Standardabweichung.

Nr.	Länge (μm)	Breite (μm)	Zellvolumen (μm^3)	Feuchtgewicht (μg)	Trockengewicht (μg)	Kohlenstoff (pg)
1	79	44	40777	0.042	0.008	3262
2	122	98	307234	0.316	0.063	24579
3	148	96	360415	0.371	0.074	28833
4	120	92	264320	0.272	0.054	21146
5	125	92	279570	0.287	0.057	22366
6	97	66	111760	0.115	0.023	8941
7	164	50	107338	0.110	0.022	8587
8	97	41	42688	0.044	0.009	3415
9	128	83	230852	0.237	0.047	18468
10	72	62	72458	0.074	0.015	5797
11	55	54	41987	0.043	0.009	3359
12	115	90	243866	0.251	0.050	19509
13	119	91	257987	0.265	0.053	20639
Median	119	83	230852	0.237	0.047	18468
Mittelwert	111	74	181635	0.187	0.037	14531
SD	30	21	114478	0.118	0.024	9158
Minimum	55	41	40777	0.042	0.008	3262
Maximum	164	98	360415	0.371	0.074	28833

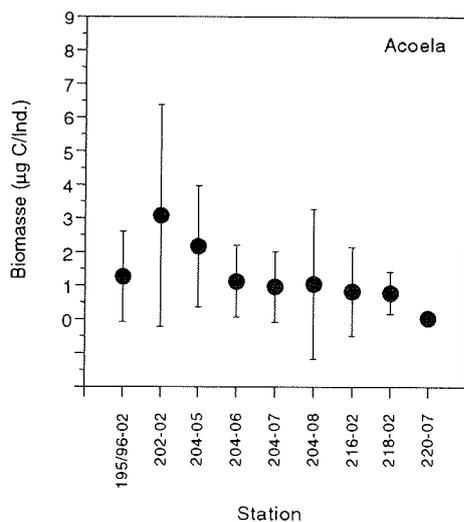


Abb. 3.52: Biomasse der acoelen Turbellarien aus dem Meereis der Grönlandsee (Station 196 bis 220). Punkte = Mittelwerte, Balken = Standardabweichung.

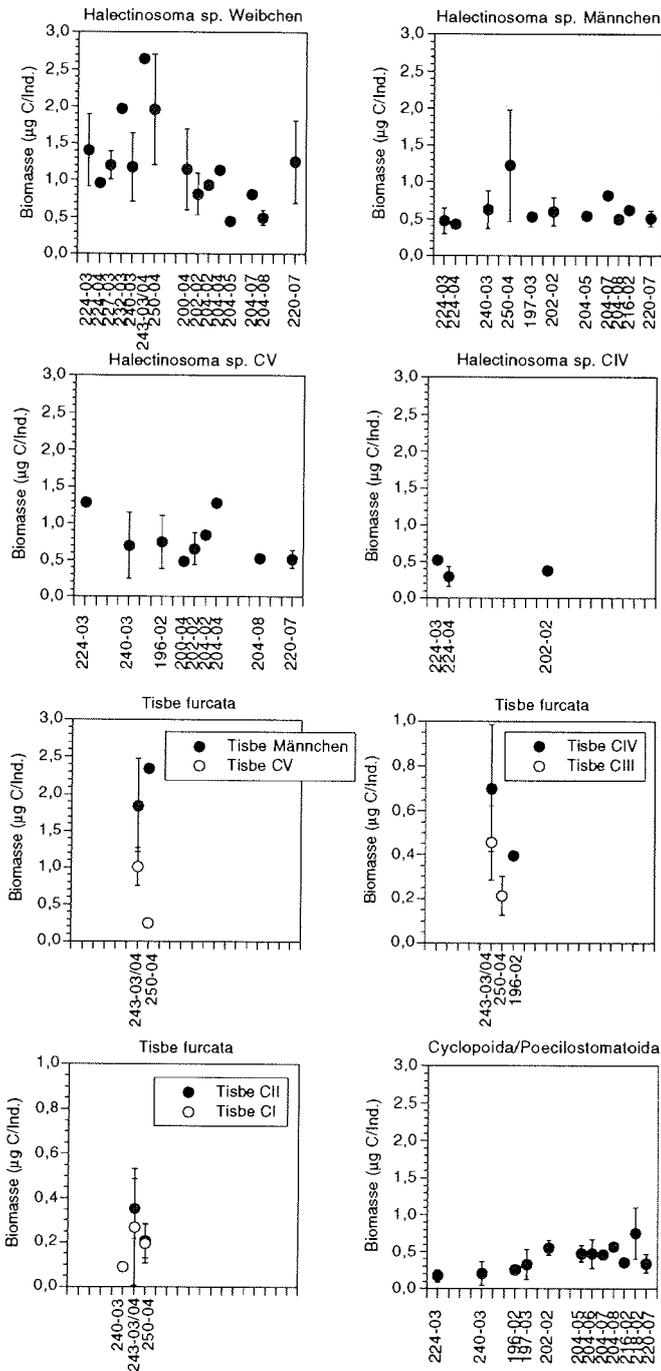


Abb. 3.53: Biomasse der Copepoden aus dem Meereis des Barentsmeeres (Station 224 bis 232), des Laptewmeeres (Station 240 bis 250) und der Grönlandsee (Station 195/96 bis 220). Punkte = Mittelwerte, Balken = Standardabweichung.

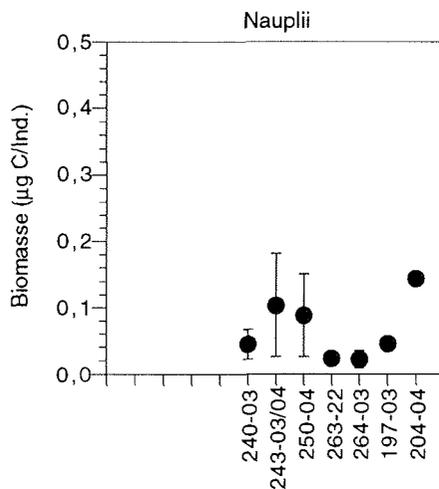


Abb. 3.54: Biomasse der Nauplien aus dem Meereis des Laptewmeeres (Station 240 bis 264) und der Grönlandsee (Station 197 bis 204). Aus dem Barentsmeer wurden keine Nauplien vermessen. Punkte = Mittelwerte, Balken = Standardabweichung.

hatten mittlere Kohlenstoffgehalte von 2.15 µg, die Biomassen der CV Stadien waren mit 0.83 µg C/Ind. geringer. Die Biomassen nahmen von den CIV zu den CI Stadien mit mittleren Werten von 0.63 bis 0.20 µg C/Ind. ab, zeigten jedoch deutliche Überschneidungen. Die Biomassen der Cyclopoida und Poecilostomatoida lagen in der Grönlandsee bei einer geringen Schwankungsbreite im Mittel bei 0.13 bzw. 0.46 µg. Eine Übersicht über die Größen und Biomassen der Copepoden findet sich in Tabelle A7 im Anhang. Da Copepoden der Poecilostomatoida und Cyclopoida bei den Größenmessungen nicht unterschieden werden konnten, sind beide Unterordnungen als eine Kategorie in den Tabellen angegeben.

Aus den Proben der Grönlandsee wurden alle Nauplien vermessen, während für die Stationen der Reise ARK IX/4 der Median des Kohlenstoffgehaltes der Nauplien beider Reisen von 0.02 µg (siehe Tab. A8) eingesetzt wurde. Lediglich von der Station 263-22 im Laptewmeer wurden mehr als 90% der Nauplien vermessen. Die mittleren Kohlenstoffgehalte der Nauplien verschiedener Stationen schwankten zwischen 0.02 und 0.14 µg/Ind. (Abb. 3.54).

Die Gesamtbiomasse aller Taxa lag im Mittel bei 2200 µg C/m² mit einer Spannweite von 0 bis 47600 µg C/m² (Abb. 3.55). Im Barents- und Laptewmeer waren die Biomassen im Mittel mit 500 bzw. 600 µg C/m² ähnlich, wiesen jedoch im Barentsmeer mit 0 bis 47600 µg C/m² die größten Schwankungen und auch die höchsten Biomassewerte von allen Untersuchungsgebieten auf (Abb. 3.56). In der Grönlandsee war die mittlere Biomasse mit 5600 µg C/m² höher als in den beiden anderen Gebieten und zeigte mit

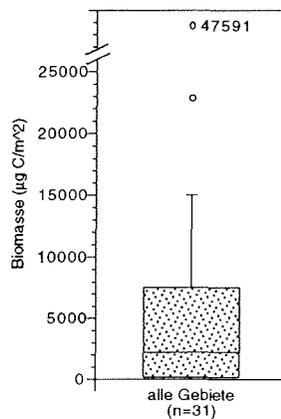


Abb. 3.55: Gesamtbio­masse der Meereis­meiofauna der Transpolardrift. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

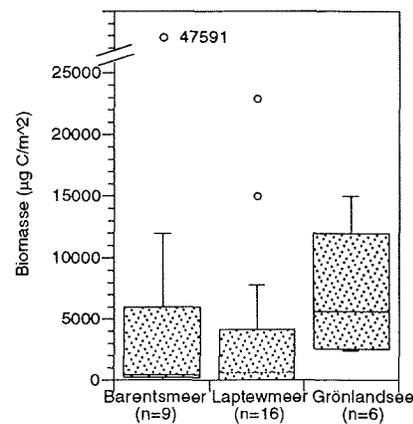


Abb. 3.56: Gesamtbio­masse der Meereis­meiofauna im Barents- und Laptewmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

2400 bis 15000 $\mu\text{g C/m}^2$ die geringste Schwankungsbreite. Die hohen Biomassen in der Grönlandsee wurden vor allem durch die gegenüber den anderen Untersuchungsgebieten erhöhte Biomasse der Nematoden, sowie auch durch Ciliaten, Turbellarien und Copepoden bedingt (Abb. 3.57).

Im Barentsmeer machten die Nematoden auf einigen Stationen einen großen Anteil der Gesamtbio­masse aus (Abb. 3.58), während ihr Anteil auf anderen Stationen gering war oder sie ganz fehlten (z.B. Station 231). Neben den Nematoden hatten auch die Copepoden und Turbellarien auf einigen Stationen im Barentsmeer bedeutende Biomassen. Im Laptewmeer entfiel der größte Anteil der Bio­masse auf Copepoden, daneben trugen auf einigen Stationen auch Nematoden und Turbellarien deutlich zur Gesamtbio­masse bei. In der Grönlandsee machten vor allem die Nematoden, Turbellarien und Copepoden die Bio­masse aus, zu einem geringeren Anteil auch die Ciliaten.

Abbildung 3.59 gibt einen Überblick über die Verteilung der Bio­masse in den drei Untersuchungsgebieten. Auffallend sind die hohen Kohlenstoffgehalte der Copepoden im südlichen Laptewmeer, während weiter im Norden und Osten insgesamt geringere Bio­mas-

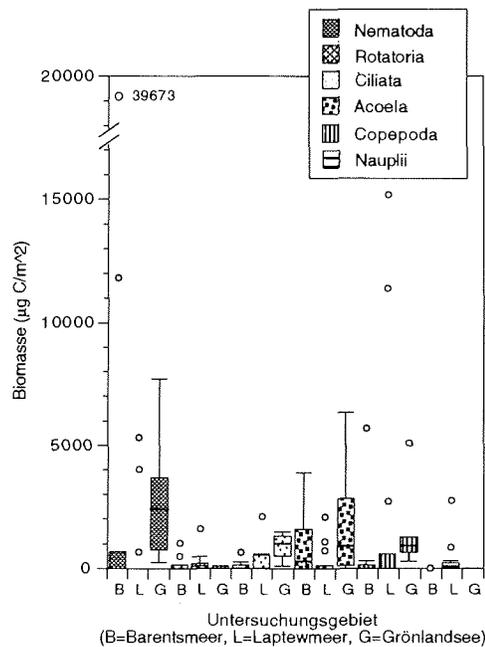


Abb. 3.57: Biomasse der einzelnen Taxa der Meereismeiofauna im Barents- und Laptevmeer und in der Grönlandsee. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

sen auftraten. Im nördlichen Barentsmeer wurden vor allem durch den großen Anteil an Nematoden die höchsten Biomassen der drei Untersuchungsgebiete erreicht, während auf den weiter östlich gelegenen Stationen nordwestlich von Franz-Josef-Land geringere Biomassen mit höheren relativen Anteilen an Turbellarien auftraten. In der Grönlandsee waren die Biomassen einheitlicher und vor allem von Turbellarien und Nematoden, sowie auf einigen Stationen auch von Copepoden dominiert. Die Biomasse der Rotatorien war auf allen Stationen der drei Untersuchungsgebiete gering.

3.7 Einfluß biotischer und abiotischer Parameter auf Abundanz und Biomasse der Meiofauna

Zwischen den Parametern Eisdicke, Salzgehalt des Eises, Wassertiefe an der jeweiligen Eisstation und Chlorophyll *a*-Gehalt des Eises einerseits und Abundanz und Biomasse der Eismeiofauna andererseits bestanden mehr oder weniger deutliche Zusammenhänge.

Die Gesamtabundanz und -biomasse der Meiofauna, sowie auch der Nematoden, Ciliaten und acoelen Turbellarien im einzelnen nahm mit steigender Eisdicke zu (Abb. 3.60). Bei der Abundanz und Biomasse der Rotatorien, Copepoden und Nauplien war ein ähnlicher Trend zu erkennen, jedoch war dieser nicht signifikant. Nematoden traten über-

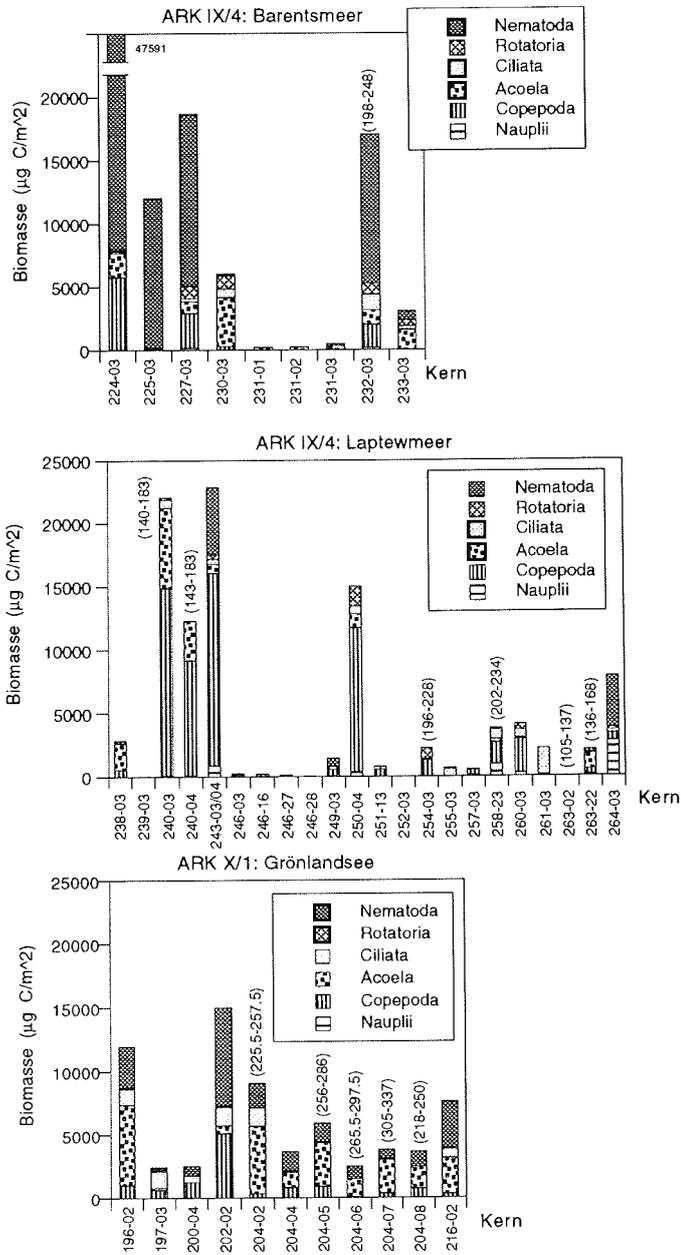


Abb. 3.58: Integrierte Biomassen aller Eiskerne im Barentsmeer, Laptevmeer und der Grönlandsee, von denen wenigstens die untersten 30 cm bearbeitet wurden (Abschnitte abgegeben).

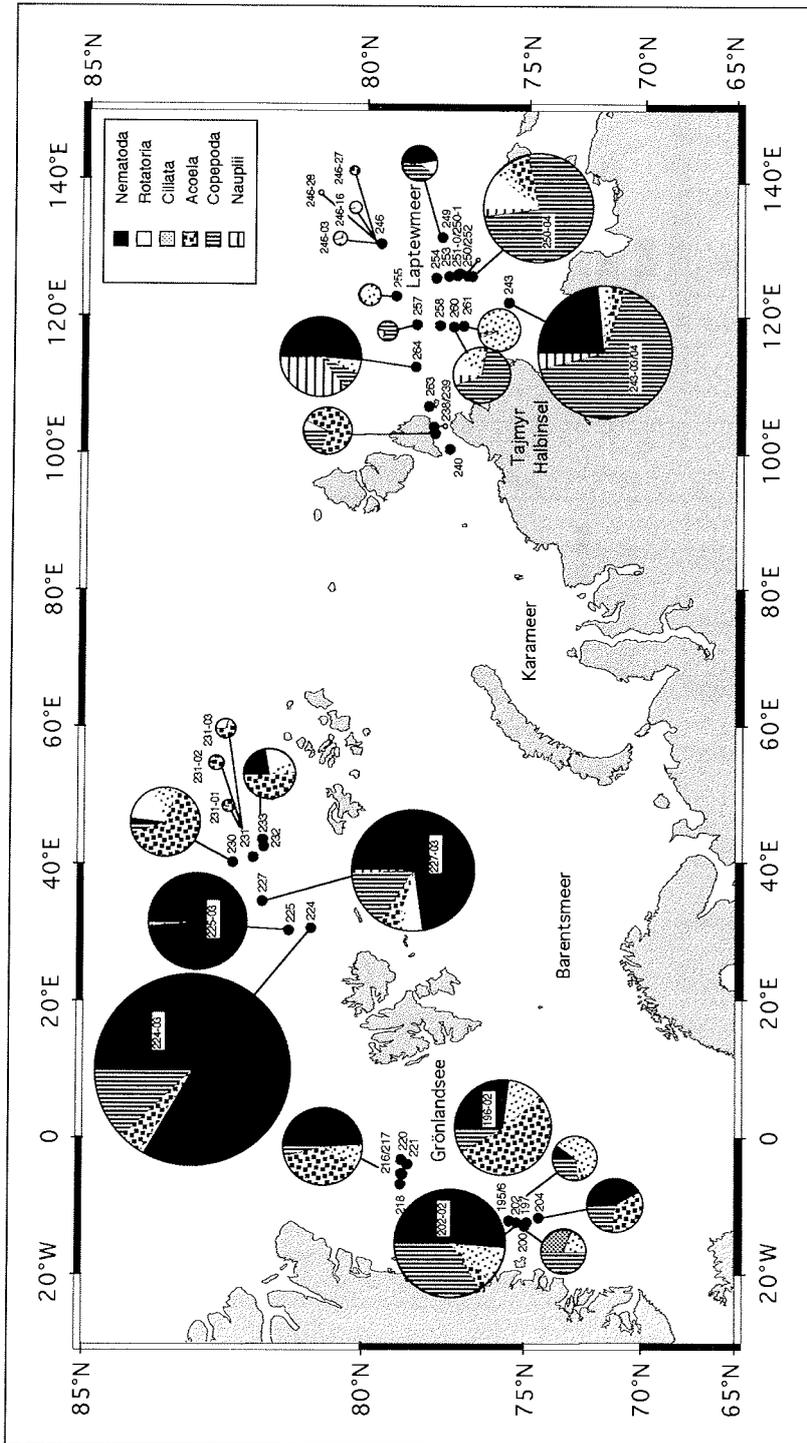


Abb. 3.59: Übersicht über die Biomasseverteilung im Barents- und Laptewmeer und in der Grönlandsee. Kern 227 im Barentsmeer wurde nicht vollständig bearbeitet. Die Kreisflächen entsprechen dem Logarithmus der Biomassen.

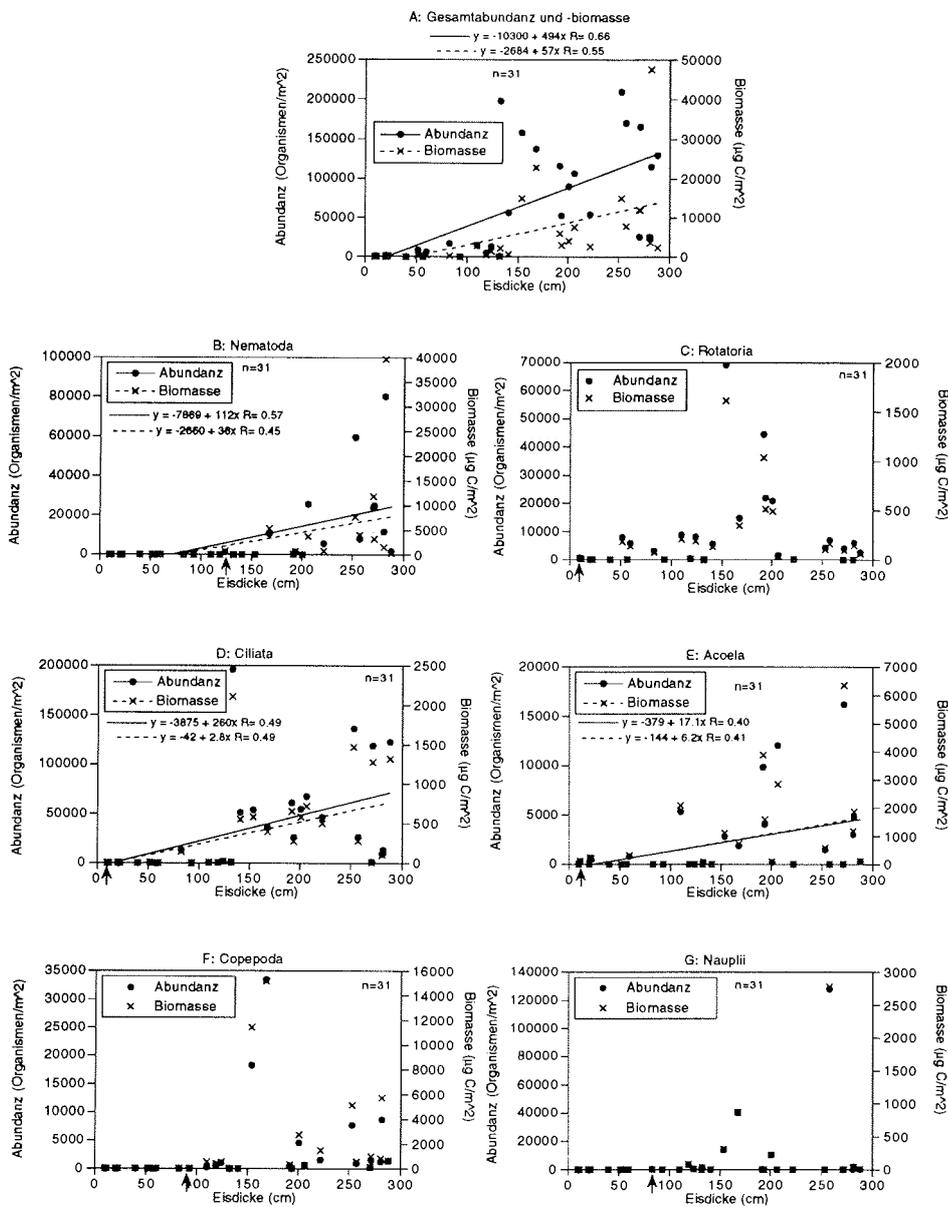


Abb. 3.60: Abundanzen (Organismen/m²) und Biomassen (µg C/m²) der Eisorganismen in Abhängigkeit von der Eisdicke. Die Regressionsgerade wurde nur bei signifikanter Korrelation (5%-Niveau) dargestellt. Der Pfeil markiert die Eisdicke, ab der das jeweilige Taxon bzw. Nauplien im Eis gefunden wurden.

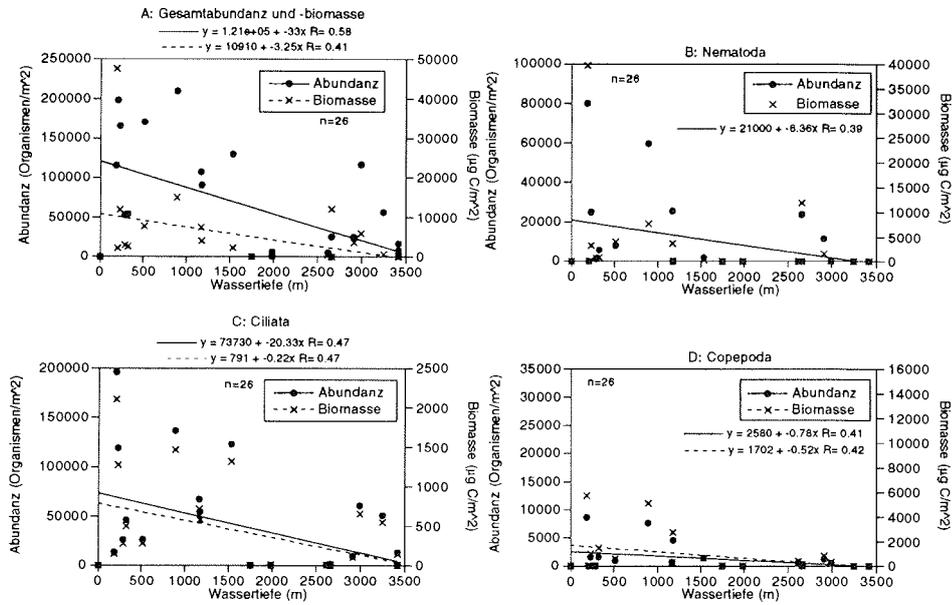


Abb. 3.61: Abundanz (Organismen/m²) und Biomassen ($\mu\text{g C/m}^2$) der Eisorganismen in Abhängigkeit von der Wassertiefe. $p \leq 0.05$.

haupt erst ab einer Eisdicke von 124 cm auf, Copepoden und Nauplien ab 90 bzw. 83 cm. Rotatorien, Ciliaten und acoele Turbellarien wurden dagegen schon in wesentlich dünnerem Eis von nur 10 bis 11 cm gefunden.

Der Salzgehalt des Eises hatte nur unwesentlich Einfluß auf Abundanz und Biomasse. Lediglich für die Menge der Nematoden konnte eine schwach signifikante Zunahme ($R=0.39$, $n=31$) mit steigendem Salzgehalt festgestellt werden.

Die Gesamtabundanz und -biomasse aller Taxa und der Ciliaten und Copepoden im einzelnen, sowie auch die Abundanz der Nematoden nahm mit zunehmender Wassertiefe deutlich ab (Abb. 3.61). Die anderen Taxa zeigten einen ähnlichen Trend, der jedoch nicht signifikant war. Da in allen Untersuchungsgebieten Stationen über sehr unterschiedlichen Wassertiefen beprobt wurden, spiegelt dieser Zusammenhang keinen regionalen Trend wieder.

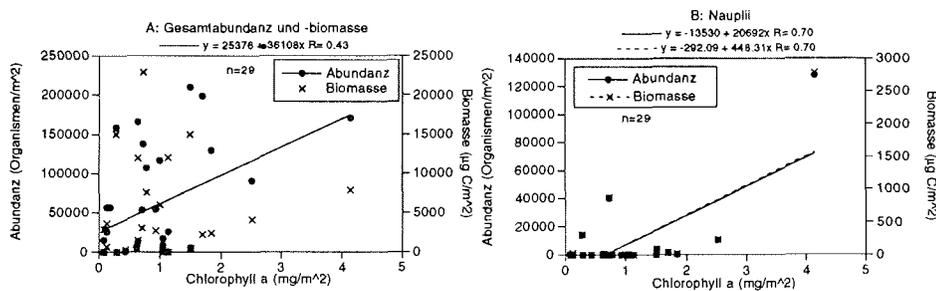


Abb. 3.62: Abundanzen (Organismen/m²) und Biomassen (µg C/m²) der Eisorganismen in Abhängigkeit vom Chlorophyll *a*-Gehalt des Eises. $p \leq 0.05$.

Die Gesamtabundanz der Meiofauna, sowie auch die Abundanz und Biomasse der Nauplien nahm bei höheren Chlorophyll *a*-Gehalten zu (Abb. 3.62). Weder bei den Copepoden noch bei den anderen Taxa war ein solcher Zusammenhang erkennbar.

3.8 Ergebnisse der Experimente

3.8.1 Generationszeiten von Meereisciliaten

Die Generationszeit einzelner Ciliaten der Art *Euplotes* sp. wurde anhand von 24 Einzelkulturen ermittelt (siehe Kapitel 3.5). Davon waren 4 Kulturen ohne exponentielles Wachstum, die Daten wurden daher aus den verbleibenden 20 Kulturen errechnet.

Einige Ciliaten teilten sich sofort nach dem Überführen in die Versuchsgefäße, so daß zum Zeitpunkt t_0 bereits zwei Ciliaten vorhanden waren, während andere sich erst nach 174 Stunden zum ersten mal teilten. Die Beobachtungen wurden beendet, wenn die Anzahl der Ciliaten 5 bis 10 überschritt. Weitere Zählungen hätten aufgrund der Beweglichkeit der Organismen zu Ungenauigkeiten geführt. Am darauffolgenden Tag wurde abschließend die Anzahl der Ciliaten erfaßt, indem die Tiere einzeln mit der Pipette aus den Kulturen entnommen wurden. In einigen Fällen war die Anzahl gezählter Ciliaten geringer als zu einem vorhergehenden Zeitpunkt. Dies kann zum einen durch ein Absterben von Ciliaten bedingt sein, oder dadurch, daß einzelne Zellen übersehen wurden. Obwohl die Versuchsgefäße so klein gewählt wurden, daß sie bei 12facher Vergrößerung vollständig überblickt werden konnten, läßt sich nicht ausschliessen, daß durch Lichtbrechungseffekte an den Rändern der Kulturschalen Ciliaten übersehen wurden.

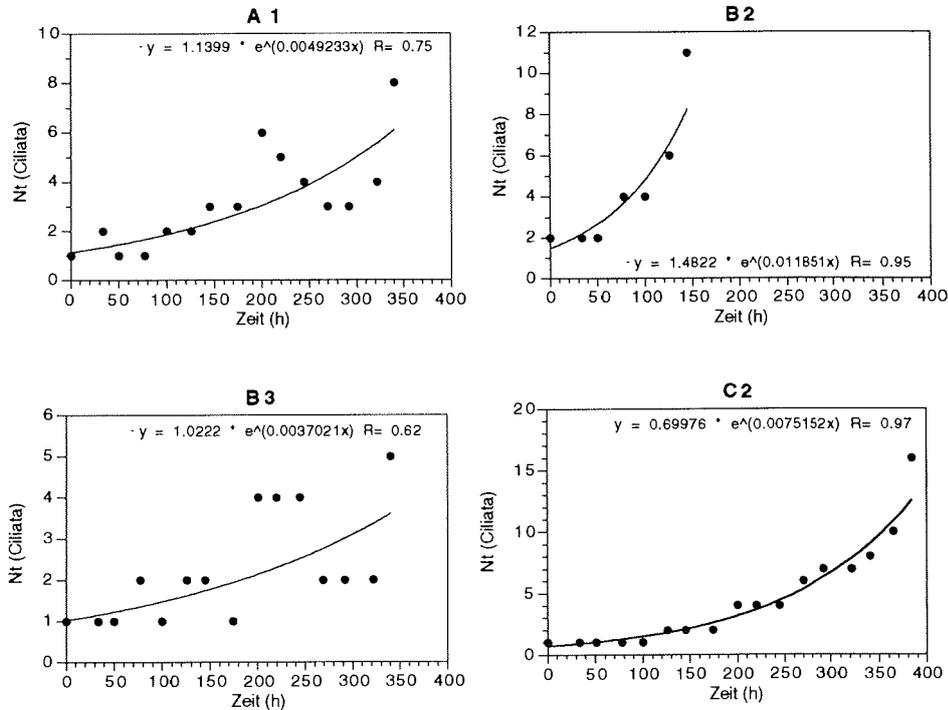


Abb. 3.63: Wachstumskurven des Meereisciliaten *Euplotes* sp. R= Korrelationskoeffizient, Nt = Anzahl zum Zeitpunkt t. $p \leq 0.05$.

In einem Zeitraum von 6 bis maximal 25 Tagen fand bei 0 bis 1°C und einem Salzgehalt von 30‰ eine deutliche Zunahme der Ciliaten statt. Die Wachstumskurven einiger Kulturen sind in Abbildung 3.63 dargestellt. Die Generationszeit der Ciliaten war sehr variabel. In einigen Kulturen wie z.B. B2 teilten sich die Ciliaten relativ häufig und hatten eine kurze Generationszeit von 2 bis 3 Tagen. Andere Ciliaten (z.B. B3) teilten sich seltener und ihre Generationszeit betrug fast 8 Tage. Die Wachstumskurven einiger Ansätze zeigten nur eine geringe Streuung (z.B. C2), und die Anzahl der Ciliaten nahm darin stetig zu. In anderen Kulturen hingegen, wie z.B. A1 war die Streuung deutlich größer. Hier wurde auch eine Abnahme der Anzahl an Ciliaten im Verlauf des Experiments beobachtet.

Die mittlere Generationszeit der Ciliaten betrug 3.8 Tage (2.4 bis 7.8) bei einer Wachstumsrate von 0.0076 (1/h) (Tab. 3.18).

Tab. 3.18: Generationszeit (T) in Stunden (h) und Tagen (d) und Wachstumsrate μ (1/h bzw. 1/d).

Versuchsnummer	T (h)	T (d)	μ (1/h)	μ (1/d)
A1	141	5.87	0.0049	0.12
A2	71	2.96	0.0097	0.23
A3	75	3.14	0.0092	0.22
A4	114	4.75	0.0061	0.15
A5	76	3.15	0.0092	0.22
A6	78	3.23	0.0089	0.21
B1	90	3.75	0.0077	0.18
B2	58	2.44	0.0119	0.28
B3	187	7.80	0.0037	0.09
B4	130	5.41	0.0053	0.13
B5	84	3.49	0.0083	0.20
C2	92	3.84	0.0075	0.18
C3	77	3.21	0.0090	0.22
C4	77	3.20	0.0090	0.22
C5	92	3.82	0.0076	0.18
C6	108	4.50	0.0064	0.15
D1	109	4.56	0.0063	0.15
D2	97	4.03	0.0072	0.17
D3	89	3.69	0.0078	0.19
D5	98	4.08	0.0071	0.17
Median	91	3.79	0.0076	0.18
Spannweite	58-187	2.44-7.80	0.0037-0.0119	0.09-0.23

3.8.2 Salzgehaltstoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden

Die Meereisturbellarien und -nematoden wurden für die unterschiedlichen Experimente ausgewählt, da sie zum einen dominante Vertreter der Meereismeiofauna sind und zum anderen leicht zu halten und zu beobachten sind. Wegen der begrenzten Anzahl an Versuchstieren wurde das Experiment in zwei Phasen durchgeführt (siehe Tab. 2.3, Kapitel 2.8.3). Im ersten Teil wurden die Tiere in 12 Ansätzen auf Salinitäten von 10 bis 65‰ getestet. Im zweiten Teil wurden dieselben Tiere einem weiteren Salinitätsspektrum von 1 bis 100‰ ausgesetzt.

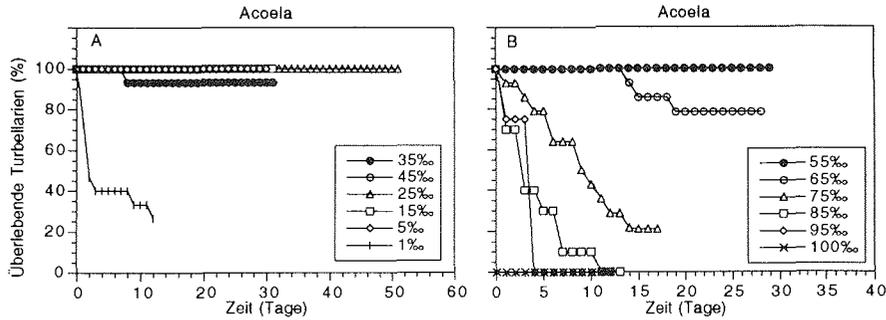


Abb. 3.64: Überlebende acoele Turbellarien (%) im zweiten Teil des Experiments zur Salinitätstoleranz bei Salinitäten von 1 bis 45‰ (A) und 55 bis 100‰ (B). Die unterschiedliche Verweildauer bei verschiedenen Salinitäten ist durch den Versuchsaufbau bedingt.

Beide Taxa tolerierten ein weites Spektrum an Salzgehalten. Die acoele Turbellarien überlebten Salinitäten von 5 bis 65‰ (Abb. 3.64). Bei 1‰ waren schon nach dem ersten Versuchstag Tiere gestorben und am 12. Tag lebten weniger als ein Drittel der Turbellarien. Auch bei 75‰ war die Sterblichkeit deutlich erhöht, hier lebten am 17. Tag nur noch 21% der Tiere. Bei Salinitäten von 85 und 95‰ überlebten die acoele Turbellarien nur wenige Tage und bei Erreichen von 100‰ waren alle Tiere gestorben.

Von den Nematoden starben bei allen Salinitäten einzelne Tiere. Variable aber insgesamt weniger als 50% Sterblichkeit zeigten die Nematoden bei Salinitäten von 5 bis 100‰ (Abb. 3.65). Lediglich bei 35‰ lebten am 13. Tag nur noch etwa ein Drittel der Nematoden. Bei 1‰ überlebten nach zwei Tagen noch 67% der Tiere und obwohl nach dem dritten Tag die Salzgehalte wieder erhöht worden sind, waren nach fünf Tagen alle Nematoden gestorben.

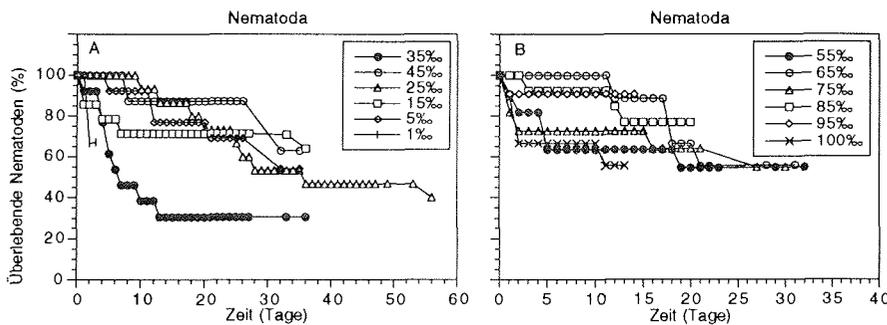


Abb. 3.65: Überlebende Nematoden (%) im zweiten Teil des Experiments zur Salinitätstoleranz bei Salinitäten von 1 bis 45‰ (A) und 55 bis 100‰ (B). Die unterschiedliche Verweildauer bei verschiedenen Salinitäten ist durch den Versuchsaufbau bedingt.

Während bei beiden Taxa jeweils ein 25‰ Ansatz über die ganze Versuchsdauer beibehalten und beobachtet wurde, wurde das Überleben der Eistaxa bei Salinitäten von 15 bis 65‰ sowohl im ersten als auch im zweiten Teil des Experiments in verschiedenen Ansätzen untersucht (siehe Tab. 2.3, Kapitel 2.8.3). Hierbei konnte kein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Überlebensrate im ersten und zweiten Teil des Experiments festgestellt werden. Lediglich von den Turbellarien überlebten im 65‰ Ansatz im ersten Teil des Experiments nach 12 Tagen 60%, während im zweiten Teil alle Tiere überlebten. Bei den Nematoden überlebten in den 35 und 55‰ Ansätzen mit 38 bzw. 64% nach 12 Tagen im zweiten Teil des Experiments deutlich weniger Tiere als mit 80 bzw. 100% im ersten Teil des Experiments. Insgesamt sind nach diesen Ergebnissen aber die Effekte einer längeren Hälterung in den Kulturen im zweiten Experimentteil sowie eine unterschiedlich gute Anpassung an die verschiedenen Salinitäten in den beiden Versuchphasen zu vernachlässigen. Somit können die Ergebnisse beider Versuchphasen miteinander verglichen werden.

In Abbildung 3.66 ist der relative Anteil der überlebenden Turbellarien und Nematoden bei allen Salinitäten nach 12 Tagen dargestellt. Für die in beiden Experimentteilen eingesetzten Salinitäten sind die Mittelwerte der Überlebenden (in %) angegeben. Von den Turbellarien wurden Salinitäten von 5 bis 65‰ toleriert (79-100% Überlebende). Ober-

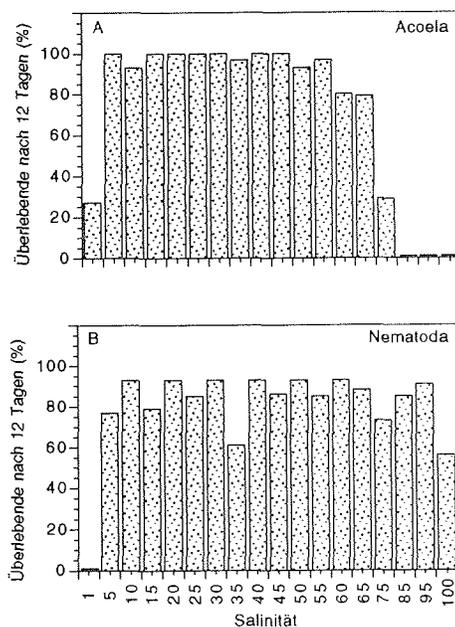


Abb. 3.66: Überlebende acoele Turbellarien (A) und Nematoden (B) nach 12 Tagen bei Salinitäten von 1 bis 100‰. Die Ergebnisse aus dem ersten und zweiten Teil der Experimente wurden gemittelt.

halb von 60‰ zeigten die acölen Turbellarien bereits morphologische Veränderungen wie eine Schrumpfung des Körpers und Abnahme der (Freß-) Aktivität. Bei Salinitäten von 1 bzw. 75‰ überlebten nach 12 Tagen nur wenige Turbellarien und bei Salinitäten oberhalb von 75‰ waren nach 12 Tagen alle Tiere gestorben. Bei Salinitäten ab 65‰ traten ungerichtete Bewegungen, wie z.B. schnelle Drehbewegungen auf der Stelle und eine deutliche Verminderung der Bewegungs- und Freßaktivität, auf. In einigen Fällen konnten die Turbellarien nur anhand mikroskopischer Beobachtung der Bewegungen ihrer Epidermiscilien als lebend eingestuft werden, während die Tiere im Binokular völlig reglos erschienen. Bei 1‰ überlebten nach 12 Tagen nur 27% der Turbellarien. Bei geringen Salinitäten von 1 bis 15 ‰ waren die Tiere größer, heller und durchsichtiger (Bildtafel 3, Abb. C), zeigten aber bis 5‰ ein normales Freßverhalten und unverminderte Aktivität. Bei 1‰ waren die Bewegungen verlangsamt und die Körperoberfläche einzelner Tiere wirkte beschädigt. Einige Turbellarien überlebten 11 Monate bei 5 bis 15‰.

Die Nematoden zeigten nach 12 Tagen im Vergleich zu den Turbellarien eine etwas größere Sterblichkeit bei allen Salinitäten. Sie tolerierten aber einen weiteren Bereich an Salzgehalten von 5 bis 100‰ (56 bis 93% Überlebende) als die Turbellarien. Sichtbare morphologische Veränderungen traten bei den Nematoden nicht auf, sie zeigten jedoch bei extrem hohen und niedrigen Salzgehalten z.T. für mehrere Tage keine Bewegungen. Die Nematoden reproduzierten während der Experimente, und bei Salinitäten von 5 bis 85‰ wurden juvenile Nematoden beobachtet. In den 95 und 100‰ Ansätzen wurden sechs bzw. acht Tage nach Versuchsende und einer Rückführung auf niedrigere Salinitäten bei 75‰ juvenile Nematoden beobachtet.

In den Versuchsgefäßen überlebten verschiedene Ciliaten, die entweder aus den Protistenkulturen stammten oder bereits zu Beginn der Experimente beim Einsetzen der Metazoen in die Zellkulturschalen pipettiert worden sind. Es handelte sich dabei vorwiegend um die Arten *Diophrys* sp. und die Gattung *Euplotes*, die bei 5, 45 und 95‰ beobachtet wurden (siehe Kapitel 3.5). Daneben traten in den 5‰ Ansätzen zwei verschiedene Tintinnen auf, die nicht näher bestimmt wurden.

Im Verlauf des Experiments wurden per Videobildanalyse die Konzentrationen an Algen erfaßt. In dem Experiment zur Salinitätstoleranz der Turbellarien wurde dabei ein Bereich von 1 bis 100‰ untersucht und bei den Nematoden ein Bereich von 5 bis 70‰. Die Gesamtabundanzen aller Algen mit Chloroplasten betrugten 8000 bis 93000 Zellen/cm² Kammerfläche (Tab. 3.19 und 3.20). Bei Salinitäten von 10 bis 65‰ war die Zellzahl (mit Chloroplasten) im Turbellarienansatz mit 63000 im Mittel etwas höher als im Nematodenansatz mit 56000 Zellen/cm². Die Konzentration an Zellen ohne Chloroplasten in den Turbellarienansätzen war mit 4300 im Mittel ebenfalls etwas höher als im Nematodenansatz mit 3000 Zellen/cm².

Tab 3.19: Abundanz der Algen (Zellen/cm²) mit Chloroplasten (+) und ohne Chloroplasten (-) im Experiment zur Salzgehaltstoleranz der acoelen Turbellarien.

Algenart / Salinität	1	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	75	85	95	100	Median	Minimum	Maximum
<i>Chaetoceros</i> sp. +	17079	22071	57255	84908	70108	40117	61831	57990	74003	84389	51802	51499	78384	91965	82111	62623	74447	62623	17079	91965
<i>Chaetoceros</i> sp. -	9415	5193	1169	3895	0	17527	12171	7790	7790	3246	2337	866	2434	10948	8102	3284	7007	5193	0	17527
<i>Nitzschia frigida</i> +	438	0	866	1298	1484	1071	1049	487	1461	130	325	2504	2921	876	0	4160	0	876	0	4160
<i>Nitzschia frigida</i> -	876	389	144	974	278	389	749	487	487	260	389	139	0	730	438	438	0	389	0	974
unidentif. sp. +	0	0	0	325	0	97	150	325	97	195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	325
unidentif. sp. -	0	0	0	0	0	97	150	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
<i>Navicula cuspidata</i> +	0	130	0	0	0	0	0	243	0	65	0	139	243	0	0	0	0	0	0	243
<i>Navicula cuspidata</i> -	0	195	0	0	0	0	375	0	97	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	375
<i>Nitzschia longissima</i> +	0	0	289	0	93	0	0	81	292	65	0	278	0	0	0	219	219	0	0	292
<i>Nitzschia longissima</i> -	0	65	144	0	0	0	0	0	0	0	0	139	0	0	0	0	219	0	0	219
<i>Nitzschia closterium</i> +	438	0	0	0	0	0	0	243	0	0	65	139	0	0	0	0	0	657	0	657
<i>Nitzschia closterium</i> -	219	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219
<i>Navicula algida</i> +	657	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	438	438	0	0	657
<i>Navicula algida</i> -	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	438	0	0	0	0	0	438
<i>Nitzschia cylindrus</i> +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	0	0	0	219
<i>Nitzschia cylindrus</i> -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	0	0	0	0	219
<i>Navicula</i> sp. +	0	0	0	0	185	0	0	0	0	65	0	417	0	0	0	0	0	0	0	417
<i>Navicula</i> sp. -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	65	0	0	0	0	0	0	0	0	65
<i>Nitzschia arctica</i> +	219	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	1533	219	657	0	0	1533
<i>Nitzschia arctica</i> -	657	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	657	219	438	0	0	657
<i>Navicula transitans</i> +	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130
<i>Navicula transitans</i> -	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130
<i>Nitzschia seriata</i> +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	139	0	292	0	0	0	0	0	292
<i>Nitzschia seriata</i> -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	139	0	0	0	0	219	0	0	219
<i>Gyrosigma</i> sp. +/ <i>Pleurosigma</i> sp. +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	65
<i>Gyrosigma</i> sp. -/ <i>Pleurosigma</i> sp. -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe (+)	18831	22460	58409	86531	71870	41285	63029	59369	75853	84973	52386	55116	81549	93279	84082	67878	75980	67878	18831	93279
Summe (-)	11386	6037	1457	4869	278	18014	13444	8277	8471	3700	2856	1283	2434	12262	9415	3941	7883	6037	278	18014
% ohne Chloroplasten	38	21	2	5	0	30	18	12	10	4	5	2	3	12	10	5	9			

Tab 3.20: Abundanz der Algen (Zellen/cm²) mit Chloroplasten (+) und ohne Chloroplasten (-) im Experiment zur Salzgehaltstoleranz der Nematoden.

Algenart / Salinität	5	10	15	25	30	40	45	50	55	60	65	70	Median	Minimum	Maximum
<i>Chaetoceros</i> sp. +	8033	22785	12983	26485	60857	47063	70108	77898	52797	57255	63616	64265	55026	8033	77898
<i>Chaetoceros</i> sp. -	730	584	1558	4674	5842	2921	974	1669	3462	2337	3246	487	2003	487	5842
<i>Nitzschia frigida</i> +	0	56	0	177	1043	389	1074	857	292	749	325	389	357	0	1074
<i>Nitzschia frigida</i> -	78	167	130	0	348	487	269	156	195	300	65	97	161	0	487
<i>Navicula cuspidata</i> +	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
<i>Navicula cuspidata</i> -	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
<i>Nitzschia longissima</i> +	0	0	0	0	70	97	0	0	0	0	65	0	0	0	97
<i>Nitzschia longissima</i> -	0	278	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278
<i>Nitzschia closterium</i> +	0	0	0	0	139	97	201	78	0	75	65	0	32	0	201
<i>Nitzschia closterium</i> -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp. +	78	0	0	0	70	0	0	78	0	0	0	0	0	0	78
<i>Navicula</i> sp. -	0	0	0	0	139	0	67	0	0	0	0	0	0	0	139
<i>Nitzschia arctica</i> +	0	0	0	0	0	0	0	156	0	0	0	0	0	0	156
<i>Navicula transitans</i> +	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	260	195	0	0	260
<i>Navicula transitans</i> -	0	0	65	0	0	97	0	78	0	0	0	0	0	0	97
<i>Nitzschia seriata</i> +	234	56	130	118	0	195	201	312	0	75	0	292	124	0	312
<i>Nitzschia seriata</i> -	78	0	0	0	0	0	0	78	0	0	0	0	0	0	78
Summe (+)	8345	22952	13113	26780	62178	47842	71652	79378	53089	58154	64330	65141	55621	8345	79378
Summe (-)	886	1029	1818	4674	6399	3505	1309	1981	3657	2637	3311	584	2309	584	6399
% ohne Chloroplasten	10	4	12	15	9	7	2	2	6	4	5	1			

Die häufigste und bei allen Salinitäten vorkommende Algenart war *Chaetoceros* sp. (Abb. 3.67). Hohe Konzentrationen wurden bei Salinitäten von 15 bis 100‰ erreicht. Bei geringeren Salinitäten nahmen die Konzentrationen von *Chaetoceros* sp. bis auf 8000 Zellen/cm² ab. Die zweithäufigste Algenart war *Nitzschia frigida* (Abb. 3.67). Während im Nematodenansatz die höchsten Konzentrationen dieser Art bei Salzgehalten von 30 bis 60‰ erreicht wurden, wurden im Turbellarienansatz die höchsten Konzentrationen bei 60 bis 95‰ erreicht. Bei 100‰ trat *Nitzschia frigida* nicht auf. Die übrigen Algenarten erreichten mittlere Konzentrationen von bis zu 100 (0 bis 1500) Zellen/cm². In den Ansätzen mit Turbellarien traten neben den in beiden Ansätzen vorkommenden Arten außerdem noch *Navicula algida* (bei 1 bis 95‰), *Nitzschia cylindrus* (bei 95‰), *Gyrosigma* sp. und *Pleurosigma* sp. (bei 55‰) auf. *Nitzschia seriata* war im Nematodenansatz häufiger als im Turbellarienansatz und kam insgesamt bei Salinitäten von 5 bis 75‰ vor. *Nitzschia arctica* und *N. closterium* traten bei verschiedenen Salinitäten von 1 bis 100‰ auf.

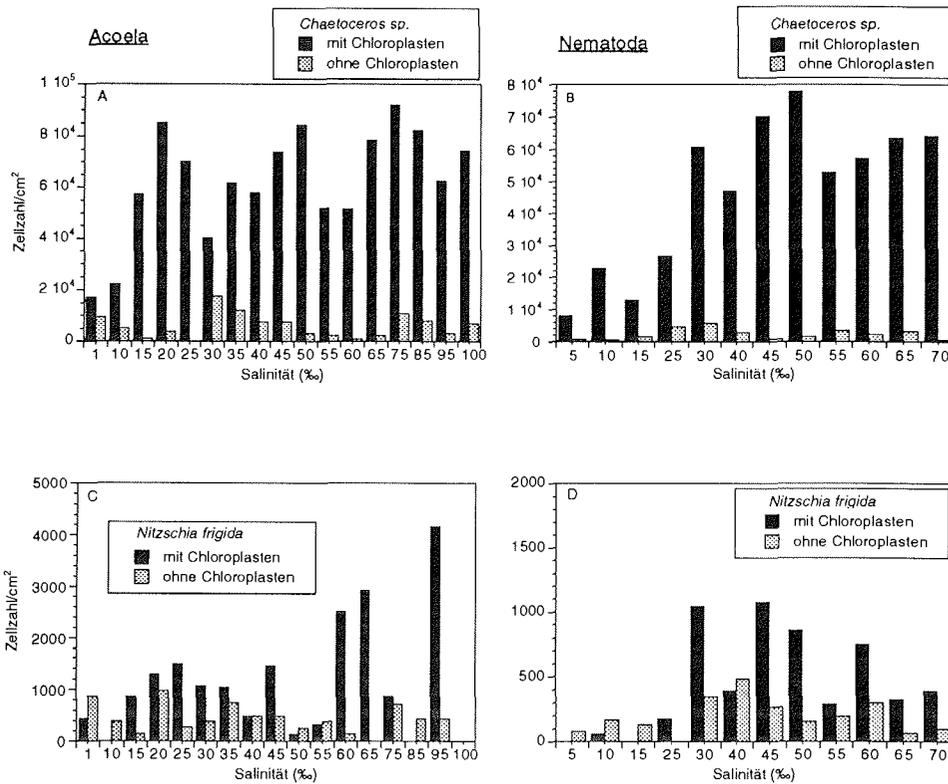


Abb. 3.67 A bis D: Zellzahl der dominanten Diatomeenarten im Turbellarienansatz (links) und Nematodenansatz (rechts) des Experiments zur Salinitätstoleranz bei Salinitäten von 1 bis 100‰ bzw. 5 bis 70‰.

3.8.3 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (1)

In diesem Experiment wurde der Einfluß der Temperatur auf das Überleben der Metazoen bei vier verschiedenen Salinitäten von 5 bis 65‰ untersucht. Da bis -6°C keine Eisbildung stattfand, konnte dies ohne den Effekt der Eiskristallbildung und der damit verbundenen Gefahr der mechanischen Verletzung der Tiere untersucht werden. Erst am Ende des Experiments wurde durch Zugabe von Eiskristallen in die unterkühlten Kulturmedien Eisbildung induziert. Beim ersten Gefrieren wurden die Proben direkt nach der Zugabe der Eiskristalle und sofort einsetzender Eisbildung schonend wieder aufgetaut. Das Eis in diesen Kulturen hatte eine weiche Konsistenz. Demgegenüber war das Eis in den Ansätzen mit Salinitäten von 5 und 25‰ nach zwei Tagen sehr fest. Die Osmolarität und der theoretische Gefrierpunkt der Kulturmedien unterschieden sich nicht deutlich von der Osmolarität filtrierten Seewassers entsprechender Salinität (Tab. 3.21). Demnach war das Ausbleiben der Eisbildung in den unterkühlten Kulturmedien nicht auf die Abgabe von gefrierpunktsenkenden Substanzen durch die Versuchstiere bedingt.

Tab. 3.21: Salinität (‰), Osmolarität (mOsmol) in 3 Parallelen und theoretischer Gefrierpunkt (°C) der Kulturmedien.

‰	mOsmol			°C	Versuchstiere
5	145	144	144	-0.27	ohne
5	154	151	148	-0.28	Nematoden
5	134	141	152	-0.26	Turbellarien
25	678	687	688	-1.27	ohne
25	696	704	702	-1.30	Nematoden
25	703	699	695	-1.30	Turbellarien
45	1283	1296	1286	-2.39	ohne
45	1283	1301		-2.40	Nematoden
45	1283	1301	1298	-2.40	Turbellarien
65	1944	1943	1941	-3.61	ohne
65	1919	1945	1949	-3.60	Nematoden
65	1941	1927	1927	-3.59	Turbellarien

Die Temperatur hatte keinen deutlichen Einfluß auf das Überleben der acoelen Turbellarien. Sie überlebten im Salzgehaltsbereich von 5 bis 65‰ Temperaturen von 0 bis -6°C zu 80 bis 100% (Abb. 3.68 A), ähnlich wie die Kontrolltiere, die bei 0 bis 1°C gehältert wurden (Abb. 3.68 B). Eisbildung wurde bei 45 bis 65‰ toleriert (80 bis 87% Überlebende). In Abbildung D auf Farbtafel 3 ist ein Turbellar bei der Freisetzung aus dem Eis abgebildet. Bei 5 bis 25‰ starben binnen zwei Tagen alle Tiere, kurzzeitiges Einfrieren überlebten allerdings im 5‰ Ansatz etwa die Hälfte der Tiere. Die während des Gefrierens gestorbenen acoelen Turbellarien waren nach dem Auftauen stark deformiert oder nur noch als Fragmente zu erkennen.

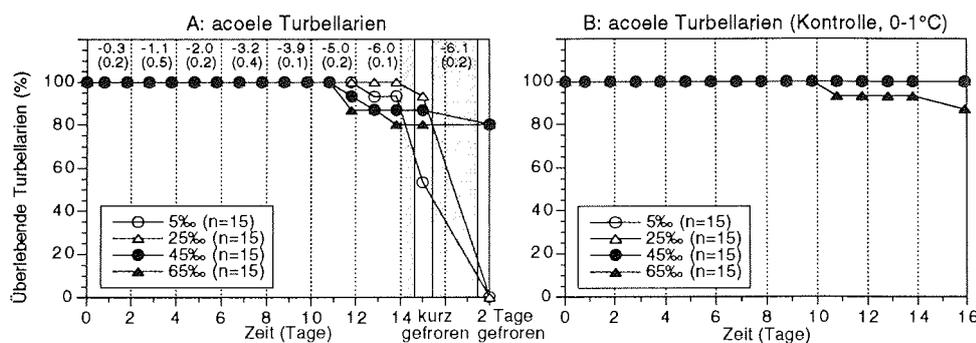


Abb. 3.68: Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) bei Salinitäten von 5 bis 65‰, Temperaturen von 0 bis -6°C sowie nach Einschluß ins Eis für kurze Zeit und für zwei Tage. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern) der gemessenen Temperaturen sind im oberen Teil der Abbildung A angegeben. Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) in der Kontrolle bei Salinitäten von 5 bis 65‰ und Temperaturen von 0 bis 1°C (B).

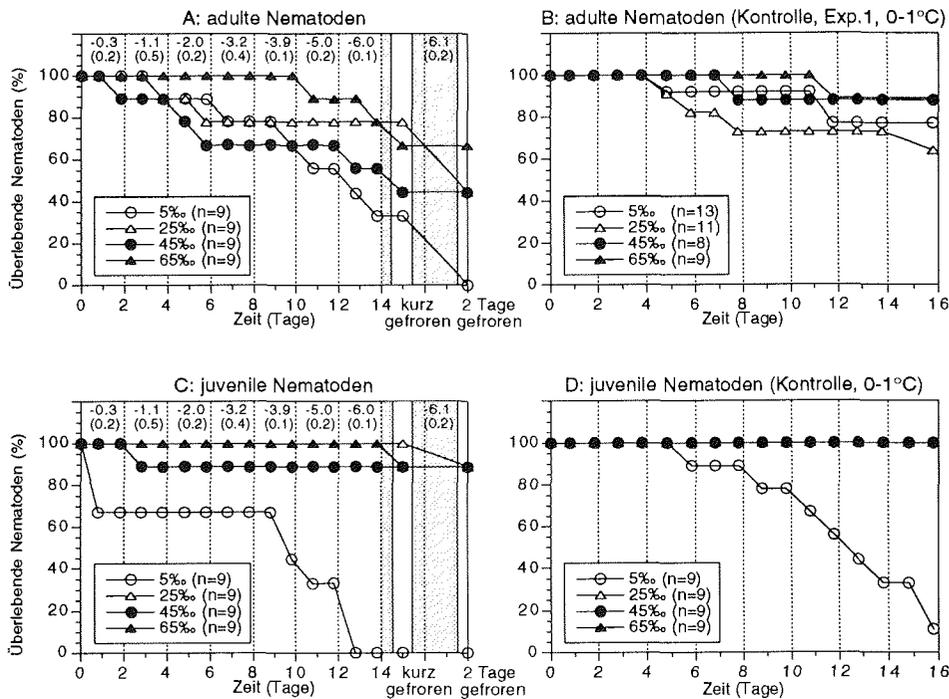


Abb. 3.69: Relativer Anteil der überlebenden adulten (A) und juvenilen (C) Nematoden (%) bei Salinitäten von 5 bis 65‰, Temperaturen von 0 bis -6°C sowie nach Einschluß ins Eis für kurze Zeit und für zwei Tage. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern) der gemessenen Temperaturen sind im oberen Teil der Abbildungen A und C angegeben. Relativer Anteil der überlebenden adulten (B) und juvenilen (D) Nematoden (%) im Kontrollversuch bei Salinitäten von 5 bis 65‰ und Temperaturen von 0 bis 1°C.

Über die Hälfte der adulten Nematoden tolerierten bei 25 bis 65‰ Temperaturen von 0 bis -6°C (56 bis 78% Überlebende). Bei 5‰ und -6°C lebten nach 14 Tagen noch ein Drittel der Tiere (Abb. 3.69 A). Bei 25 und 65‰ überlebten bis -6°C ähnlich viele Tiere wie in der Kontrolle bei 0 bis 1°C (Abb. 3.69 B). Demgegenüber überlebten bei Salzgehalten von 5 und 45‰ bei Temperaturen bis -6°C weniger Tiere als in der Kontrolle bei 0 bis 1°C. Kurzzeitige Eishildung wurde am besten bei 5 und 25‰ toleriert, während nach zwei Tagen im Eis alle bzw. über 40% der Tiere gestorben waren. Bei 45 und 65‰ starb nach kurzer Eishildung jeweils ein Tier, während nach zweitägigem Gefrieren alle Tiere überlebten.

Juvenile Nematoden zeigten bei 25 bis 65‰ bei 0 bis -6°C und auch gegenüber Eishildung die größte Toleranz (89 bis 100% Überlebende, Abb. 3.69 C). Lediglich bei 5‰ und -6°C waren schon am elften Tag alle Tiere gestorben, so daß der Effekt der Eishildung hier nicht untersucht werden konnte. Im Kontrollversuch bei 0 bis 1°C überlebten

bei 25 bis 65‰ alle Tiere, während auch hier bei 5‰ ab dem sechsten Tag Tiere starben, bis am Ende des Experiments nur noch 11% der juvenilen Nematoden lebten (Abb. 3.69 D).

3.8.4 Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden (2)

In diesem Experiment wurde der Einfluß von Temperatur und Salzgehalt gemäß ihrer im Meereis auftretenden Relation auf das Überleben von Meereisturbellarien und -nematoden untersucht.

In Abbildung 3.70 A ist das Überleben der acoelen Turbellarien im 75‰ Ansatz bei entsprechenden Temperaturen und Salzgehalten dargestellt. Ausgehend von einem Salzgehalt von 30‰ und einer Gleichgewichtstemperatur von -1.6°C überlebten alle Individuen bis zu einer Salinität von 60‰ und einer Temperatur von -3.5°C . Im weiteren Verlauf des Experiments starben einzelne Tiere, bis am 22. Versuchstag, dem 12. Tag bei 75‰ und -4.1 bis -5.4°C , nur noch ein Individuum lebte, das während der zweitägigen Gefrierphase starb. In Abbildung 3.70 B ist der Anteil überlebender Turbellarien (%) im Experiment im Vergleich zum Kontrollversuch bei 0 bis 1°C dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die jeweils bei Erreichen von 75‰ noch vorhandenen Tiere als 100% gewertet. Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, daß bei den experimentellen Temperaturen von bis zu -5.4°C nur geringfügig weniger Tiere überlebten als bei 0 bis 1°C .

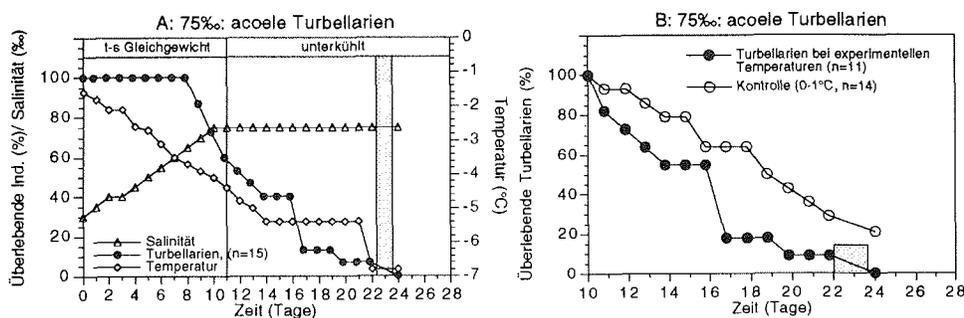


Abb. 3.70: A: Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) bei experimentellen Salinitäten (‰) und Temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) sowie nach zweitägigem Einschluß ins Eis. B: Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) bei einer Salinität von 75‰ und experimentellen Temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) und im Kontrollversuch bei 0 bis 1°C . Der graue Balken zeigt das Vorhandensein von Eis in den Versuchsgefäßen an.

Im zweiten Experiment, in dem acoele Turbellarien Salzgehalten bis zu 85‰ ausgesetzt wurden, lebten am 10. Tag bei 70‰ und -4.1°C noch alle Tiere. Im weiteren Verlauf des Experiments bei höheren Salzgehalten und tieferen Temperaturen starben die Tiere rasch ab, bis am 16. Versuchstag, dem vierten Tag bei 85‰ und -4.8 bis -5.4°C, alle Turbellarien gestorben waren (Abb. 3.71 A). Der Einfluß der Eisbildung konnte deshalb in diesem Ansatz nicht untersucht werden. In diesem Experiment war die Sterblichkeit gegenüber der Kontrolle, bei der erst am 24. Tag alle Tiere gestorben waren, etwas erhöht (Abb. 3.71 B).

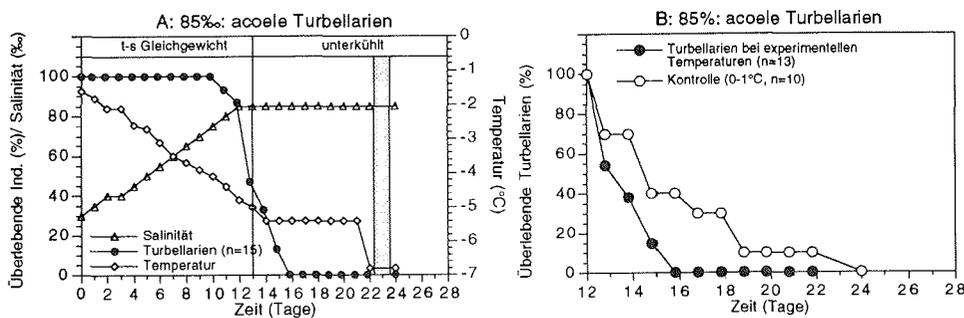


Abb. 3.71: A: Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) bei experimentellen Salinitäten (‰) und Temperaturen (°C). B: Relativer Anteil der überlebenden acoelen Turbellarien (%) bei einer Salinität von 85‰ und experimentellen Temperaturen (°C) und im Kontrollversuch bei 0 bis 1°C.

Im dritten Ansatz, in dem Nematoden bis zu einem Salzgehalt von 85‰ getestet wurden, überlebten alle adulten Nematoden 27 Tage bis zum Ende des Experiments. Die Tiere tolerierten hierbei Temperaturen bis -6.8°C, Salinitäten bis zu 85‰ sowie zweitägigen Einschluß ins Eis (Abb. 3.72 A). Im Experiment zur Salzgehaltstoleranz, welches als Kontrolle herangezogen wurde, lebten bei 0 bis 1°C und einem Salzgehalt von 85‰ nach entsprechender Zeit noch 77% der Tiere (Abb. 3.72 B). Die juvenilen Nematoden überlebten alle bis zum 13. Versuchstag, bei dem eine Temperatur von -4.8°C und ein Salzgehalt von 85‰ erreicht waren. Nur am 14. Tag, ab dem die Kulturmedien unterkühlt waren, starben 11% (ein Tier). Die übrigen überlebten jedoch bis zum Ende des Experiments und tolerierten hierbei auch den zweitägigen Einschluß ins Eis.

Im vierten Experiment, bei dem Nematoden Salinitäten bis 95‰ und den entsprechenden Gleichgewichtstemperaturen ausgesetzt wurden, überlebten alle Juvenilen und Adulten 26 Tage bis zum Ende des Experiments (Abb. 3.73 A). Sie tolerierten hierbei 12 Tage lang eine Salinität von 95‰, Temperaturen von -5.4 bis -6.8°C sowie einen zweitägigen Einschluß ins Eis. Im Experiment zur Salzgehaltstoleranz, welches als Kontrolle

herangezogen wurde, überlebten bei 0 bis 1°C und 95‰ im entsprechenden Zeitraum 91% der adulten Nematoden (Abb. 3.73 B).

Das Überleben der acoelen Turbellarien bei 75 und 85‰ bzw. der juvenilen und adulten Nematoden bei 85 und 95‰ wurde durch die entsprechende Gleichgewichtstemperatur nur unwesentlich gegenüber den Kontrollversuchens (0-1°C) beeinflusst. Die Eisbildung hatte bei diesen hohen Salzgehalten keinen Einfluß auf das Überleben der Nematoden.

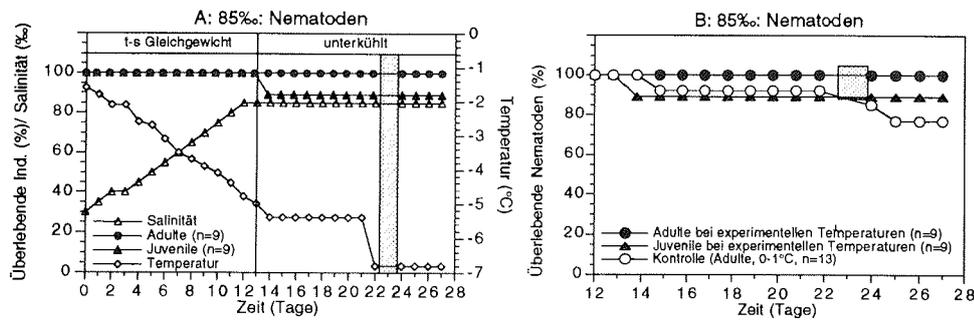


Abb. 3.72: A: Relativer Anteil der überlebenden juvenilen und adulten Nematoden (%) bei experimentellen Salinitäten (‰) und Temperaturen (°C) sowie nach zweitägigem Einschluß ins Eis. B: Relativer Anteil der überlebenden Nematoden (%) bei einer Salinität von 85‰ und experimentellen Temperaturen (°C) und in der Kontrolle bei 0 bis 1°C. Der graue Balken zeigt das Vorhandensein von Eis in den Versuchsgefäßen an.

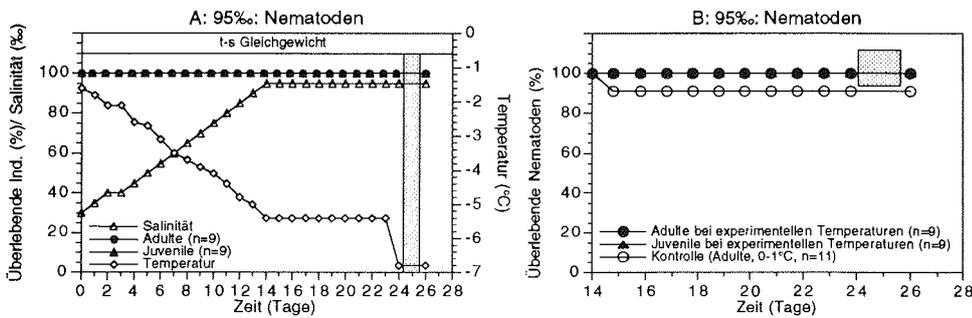


Abb. 3.73: A: Relativer Anteil der überlebenden juvenilen und adulten Nematoden (%) bei experimentellen Salinitäten (‰) und Temperaturen (°C) sowie nach zweitägigem Einschluß ins Eis. B: Relativer Anteil der überlebenden Nematoden (%) bei einer Salinität von 95‰ und experimentellen Temperaturen (°C) und in der Kontrolle bei 0 bis 1°C. Der graue Balken zeigt das Vorhandensein von Eis in den Versuchsgefäßen an.

4. Diskussion

Die Ausbildung und das Vorkommen von Organismengemeinschaften im Lebensraum Meereis wird von verschiedenen abiotischen und biotischen Parametern beeinflusst. Im folgenden sollen zunächst die grundlegenden Faktoren Eisdicke, Temperatur, Salzgehalt, Solevolumen und Algenpigmentgehalt diskutiert werden (Kap. 4.1), um dann in Kapitel 4.2 auf die experimentellen Arbeiten einzugehen. In Kapitel 4.3 wird schließlich die Abundanz, Biomasse und taxonomische Zusammensetzung der Meereisfauna diskutiert.

4.1 Eisdicke, Temperatur, Salzgehalt, Solevolumen und Algenpigmentgehalt der Eiskerne

4.1.1 Diskussion der Methoden

Das Erbohren von Eiskernen ermöglicht gegenüber anderen Methoden der Probennahme, wie die Gewinnung von Sole mittels Sacklöchern, oder die Probennahme von der Eisunterseite aus (z.B. Hegseth 1992), gleichzeitig eine genaue Bestimmung der Eisdicke. Geringfügige Ungenauigkeiten konnten lediglich entstehen, wenn zum einen die Schneeauflage an der Eisoberseite bereits so stark verwittert war, daß sie schwer von dem darunterliegenden Eis zu trennen war oder der Kern an der Unterseite unregelmäßig geformt war. Im ersteren Fall wurde alles Eis, welches sich optisch durch seine größere Porosität vom Eis des restlichen Kerns unterschied, nicht in die Längenmessung einbezogen und im zweiten Fall wurde die mittlere Länge des Segments notiert. Beim Bohren der Kerne können ferner zumindest theoretisch Stücke der Unterseite verloren gehen. Dieser Fehler läßt sich aber wahrscheinlich ausschließen, da Videobeobachtungen der Eisunterseite während der Entnahme der Kerne keine Verluste erkennen ließen (Spindler, pers. Mitt.).

Die punktuelle Eisdickenmessung gibt jedoch wenig Aufschluß über die gesamte Dicke der Scholle. Die Dicken der Parallelkerne, die für die Untersuchungen in dieser Arbeit auf jeweils einer Scholle erbohrt wurden, schwankten z.B. auf Station 204 in der Grönlandsee innerhalb eines Transekts von 60 m Länge zwischen 192 und 337 cm. Eicken et al. (1991) fanden im Weddellmeer innerhalb einer Scholle deutliche Schwankungen hinsichtlich der Eisdicken, mittleren Salz- und Chlorophyll *a*-Gehalte, wohingegen sich die Vertikalprofile dieser Parameter aber innerhalb einer Scholle sehr ähnelten. Da das Meereis der Arktis sich jedoch in vielen Eigenschaften vom Meereis der Antarktis unter-

scheidet (Spindler 1990), sind die Ergebnisse von Eicken et al. (1991) nicht unbedingt auf das Meereis der Arktis übertragbar. Es ist aber anzunehmen, daß die Vertikalprofile aus den Kernen für die Bestimmung der biotischen und abiotischen Parameter die Situation in den Kernen für die Bestimmung der Meiofaunaabundanz in etwa widerspiegeln. Um den Fehler so gering wie möglich zu halten, wurden die Kerne für die Bestimmung der verschiedenen Parameter, mit Ausnahme von Station 204 in der Grönlandsee, nur wenige Zentimeter voneinander erbohrt.

Die Temperatur des Eises bedingt zum einen die Zusammensetzung der Sole des Eises, wie z.B. deren Salzgehalt (Assur 1958). Zum anderen ist das Volumenverhältnis zwischen flüssiger und fester Phase von der Temperatur abhängig (Eicken 1992). Die Bestimmung der Eistemperaturen erfolgte direkt nach der Probennahme in einem temperaturisolierten Rohr mittels eines Einstichthermometers. Der Fehler, der durch die Systemgenauigkeit des Meßgerätes bedingt ist, beträgt $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Darüber hinaus ist es aber trotz der Isolierung durch die relativ warmen Lufttemperaturen z.B. im Barentsmeer zu einer Erwärmung der Eiskerne in den obersten Horizonten auf unrealistisch hohe Werte von über 0°C gekommen. Für diese Horizonte wurde folglich kein Solevolumen berechnet.

Die Bestimmung der Salinität des Eises kann durch das Ausfließen von Sole aus den Solekanälchen nach der Probennahme verfälscht werden. Die daraus resultierenden Schwankungen bei tiefen Temperaturen im Winter und Frühjahr liegen unterhalb der Variabilität der natürlichen Salinitätsverteilungen (Eicken et al. 1991). Dagegen können bei höheren Temperaturen im Sommer an Kernen mit großen Solekanälchen mit Durchmessern im Zentimeterbereich Soleverluste auftreten, während dies bei Kernen mit kleinerer Porengröße ein geringes Problem darstellt (Eicken et al. 1995). Derart große Solekanäle wurden nur auf Station 250 im Laptewmeer beobachtet. Ferner wurden die Proben sofort nach der Temperaturmessung in Segmente zersägt und in fest verschließbare Behälter überführt, so daß Verlust an Sole bzw. eine Verwischung der Salzgehaltsgradienten zwischen den Eishorizonten im weiteren unterbunden wurde. Ein Verlust von Sole ist am ehesten in den unteren Zentimetern zu erwarten, wo das Eis die größte Porosität aufweist. Da hier die Organismenkonzentrationen am höchsten sind, kann es auch zu einem Verlust an Organismen kommen, dessen Umfang schwer abzuschätzen ist.

Das Volumen der Solekanäle und damit des von Organismen besiedelbaren Raumes wird durch das thermodynamische Gleichgewicht zwischen flüssiger und fester Phase bestimmt (Weeks und Ackley 1986, Eicken et al. 1995). Bei bekannter Eistemperatur und Gesamtsalinität ist der Anteil der soleerfüllten Kanälchen und Poren am Gesamtvolumen errechenbar (Frankenstein und Garner 1967, Leppäranta und Manninen 1988). Für den Temperaturbereich von 0 bis -0.5°C wurde die Formel von Leppäranta und Manninen (1988) angewandt. Die Autoren geben für niedrige Salzgehalte und hohe Tempe-

turen, Bedingungen, die im Sommer häufig an der Eisoberseite herrschen, einen Fehler von über 50% bei Abweichung der Temperatur um $\pm 0.1^\circ\text{C}$ an. Die unrealistisch hohen Solevolumina, die zum Teil für die oberen Horizonte der Kerne berechnet wurden, können auf die oben beschriebenen Ungenauigkeiten bei der Temperaturmessung zurückgeführt werden. Deshalb wurden alle Werte oberhalb von 500 ppt aus den Darstellungen der Ergebnisse ausgeschlossen.

4.1.2 Diskussion der Ergebnisse

Untersuchungsgebiet und Eisbedingungen

Das Laptewmeer gilt als wichtigstes Bildungsgebiet des Meereises der eurasischen Schelfregionen (Timokhov 1994). Ein Teil des dort gebildeten Meereises wird mit der sogenannten Transpolardrift über die zentrale Arktis schließlich durch die Framstraße und in die Grönlandsee transportiert (Colony und Thorndike 1985, Gow und Tucker 1987, Pfirman et al. 1995, Abb. 4.1). Die Eisdicken, die in möglichst gleichförmigen, nicht deformierten Bereichen der Eisschollen ermittelt wurden, zeigten in den drei Untersuchungsgebieten deutliche Unterschiede. Am dünnsten war das Eis im Laptewmeer mit im Mittel 133 cm. Eicken und Pac (1994) ermittelten während derselben Reise anhand von 50 bis 110 m langen Profilen von Kernbohrungen etwas größere mittlere Eisdicken von 158 cm mit einer Zunahme der Eisdicken im Westen des Laptewmeeres. Nach Eicken et al. (1997) handelte es sich im Laptewmeer während der Reise ARK IX/4 vorwiegend um einjähriges Eis. Während der Reise ARK IX/4 wurde im Laptewmeer bereits Anfang September Neueis mit Dicken von nur 10 cm beobachtet, während stärkere Neueisbildung erst Ende September einsetzte. Daneben traten auf der Station 264 im nordwestlichen Laptewmeer Eisdicken bis zu 312 cm auf. Dieses wahrscheinlich zweijährige Eis repräsentiert rezirkuliertes Eis, das gegen die Küste von Severnaya Zemlya gepreßt wird und als Tajmyr-Eismassiv bezeichnet wird (Timokhov 1994, Eicken et al. 1994b).

Im nördlichen Barentsmeer wurden mittlere Eisdicken von 197 cm (20 bis 282 cm) ermittelt. Die von Eicken et al. (1997) in vorwiegend undeforziertem Eis ermittelten mittleren Eisdicken von 249 cm waren wiederum höher, was darauf hindeutet, daß für die Untersuchungen der Meiofauna relativ dünne und undeforzierte Bereiche der Eisschollen beprobt wurden. Abgesehen von einem Bereich nordwestlich von Franz-Josef-Land mit wahrscheinlich einjährigem Eis mit Dicken unter 1 m bis 1.5 m handelte es sich im nördlichen Barentsmeer um typisches mehrjähriges Eis (Eicken et al. 1994b).

Das Eis in der Grönlandsee war im Mittel mit 270 cm (192 bis 346 cm) deutlich dicker als im Barents- und Laptewmeer. Thomas et al. (1995) ermittelten in der Framstraße ähnliche mittlere Eisdicken von 256 cm. Das Eis, das durch die Framstraße nach Süden

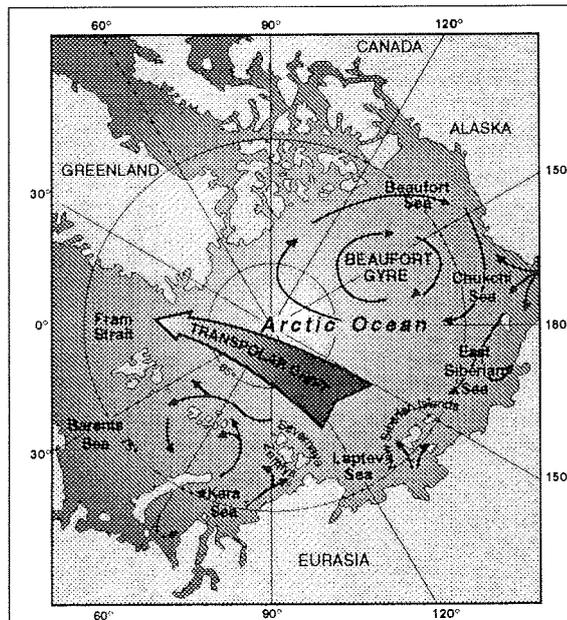


Abb. 4.1.: Schema der Eisdriftverhältnisse im arktischen Ozean (verändert nach Gordienko 1959)

transportiert wird, ist zum größten Teil zwei- und mehrjähriges Eis (Vinje und Finekåsa 1986, Gow und Tucker 1987). Das Alter des Eises in der Framstraße wird auf bis zu 5 Jahre geschätzt (Colony und Thorndike 1985, Tucker III et al. 1987). Eicken et al. (1995) ermittelten über die gesamte Breite der Transpolardrift von ca. 1000 km mittlere Eisdicken von 2.86 m. Es wurden demnach typische Eisverhältnisse beprobt, wobei die Kerne aus relativ gleichförmigen, undeformierten Bereichen der Eisschollen stammten.

Temperatur des Eises

Die Temperatur von Meereis wird im allgemeinen vom Gefrierpunkt des Seewassers, der Eisdicke, der Wärmeleitfähigkeit und dem Wärmeaustausch zwischen der Eisoberseite und der Atmosphäre bedingt (Untersteiner 1966). Die Eiskerne aus den drei Untersuchungsgebieten zeigten zumeist ein vertikales Temperaturprofil mit den höchsten Temperaturen nahe 0°C an der Eisoberseite und sinkenden Temperaturen mit zunehmender Eistiefe mit im Mittel ca. -1.0° bis -1.3°C an der Eisunterseite. Ähnliche Temperaturprofile wurden im Sommer in weiten Bereichen der Transpolardrift und der zentralen Arktis ermittelt, jedoch mit etwas tieferen Temperaturen von ca. -1.6 bis -2°C an der Eisunterseite (Schwarzacher 1959, Gow und Tucker 1987, Eicken et al. 1995). Die tief-

ste Temperatur wurde im Sommer 1993 mit -3.0°C im Laptewmeer an der Oberseite des Eises (Kern 260) gemessen. Diese Profile, die bei relativ warmen Lufttemperaturen im arktischen Sommer ($+2.5$ bis -10°C , diese Arbeit) ermittelt wurden, unterscheiden sich von typischen winterlichen Temperaturprofilen. Im arktischen Winter sind die Temperaturen an der Eisoberseite deutlich niedriger und zeigen einen linearen Temperaturanstieg mit der Eistiefe auf Temperaturen nahe der Wassertemperatur zur Eisunterseite hin (Gaitskhoki und Spitzin 1970, Melnikov 1997). Im Eis der Framstraße wurden im Winter tiefe Temperaturen bis zu -30°C an der Eisoberseite, -19°C in 1 m Tiefe und -2°C an der Eisunterseite von ca. 256 cm dickem Eis gemessen (Thomas et al. 1995). Im Laptewmeer waren die Temperaturen an der Eisoberseite insgesamt etwas niedriger als im Barentsmeer und der Grönlandsee, was auf die dort herrschenden niedrigeren Lufttemperaturen zurückgeführt werden kann. Die Temperatur der Eiskerne aus der Grönlandsee nahm an der Unterseite leicht zu, was sich durch die gegenüber den anderen Untersuchungsgebieten erhöhte Wassertemperatur erklären läßt. Die mittleren Eistemperaturen lagen mit -0.8°C (-1.7 bis -0.1°C) oberhalb des Gefrierpunktes von Seewasser. Ein Zusammenhang zwischen der gemittelten Eistemperatur mit der Wasser- und Lufttemperatur oder der Dicke der isolierenden Schneeauflage konnte anhand der vorhandenen Daten nicht nachgewiesen werden.

Salzgehalt des Eises

Die Menge an Salz, die bei der Eiskristallbildung in den verschiedenen Eishorizonten eingeschlossen wird, hängt maßgeblich von der Wachstumsrate und der Salinität des Seewassers ab (Maykut 1985). Bei fortschreitendem Wachstum und Eisalterung kommt es durch Entsalzungs- und Austauschprozesse mit dem darunterliegenden Wasser zu deutlichen Veränderungen der Salzgehalte des Eises (Untersteiner 1966, Weeks und Ackley 1986, Wakatsuchi und Ono 1983, Maykut 1985, Nakawo und Sinha 1981). Während in den frühen Phasen der Eisentstehung starke Entsalzungsprozesse stattfinden (Nakawo und Sinha 1981, Tucker III et al. 1991), wird im Verlauf der Eisalterung schließlich ein Gleichgewichtssalzgehalt erreicht (Untersteiner 1968, Eicken et al. 1995). So kann der Salzgehalt in Neueis von 16‰ auf 9‰ in einjährigem Eis sinken (Tucker III et al. 1991). Die für einjähriges Eis typischen C-förmigen Salzgehaltsprofile (Maykut 1985) wurden in keinem der Untersuchungsgebiete beobachtet. Die Merkmale jungen Eises können jedoch schon während der ersten Sommerphase verschwinden, wobei der Gesamtsalzgehalt auf etwas über 2‰, dem Gleichgewichtssalzgehalt mehrjährigen arktischen Eises, sinken kann (Eicken et al. 1995). Als Mechanismen der Salztransports im und aus dem Eis werden die Verlagerung von Solekanälen, druckgetriebenes Auspressen von Sole, schwerkraftbedingtes Abfließen der Sole sowie Ausspülen der Sole durch Schmelzwasser von der Eisoberseite diskutiert, wobei vor allem der letztgenannte Mechanismus die Salzgehaltsänderung des Eises während des ersten Sommers bewirkt (Untersteiner 1968, Maykut 1985).

Die Formulierung genereller Trends der biotischen und abiotischen Parameter des Meereseises ist durch die komplexen Vorgänge bei der Eisentstehung erschwert. Dies gilt besonders für mehrjähriges Eis, welches dem Einfluß mehrerer saisonaler Zyklen und den damit verbundenen Schmelz-, Gefrier- und Deformationsprozessen ausgesetzt war (Thomas et al. 1995). Die Vertikalprofile der Salzgehalte des Eises waren dementsprechend sehr variabel, ließen sich jedoch im wesentlichen in vier Kategorien einteilen. Am häufigsten waren Vertikalprofile, in denen der Salzgehalt an der Oberseite niedrig war und zur Unterseite hin zunahm. Die Salzgehalte der gemittelten Salinitätsprofile nahmen von Werten nahe 0 auf ca. 2.5‰ zu. Ähnliche Salinitätsprofile wurden für verschiedene Bereiche der Transpolar drift und der zentralen Arktis beschrieben, jedoch mit einer stärkeren Zunahme der Salzgehalte an den Unterseiten auf Werte bis zu 5‰ (Schwarzacher 1959, Gow und Tucker 1987, Eicken et al. 1995, Thomas et al. 1995). Diese Salzgehaltsverteilung ist charakteristisch für mehrjähriges arktisches Eis (Schwarzacher 1959, Thomas et al. 1995). Die niedrigen Salzgehalte an der Eisoberseite sind auf das Abfließen von Schmelzwasser während der Sommermonate zurückzuführen (Untersteiner 1968).

Neben dieser Salzgehaltsverteilung gab es auch Kerne, in denen die Salzgehalte in den verschiedenen Meßhorizonten große Unterschiede zeigten, wie z.B. Kern 264-01 aus dem Laptewmeer. Die hohen Salzgehalte von bis ca. 6‰ nahe der Eisoberseite sowie die geringe Höhe des Freibords von nur 7 cm bei einer Eisdicke von 312 cm deuteten darauf, daß das Eis von Seewasser überspült wurde. Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei mehrjährigem Eis in der Framstraße gemacht (Tucker III et al. 1991).

Ferner kamen Kerne mit S-förmigem Salzgehaltsprofil vor. Eine Abnahme des Salzgehaltes zur Eisunterseite hin deuteten auf das Vorhandensein von Untereis-Schmelztümpeln hin (Eicken 1994). Diese entstehen durch sommerliche Schmelze von Schnee und Eis an der Oberfläche, welche zunächst den Salzgehalt an der Eisoberseite erniedrigt, bis sich schließlich ein Teil dieses Schmelzwassers an der Eisunterseite akkumuliert und gefriert (Nansen 1898, Schwarzacher 1959, Eicken 1994). Charakteristische Salzgehalte von ca. 1‰ an der Eisunterseite wurden in Kern 233-01 aus dem Barentsmeer sowie einigen Kernen aus dem Laptewmeer, jedoch nicht in der Grönlandsee beobachtet. Das Vorkommen von Untereis-Schmelztümpeln, deren Verbreitung Eicken (1994) auf 5% der Eisbedeckung der Arktis schätzt, kann einen deutlichen Einfluß auf die Besiedlung des Eises durch Organismen haben. Da Eis mit niedriger Salinität eine geringe Porosität aufweist, stellt dies zum einen eine Barriere für die Besiedelung durch Organismen dar. Zum anderen kann eine Erniedrigung des Salzgehaltes durch Aufsteigen von Wasser aus den Untereis-Schmelztümpeln einen starken osmotischen Streß für die Organismen bedeuten und den Gehalt an Nährstoffen senken (Eicken 1994).

Neben den bereits beschriebenen Vertikalprofilen gab es auch Kerne, in denen der Salzgehalt über die gesamte Dicke annähernd konstant war. Dies war z.B. in den Kernen 239-

01 und 263-01 aus dem Laptewmeer der Fall, die beide aus Festeis entnommen wurden. Solche Profile die auch als I-Profile bezeichnet werden, wurden z.B. auch im Eis des antarktischen Weddellmeeres beobachtet (Eicken 1992). Hier scheint es, bedingt durch Schmelzwasserbildung, zu einer drastischen Verringerung des Salzgehaltes über die gesamte Eisdicke gekommen zu sein (Eicken 1992). Die gemittelten Salzgehaltsprofile zeigten den allgemeinen Trend der Zunahme des Salzgehaltes mit zunehmender Eistiefe, wobei die Salzgehalte in den oberen 2/3 der Kerne aus dem Laptewmeer niedriger waren als im Eis des Barentsmeeres oder der Grönlandsee und außerdem an der Unterseite wieder etwas abnahmen.

Der gemittelte Salzgehalt aller Eiskerne betrug 1.71‰. Die Kerne aus dem Laptewmeer hatten mit 1.51‰ den niedrigsten Salzgehalt und zeigten die größte Variabilität. Die Kerne aus dem Barentsmeer hatten mit 1.77‰ etwas höhere Salzgehalte und die Kerne aus der Grönlandsee hatten mit 1.96‰ die höchsten Salzgehalte. Die niedrigen Salzgehalte im Laptewmeer sind vermutlich auf besonders starke Schmelzprozesse zurückzuführen, die die Gesamtsalinität einjährigen Eises während des ersten Sommers auf die oder unterhalb der mehrjährigen Eises senken kann (Eicken und Pac 1994, Eicken et al. 1995). Während der Reise ARK IX/4 wurden von Eicken und Pac (1994) Gesamtsalzgehalte von nur 1.3‰ im Eis des Laptewmeeres gemessen. In weiten Bereichen der Transpolar drift wurden dagegen ähnliche oder etwas höhere Gesamtsalinitäten nahe des oben beschriebenen Gleichgewichtssalzgehaltes gemessen (Tab. 4.1). Melnikov (1997) beispielsweise ermittelte im mehrjährigen Eis der zentralen Arktis im Sommer geringe Gesamtsalzgehalte von im Mittel 1.35‰. Im Winter wurden in der Framstraße und der zentralen Arktis mit 2.8 bis 3‰ etwas höhere Gesamtsalzgehalte ermittelt, die möglicherweise auf einen geringfügigen Verlust von Sole bei der Probennahme im Sommer zurückzuführen sind (Tucker III et al. 1991, Thomas et al. 1995, Melnikov 1997).

Die mittleren Salzgehalte der Eiskerne aller Untersuchungsgebiete zeigten die Tendenz, mit zunehmender Eisdicke anzusteigen. Einen ähnlichen Zusammenhang fanden Eicken et al. (1995) und Gow und Tucker (1987) für ein- und mehrjähriges Eis aus der Transpolar drift. Demgegenüber wurden in einjährigem und „kaltem“ mehrjährigem Eis inverse Korrelationen zwischen Eisdicke und Salzgehalt beobachtet (Cox und Weeks 1974, Appel und Nazintsev 1981). Dies läßt sich zum einen dadurch erklären, daß Schmelzprozesse die inverse Korrelation zwischen Eisdicke bzw. Alter und Salinität verwischen (Eicken et al. 1995), und zum anderen kann der Gesamtsalzgehalt älteren Eises durch Aufwärtsströmen von Sole und Überflutung mit Seewasser, die vor allem bei älterem Eis auftritt, ansteigen (Tucker III et al. 1991, Eicken 1992). Eine altersbedingte Zonierung des Eises anhand des Salzgehaltes im Verlauf der Transpolar drift konnte deshalb übereinstimmend mit Eicken et al. (1995) nicht nachgewiesen werden.

Solevolumen des Eises - der besiedelbare Raum

Die soleerfüllten Poren und Kanälchen im Meereis bilden den Lebensraum für die im Eis lebenden Organismen. Nicht nur das Volumen, sondern auch die Struktur dieses Hohlraumensystems spielen eine wichtige Rolle für die Besiedlung durch Organismen. Die Struktur der Solekanäle und die Textur des Eises werden durch die physikalischen Prozesse während der Eisbildung bestimmt. Da bei der Eisbildung keine Ionen in die Kristallstruktur einbaut werden, werden diese in der flüssigen Phase innerhalb der Solekanälchen konzentriert (Weeks und Ackley 1986). Später tritt der Großteil dieser Sole aus dem Eis aus, während ein Teil in den Poren zurückbleibt. Das Volumen der Sole sowie ihr Salzgehalt werden dann maßgeblich von der Temperatur bestimmt (Weeks und Ackley 1986, Squire 1990, Eicken 1992). Untersuchungen von Dick- und Dünnschnitten des Eises unter polarisiertem Licht sowie hochauflösender Harzausgüsse von Eiskernen (Eicken und Lange 1989, Weissenberger 1992, Weissenberger et al. 1992) zeigten, daß Meereis vorwiegend aus körnigem, säuligem oder vermengt säulig-körnigem Eis besteht.

Körniges Eis weist im allgemeinen ein größeres Solevolumen auf und enthält einen stark verzweigten Porenraum. Es wird unter dynamischen Bedingungen gebildet und besteht aus einer Anhäufung von Eiskristallen mit zufälliger Anordnung (Weissenberger et al. 1992, Eicken und Lange 1989, Eicken und Lange 1991). Säuliges Eis, welches unter ruhigeren Bedingungen an der Eisunterseite wächst, setzt sich aus großen Eiskristallen mit zumeist vertikaler Ausrichtung zusammen und enthält einen wenig verzweigten Porenraum. Gemischt säulig-körniges Eis vereint Eigenschaften beider Texturklassen. Während das Meereis der Arktis vor allem aus säuligem Eis besteht, besteht das antarktische Meereis vorwiegend aus körnigem und deformiertem Eis (Gow und Tucker 1987, Spindler 1990, Lange und Eicken 1991, Tucker III et al. 1991, Eicken et al. 1995). Während der Expedition ARK IX/4 war der Anteil an körnigem und deformiertem Eis im Laptevmeer, verglichen mit dem mehrjährigen Packeis der Arktis höher, der Anteil an säuligem Eis betrug nur 59% (Eicken et al. 1997). Im nördlichen Barentsmeer hatte das Eis zu etwa 82% eine säulige Textur (Eicken et al. 1997).

Die Vertikalprofile der Solevolumina ließen keinen generellen Trend erkennen und zwischen übereinanderliegenden Segmenten bestanden häufig große Unterschiede. In den meisten Eiskernen der Grönlandsee nahmen die Solevolumina zur Oberseite hin deutlich zu, was im wesentlichen auf die relativ hohen Salzgehalte in diesen Horizonten zurückzuführen ist. Mehrjähriges Eis kann im Sommer an der Eisoberseite relative Solevolumina bis 500 ppt erreichen (Maykut 1985). Auch Eicken et al. (1995) ermittelten zwischen 0 und 0.2 m Tiefe sehr hohe Werte, die sie unter anderem auf Seewasserkontamination an Oberseite zurückführten. Zudem ist der Fehler der Solevolumenberechnung bei Temperaturen nahe 0°C am größten (Leppäranta und Manninen 1988).

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Solevolumenprofile zeigten über die gesamte Eisdicke annähernd konstante relative Solevolumina von ca. 40 bis 140 ppt. Vergleichbare Vertikalprofile des Solevolumens wurden auch für antarktisches Meereis beschrieben, wobei das gesamte relative Solevolumen zwischen 50 und 300 ppt schwankte (Weissenberger 1992). Mittlere relative Solevolumina von 300 ppt wurden nur in den oberen 10 bis 30% der Schollen aus der Grönlandsee beobachtet, was auf die hohen Salinitäten an den Oberseiten zurückgeführt werden kann. Die über die gesamte Dicke der Scholle gemittelten relativen Solevolumina der drei Untersuchungsgebiete waren ähnlich und lagen durchschnittlich bei 128 ppt. (2 bis 402 ppt). Nur die Kerne des Laptevmeeres hatten, entsprechend ihrer geringeren Salzgehalte auch etwas geringere Solevolumina. Im Laptevmeer zeigten die relativen Solevolumina mit 2 bis 402 ppt die größte Variabilität. Eicken et al. (1995) ermittelten für Eiskerne aus verschiedenen Regionen der Transpolar-drift relative Solevolumina von etwa 80 bis 150 ppt mit Salinitäten von nur 5‰ an der Oberseite bis über 15‰ nahe der Unterseite. Demgegenüber betrug das relative Solevolumen von Eiskernen in der Framstraße im März 1993 weniger als 10 ppt (Eicken et al. 1994a).

Algenpigmentgehalt des Eises

Algen werden schon bei der Entstehung des Eises eingeschlossen (Horner 1990). Sie können über die gesamte Eisdicke verteilt sein. In der Arktis bildet sich jedoch zumeist eine Bodengemeinschaft mit den höchsten Algenkonzentrationen in den untersten Zentimetern des Eises aus (Horner 1985, 1990, Gradinger und Härtling 1992, Hsiao 1992, Gradinger 1995). Dominante Organismen sind meist pennate Diatomeen, wie die Gattungen *Nitzschia* und *Navicula* (Horner 1990).

Die Vertikalprofile der Algenpigmente zeigten zumeist diesen charakteristischen Verlauf mit geringen Werten an der Eisoberseite und einer starken Zunahme der Chlorophyll *a*-Konzentration auf maximale Werte von 56.0 µg/l (Kern AR101218-01) in den unteren Zentimetern der Eiskerne. Die Chlorophyllgehalte der unteren 11.5 cm (7-17.5 cm) aller Kerne machten im Mittel ca. 40% des integrierten Gesamtchlorophyllgehalts aus. Die Ausbildung von Algengemeinschaften ist an der Eisunterseite begünstigt, da dort die saisonalen Temperaturschwankungen am geringsten sind, das Eis poröser ist und durch Austausch mit dem darunterliegenden Wasser Nährstoffe zugeführt werden (Spindler 1990, Gradinger et al. 1992, Hsiao 1992). Das Meereis und vor allem die Schneeeauflage können die Strahlung um mehr als 90% verringern. Eisalgen sind jedoch an diese Bedingungen angepaßt und können schon bei geringen Lichtintensitäten wachsen (Horner und Schrader 1982). Hohe Lichtintensitäten, die z.B. bei fehlender Schneeeauflage auftreten, können hingegen einen hemmenden Einfluß haben (Appolonio 1961, 1965, Cota 1985). Die Algen können durch Wanderungsgeschwindigkeiten von bis zu 1.5 cm /Tag

auch während des Eiswachstums ihre Position an der Eisunterseite beibehalten (Welch und Bergmann 1989).

Ein Vergleich der Chlorophyllprofile mit Literaturdaten ist problematisch, da die Segmentdicken der Proben in den verschiedenen Studien unterschiedlich waren. So können noch innerhalb der untersten 6 Zentimeter deutliche Gradienten hinsichtlich der Chlorophyllkonzentrationen auftreten. Smith et al. (1990) ermittelten anhand von zwei Millimeter dünnen Eiskernsegmenten extrem hohe Algenbiomassen von bis zu 60 mg Chlorophyll *a* pro Liter. Da der unterste Abschnitt von Kern AR101218-01 zwei Zentimeter dick war, ist anzunehmen, daß innerhalb dieses Segments noch weitaus höhere Chlorophyllkonzentrationen als die gemessenen auftraten. Bei den Angaben des Chlorophyllgehaltes pro Volumen Eis muß außerdem berücksichtigt werden, daß die Konzentration in der Sole deutlich höher ist. In den Kernen AR101218-01 und AR1101220-01 wurden z.B. bis zu 450 µg Chlorophyll *a* pro Liter Sole erreicht (Friedrich und Gradinger 1994).

Die auf eine einheitliche Schollendicke normierten und über die Kerne des jeweiligen Untersuchungsgebietes gemittelten Chlorophyll *a*-Profile verdeutlichen den allgemeinen Trend zunehmender Algenkonzentration zur Eisunterseite hin, wobei im Laptewmeer an der Unterseite deutlich geringere Konzentrationen gemessen wurden als im Barentsmeer und in der Grönlandsee. Dies kann möglicherweise durch die Salinität des Eises bedingt sein. Der Salzgehalt einiger Kerne, die geringe Chlorophyllkonzentrationen an den Unterseiten zeigten, nahm in diesen Horizonten nach unten hin ab oder war generell gering (Abb. A1 und A2). Geringe Salzgehalte können darauf hindeuten, daß auch der für Organismen verfügbare Raum gering ist. Dies kann die Abundanz und Verteilung der Organismen stark beeinflussen (Spindler 1990). Auch die positive Korrelation zwischen dem integrierten Chlorophyllgehalt und dem Gesamtsalzgehalt der Eiskerne spricht für diesen Zusammenhang. Ferner deuten niedrige Salzgehalte an der Eisunterseite bzw. niedrige Gesamtsalzgehalte auf das Vorkommen von Untereis-Schmelztümpeln hin. Während der Reise ARK IX/4 wurde auf der Station AR94231 ein Untereis-Schmelztümpel beprobt, der sich unter einer zugefrorenen Eisrinne gebildet hatte (Gradinger 1996). Obwohl die Gesamtsalzgehalte der 40 und 20 cm dicken Eiskerne nur 1.1 bzw. 0.6‰ betragen und auch an den Unterseiten gering waren, erreichte der Chlorophyllgehalt nahe der Eisunterseite ca. 15 µg/l. Die Lichtbedingungen unter diesem dünnen Eis hatten offensichtlich einen positiven Einfluß auf die Entwicklung einer Algengemeinschaft im Eis sowie auch im Untereis-Schmelztümpel (Gradinger 1996). Das Auftreten solcher Tümpel unter mehrjährigem Eis hemmt aber möglicherweise das Algenwachstum. Durch Aufwärtsströmen von Wasser aus dem Untereistümpel kann sich auch der Salzgehalt in den Solekanälchen drastisch verringern (Eicken 1994). Der negative Effekt niedriger Salzgehalte auf das Wachstum und Überleben der Eisalgen ist sowohl aus Laborexperimenten, als auch aus direkten Meereisuntersuchungen bekannt (Horner 1985, Legendre et al. 1992).

In allen drei Untersuchungsgebieten gab es Eiskerne, in denen neben dem Chlorophyllmaximum in der untersten Eisschicht auch interne, aber etwas geringere Maxima mit bis zu $7.4 \mu\text{g/l}$ (Kern AR101197-01) auftraten. Während das Auftreten von Eisorganismen an der Eisoberseite oder im Inneren des Eises für die Antarktis gut dokumentiert ist (Spindler 1990), konzentrierte sich die Erforschung der Eislebensgemeinschaften in der Arktis lange Zeit auf die Organismen in den unteren Zentimetern des Eises (Horner 1985, Horner 1990). Neuere Untersuchungen am Meereis der Transpolardrift und der kanadischen Arktis zeigen, daß auch weiter von der Eisunterseite entfernt bedeutende Biomassen und Abundanzen auftreten können (Smith et al. 1990, Gradinger und Härtling 1992, Thomas et al. 1995). Interne Organismengemeinschaften können Relikte von Bodengemeinschaften aus dem vorherigen Jahr sein oder durch Überschiebung von Eisschollen entstehen (Gradinger und Härtling 1992). Auch ist das Lichtangebot in weiter oben gelegenen Eishorizonten besser als nahe der Unterseite (Smith et al. 1990). Das Auftreten von internen Organismenmaxima gilt nicht nur für die Verteilung von Eisalgen, sondern auch für das Vorkommen von Bakterien, deren Biomasse in internen Eisschichten über 60% der gesamten Biomasse der Bakterien im Eis betragen kann (Gradinger und Zhang 1997). Diese Resultate verdeutlichen die Notwendigkeit, bei der Untersuchung der Eislebensgemeinschaften alle Tiefenhorizonte des Eises einzubeziehen.

Die Chlorophyll *a*-Gehalte wurden gemäß der von Horner et al. (1988) vorgeschlagenen Einheiten über die gesamte Dicke der Scholle integriert und auf einen Quadratmeter bezogen. Die mittlere Konzentration aller Untersuchungsgebiete lag bei 0.72 mg/m^2 (Tab. 4.1). Der mittlere Chlorophyll *a*-Gehalt war mit 0.34 mg/m^2 im Laptewmeer am niedrigsten, jedoch wurde dort mit 4.14 mg/m^2 auch der höchste Wert gemessen. Die Chlorophyllgehalte der Eiskerne aus dem Barentsmeer und dem Laptewmeer waren ähnlich variabel und hatten mit 1.0 bzw. 0.93 mg/m^2 auch ähnliche mittlere Werte. In verschiedenen Regionen der Arktis betragen die Chlorophyllgehalte im Eis weniger als 1 bis über 300 mg/m^2 (Welch und Bergmann 1989, Tab. 4.1). Die höchsten Konzentrationen mit bis über 300 mg/m^2 traten im Festeis der kanadischen Arktis auf (Welch und Bergmann 1989, Conover et al. 1990, Smith et al. 1990). Hierbei muß jedoch beachtet werden, daß die Autoren teilweise das Eis von der Unterseite aus beprobten, und somit auch die eventuell vorhandenen Schichten lockeren Eises mit erfaßten. Dies kann zu deutlich höheren Chlorophyllgehalten führen (Welch und Bergmann 1989). Die Konzentrationen im mehrjährigen Packeis der Transpolardrift sind dagegen ein bis zwei Größenordnungen niedriger. Die integrierte Algenbiomasse kann im Eis genauso hohe Werte erreichen wie in der Wassersäule darunter, wobei die Chlorophyllkonzentrationen in der Sole um ein vielfaches höher sind als im Wasser (Gradinger 1995).

Die integrierten Chlorophyllgehalte nahmen mit zunehmender Eisdicke zu. Dieser Effekt wird zum einen durch die Tatsache beeinflusst, daß die geringen Chlorophyllkon-

Tab. 4.1: Längen der Eiskerne, Eistypen, gemittelte Salzgehalte und integrierte Chlorophyll *a*-Gehalte von arktischem Meereis.

Region, Expedition Zeit	Länge (cm)	Eistyp	Salinität (‰)	Chlorophyll <i>a</i> (mg/m ²)	Quelle
Laptevmeer, ARK IX/4 August bis September 1993	133 (10 bis 312)	ein- bis zweijähriges Packedeis/Festeis	1.5 (0.1 bis 3.0)	0.4 (0.1 bis 4.1)	diese Arbeit
Barentsmeer, ARK IX/4 August 1993	197 (20 bis 282)	ein- bis mehnjähriges Packedeis	1.8 (0.5 bis 3.0)	1.0 (0.4 bis 2.9)	diese Arbeit
Grönlandsee, ARK X/1 Juli bis August 1994	270 (192 bis 346)	zwei- bis mehnjähriges Packedeis	2.0 (0.4 bis 2.6)	0.9 (0.1 bis 2.9)	diese Arbeit
Laptevmeer, ARK IX/4 August bis September 1993	158 ±54	ein- bis zweijähriges Packedeis/Festeis	1.3 ±0.7		Eicken und Pac (1994)
Barentsmeer, ARK IX/4 August 1993	249 ±39	ein- bis mehnjähriges Packedeis	2.0 ±0.5		Eicken und Pac (1994)
Arktis, eurasischer Sektor ARCTIC, August- September 1991	267 ±95	mehnjähriges Packedeis	2.1 ±0.7		Eicken et al. (1995)
Framstraße, MIZEX 1984	174 bis 536	mehnjähriges Packedeis	2.2 ±0.6		Gow und Tucker III (1987)
Framstraße, MIZEX März bis April 1987	36	einjähriges Packedeis	8.6 (7 bis 9.8)		Tucker III et al. (1991)
Framstraße, MIZEX März bis April 1987	301	mehnjähriges Packedeis	2.8		Tucker III et al. (1991)
Framstraße, ARK V/1 Mai 1988	164 bis 171	Packedeis		0.1 bis 0.4	Gradinger et al. (1991)
Framstraße, ARK IX/1 März 1993	256 ±53	mehnjähriges Packedeis	3.0 (2.8 bis 3.3)		Thomas et al. (1995)
Barrow Straße, Kanada April 1985, 1986	0.4 bis 1.8	einjähriges Festeis		100.0 0.3 bis 360.0	Welch und Bergmann (1989)
Resolute Passage, Kanada April bis Mai 1986	unterste 6 cm beprobt	Festeis		< 5 bis 250	Smith et al. (1990)
Chukchi-Meer Mai bis Juni 1972	155 bis 170 unterste 4 cm beprobt	Festeis		3.0 bis 30.3	Clasby et al. (1973)
Zentrale Arktis, Driftstationen Sommer/Winter 1977 bis 1978/1979 bis 1980		mehnjähriges Packedeis	1.35 (±0.72) 2.76 (±1.46)		Melnikov (1997)

zentrationen innerhalb der mittleren und oberen Schichten des Eises sich in dickeren Kernen stärker aufsummieren. Da auch der Salzgehalt der Eiskerne mit zunehmender Dicke anstieg ist der Zusammenhang zwischen Algenpigmentgehalt und Eisdicke schwer zu interpretieren. Er deutet jedoch darauf hin, daß auch bei großen Eisdicken das Lichtangebot für die Algen noch ausreichend war, wofür auch das Vorkommen von ausgeprägten Chlorophyllmaxima an der Eisunterseite von dicken Schollen spricht.

Neben dem Salzgehalt und dem Lichtangebot wird das Algenwachstum durch das Nährstoffangebot kontrolliert. Limitierend scheint aber nur das Silikat zu sein (Cota et al. 1990, Gosselin et al. 1990, Smith et al. 1990, Legendre et al. 1992). Eisalgen bilden außerdem eine wichtige Nahrungsgrundlage für Mikro-, Meio- und Makrofauna des Meereises (Homer 1990, Gradinger 1995). Der Fraßdruck kann somit ebenfalls die Biomasse der Algen im Eis kontrollieren (Welch und Bergmann 1989, Grainger und Hsiao 1990). Ferner scheint auch die Eistextur einen Einfluß auf die Algenkonzentration zu haben (Scott et al. 1994). Dieckmann et al. (1991a) beobachteten im Weddellmeer signifikant mehr Chlorophyll in körnigem als in säuligem Eis.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Eiskerne aus der Grönlandsee die geringsten Schwankungen hinsichtlich Eisdicke, Temperatur, Salinität und Solevolumen zeigten, während die Kerne aus dem Laptewmeer die größte Variabilität hinsichtlich aller Parameter inklusive des Chlorophyll *a*-Gehaltes zeigten. Der mögliche Einfluß dieser Parameter auf Überleben, Abundanz und Biomasse der Meiofauna werden in den Kapiteln 4.2 und 4.3 diskutiert.

4.2 Experimentelle Untersuchungen der Meereisorganismen

4.2.1. Diskussion der Methoden

In den Experimenten zur Ermittlung der Generationszeiten von Meereisciliaten sowie der Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von acoelen Turbellarien und Nematoden wurde darauf geachtet, daß Schwankungen von Temperatur und Salzgehalt so gering wie möglich waren. Das Experiment zur Ermittlung der Generationszeiten von Meereisciliaten sowie zur Salzgehaltstoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden wurde bei 0 bis 1°C durchgeführt. Die Standardabweichungen der Temperaturen während der Experimente zur Temperaturtoleranz waren mit zumeist 0.1 bis 0.3°C gering. Die Temperatur während der Kontrollbeobachtungen am Binokular wurde mittels Kühltisch konstant gehalten, so daß die Beobachtungen am Mikroskop keinen störenden Effekt gehabt haben. Zudem wurde die Größe der Gefäße mit 16 bzw. 21 mm Durchmesser in den Protozoen- und Metazoenansätzen so gewählt, daß sie am Binokular bei 12 bzw. 8facher Vergrößerung rasch und vollständig überblickt werden konnten. Auf diese Weise konnten auch schnell bewegliche Individuen erfaßt werden, so daß Zählfehler unwahrscheinlich sind. Lediglich die Lichtbrechung an den Rändern erschwerte die Zählungen. Da die Tiere aber meist in Bewegung waren, hielten sie sich nur kurz in schlecht einsehbaren Bereichen auf. Die Verwendung des Refraktometers zur Salzgehaltsbestimmung hatte den Vorteil, daß nur ein Tropfen Wasser benötigt wurde, da die meisten Kulturen geringe Volumina von ca. 1 ml hatten. Da die Salzgehaltsmessung mit dem Refraktometer jedoch nur in einem Bereich von 1 bis 100‰ möglich ist, konnten die Experimente nicht über diese Salinitäten hinaus weitergeführt werden.

Bei der Ermittlung der Generationszeiten der Ciliaten mußten die Versuche beendet werden, wenn die Ciliaten aufgrund ihrer Beweglichkeit nicht mehr sicher gezählt werden konnten, was meist ab 5 bis 10 Tieren der Fall war. Die abschließende Zählung erfolgte schließlich durch einzelne Entnahme der Ciliaten mittels einer Pipette. Eine längere Versuchsdauer hätte nur erreicht werden können, indem die Tiere nur am Ende durch einzelne Entnahme erfaßt würden. Hierbei würde jedoch die Beobachtung des Wachstumsverlaufs entfallen, da eine umfangreichere Kultur in größeren Gefäßen nicht mehr zählbar wäre.

Der Versuchsaufbau in dem Experiment zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz wurde in zwei Phasen unterteilt, um trotz der begrenzten Anzahl an zur Verfügung stehenden Organismen ein weites Salinitätsspektrum von 1 bis 100‰ testen zu können. Dies hätte zu unterschiedlichen Ergebnissen im ersten und zweiten Teil des Experiments führen können. Zum einen ist es möglich, daß die untersuchten Organismen nur eine begrenzte Lebensspanne von einigen Wochen bis Monaten haben (Heip et al. 1985, Kästner 1993), so daß möglicherweise im zweiten Teil des Experiments die natürliche Sterblichkeit einen größeren Einfluß als im ersten Teil des Experiments gehabt haben könnte. Zum anderen kann nicht sicher beurteilt werden, ob sich im zweiten Teil des Experiments die vorhergehende Experimentphase positiv im Sinne einer Akklimatisierung (Damgaard und Davenport 1994) oder negativ im Sinne eines bereits über eine längere Zeit bestehenden Salzstress auswirkte. Ein Vergleich der Ergebnisse gleicher Salinitätsansätze beider Experimentphasen ergab jedoch keine deutlichen Unterschiede. Somit sollten die Ergebnisse miteinander vergleichbar sein.

4.2.2. Diskussion der Ergebnisse

Der Lebensraum polarer mariner Organismen ist durch niedrige aber stabile Temperaturen mit Schwankungen von nur $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ gekennzeichnet (Clarke und Peck 1991). Dagegen sind die Bedingungen für Organismen, die die Hohlräume des Meereises besiedeln, deutlich extremer. Während die Temperaturen an der Eisunterseite maßgeblich von den Temperaturen des darunterliegenden Wassers beeinflusst werden, können die Temperaturen an der Eisoberseite im Winter bis auf Werte von -30°C sinken (Thomas et al. 1995, siehe Kapitel 4.1.2). Mit diesen starken Temperaturschwankungen gehen gemäß des thermodynamischen Gleichgewichts im Meereis auch drastische Änderungen des Salzgehaltes der Sole und des Solevolumens einher (Frankenstein und Garner 1967, Assur 1958, Morey et al. 1984). So steigt die Salinität im Solekanalsystem schon bei -10°C auf 144‰ an (Morey et al. 1984). Demgegenüber kann der Salzgehalt in den Sommermonaten durch Schmelzprozesse an der Eisoberseite und Abfließen des Schmelzwassers deutlich absinken, wobei die Salzgehalte des Oberflächenwassers bis auf 4‰ sinken können (Grant und Horner 1976). Das Solevolumen beträgt bei einer für arktisches Packeis charakteristischen Gesamtsalinität von ca. 2‰ bei -5°C nur noch 2% und bei -10°C noch 1% des Eisvolumens (Frankenstein und Garner 1967). Die Eisorganismen müssen deshalb besondere Anpassungen an diese extremen Bedingungen entwickelt haben. Zum einen erfordern die tiefen und variablen Temperaturen ein gewisses Maß an Temperaturkompensation, die es dem Organismus erlaubt, seine physiologischen Vorgänge wie z.B. die Funktion der Enzyme aufrecht zu erhalten (Clarke 1991). Zum anderen müssen sich die Eisorganismen durch Gefrierschutzmechanismen vor der mechanischen Zerstörung durch Eisbildung in ihren Zellen schützen. Die Schwankungen des

Salzgehaltes im umgebenden Medium bedeuten zudem einen starken osmotischen Streß für die Organismen. Um dem entgegenzuwirken, müssen sie selbst osmotisch aktive Substanzen synthetisieren oder ihren Wassergehalt über den aktiven Austausch von Ionen regulieren (Spindler und Gradinger 1994). Ferner bedeutet die Verringerung des Solevolumens bei sinkenden Temperaturen die Gefahr der mechanischen Zerstörung der Tiere durch wachsende Eiskristalle.

Im Rahmen von vier Experimenten wurde die Anpassung verschiedener Eisorganismen an die im Eis herrschenden Bedingungen untersucht. Am Beispiel der Ciliaten wurde die Fähigkeit zum Wachstum bei kalten Temperaturen untersucht. Ferner wurde die Toleranz dominanter Vertreter der Meereismetazoen, den Turbellarien und Nematoden, gegenüber unterschiedlichen Salzgehalten und Temperaturen getestet. Hierbei wurde im ersten Experiment nur der Einfluß des Salzgehaltes untersucht. Da Salzgehaltsänderungen im Meereis aber mit Temperaturänderungen einhergehen, wurde in zwei weiteren Experimenten der kombinierte Einfluß von Temperatur und Salzgehalt auf das Überleben der Eisorganismen untersucht.

Generationszeiten von Ciliaten

In Experimenten wurden die Wachstumsraten und Generationszeiten von Ciliaten der Art *Euplotes* sp. bestimmt. Die mittlere Generationszeit bei einer Temperatur von 0 bis 1°C betrug 3.8 Tage (91 Stunden) und schwankte zwischen 2.4 und 7.8 Tagen. Die Temperatur hat einen deutlichen Einfluß auf die Wachstumsrate von Ciliaten (Laybourn-Parry 1992). Gradinger et al. (1992) ermittelten für Meereisciliaten aus der Framstraße in Freilandexperimenten Generationszeiten von ca. 6 Tagen.

Die optimale Wachstumstemperatur des Ciliaten *Euplotes antarcticus* aus dem antarktischen Meereis lag bei 5°C und seine Generationszeit betrug bei dieser Temperatur ca. 65 Stunden (Lee und Fenchel 1972). Bei einer Temperatur von 0 bis 1°C war die Generationszeit von *E. antarcticus* mit knapp über 100 Stunden ähnlich der des arktischen *Euplotes* sp. und verlängerte sich bei -2°C auf fast 110 Stunden (Lee und Fenchel 1972). Die Generationszeiten verschiedener planktischer Ciliaten aus eisbedeckten Regionen des Barentsmeeres betragen bei 0 bis 1°C im Mittel ca. 58 Stunden (Hansen et al. 1996). Dies entspricht der unteren Grenze der Generationszeiten arktischer Meereisciliaten in den vorliegenden Experimenten. Planktische Ciliaten aus der Eisrandregion des Barentsmeeres hatten bei ca. 3°C Generationszeiten von nur 23 Stunden. Die Wachstumsrate der planktischen Ciliaten war somit etwas höher als die der Meereisciliaten.

Der Meereisciliat *Euplotes antarcticus* konnte in den Versuchen von Lee und Fenchel (1972) bei Temperaturen von -2° bis +10°C leben und zeigte gegenüber tropischen und borealen Vertretern der Gattung *Euplotes* eine deutliche Verschiebung des Toleranzbereiches um 15 bis 20°C zu tiefen Temperaturen (Tab. 4.2). Die Generationszeit dieser

Art und der hier untersuchten arktischen *Euplotes*-Art war deutlich länger als die gemäßigter und tropischer *Euplotes*-Arten, die nur ca. 7.5 und 3.3 Stunden betrug. Eine Temperaturkompensation konnten Lee und Fenchel (1972) bei *Euplotes antarcticus* nicht feststellen, d.h. die Wachstumsrate dieser Art konnte durch Extrapolation der Temperatur-Wachstums-Beziehung der anderen Arten vorhergesagt werden. Langsame Wachstumsraten treten bei polaren Organismen häufig auf (Clarke 1991). Im Vergleich zu mehrzelligen Organismen zeigen Protozoen jedoch eine relativ hohe energetische Effizienz, indem sie die in der Nahrung gespeicherte Energie gut verwerten und einen beträchtlichen Teil davon in ihr Wachstum investieren. Ihre Wachstumsraten sind selbst gegenüber Metazoen mit kurzen Lebenszyklen, wie z.B. Nematoden, deutlich höher (Heip et al. 1985, Laybourn-Parry 1992). Dies ermöglicht es ihnen, auf sich ändernde Umweltbedingungen, wie z.B. das saisonale Nahrungsangebot an Algen und Bakterien (Horner 1990, Gradinger und Zhang 1997), schnell zu reagieren.

In den meisten Laboruntersuchungen werden hinsichtlich des Nahrungsangebotes und der Temperatur optimale Bedingungen angeboten, um die maximalen Wachstumsraten zu ermitteln (Laybourn-Parry 1992). Demgegenüber wurde im vorliegenden Experiment zwar in Form von Eisalgen- und Bakterienkulturen ausreichend Nahrung angeboten, die Temperatur wurde jedoch in Anlehnung an die im Eis herrschenden Bedingungen gewählt, ohne das Temperaturoptimum zu ermitteln. Dies war insbesondere auch deshalb wichtig, da die Experimente auch darüber Aufschluß geben sollten, inwieweit sich die Ciliaten während der 1 bis maximal 2 Tage dauernden Auftauzeit der Eiskerne ver-

Tab. 4.2: Salzgehalts- und Temperaturtoleranzen von Meiofaunaorganismen aus dem Meereis. Angegeben sind die Toleranzbereiche, bei denen die Tiere längere Zeit überleben können, sowie in Klammern der maximale Bereich, der toleriert wurde.

Taxon/Art bzw. Gattung	Salzgehaltstoleranz (%)	Temperaturtoleranz	Vorkommen im Meereis	Quelle
Ciliata				
<i>Euplotes</i> sp.	5 bis 95	bei 0 bis 1°C	Arktis	diese Arbeit
<i>Diophrys</i> sp.	5 bis 95	bei 0 bis 1°C	Arktis	diese Arbeit
<i>Euplotes antarcticus</i>		-2 bis +10°C	Antarktis	Lee und Fenchel (1972)
Foraminifera				
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	34 bis 60 (34 bis 82)	bei -1°C	Antarktis	Spindler (1996)
Acoela				
	5 bis 65 (1 bis 100)	+1 bis -6.1	Arktis	diese Arbeit
Nematoda				
<i>Theristus melnikovi</i>	5 bis 100 (5 bis 110)	+1 bis -6.8°C	Arktis	diese Arbeit
Copepoda				
<i>Drescheriella glacialis</i>	18 bis 90	bei 1°C	Antarktis	Dahms et al. (1989)
<i>Tisbe furcata</i>	30 bis 40 (20 bis 60)	bei 1°C	Arktis	Grainger und Mohammed (1990)
<i>Cyclopina schneideri</i>	30 bis 40 (20 bis 60)	bei 1°C	Arktis	Grainger und Mohammed (1990)
<i>Cyclopina gracilis</i>	30 bis 40 (20 bis 60)	bei 1°C	Arktis	Grainger und Mohammed (1990)
<i>Arctocyclopina pagonasta</i>	30 bis 40 (20 bis 60)	bei 1°C	Arktis	Grainger und Mohammed (1990)

mehren können. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß es beim Auftauen der Kerne zu keiner Verfälschung der Ciliatenabundanzen kommt.

Salzgehaltstoleranz bei Meereisturbellarien und -nematoden

Meereisturbellarien und -nematoden tolerierten ein weites Spektrum an Salzgehalten. Die acoelen Turbellarien überlebten bei 0 bis 1°C Salinitäten von 5 bis 65‰. Bei niedrigeren und höheren Salzgehalten von 1 bzw. 75‰ starben einige Tiere, bis am 12. Experimenttag nur noch ca. ein Drittel der Tiere lebte. Bei Salinitäten von 85 und 95‰ überlebten die Turbellarien nur wenige Tage und 100‰ wurde nicht toleriert. Aufgrund des Versuchsaufbaus konnten die Tiere nicht allen Salinitäten gleich lange ausgesetzt werden. Bei 25 bis 65‰ lebten jedoch die meisten Turbellarien fast 30 Tage lang.

Die Nematoden tolerierten einen größeren Salinitätsbereich als die Turbellarien, wobei aber bei allen Salzgehalten einzelne Tiere starben. Bei Salzgehalten von 5 bis 100‰ überlebten mehr als die Hälfte der Tiere 12 Tage lang und bei 5 bis 75‰ wenigstens 30 Tage lang. Eine Ausnahme war der Ansatz mit einer Salinität nahe der von Seewasser von 35‰, bei der nur ein Drittel der Tiere überlebte.

Bei den Turbellarien hatten extreme Salinitäten einen Einfluß auf das Verhalten, das Aussehen und die Größe der Tiere. Oberhalb von 60‰ nahm die Körpergröße der acoelen Turbellarien leicht ab, die Tiere wurden kompakter und bekamen eine dunklere Färbung. Außerdem nahm ihre Freßaktivität ab und ab 65‰ traten auch ungerichtete Bewegungen auf. Bei steigenden Salzgehalten nahmen diese Effekte zu, bis die Tiere schließlich bis auf das Schlagen ihrer Cilien keine Regungen mehr zeigten. Bei geringen Salinitäten von 1 bis 15‰ hingegen wurden die Turbellarien größer, heller und durchsichtiger, zeigten aber bis 5‰ eine unverminderte Aktivität und normales Freßverhalten und konnten bei diesen Salzgehalten auch annähernd ein Jahr überleben. Erst bei 1‰ waren deutliche Schädigungen der Tiere erkennbar. Die Nematoden zeigten demgegenüber keinerlei morphologische Veränderungen. Die Tiere waren lediglich bei hohen und niedrigen Salzgehalten bis zu mehrere Tage lang inaktiv.

Von den Nematoden ist bekannt, daß sie extreme Biotope besiedeln können. Vertreter der Nematoden treten an heißen Quellen bei Temperaturen von 53°C auf, während andere wie *Plectus*, der in Moosen lebt, Temperaturen bis -272°C überleben können. Manche Arten können lange Zeit, bis zu 32 Jahren, in Anabiose verharren (Kästner 1993). Freilebende aquatische Nematoden kommen vom Süßwasser bis hin zum marinen Milieu vor und tolerieren einen weiten Salzgehaltbereich. Einige Brackwassernematoden können z.B. bei Salzgehalten von 0.5 bis 123‰ überleben. Sie sind nicht nur an die unterschiedlichsten Salinitäten angepaßt, sondern tolerieren auch Schwankungen der Salzgehalte (Heip et al. 1985). Verschiedene Vertreter der Überfamilie Monhysteroidea, wie z.B. der mit *Theristus melnikovi* nahe verwandte *T. acer*, zeichnen sich durch eine euryhaline

Lebensweise aus, was darauf hindeutet, daß auch *T. melnikovi* gut an die Bedingungen im Eis angepaßt ist (Tchesunov und Riemann 1995). Diese Annahme konnte in den Experimenten klar bestätigt werden. Möglicherweise tolerieren die Nematoden sogar höhere Salzgehalte als 100‰, was unter den gegebenen Versuchsbedingungen aber nicht untersucht werden konnte. Turbellarien kommen ebenfalls in vielen aquatischen Lebensräumen vom Süßwasser bis zum marinen Milieu vor (Kästner 1993) und von einigen acoelen Turbellarien ist bekannt, daß sie euryhalin sind (Straarup 1970).

Die meisten aquatischen Invertebraten sind osmokonform, d. h. die osmotische Konzentration ihrer Körperflüssigkeiten entspricht der des umgebenden Mediums. Demgegenüber halten Osmoregulatoren, wie z.B. der Salzkrebs *Artemia salina*, gegenüber dem Außenmedium aktiv relativ konstante Ionenkonzentrationen in ihren Körperflüssigkeiten aufrecht, was aber mit erhöhtem Energiebedarf verbunden ist (Schmidt-Nielsen 1983). Die Kontrolle des Zellvolumens unter Salzstreß bei marinen Invertebraten erfolgt vor allem durch freie Aminosäuren (Glycin, Serin u.a.), da diese zumeist einen geringen Einfluß auf den Stoffwechsel haben, während die Ionen Natrium und Kalium einen deutlichen Effekt auf enzymatische Reaktionen haben (Schmidt-Nielsen 1983). Bei Änderung des Salzgehaltes können die Tiere mit einer vorübergehenden Volumenänderung reagieren, wie es z.B. bei dem harpacticoiden Copepoden *Nitocra spinipes* beobachtet wurde (Wulff 1972). Nach einer Phase der Regulation stellte sich aber das normale Volumen wieder ein. Demgegenüber blieb die Volumenänderung bei den acoelen Turbellarien bestehen. Dies sowie die Tatsache, daß acoele Turbellarien keine Protonephridien zur Osmoregulation besitzen (Kästner 1993), deutet darauf hin, daß die osmotische Konzentration der Körperflüssigkeiten stark von der des Außenmediums beeinflusst wird und z.B. bei niedrigen Salinitäten Wasser die Zellen der Tiere einströmt, wodurch sie das helle und „aufgedunsene“ Aussehen bekamen. Wie es den Tieren möglich ist, bei den damit vermutlich einhergehenden Schwankungen im Ionenhaushalt ihren Stoffwechsel aufrecht zu erhalten, bleibt zu klären. Über die Mechanismen der Osmoregulation bei Nematoden ist ebenfalls wenig bekannt. Bei Nematoden dient häufig die Ventraldrüse zur Regulation des Ionenhaushaltes, diese fehlt jedoch bei *Theristus melnikovi* (Riemann, pers. Mitt.). Viele Nematoden können gut in hypo- und hypertonischem Medium leben, obwohl ihre Cutikula wasserdurchlässig ist. Wasser kann z.B. über den Darm abgegeben werden (Kästner 1993).

Neben den Metazoen überlebten in den Experimenten auch Ciliaten. *Diophrys* sp. und Vertreter der Gattung *Euplotes* lebten bei Salinitäten von 5 bis 95‰, ferner kamen bei 5‰ nicht näher bestimmte Tintinnen vor. Die Gattung *Euplotes* wird generell als euryhalin betrachtet (Ax und Ax 1960, Jones und Gates 1994). *Diophrys appendiculata* aus der Kieler Außenförde tolerierte in Experimenten sehr unterschiedliche, aber geringere Salzgehalte von 5 bis 40‰ (Ax und Ax 1960) als der eislebende *Diophrys*. Kontraktile Vakuolen sowie die Kontrolle der intrazellulären Konzentration an gelösten Stoffen kön-

nen bei Ciliaten dem Salzstreß entgegenwirken (Jones und Gates 1994 und Zitate darin). Auch vorübergehende Encystierung bei Salzgehaltsänderungen ist bei Ciliaten eine häufig beobachtete Strategie (Ax und Ax 1960).

Neben den hier untersuchten Proto- und Metazoen zeigen auch andere Organismen aus dem Meereis der Arktis und Antarktis deutliche Anpassungen an ihren Lebensraum (siehe Tab. 4.2). Die Meereiscopepoden aus der kanadischen Arktis *Tisbe furcata*, *Cyclopi-na schneideri*, *C. gracilis* und *Arctocyclopina pagonasta* tolerierten in einem Zeitraum von 12 Tagen Salinitäten von nur ca. 30 bis 40‰ (Grainger und Mohammed 1990). Allerdings wurden in diesen Experimenten die Salzgehalte in Schritten von 10‰ geändert, was möglicherweise einen größeren Streß für die Copepoden bedeutete. Die Meereiscopepoden überlebten jedoch bei deutlich höheren Salzgehalten als calanoide Copepoden aus dem Pelagial (Grainger und Mohammed 1990). Der harpacticoide Copepode *Drescheriella glacialis* aus dem antarktischen Meereis tolerierte einen größeren Salinitätsbereich von 18 bis 90‰ (Dahms et al. 1990). Die Versuchsdauer betrug jedoch nur ca. 6 Tage, so daß über längerfristige Auswirkungen der Salzgehalte keine Aussage getroffen werden kann. Die Foraminifere *Neoglobobulimina pachyderma*, die im polaren Plankton und im Meereis der Antarktis vorkommt, scheint zumindest an das Leben im unteren Bereich des Eises gut angepaßt zu sein. Sie bildete bis 58‰ noch neue Kammern aus und tolerierte Salzgehaltssprünge von 30 nach 60‰ und von 60 nach 40‰. Die Foraminifere überlebte bei 82‰ eine Woche lang, wobei sie aber schon ab 73‰ keine (Fress-) Aktivität mehr zeigte, so daß ein längerfristiges Überleben bei diesen Salinitäten unwahrscheinlich ist. Auch fand oberhalb von 50‰ keine Reproduktion mehr statt (Spindler 1990, Spindler 1996). Das bevorzugte Auftreten von leeren Foraminiferenschalen in den oberen Bereichen des Eises bzw. das lebender Foraminiferen in den unteren Eishorizonten (Spindler und Dieckmann 1986) deutet darauf hin, daß die Bedingungen in den oberen Bereichen des Eises von diesen Organismen nicht mehr toleriert werden (Spindler 1996). Gegenüber der Foraminifere *N. pachyderma* reproduzierten die Nematoden bei einem weiten Spektrum an Salzgehalten von 5 bis 85‰. Bei 95 und 100‰ wurden ebenfalls ca. eine Woche nach Ende des Experiments und einer Rückführung auf 75‰ juvenile Nematoden beobachtet.

Die Tatsache, daß während der Experimente bei allen Salinitäten einzelne Nematoden starben, während in den Turbellarienansätzen häufig alle Tiere überlebten, könnte möglicherweise durch ungenügende Nahrungszufuhr bedingt sein. Die Turbellarien konnten häufig beim Fressen von Diatomeen beobachtet werden und auch ihre großen Lipidzellen deuten darauf hin, daß die Tiere nicht hungern mußten. Die Algenkonzentration in den Experimenten betrug 8 bis 93×10^6 Zellen pro Liter und entsprach somit den Bedingungen einer Algenblüte im Meereis (Grainger und Hsiao 1990, Hsiao 1992). Demgegenüber konnten die Nematoden wegen ihrer schnellen Schängelbewegungen nie bei der Nahrungsaufnahme beobachtet werden. Es ist möglich, daß diese Tiere beim Fehlen

eines Substrates in flüssigen Kulturen überhaupt Schwierigkeiten mit der Nahrungsaufnahme haben (Riemann 1995). Die Nematoden zeigten tatsächlich eine große Affinität zu den in den Kulturen vorhandenen Detritus- und Algenflocken. *Theristus melnikovi* aus dem Eis der Framstraße und des Laptewmeeres hatte allerdings zumeist einen leeren Darm, nur vereinzelt wurden darin Protistenzellen beobachtet (Tchesunov und Riemann 1995). Tchesunov und Riemann (1995) vermuten deshalb, daß diese Art im Eis gelöste organische Substanzen aufnimmt, die dort in relativ hohen Konzentrationen auftreten (Gradinger et al. 1992). Dennoch war die Konzentration an Algen im Nematodenansatz gegenüber dem Turbellarienansatz etwas geringer, was darauf hindeuten könnte, daß ein Wegfraß der Algen stattgefunden hat. Da die Zugabe der Algen aber nicht unter streng kontrollierten Bedingungen erfolgte, kann ein methodischer Fehler bei diesem Ergebnis nicht ausgeschlossen werden.

Die in den Experimenten beobachteten Algen tolerierten insgesamt Salzgehalte von 1 bis 100‰, wobei ihre Gesamtabundanz in keinem Ansatz weniger als 8000 Zellen pro Quadratzentimeter (8×10^6 Zellen pro Liter) betrug. Die häufigste Algenart war *Chaetoceros* sp. Sie kam bei Salzgehalten von 1 bis 100‰ vor. Bei 15 bis 100‰ erreichte sie die höchsten Konzentrationen. *Chaetoceros* ist eine weitverbreitete Gattung des Meereises der Arktis (Melnikov 1997) und Antarktis (Grossmann und Gleitz 1993). Sie toleriert die während der Neueisbildung auftretenden Salzgehaltsschwankungen (Grossmann und Gleitz 1993). Die zweithäufigste Art war *Nitzschia frigida*, die bei 1 bis 95‰ beobachtet wurde und bei 20 bis 95‰ die höchsten Zellzahlen erreichte. Diese bipolare Diatomeenart wächst sogar bei Salinitäten bis zu 145‰ und einer Temperatur von -8°C (Aletsee und Jahnke 1992). *Nitzschia cylindrus* wurde nur bei 95‰ beobachtet. Die maximale Wachstumsrate dieser Art aus antarktischem Meereis liegt bei ca. 26‰ (Vargo et al. 1986), sie zeigt jedoch bis 100‰ und -5.5°C noch Zellteilungen, wobei ihre intrazelluläre Konzentration an osmotisch wirksamem Prolin ansteigt (Bartsch 1989). Grant und Horner (1976) ermittelten bei drei arktischen Meereisdiatomeen hohe Wachstumsraten bei 10 bis 50‰. *Navicula transitans* hatte in ihren Experimenten eine geringere Toleranz gegenüber niedrigen Salzgehalten. Sie wuchs nicht unterhalb von 15‰ und oberhalb von 50‰. In den Versuchen mit Nematoden und Turbellarien kam sie dagegen in geringen Konzentrationen auch bei niedrigen Salinitäten von 10‰ und hohen Salzgehalten bis 70‰ vor. Das Vorkommen der Algenarten bei den unterschiedlichen Salinitäten gibt nur einen Anhaltspunkt für die Salzgehaltstoleranzen dieser Organismen, da der Fraßdruck der Metazoen möglicherweise selektiv auf einzelne Algenarten bzw. -gattungen wirkt. Zwar deuten Experimente darauf hin, daß die Eisorganismen insgesamt nicht selektiv bestimmte Algengattungen fressen (Grainger und Hsiao 1990). Allerdings gehörten *Chaetoceros* und *Nitzschia*, die in den vorliegenden Experimenten die höchsten Konzentrationen aller Arten erreichten, mit zu den drei Gattungen, die von Nematoden und Turbellarien gefressen wurden, während alle übrigen Algengattungen nicht im Nahrungsspektrum enthalten waren (Grainger und Hsiao 1990).

Salzgehalts- und Temperaturtoleranz von Meereisturbellarien und -nematoden

Während im vorigen Experiment nur der Faktor Salzgehalt untersucht wurde, ist dieser im Meereis untrennbar mit der Temperatur verknüpft. Temperaturen beeinflussen den Stoffwechsel und das Überleben von Organismen in vielfältiger Weise. Bei einer Verringerung der Temperatur um 10°C z.B. halbiert sich die Geschwindigkeit organisch-chemischer Reaktionen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken kann entweder die Konzentration an Enzymen erhöht werden, oder es können sich Isoenzyme mit entsprechend angepaßten Temperaturoptima entwickeln (Michael und Folkers 1993). Tiefe Temperaturen bringen darüber hinaus die Gefahr der Bildung von Eiskristallen in den Organismen mit sich. Weitverbreitete Frostschutzmittel wechselwarmer Tiere sind Polyalkohole wie das Glycerol, die den Gefrierpunkt erniedrigen, die Enzyme und Membranen stabilisieren und die Zellen vor dem Austrocknen schützen (Michael und Folkers 1993). Das Vorkommen solcher Frostschutzmittel bei Meiofaunaorganismen aus dem Meereis ist bisher nicht untersucht. Neben diesen allgemeinen Adaptationen werden im wesentlichen zwei Strategien für das Überleben bei tiefen Temperaturen genutzt. Organismen, die die Bildung von Eiskristallen im Körper vermeiden, halten ihre Körperflüssigkeiten in einem unterkühlten, instabilen Zustand, der mit der Gefahr plötzlicher und somit meist tödlicher Eisbildung verbunden ist. Eisbildung kann vermieden werden, indem Kristallisationskerne entfernt oder inaktiviert werden sowie das Eindringen von Eiskristallen von außen verhindert wird (Michael und Folkers 1993). Darüber hinaus produzieren viele Organismen, wie Insekten, terrestrische Arthropoden, polare Fische, Pflanzen, Bakterien und Pilze Gefrierschutzproteine, die den Gefrierpunkt von Flüssigkeiten senken (Urrutia et al. 1992, Duman und Olsen 1993, Lee et al. 1993, Michael und Folkers 1993, Wöhrmann 1993). Die Beobachtung, daß trotz starker Unterkühlung um annähernd 6°C in keinem der Versuchsansätze Eisbildung auftrat, deutet darauf hin, daß die Eismetazoen über wirksame Mechanismen verfügen, um Eisbildung zu vermeiden. Neben der Vermeidungsstrategie gibt es auch die Möglichkeit der Frosttoleranz (Franks 1986, Michael und Folkers 1993). Hierbei erfolgt eine durch verschiedene Mechanismen kontrollierte, langsame Eisbildung im Extrazellulärraum, ohne daß die Tiere geschädigt werden. Spezielle Proteine, die wie Impfkristalle wirken, werden unter anderem auch von Nematoden und Rotatorien synthetisiert (Michael und Folkers 1993). Auch Übergänge zwischen beiden Strategien sind möglich (Franks 1986) und wurden z.B. bei terrestrischen antarktischen Nematoden beobachtet (Warton und Block 1993).

Mit den Experimenten zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz sollte der Frage nachgegangen werden, wie sich das Zusammenspiel beider Faktoren auf das Überleben der Metazoen auswirkt. Bei dem arktischen Amphipoden *Onisimus affinis* werden z.B. hohe Salzgehalte bei tiefen Temperaturen (0°C) besser toleriert als bei hohen (Percy 1975).

Im ersten Experiment wurde die Temperaturtoleranz von etwa 0 bis -6°C bei 4 verschie-

denen Salinitäten von 5 bis 65‰ untersucht.

Die acoelen Turbellarien tolerierten bei 5 bis 65‰ Temperaturen von 0 bis -6°C und zeigten gegenüber der Kontrollgruppe bei 0 bis 1°C keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich ihres Überlebens. Kurzzeitiges Einfrieren wurde am besten bei höheren Salzgehalten von 25 bis 65‰ toleriert, während bei 5‰ etwa die Hälfte der Tiere starben. Zweitätiges Einfrieren überlebten die Turbellarien nur bei 45 und 65‰, während bei 5 und 25‰ alle Tiere starben. Dieses unterschiedliche Ergebnis wird vermutlich durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Zum einen ist der Salzgehaltssprung, der beim Gefrieren auf -6°C und einer entsprechenden Salinität von ca. 100‰ (Morey et al. 1984) entsteht, in den Ansätzen mit geringen Salinitäten größer. Zum anderen bleibt in den Ansätzen mit geringen Salinitäten ein deutlich geringeres Solevolumen als Raum für die Organismen übrig. Während bei 65‰ die flüssige Phase theoretisch 55% des gesamten Eisvolumens ausmacht, sind es bei 25‰ noch ca. 20% und bei 5‰ nur noch ca. 4% (Frankenstein und Garner 1967). Das Eis in den 5 und 25‰ Ansätzen war dementsprechend sehr kompakt, während es in den Ansätzen mit höheren Salzgehalten deutlich weicher und poröser war. Die stark deformierten Leichen in den Ansätzen mit geringen Salinitäten deuten ebenfalls auf eine mechanische Zerstörung durch den Einschluß ins Eis. Ferner deutet die Verringerung des Körpervolumens der Turbellarien bei höheren Salzgehalten darauf, daß die Osmolarität der Körperflüssigkeiten stark durch das umgebende Medium beeinflusst wurde. Eine Akklimatisierung an erhöhte Salzgehalte kann die Toleranz gegenüber tiefen Temperaturen erhöhen, da in den konzentrierten Körperflüssigkeiten der Gefrierpunkt gesenkt wird und die Gefahr der Eisbildung verringert ist (Damgaard und Davenport 1994). So paßte sich bei dem arktischen Amphipoden *Gammarus wilkitzkii*, der an der Eisunterseite lebt, die Konzentration an Natrium und Kalium in der Hämolymphe nach kurzer Zeit an die Konzentration des umgebenden Mediums an, wodurch Eisbildung bei tiefen Temperaturen in diesen Organismen verhindert wird (Aarset und Aunaas 1987). Demgegenüber deuten Untersuchungen an dem arktischen Amphipoden *Gammarus oceanicus* darauf hin, daß tiefe Temperaturen die Toleranz gegenüber hohen Außensalinitäten erhöhen, indem sie die Permeabilität der Körperwand der Tiere für Wasser und Eiskristalle verringern (Aarset und Zachariassen 1988). Diese Strategie könnte möglicherweise auch bei Eismetazoen verwirklicht sein. Die Turbellarien überlebten bei -6°C und einem theoretischen Salzgehalt von ca. 100‰ im Eis zwei Tage lang, während dieser Salzgehalt bei 0 bis 1°C nicht toleriert wurde.

Temperaturen von 0 bis -6°C wurden von den adulten Nematoden bei Salzgehalten von 25 bis 65‰ zu mehr als 50% toleriert. Gegenüber der Kontrollgruppe bei 0 bis 1°C überlebten bei tiefen Temperaturen und Salzgehalten von 5‰ deutlich weniger Tiere. Da aber in dem stark unterkühlten Kulturmedium keine Eisbildung auftrat, ist es unwahrscheinlich, daß die hohe Sterblichkeit auf Eisbildung in den Tieren beruhte. Zweitätiger Einschluß ins Eis wurde wie bei den Turbellarien am besten bei 45 und 65‰ toleriert. Über-

raschend war das Ergebnis, daß die juvenilen Nematoden kalte Temperaturen sowie Eisbildung besser tolerierten als die adulten. Bei 25 bis 65‰ überlebten fast alle Juvenilen Temperaturen von 0 bis -6°C sowie zweitägigen Einschluß ins Eis. Lediglich bei 5‰ hatten die juvenilen Nematoden bei tiefen Temperaturen eine höhere Sterblichkeit als die adulten Nematoden. Da aber auch in der Kontrolle bei 0 bis 1°C bei dieser geringen Salinität deutlich weniger Juvenile überlebten, scheint vor allem der niedrige Salzgehalt das Überleben der juvenilen Nematoden beeinträchtigt zu haben. Die tiefe Temperatur erhöht möglicherweise die Sterblichkeit zusätzlich.

Im zweiten Experiment wurde der Einfluß von Temperatur (+1 bis -6.8°C) und Salzgehalt (30 bis zu 95‰) gemäß ihrer im Eis auftretenden Relation untersucht.

Acoele Turbellarien zeigten bei 75 und 85‰ und den entsprechenden Gleichgewichtstemperaturen bzw. bis zu -6.8°C eine etwas höhere Sterblichkeit als die Kontrolltiere bei 0 bis 1°C. Obwohl die Kulturen mit dem Salzgehalt von 75‰ stärker unterkühlt waren als bei 85‰, wurde dort keine Eisbildung beobachtet. Die juvenilen und adulten Nematoden zeigten dagegen bei Salzgehalten von 85 und 95‰ und den entsprechenden Gleichgewichtstemperaturen eher eine geringere Sterblichkeit als bei Temperaturen von 0 bis 1°C. Die Toleranz der juvenilen und adulten Nematoden gegenüber diesen Bedingungen war ähnlich. Eisbildung hatte bei hohen Salinitäten von 85 und 95‰ keinen Einfluß auf das Überleben der Nematoden. Da die theoretischen Solevolumina beim Gefrieren dieser Ansätze ca. 65 bis 73% betragen müßten, war zumindest das Raumangebot keinesfalls problematisch. Allerdings wurden die Nematoden bei der Eisbildung bei einer Temperatur von -6.8°C nach Assur (1958) Salzgehalten von über 110‰ ausgesetzt. Fast alle Tiere überlebten bei diesen Bedingungen zwei Tage lang.

Insgesamt zeigten die Nematoden eine hohe Toleranz gegenüber Temperaturen bis -6.8°C. Sie zeigten hierbei wie auch im Experiment zur Salzgehaltstoleranz keine Veränderung ihres Körpervolumens. In Experimenten mit Wattnematoden aus der Deutschen Bucht überlebten einige Arten sogar bei Temperaturen von -20°C bis zu zwei Tage lang (Farke et al. 1984). Die frostresistentesten Gattungen unter ihnen, *Ascolaimus*, *Odontophora* und *Tripyloides*, zeigten, wie *Theristus melnikovi*, keine Schrumpfung des Körpers (Farke et al. 1984). Dies deutet darauf hin, daß die Frostresistenz eng mit der Salzgehaltstoleranz verknüpft ist. Bei Anstieg des externen Salzgehaltes durch den Gefrierprozeß müssen die Tiere sich gegen die osmotisch bedingte Dehydrierung des Körpers schützen (Clarke 1983). Demgegenüber zeigten Wattnematoden mit geringerer Frostresistenz eine deutliche Schrumpfung des Körpervolumens, was auf eine Dehydrierung hindeutet (Farke et al. 1984). Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Überleben der untersuchten Metazoen bei 75 bis 95‰ nur unwesentlich durch die entsprechende Gleichgewichtstemperatur beeinflusst wurde. Die Eisbildung hatte bei diesen Salinitäten keinen Einfluß auf das Überleben der Nematoden. Insgesamt scheint der Salzgehalt einen stärkeren Einfluß auf das Überleben der untersuchten Eisorganismen zu

haben, als die Temperatur.

Zusammenfassende Betrachtung der experimentellen Ergebnisse

Während die Bedingungen im Eis zur Zeit des arktischen Sommers hinsichtlich der Temperaturen und Salzgehalte gemäßigt sind und das Raum- und Nahrungsangebot die Entwicklung von Organismengemeinschaften in verschiedenen Horizonten der Eisschollen ermöglicht, ist die Situation in den kalten Wintermonaten deutlich extremer. Änderungen der Lufttemperatur spiegeln sich in Temperaturänderungen von mehreren °C innerhalb weniger Tage in den oberen Bereichen des Eises wider (Gradinger et al. 1991). Damit gehen auch deutliche Änderungen des Salzgehaltes des Eises einher. Die Bedingungen an der Eisunterseite bleiben demgegenüber relativ konstant (Gradinger et al. 1991). Nach Kalkulationen von Grainger und Mohammed (1986 und Zitate darin) beträgt im Februar der Salzgehalt der Sole in 20 cm Entfernung von der Eisunterseite etwa 100‰ und die Temperatur -5.6°C. Nahe der Unterseite wurden Temperaturen von -2.4 und Solesalzgehalte von 44‰ errechnet (Grainger und Mohammed 1986). Direkte Messungen von Solesalzgehalten ergaben Salinitäten im Bereich von der des Seewassers bis zu 93‰ (Wakatsuchi und Ono 1983). Während einer Driftstation wurden in verschiedenen Regionen zwischen der Ostsibirischen See und dem Nordpol in den oberen Schichten mehrjähriger Eises Temperaturen bis -17°C und Salzgehalte bis 100‰ gemessen (Melnikov 1997).

Gemäß der experimentellen Ergebnisse erscheinen die Nematoden als am besten an die extremen Bedingungen im Winter angepaßt. Sie hatten von allen bisher untersuchten Meiofaunaorganismen die größte Salzgehaltstoleranz und überlebten kurzzeitig maximale Salinitäten von 5 bis 110‰. Ferner tolerieren sie Temperaturen von 1 bis -6.8°C, sowie Einschluß ins Eis, was es ihnen gemäß der von Grainger und Mohammed (1986) kalkulierten Bedingungen ermöglichen sollte, auch im Winter in 20 cm Entfernung von der Eisunterseite zu überleben. Tatsächlich wurden Nematoden im Winter und Frühjahr sogar 120 cm von der Eisunterseite entfernt gefunden (Melnikov 1997). Dementsprechend traten sie auch im Sommer von allen Eismetazoen im Mittel am weitesten von der Eisunterseite entfernt auf (siehe Kapitel 3.3). Die Fähigkeit der Nematoden in einem extrem weiten Salinitätsspektrum zu reproduzieren, deutet ferner darauf hin, daß diese Organismen ihren gesamten Lebenszyklus im Eis verbringen können. Da *Theristus melnikovi* nur aus dem Meereis bekannt ist (Tchesunov und Riemann 1995), ist es anzunehmen, daß es sich hier um einen ausschließlich im Eislückensystem lebenden (autochthonen) Vertreter der Eisfauna handelt. Die acoelen Turbellarien tolerierten ebenfalls einen weiten, aber etwas geringeren Salzgehaltsbereich von 5 bis 65‰ als die Nematoden sowie Temperaturen von 1 bis -6°C und zweitägigen Einschluß ins Eis mit Solesalzgehalten von ca. 100‰. Dementsprechend ist anzunehmen, daß die Turbellarien im Winter nur näher an der Eisunterseite, als die Nematoden überleben können. Nach Berechnungen von Grainger und

Mohammed (1986) könnten sie bei winterlichen Bedingungen mit Salinitäten von 50 bis 70‰ ca. 5 bis 10 cm von der Eisunterseite entfernt leben. Tatsächlich wurden Turbellarien im April fast 50 cm von der Eisunterseite entfernt gefunden (Melnikov 1997). Dementsprechend traten die Turbellarien, ähnlich wie die anderen Metazoen im Sommer im Mittel etwas weniger weit von der Eisunterseite entfernt auf als die Nematoden. Die Ciliaten kamen im Sommer von allen Taxa am weitesten von der Eis-Wasser-Grenzschicht entfernt im Eis vor. Die vereinzelt Beobachtungen in dieser Arbeit, sowie die Untersuchungen von Lee und Fenchel (1972) deuten auf eine gute Anpassung dieser einzelligen Organismen an das Leben im Meereis hin. Sie reproduzierten, wie die Nematoden, bei Temperaturen um 0°C. Lebende Exemplare aller Taxa der Meiofauna wurden sogar weiter als 150 cm von der Eisunterseite gefunden, was zusammen mit den experimentellen Befunden darauf hindeutet, daß diese Organismen an die extremen und variablen Bedingungen in den verschiedenen Tiefenhorizonten des Meereises angepaßt sind. Möglicherweise suchen Meiofaunaorganismen in den kälteren Jahreszeiten durch aktive Wanderung stabilere Bedingungen in den tieferen Schichten des Eises auf. Turbellarien konnten zumindest in sommerlichem Eis in wenigen Minuten Strecken von einigen Zentimetern zurücklegen.

4.3 Abundanz, Biomasse und Taxonomie der Meiofauna

Im folgenden werden die Methoden und Ergebnisse der Bestimmung von Abundanz und Biomasse der Meiofauna aus dem Barentsmeer, Laptewmeer und aus der Grönlandsee diskutiert. Bei der Diskussion der Ergebnisse geht es zunächst um die vertikale Verteilung der Organismen im Meereis und anschließend um die integrierten Abundanzen und Biomassen, jeweils vor dem Hintergrund der biotischen und abiotischen Begleitparameter.

4.3.1. Diskussion der Methoden

Die Probennahme erfolgte mit Hilfe von Eiskernbohrungen durch die gesamte Dicke der Schollen. Mit dem Kernbohrer wurden jeweils Abschnitte von ca. 1 m Länge gebohrt. Um den Soleverlust so gering wie möglich zu halten, wurden diese beginnend an der Oberseite, in Segmente zersägt, bevor der nächste Kernabschnitt entnommen wurde. Beim Herausziehen des untersten Kernsegments kann allerdings aus den zumeist größeren Poren an der Eisunterseite Sole auslaufen, wobei der Verlust schwer zu quantifizieren ist. Die an der Oberseite beginnende Längenmessung hatte den Nachteil, daß die Segmente an der Eisunterseite, je nach Länge der Kerne, unterschiedlich dick waren. Im unteren Bereich des Eises wurde in den meisten Kernen ein deutlicher Gradient der Organismenkonzentration, mit einer starken Zunahme zur Eisunterseite hin, beobachtet. Der Vergleich der Organismenkonzentrationen an der Eisunterseite war deshalb

erschwert. Es wäre besser gewesen, an der Eisunterseite, wo die höchsten Organismenkonzentrationen auftraten, jeweils alle Kerne in konstante Segmentdicken zu zersägen. Ein Ausgleich bezüglich der Segmentlängen hätte dann in höher gelegenen Abschnitten erfolgen können, wo er weniger problematisch wäre. Für Vergleiche der Konzentrationen (siehe Kapitel 3.4) wurden deshalb Kerne mit möglichst gleich langen Segmentlängen herangezogen. Der Vergleich der integrierten Abundanzen ist unproblematisch, da die Werte der unterschiedlichen Segmente hierbei aufsummiert werden. Auf den Stationen AR101197 und AR101200 wurden zur Gewinnung von Lebendkulturen außerdem Soleproben entnommen. Zu diesem Zweck wurden sogenannte „Sacklöcher“ gebohrt, die nicht durch die ganze Scholle reichten, sondern unten geschlossen waren, so daß sich die Sole aus dem umliegenden Eis darin sammeln konnte. Garrison und Buck (1986) ermittelten bei antarktischen Proben, daß die Abundanz auto- und heterotropher Mikroorganismen inklusive der Ciliaten in Soleproben ähnlich ist wie in Eiskernproben. Demgegenüber waren die Ciliaten in dieser Studie die einzigen Organismen, die in den Soleproben vorkamen. Allerdings wurden in 12 Litern Sole von Station AR101197 nur 4 Ciliaten gezählt, während die Abundanz in den Kernsegmenten in vergleichbaren Tiefen fast 100 Ind./l betrug. Metazoen fehlten in der Sole, wohingegen in den Eiskernen nahezu alle Taxa vertreten waren. Für die Gewinnung von Meiofaunaorganismen ist die Entnahme von Sole demnach zumindest bei arktischem Meereis keine geeignete Methode. Weissenberger (1992) nennt als mögliche Gründe für das Verbleiben von Organismen in den Kanälchen ein Festsitzen in abgeschlossenen Soletaschen, oder in offenen Kanälchen aufgrund der Körpergröße sowie durch Festkleben an den Wänden.

Die Untersuchung der Organismengemeinschaft anhand von Eiskernen bringt noch weitere Schwierigkeiten mit sich. Da die Tiere in die komplexe Struktur des Meereises eingeschlossen sind, müssen die Eisproben aufgetaut werden. Durch diesen Vorgang wird die Salinität durch den großen Anteil an Süßwassereis stark erniedrigt, wobei die darin enthaltenen Organismen durch osmotischen Schock absterben können (Garrison und Buck 1986). Gemäß der von Garrison und Buck (1986) sowie Spindler und Dieckmann (1986) vorgeschlagenen Methode wurden deshalb die Eiskernsegmente in einem Überschuß an filtriertem Seewasser aufgetaut. Die Salinität sank hierbei nicht unter ca. 28‰. Die geringen Anzahlen toter Tiere, die während der Expedition ARK IX/4 in den Proben beobachtet wurden (siehe Kapitel 2.3) sprechen für diese Auftaumethode. Die etwas höhere Anzahl toter Organismen, die während der Expedition ARK X/1 gefunden wurden, ist vermutlich auf ein Absterben vor der Probennahme zurückzuführen. Die Auftauphase betrug je nach Segmentdicken ca. 24 bis 36 Stunden. Da die ermittelten Generationszeiten der Ciliaten deutlich länger sind als dieser Zeitraum, ist es vermutlich zu keiner Verfälschung der Konzentrationen gekommen. Die Abundanzen der Metazoen sollten sich demnach ebenfalls nicht während des Auftauens ändern, da ihre Generationszeiten im allgemeinen deutlich länger sind als die der Protozoen (Laybourn-Parry

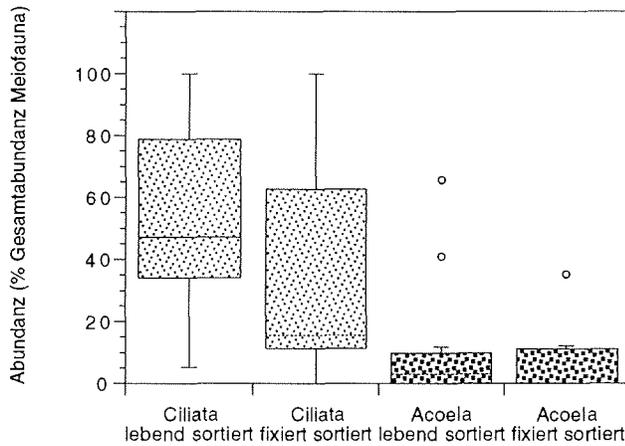


Abb. 4.2: Relative Abundanz (in % an der Gesamtabundanz der Meiofauna) von Ciliaten und acoelen Turbellarien. Dargestellt sind die Ergebnisse von Zählungen lebender Tiere gegenüber fixiertem Material. Erläuterung der Darstellungsweise siehe Abb. 3.4.

1992).

Eine weitere Ursache für Fehler bei der Bestimmung von Organismenabundanzen ist die Fixierung. Garrison und Buck (1986) verzeichneten Verluste von bis zu 95% bei der Zählung von fixierten Flagellaten und von einer Größenordnung bei fixierten Ciliaten im Vergleich zu Zählungen von lebenden Organismen. Aus diesem Grunde wurden während der Expeditionen so viele Proben wie möglich lebend gezählt. Wegen der begrenzten Zeit sowie der bisweilen starken Schiffsbewegungen beim Eisbrechen konnten aber nicht alle Proben an Bord sortiert werden. Ein Vergleich der relativen Abundanzen der Ciliaten und Turbellarien aus frischen und fixierten Proben deutet auf einen geringfügigen Verlust durch die Fixierung hin (Abb. 4.2). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant (H-Test). Die übrige Meiofauna zeichnete sich durch das Vorhandensein eines mehr oder weniger festen Exoskeletts aus, so daß die Tiere in jedem Fall auch nach der Fixierung erkennbar waren. Ferner erschwerten Algen- und Detritusflocken in den Proben die Zählungen von fixiertem Material, während dies in frischen Proben aufgrund der Beweglichkeit der Organismen ein geringes Problem war. Nachdem die optimale Konzentration (1 µg/100 ml) des Farbstoffes Bengalrosa für die Färbung der fixierten Proben ermittelt wurde, war es jedoch relativ leicht, die Tiere von den Flocken zu unterscheiden. Die Färbung hat allerdings wiederum den Nachteil, daß sie die taxonomische Arbeit erschweren kann, da natürlich vorkommende Färbungen überdeckt werden und die Tiere an Transparenz verlieren. Videoaufzeichnungen der lebenden Tiere sowie Noti-

zen verschiedener Merkmale waren in dieser Hinsicht sehr hilfreich. Insgesamt liefert das gewählte Verfahren der Probennahme und -bearbeitung zuverlässige Ergebnisse.

Problematisch ist hingegen die Biomassebestimmung dieser kleinen Organismen. Die direkte Bestimmung der Biomasse z.B. durch Messung des Kohlenstoffgehaltes war aufgrund des begrenzten Materials nicht möglich. Statt dessen wurde die Methode der computergesteuerten Videobildanalyse gewählt, um die Tiere zu vermessen und anhand der Größen die Biovolumina zu errechnen. Dies ermöglichte es, die Tiere nach der Aufzeichnung noch für taxonomische Zwecke zu verwenden. Durch die deutlich schnellere Vermessung der Tiere am Computer konnte darüber hinaus eine erheblich größere Zahl an Organismen vermessen werden. Verschiedene Fehlerquellen bestehen bei der weiteren Berechnung der Biomassen. Zum einen können die Tiere durch die Fixierung schrumpfen. Besonders deutlich wurde dies bei den Ciliaten beobachtet, für deren Volumenabschätzung dementsprechend ein Korrekturfaktor nach Auf dem Venne (1994) und Jerome et al. (1993) angewendet wurde. Darüber hinaus sind auch die Formeln, die zur Ermittlung des Biovolumens verwendet werden, nur Annäherungen an das reale Volumen. Bei der für die Berechnung des Volumens von Copepoden gewählte Formel von Feller und Warwick (1988) kann zwischen 8 verschiedenen Körperformen gewählt werden, wobei Aufsicht und Seitenansicht angegeben sind. Obwohl Chislenko (1968) 30 verschiedene Formen angibt, wurde die Biomasse nicht nach dieser Arbeit berechnet, da bei dieser Berechnung die unterschiedliche Höhe der Tiere nicht berücksichtigt wird. Die weiterführenden Berechnungen der Gewichte und Kohlenstoffgehalte stellen eine Fehlerquelle dar, deren Umfang schwer abzuschätzen ist. Das Körpervolumen liefert z.B. keine Information über den Wassergehalt und die biochemische Zusammensetzung eines Organismus (Latja und Salonen 1978). So werden z.B. für Rotatorien unterschiedliche Verhältnisse von Trocken- zu Feuchtgewicht von 3.9 bis 10% angegeben (zit. in Bottrell et al. 1976). Bei der Berechnung von Kohlenstoffgehalten von Ciliaten anhand des Volumens kann es theoretisch zu einer dreifachen Unter- oder Überschätzung des Wertes kommen (Putt und Stoecker 1989). Ferner ist auch die Verwendung von Mittelwerten für ein jeweiliges Taxon problematisch, da selbst einzelne Arten, wie z.B. der Rotatorien saisonale sowie regionale Unterschiede von bis zu 100% oder mehr im Biovolumen aufweisen können (Ruttner-Kolisko 1977, Latja und Salonen 1978). So unterschieden sich z.B. die Kohlenstoffgehalte pro Individuum der Turbellarien um bis zu 4 Größenordnungen. Aufgrund dieser Fehlerquellen muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die berechneten Biomassen nur eine sehr grobe Abschätzung der tatsächlichen Werte darstellen. Die direkte Messung der Biomasse dieser Organismen zur Aufstellung von Größen-Biomassen-Verhältnissen ist deshalb dringend erforderlich.

4.3.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Meiofauna des Meereises im Barentsmeer und Laptewmeer sowie in der Grönland-

see setzte sich im wesentlichen aus Nematoden, Rotatorien, acoelen Turbellarien, Copepoden und Ciliaten zusammen. Andere Organismen und Objekte, die darüber hinaus in den Eisproben gefunden wurden, werden am Ende des Kapitels diskutiert.

Vertikalprofile der Meiofaunaabundanz

Die Vertikalverteilung der Organismen zeigte in den meisten Kernen einen ähnlichen Verlauf. An der Oberseite wurden häufig keine oder nur vereinzelte Tiere beobachtet. Mit zunehmender Eistiefe nahm die Organismenhäufigkeit zu und nahe der Eisunterseite traten zumeist die höchsten Abundanzen auf. Maximale Konzentrationen wurden im Laptewmeer mit bis zu 10960 Ind./l erreicht, während in den Kernen des Barentsmeeres und der Grönlandsee nur Häufigkeiten von 1860 bzw. 4910 Ind./l erreicht wurden. Diese Vertikalverteilung der Organismen entsprach im wesentlichen der Verteilung des Chlorophylls. Abweichend von dieser typischen Verteilung traten in einigen Kernen auch interne Maxima der Organismenverteilung auf. Diese bestanden im wesentlichen aus Nematoden, Rotatorien und Ciliaten, während die übrigen Taxa nur in den untersten Zentimetern Konzentrationen von über 50 Ind./l erreichten. In Kern AR94227-03 z.B. traten 150 bis 170 cm von der Oberseite eines 252 cm dicken Eiskerns entfernt zahlreiche Nematoden und Ciliaten auf. In etwa der selben Tiefe wurde auch ein internes Chlorophyllmaximum beobachtet. Ferner waren in diesem Horizont auch die Salzgehalte und das relative Solevolumen auf ca. 3 bis 4‰ bzw. 200 ppt erhöht. In Kern AR94250-04 aus dem Laptewmeer wurden bis in das obere Drittel des Eises zahlreiche Organismen, vor allem Rotatorien und Ciliaten, beobachtet. Die Chlorophyllgehalte waren zwar gering, Gradinger und Zhang (1997) stellten in dieser Scholle aber bis in die obersten Schichten hohe Bakterienabundanzen fest, die den anderen Organismen möglicherweise als Nahrung dienten. Bakterien, Diatomeen und Flagellaten können von verschiedenen Eisorganismen, wie Ciliaten, Rotatorien und Copepoden als Nahrung genutzt werden (Grainger et al. 1985, Grainger und Hsiao 1990, Gradinger 1995). Demgegenüber wurde in Kern AR94264-03 kein internes Maximum von Meiofaunaorganismen beobachtet, obwohl ca. 1 m von der Unterseite entfernt ein internes Chlorophyllmaximum auftrat. Dies ist möglicherweise auf die Tatsache zurückzuführen, daß das Solevolumen in diesem Horizont nur ca. 100 ppt betrug. Es ist anzunehmen, daß neben den bereits erwähnten Salzgehalts- und Temperaturbedingungen sowie dem Nahrungsangebot auch das Raumangebot einen Einfluß auf die räumliche Verteilung der Eisfauna hat. Der Einfluß des Raumangebotes auf die Organismenbesiedelung wird z.B. beim Vergleich von arktischen mit antarktischen Meereis deutlich. Antarktisches Meereis, welches vorwiegend aus körnigem und relativ salzreichem Eis besteht und deshalb mehr Porenraum enthält, weist deutlich höhere Organismenabundanzen auf als arktisches Eis, welches vorwiegend aus säuligem Eis mit geringerem Solevolumen besteht und geringere Salzgehalte aufweist (Spindler 1990). So waren auch die Konzentrationen der Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* in körnigem Eis (großer Porenraum) deutlich höher als in säuligem Eis (geringer

Porenraum) des Weddellmeeres (Spindler 1990). Die erhöhte Porosität an der Unterseite des arktischen Meereises (Martin 1979) begünstigt dementsprechend die Ausbildung der typischen Bodengemeinschaften (Spindler 1990). Melnikov (1997) vergleicht die Struktur der Solekanäle im Eis mit einem verzweigten Baum, mit den dicksten Kanälen an der Eisunterseite und nach oben hin dünner und verzweigter werdenden Kanälchen. Die Größe der Kanäle wirkt dabei wie ein Sieb mit entsprechender Maschenweite, welches über die Größe der einwandernden Organismen, sowie über die maximale Einwanderungstiefe entscheidet (Melnikov 1997). In antarktischem Meer-eis betrug der Durchmesser der kleinsten Poren nur wenige μm , während der mittlere Durchmesser vermengt säulig - körnigen Eises 200 μm groß war (Weissenberger 1992). In arktischem Meereis können im Verlauf der Eisalterung jedoch auch größere Sole- oder Schmelzwasserkanäle mit Durchmessern bis zu 5 cm entstehen (Eicken et al. 1995). Für die Begrenzung der Einwanderungstiefe durch die Porengröße spricht, daß Ciliaten als die kleinsten untersuchten Vertreter der Eisfauna im Vergleich zu den Metazoen meist deutlich weiter von der Eisunterseite entfernt im Eis gefunden wurden. Ciliaten waren auch die einzigen Organismen, die in einem Kern mit geringem Solevolumen gefunden wurden (AR94239-03). Geringe Solevolumina und Salinitäten an der Eisunterseite, die auf das Vorhandensein eines Untereis-Schmelztümpels (siehe Kapitel 4.1) hindeuten, waren z.B. in Kern AR94258-21 mit dem Fehlen von Meiofaunaorganismen in diesem Horizont verbunden. Die Struktur des Porensystems kann darüber hinaus auch einen Einfluß auf die trophischen Beziehungen der Meereisorganismen haben (Eicken 1992). Kanäle und Poren mit geringem Durchmesser bieten z.B. kleineren Organismen wie Ciliaten Schutz vor größeren Räubern. Ferner kann die Größe der Solekanäle auch einen Einfluß auf den Nährstoffhaushalt im Eis haben, da der Flüssigkeitsaustausch in größeren Kanälen deutlich größer ist als in engeren Kanälen (Reeburgh 1984, Eicken 1992). Durch die Entstehung sekundärer und vertikal verlängerter Solekanäle, schwerkraftbedingter Drainage von Sole und durch oszillierenden Ein- und Ausstrom kann es zu erheblichen Austauschprozessen zwischen Eis und darunterliegendem Seewasser kommen (Lake und Lewis 1970, Eide und Martin 1975, Martin 1979, Reeburgh 1984, Melnikov 1995).

Es gibt nur wenige Untersuchungen zur Vertikalverteilung von Meiofaunaorganismen im arktischen Meereis. Gradinger und Härtling (1992) fanden im Sommer nordöstlich von Spitzbergen Eis, das vorwiegend von Nematoden und Copepoden besiedelt war, die bis fast einen Meter von der Eisunterseite entfernt in ca. 250 cm dicken Eis auftraten. Maximale Abundanzen von ca. 80 Ind./l wurden im untersten Segment erreicht. Im zentralen arktischen Ozean wurden hingegen von Gradinger und Härtling (1992) Organismengemeinschaften gefunden, die von Ciliaten und Turbellarien dominiert wurden, die bis in die oberen Eisschichten des ca. 200 cm dicken Eises auftraten. Maximale Konzentrationen von ca. 350 Ind./l wurden nahe der Unterseite von den Turbellarien, Ciliaten und

Rotatorien erreicht, aber auch im oberen Drittel kamen noch über 100 Ind./l vor (Grainger und Härtling 1992). Der Copepode *Cyclopina* sp. trat im Frühjahr bis zu 60 cm von der Unterseite entfernt im Eis der kanadischen Arktis auf (Grainger und Mohammed 1986). Melnikov (1997) fand in mehrjährigem arktischem Eis im Winter und Frühjahr lebende Nematoden, die bis zu 120 cm oberhalb der Eisunterseite vorkamen. Darunter waren Juvenile sowie Männchen und Weibchen von *Theristus melnikovi*, was darauf hindeutet, daß diese Tiere auch im Winter aktiv bleiben (Melnikov 1997). Im Sommer wurden Nematoden auch in etwas größerer Entfernung von über 170 cm von der Unterseite des Eises gefunden (diese Studie). Ferner fand Melnikov (1997) lebende Turbellarien bis zu 47 cm von der Eisunterseite entfernt. Im Sommer traten sie demgegenüber bis zu 180 cm oberhalb der Eisunterseite auf (diese Studie). Juvenile *Tisbe furcata* traten im Winter und Frühjahr in einem Abstand von bis zu 70 cm von der Eisunterseite auf (Melnikov 1997), während Copepoden insgesamt im Sommer bis in ca. 160 cm Entfernung von der Unterseite im Eis auftraten (diese Studie). Obwohl die Anzahl der Proben in den Untersuchungen von Melnikov (1997) deutlich geringer war als in dieser Untersuchung, deuten diese Ergebnisse darauf hin, daß Meiöfaunaorganismen im Winter näher zur Eisunterseite wandern, um den extremen Bedingungen im oberen Bereich des Eises auszuweichen oder in den oberen Schichten absterben. Abgestorbene Organismen mit mehr oder weniger festem Exoskelett müßten jedoch in den Eisproben zu erkennen sein, was selten der Fall war, während tote Ciliaten und Turbellarien vermutlich nicht mehr nachzuweisen sind. Die Migration der Organismen könnte aber vor allem in den Wintermonaten durch die temperaturbedingte Verengung der Solekanälchen (Weissenberger et al. 1992) erschwert sein. Das Meereis wird häufig mit dem Interstitialraum von Sedimenten verglichen (Tchesunov 1986, Weissenberger 1992, Melnikov 1997). Ein wesentlicher Unterschied ist aber, daß Organismen sich im Sediment selbst durch Wegdrücken der Partikel Raum schaffen können (Weissenberger 1992), während der Durchmesser der Solekanälchen ein unüberwindbares Hindernis darstellen kann. Das seltene Vorkommen von toten Tieren in den oberen Eisschichten sowie das vorwiegende Auftreten von Bodengemeinschaften sprechen jedoch dafür, daß die Organismen dieses Problem meistern können. Wäre dies nicht der Fall, würden die Tiere, wie jeder andere Partikel, unweigerlich im Verlauf der Eisalterung durch Eiswachstum an der Eisunterseite sowie dem Abschmelzen des Eises an der Oberseite, ca. 40 bis 50 cm pro Jahr nach oben verlagert werden, bis sie schließlich an die Eisoberseite gelangen (Maykut 1985).

In Untersuchungen aus der kanadischen Arktis bzw. der Beaufortsee wurden zumeist nur die Abundanzen in den untersten 3 bis 5 Zentimetern des Eises erfaßt (Grainger et al. 1985, Grainger 1988, Grainger und Hsiao 1990, Grainger 1991). Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kamen die höchsten Konzentrationen der Eisfauna in den untersten 10 bis 20 % der Eisschollen vor, was umgerechnet auf die jeweiligen Eisdicken ca. 30 bis 40 cm entspricht. Demnach könnte die Erfassung nur der unteren 3 bis 5 Zenti-

metern zu einer deutlichen Unterschätzung der Abundanzen führen, wobei die Verhältnisse im Eis der Transpolar drift aber nicht unbedingt auf die Bedingungen im Meereis der kanadischen Arktis übertragbar sind.

Variabilität der Meiofaunaabundanz innerhalb einer Eisscholle

Neben der oben beschriebenen vertikalen Variabilität, war auch die horizontale Verteilung der Eisorganismen einzelner Eisschollen fleckenhaft. Dies galt vor allem für die Ciliaten, deren Abundanz in verschiedenen Kernen einer Eisscholle in der Grönlandsee (AR101204) deutliche Unterschiede von 0 bis 136400 Ind./m² zeigte. Die Metazoenkonzentration und -zusammensetzung innerhalb dieser Eisscholle war demgegenüber mit 10400 bis 28700 Ind./m² (in ca. den unteren 30 cm) ähnlicher. Die Variabilität der Metazoenabundanz innerhalb der untersuchten Scholle war deutlich geringer als zwischen den verschiedenen Stationen in der Grönlandsee. Ferner war keine deutliche Änderung der Meiofaunagemeinschaft im Zeitraum von neun Tagen zu erkennen, nachdem dieselbe Eisscholle wiederholt beprobt wurde. Auch im Barentsmeer war die Variabilität innerhalb einer Eisscholle deutlich geringer als zwischen verschiedenen Schollen, wobei dies hier auch unter Einbeziehung der Ciliaten der Fall war. Lediglich im Laptewmeer war die Meiofaunagemeinschaft einer Eisscholle mit sehr unterschiedlichen Eisdicken so variabel, daß sie sich von einer anderen Station nicht signifikant unterschied. Insgesamt deuten diese Ergebnisse aber darauf hin, daß durch die punktuelle Probenahme einzelner Kerne einen guten Einblick in die Organismenbesiedelung einer Eisscholle möglich ist. Dies kann jedoch nur für ähnlich gleichförmige Eisschollen, wie die in dieser Untersuchung beprobten Schollen, angenommen werden. Es ist anzunehmen, daß sich in Preßeisrücken, die hier nicht untersucht wurden, sowie unter Schmelztümpeln, wie z.B. auf Station AR94225 im Barentsmeer, die Organismengemeinschaft deutlich von der übrigen Eisscholle unterscheiden kann.

Ein fleckenhaftes Vorkommen von Organismen, was auch als „Patchiness“ bezeichnet wird, wurde auch im Meereis der Antarktis beobachtet. So enthielten Kerne die nur 1 m voneinander entfernt waren unterschiedliche Anzahlen des Copepoden *Drescheriella glacialis* von 0 bis 116 Ind. (Dahms et al. 1990). Ein fleckenhaftes Vorkommen von Organismen kann z.B. durch variable Bedingungen von Eistextur, Salzgehalt oder Nahrungsorganismen bedingt sein (Spindler und Dieckmann 1986, Spindler et al. 1990). Die Konzentration der Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* im Eis des Weddellmeeres unterschied sich beispielsweise in zwei weniger als 30 cm voneinander entfernten Kernen um fast eine Größenordnung, wobei aber das Muster ihrer Vertikalverteilung ähnlich war (Spindler und Dieckmann 1986). Übereinstimmend fanden Eicken et al. (1991), daß sich die Vertikalprofile verschiedener Parameter einzelner Schollen des Weddellmeeres, wie z.B. Salzgehalt und Eistextur ähneln. Demgegenüber waren die absoluten Werte, wie die mittlere Salinität innerhalb einer Scholle sehr variabel. Im ark-

tischen Meereis entsprach die kleinskalige Variabilität dieser Parameter der größerer Skalen (Eicken et al. 1995). In der Framstraße zeigten die Salzgehaltsprofile innerhalb eines 750 m langen Profils nur eine geringe Variabilität, während die Eistextur sehr unterschiedlich war (Eicken et al. 1995). Da aber an der Eisunterseite, wo sich die Organismen bevorzugt aufhalten, Eis mit säuliger Textur vorherrschte, hat diese Variabilität vermutlich einen geringen Einfluß auf die Abundanz der Organismen.

Die Abundanz der Eismeiofauna in verschiedenen Regionen der Arktis

Die Abundanzen der Eismeiofauna aus den verschiedenen Regionen der Transpolardrift schwankte zwischen 0 und 209900 Ind./m². Die mittleren Abundanzen waren im Barents- und Laptewmeer ähnlich, wobei die Variabilität der Gesamtabundanzen mit 0 bis 198100 Ind./m² im Laptewmeer am größten war. In der Grönlandsee war die Organismenhäufigkeit etwas höher als in den anderen Gebieten. Verglichen mit Untersuchungen aus anderen Regionen der Arktis waren die Abundanzen in der Transpolardrift zumeist größer (Tab. 4.3). Die höchsten Konzentrationen von ca. 110000 Ind./m², die im Mai 1981 in der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) gefunden wurden (Grainger et al. 1985), lagen noch deutlich unterhalb der hier festgestellten maximalen Abundanz von ca. 209900 Ind./m² im Sommer in der Grönlandsee. Da die Autoren aber nicht alle Horizonte des Eises beprobt haben, sondern lediglich die Eis-Wasser-Grenzschicht oder die untersten Zentimeter des Eises (siehe Tab. 4.3), ist ein Vergleich der Gesamtabundanzen problematisch. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus anderen Regionen ist auch deshalb erschwert, da die Proben anders verarbeitet wurden. Carey und Montagna (1982), Cross (1982), Kern und Carey (1983) und Grainger et al. (1985) tauten die Eisproben ohne Zugabe von Seewasser auf, was zu einer Unterschätzung einiger Organismengruppen, wie den Protozoen, führen kann (Garrison und Buck 1986). Ferner wurden in den anderen Untersuchungen (z.B. Kern und Carey 1983, Grainger et al. 1985) Siebe mit größeren Maschenweiten (63 bis 76 µm) verwendet, was zu einer Unterschätzung der kleineren Organismen, wie den Ciliaten, führen kann. So wurden in diesen Untersuchungen Ciliaten nur von Grainger et al. (1985) beobachtet, jedoch waren die Konzentrationen wenigstens zwei Größenordnungen geringer als in der vorliegenden Studie. Demnach kam es in den oben genannten Untersuchungen zu einer systematischen, methodisch bedingten Unterschätzung der Ciliatenabundanzen.

Im Barentsmeer wurde die Organismengemeinschaft von Ciliaten (39%), Rotatorien und Nematoden (je 25%) dominiert. Im Laptewmeer waren die Lebensgemeinschaften im Meereis hingegen sehr unterschiedlich. Einige Stationen wurden von Ciliaten dominiert, die bis zu 100% der Organismen ausmachten, auf anderen Stationen jedoch nur in geringer Anzahl auftraten oder ganz fehlten. Im Mittel machten sie 49% der Eismeiofauna des Laptewmeeres aus. Die Abundanz der Rotatorien war ebenfalls sehr variabel, im Mittel betrug ihr Anteil an der Gesamtabundanz 16%. Copepoden waren vor allem im Eis über

dem flachen Schelf häufig, im Mittel machten sie aber nur 8% der Organismen im Eis aus. Der mittlere Anteil der Nauplien im Eis war mit 22% höher als der der Copepoden. Auf zwei Stationen wurden zwar Nauplien gefunden, aber keine Copepoden. Dies deutet darauf hin, daß das Eis als geschütztes Habitat für die Entwicklung der Jugendstadien genutzt wird. Die Abundanz der Nematoden und acoelen Turbellarien war im Laptevmeer gering. In der Grönlandsee war die Zusammensetzung der Organismengemeinschaft einheitlicher und unterschied sich deutlich von den anderen Regionen. Hier dominierten vor allem die Ciliaten, deren Anteil im Mittel 70% betrug. Neben den Ciliaten waren auch die Nematoden zahlreich vertreten, deren Abundanz im Mittel 20% betrug. In einer Untersuchung aus der Framstraße im Frühjahr 1988, die methodisch dieser Studie glich, war die Gesamtabundanz der Eisorganismen um mehr als die Hälfte niedriger als im Sommer in der Grönlandsee (Gradinger et al. 1991, Tab. 4.3). Die Anzahl der Turbellarien sowie ihr relativer Anteil war dort mit 51% deutlich höher als im Sommer in der Grönlandsee. Ciliaten machten in der Framstraße einen vergleichsweise geringen Anteil von etwa 29% aus und Nauplien 13%. Die geringere Gesamtabundanz könnte darauf beruhen, daß die Chlorophyllkonzentrationen mit 0.1 bis 0.4 mg/m² zu dieser Jahreszeit (Gradinger et al. 1991) gegenüber 0.1 bis 2.9 mg/m² im Sommer (diese Studie) noch relativ gering waren. Im antarktischen Meereis wurden insgesamt höhere Abundanzen von bis zu 886000 Ind./m² erreicht, wobei sich die Gemeinschaft vor allem aus Copepoden zusammensetzte sowie auch aus Larven benthischer Organismen (Hoshiai und Tanimura 1986). Es wurden nur wenige Ciliaten gefunden, was aber darauf beruhen kann, daß die Proben ebenfalls ohne Seewasser aufgetaut wurden.

Trotz der oben erwähnten methodischen Schwierigkeiten beim Vergleich der verschiedenen Untersuchungen lassen sich jedoch Unterschiede zwischen den Organismengemeinschaften der Transpolardrift und anderen Regionen der Arktis erkennen. Im zumeist saisonalen Meereis der kanadischen Arktis bzw. der Beaufortsee über geringen Wassertiefen von maximal 50 m wurden zahlreiche meroplanktische Larven wie z.B. Polychaetenlarven sowie holoplanktische Vertreter vorwiegend benthischer Gruppen beobachtet (Grainger et al. 1985). Die höchste Abundanz hatten jedoch meist Nematoden und Crustaceen (Tab. 4.3). In der Beaufortsee wurden auch Turbellarien gefunden, die 16% der Individuen ausmachten, während diese in den übrigen Untersuchungen aus Flachwasserregionen nicht beobachtet wurden (Kern und Carey 1983). Übereinstimmend war die Abundanz der Nematoden im Eis der Flachwasserregionen sowie auch im Barentsmeer und der Grönlandsee hoch, jedoch wurden kaum Turbellarien gefunden. Gegenüber dem Eis einer Flachwasserstation der Beaufortsee wurden 1979 von Carey und Montagna (1982) im darunterliegenden Sediment ca. 100 bis 1000fach höhere Abundanzen beobachtet, wobei Nematoden dominierten. Die Eisfauna setzte sich hier sowohl aus pelagischen als auch aus benthischen Formen zusammen (Carey und Montagna 1982). Die Unterschiede zwischen dem Eis der Transpolardrift gegenüber saisonalem Eis in Flachwasserregionen sind möglicherweise darauf zurückzuführen, daß die Tiere im mehr-

Tab. 4.3: Abundanzen der Eisfauna (Mittelwerte, Wertebereich bzw. Standardabweichung (SD) und Anteil in %) pro Quadratmeter. Daten aus dieser Arbeit nur aus Kernen, von denen wenigstens die untersten 30 cm bearbeitet wurden. Zwei Kerne von Station AR94225, die in Schmelztümpeln gebohrt wurden, sowie Kern AR101204-03 wurden weggelassen. Copepoda**: nur Harpacticoida, Cyclopoida und Poecilostomatoida, Rest unter „Andere“.

Region Zeit	Herkunft der Proben	Nematoda	Rotatoria	Ciliata/ Protozoa	Acoela/ Turbellaria	Copepoda**	Nauplii	Andere	Summe Variabilität und %	Quelle
Barentsmeer August 1993	Eiskerne, mindestens untere 30 cm	17400 (0 bis 80002) 25.0	17500 (0 bis 44437) 25.0	26915 (0 bis 114015) 39.0	2878 (0 bis 9666) 4.0	1916 (0 bis 8639) 2.8	2109 (0 bis 9125) 3.1		68719 (824 bis 189440) Anteil in %	diese Arbeit
Laptevmeer August/September 1993	Eiskerne, mindestens untere 30 cm	960 (0 bis 10767) 1.8	8870 (0 bis 69087) 16.3	26612 (0 bis 196275) 48.9	1762 (0 bis 16185) 3.2	4493 (0 bis 33438) 8.3	11670 (0 bis 127954) 21.5		54367 (0 bis 198081) Anteil in %	diese Arbeit
Gronlandsee Juli/August 1994	Eiskerne, mindestens untere 30 cm	16426 (1881 bis 59438) 19.8	1195 (0 bis 4400) 1.4	58169 (0 bis 136879) 70.0	5576 (0 bis 16231) 6.7	1643 (145 bis 7694) 2.0	81 (0 bis 544) 0.1		83089 (10374 bis 209915) Anteil in %	diese Arbeit
Framstraße Mai 1988	Eiskerne	1450	200	8600	15140	300	3900		29600	Gradinger et al. '(1991)
Beaufortsee Stefansson Sound März 1979	Eis-Wasser Grenzschicht	60 ±250 0.7	60 ±250 0.7			120 ±3.4 1.5	1770 ±1940 22.1	5990	8000 SD Anteil in %	Carey und Montagna '(1982)
Beaufortsee Stefansson Sound Mai 1979	Eis-Wasser Grenzschicht	3460 ±2590 76.9				810 18.0	230 5.1		4500 SD Anteil in %	Carey und Montagna '(1982)
Beaufortsee Narwhal Island April 1980	Eisunterseite/ Grenzschicht Eis-Wasser	359 ±195 3.2			296 ±253 2.7	5094 ±2813 45.7		5389	11138 SD Anteil in %	Kern und Carey '(1983)
Beaufortsee Narwhal Island Juni 1980	Eis-Wasser Grenzschicht	25022 ±7663 51.9			15167 ±2265 31.4	6987 ±3651 14.5		2.2	48235 SD Anteil in %	Kern und Carey '(1983)
Pond Inlet Mai 1979	Eis-Wasser Grenzschicht					39.7		1.5	0 bis 53000 Anteil in %	Cross (1982)
Frobisher Bay Februar 1981	Eiskerne, untere 3 cm	10560	40	520		2450	90920	530	105020	Grainger et al. '(1985)
Frobisher Bay Ende Mai 1981	Eiskerne, untere 3 cm	10.1	0.0	0.5		2.3	86.6	0.5	Anteil in %	
Frobisher Bay Anfang Februar 1982	Eiskerne, untere 3 cm	108800	14	14		252	800	456	110336	Grainger et al. '(1985)
Frobisher Bay Mai 1982	Eiskerne, untere 3 cm	98.6	0.0	0.0		0.2	0.7	0.4	Anteil in %	
Frobisher Bay Februar 1982	Eiskerne, untere 3 cm	8282	68	653		3716	48156	76	60951	Grainger et al. '(1985)
Frobisher Bay Mai 1982	Eiskerne, untere 3 cm	13.6	0.1	1.1		6.1	79.0	0.1	Anteil in %	
Frobisher Bay Mai 1982	Eiskerne, untere 3 cm	14606	2694	164		109	8891	109	26573	Grainger et al. '(1985)
Frobisher Bay Mai 1982	Eiskerne, untere 3 cm	55.0	10.1	0.6		0.4	33.5	0.4	Anteil in %	

jährigen Eis nicht freigesetzt werden, sondern ihren Lebenszyklus darin verbringen können, während sich die Organismengemeinschaft im neritischen Bereich jedes Jahr bei der Eisbildung aus Flachwasser und Benthos rekrutiert. Eine typisch neritische Organismengemeinschaft wäre am ehesten im Laptevmeer zu erwarten gewesen, da hier Teile des Meeres über dem Schelf gebildet werden. Hier war aber lediglich der Anteil der Nauplien hoch, während Nematoden sehr selten waren und Larven benthischer Organis-

men nicht vorkamen. Demgegenüber wurde die benthische Meiofauna des Sediments sowohl in flachen (40 m) sowie in tiefen Stationen (3430 m) von Nematoden dominiert, die Dichten von 130000 bis 150000 Ind./m² erreichten (Martinez Arbizu 1994). Insgesamt bestätigt die vorliegende Untersuchung nicht die von Carey (1985) aufgestellte Einteilung verschiedener Gemeinschaften der Meereisfauna, in der als typische Vertreter der Meiofauna in mehrjährigem Eis calanoide Copepoden genannt werden. Diese kamen in keinem der Untersuchungsgebiete (lebend) im Eis vor. Copepoden traten im Eis der Transpolardrift überhaupt meist nur in geringen Konzentrationen auf, wohingegen Nematoden, Rotatorien und vor allem Ciliaten wichtige Vertreter der Eismeiofauna darstellten.

Nach den vorliegenden Ergebnissen unterscheidet sich die Lebensgemeinschaft im Eis der Transpolardrift im wesentlichen durch das Fehlen von Larven benthischer Organismen von der des saisonalen Eises in den Flachwasserregionen. Da die Organismenzusammensetzung im Eis der verschiedenen Regionen der Transpolaren Drift sehr variabel ist, ist es problematisch eine „typische“ Eislebensgemeinschaft z.B. für das mehrjährige arktische Eis zu formulieren. Die Vielzahl der biotischen und abiotischen Parameter, die von der Eisbildung an sowie im Verlauf der Drift auf das Eis und die darin lebenden Organismen wirken, bewirkt möglicherweise die Ausbildung sehr unterschiedlicher Gemeinschaften.

Biomasse der Eismeiofauna

Die individuelle Biomasse der Nematoden war im Mittel mit 0.5 µg C/Ind. im Laptevmeer höher als in der Grönlandsee mit 0.1 µg C/Ind. Die Trockengewichte der Nematoden von 1.3 bzw. 0.3 µg/Ind. entsprechen etwa der Biomasse von kleinen bis mittelgroßen benthischen Nematoden (Zitate in Faubel 1982). Die Biomasse der Rotatorien betrug im Mittel 0.02 µg C/Ind. Die mittleren Trockengewichte der Rotatorien von 0.03 µg/Ind. sind im Vergleich zu einigen Süßwasserrotatorien sehr gering, lediglich *Synchaeta oblonga* hatte mit 0.02 µg/Ind. ein ähnliches Gewicht (Zitate in Botrell et al. 1976). Das Volumen der Rotatorien war mit ca. 267500 bis 316000 µm³ etwas größer als das Volumen planktischer Rotatorien (*Synchaeta* sp.) aus arktischen und subarktischen Regionen mit 226600 µm³ (Taniguchi 1984). Der errechnete mittlere Kohlenstoffgehalt der Ciliaten betrug mit 10.7 ng C/Ind. etwa die Hälfte der Biomasse der Rotatorien. Der Kohlenstoffgehalt der Ciliaten war deutlich höher als die Biomassen einiger antarktischer Meereisciliaten, die 2.3 bis 9.7 ng C/Ind. betrugten (Garrison und Buck 1989, Garrison und Buck 1991). Dies ist auf die hohe Abundanz des relativ großen Ciliaten *Peritromus* sp. zurückzuführen, für den ein Kohlenstoffgehalt von 13.4 ng C/Ind. errechnet wurde. Lediglich die Art *Didinium* sp. hatte im antarktischen Meereis eine höhere Biomasse von 25.9 ng C/Ind. (Garrison und Buck 1989). Diese Gattung kam aber im arktischen Meereis nur vereinzelt vor. Die Biomasse der acoelen Turbellarien war sehr variabel, da ihre Längen zwischen ca. 60 und 1260 µm schwankten. Es konnten aber kei-

ne deutlichen Unterschiede hinsichtlich der mittleren individuellen Biomassen zwischen den verschiedenen Stationen der Grönlandsee festgestellt werden. Ihr mittlerer Kohlenstoffgehalt betrug $0.4 \mu\text{g C/Ind.}$ und ihr mittleres Trockengewicht betrug ca. $1 \mu\text{g/Ind.}$ Viele benthische Turbellarien haben demgegenüber höhere Trockengewichte von 1.4 bis $9 \mu\text{g/Ind.}$ (Zitate in Faubel 1982). Die mittleren Biomassen der Copepoden schwankten, je nach Gattung, Art oder Stadium zwischen 0.2 und $1.2 \mu\text{g C/Ind.}$ Die mittleren Kohlenstoffgehalte der Harpacticoida waren mit 0.6 bis $0.8 \mu\text{g C/Ind.}$ etwas höher als die der Cyclopoida und Poecilostomatoida mit 0.1 bis $0.5 \mu\text{g C/Ind.}$ Die Trockengewichte der Copepoden betragen 0.5 bis $3 \mu\text{g/Ind.}$, was der Biomasse kleiner bis mittelgroßer Copepoden des Meiobenthos entspricht (Zitate in Faubel 1982). Die Nauplien hatten eine geringe Biomasse von im Mittel $0.02 \mu\text{g C/Ind.}$ Diese Biomasse entspricht der Biomasse von Nauplien aus dem antarktischen Meereis (Garrison und Buck 1991).

Die integrierten Biomassen waren im Barents- und Laptewmeer im Mittel mit 500 bzw. $600 \mu\text{g C/m}^2$ ähnlich, aber sehr variabel, während sie in der Grönlandsee mit etwa $5600 \mu\text{g C/m}^2$ deutlich höher waren und geringere Schwankungen zeigten. Die hohen Biomassen in der Grönlandsee wurden vor allem durch die relativ großen Nematoden und Turbellarien sowie auch durch Copepoden bedingt. Dagegen machten die zahlenmäßig dominanten Ciliaten nur einen geringen Anteil der Biomasse aus. Im Barentsmeer trugen nordöstlich von Spitzbergen vor allem die Nematoden, die maximale Werte von $39700 \mu\text{gC/m}^2$ erreichten, zur Biomasse bei. Demgegenüber waren die Biomassen nordwestlich von Franz-Josef-Land geringer und wurden zumeist von den Turbellarien bestimmt. Im Laptewmeer dominierten vor allem auf den südlich gelegenen Stationen Copepoden die Biomasse. Im Nordosten waren die Biomassen geringer, und es läßt sich dort wie auch in den übrigen Regionen des Laptewmeeres kein Trend hinsichtlich der Dominanz einzelner Taxa feststellen.

Die Fauna der untersten 3 cm des Meereises in der kanadischen Arktis hatte von Februar bis Juni Biomassen von 21 bis 957 mg/m^2 Naßgewicht (Grainger et al. 1985), was umgerechnet (Berechnung siehe Copepoda, Kap. 2.7) einem Kohlenstoffgehalt von ca. 1.9 bis 86.1 mg C/m^2 entspricht. Die maximale Biomasse im Barentsmeer (diese Studie) war mit 47.6 mg C/m^2 etwas geringer.

Die Biomasse der Untereisfauna, die sich vorwiegend aus Makrofaunaorganismen, wie Amphipoden zusammensetzte (Cross 1982, Lønne und Gulliksen 1991 a und b), war deutlich höher als die Biomasse der Eisorganismen. Die Untereis-Makrofauna in der kanadischen Arktis (Pond Inlet) hatte im Frühjahr/Sommer eine Biomasse von bis zu 1000 mg/m^2 Naßgewicht (Cross 1982), was umgerechnet ca. 90 mg C/m^2 entspricht (Berechnung siehe Copepoda, Kap. 2.7). Die Untereis-Makrofauna im Sommer unter mehrjährigem Eis nahe Spitzbergen hatte höhere Biomassen von umgerechnet ca. 270 bis 950 mg C/m^2 (Lønne und Gulliksen 1991a). Ein Vergleich der Biomassen der Un-

tereisfauna mit der Meiofauna im Eis ist aber aufgrund der unterschiedlichen Größen der Organismen problematisch.

Dies gilt auch für die Biomassen des Zooplanktons des Nordpolarmeers, da zumeist große Maschenweiten von 150 bis 300 μm bei der Probennahme verwendet werden (z.B. Mumm 1991, Richter 1994, Hanssen 1997). So betrug die Biomasse in den oberen 500 m des Nansen-Beckens 0.8 bis 6.3 g/m^2 aschefreies Trockengewicht (Mumm 1991), was umgerechnet ca. 0.4 bis 3 $\text{g C}/\text{m}^2$ entspricht. Im Laptewmeer wurden Mesozooplankton-Biomassen von 0.1 bis 1.5 g Trockengewicht ermittelt, was umgerechnet 0.04 bis 0.6 $\text{g C}/\text{m}^2$ entspricht sowie umgerechnet 0.4 bis 0.8 $\text{g C}/\text{m}^2$ im östlichen Nansen-Becken (Hanssen 1997). Von den Taxa, die im Meereis von Bedeutung sind, waren z.B. im Plankton der Grönlandsee nur die cyclopoiden Copepoden abundant, wobei ihre Biomasse nur ca. 3% der gesamten Biomasse ausmachte, während der Großteil auf calanoiden Copepoden entfiel (Richter 1994). In Untersuchungen zum Mikrozooplankton des Chukchi- und Beringmeeres, sowie des Nordpazifiks im Sommer wurden mittlere Biomassen von 3.0 bis 20.6 g/m^2 Naßgewicht ermittelt, wobei die höchsten Biomassen in den ozeanischen Regionen auftraten (Taniguchi 1984). Die Nauplien machten den größten Teil der Biomasse aus, während Ciliaten einschließlich der Tintinnen die höchsten Abundanzen zeigten. Daneben kamen Foraminiferen, Radiolarien, Rotatorien sowie Larven von Pteropoden und Muscheln vor. Umgerechnet in Kohlenstoff (siehe Berechnung Biomasse der Nauplien, Kap. 2.7) hatte das Mikrozooplankton eine Biomasse von ca. 270 bis 1850 $\text{mg C}/\text{m}^2$. Der Anteil der Biomasse des Mikrozooplanktons am Zooplankton, das mit 350 μm -Netzen gefangen wurde, betrug ca. 9 bis 21%.

Die Biomasse des Meiobenthos ist ebenfalls meist höher als die für das Meereis ermittelten Werte. Die Biomasse des Meiobenthos nordöstlich von Spitzbergen und im Nansen-Becken betrug im Sommer 0.35 bis 2.38 aschefreies Trockengewicht ($\text{mg}/10 \text{ cm}^2$, Pfannkuche und Thiel 1987). Dies entspricht umgerechnet nach Widbom (1984) bei einem mittleren Anteil des aschefreien Trockengewichts von 84% am Trockengewicht und 40% Kohlenstoff am Trockengewicht (Feller und Warwick 1988) Biomassen von ca. 170 bis 1100 $\text{mg C}/\text{m}^2$. Der relative Anteil der Nematoden machte 66 bis 96% der Meiofaunaabundanz aus und nahm mit der Tiefe zu (Pfannkuche und Thiel 1987). Die Biomasse der Nematoden im Benthos unterschiedlicher Regionen schwankt zwischen ca. 40 bis 1520 $\text{mg C}/\text{m}^2$ im Flachwasserbereich und ca. 0.4 bis 700 $\text{mg C}/\text{m}^2$ in der Tiefsee (Zitate in Heip et al. 1985, aus den dort angegebenen Trockengewichten berechnet). Zusammenfassend sind die Biomassen der Untereisfauna bis zu zwei Größenordnungen höher als die Biomasse im Eis und die Biomassen des Planktons und des Meiobenthos können sogar um zwei bis drei Größenordnungen höher sein als die Werte im Meereis.

Einfluß biotischer und abiotischer Parameter auf Abundanz und Biomasse

Abundanz und Biomasse der Eismeiofauna wurden durch die biotischen und abiotischen

Parameter Eisdicke, Salzgehalt des Eises, Wassertiefe der jeweiligen Stationen und dem Chlorophyll *a*-Gehalt des Eises mehr oder weniger stark beeinflußt.

Die Abundanz und die Biomasse der Meiofauna nahmen mit zunehmender Eisdicke zu, wobei dieser Trend bei den Rotatorien, Copepoden und Nauplien aber nicht signifikant war. Nematoden traten überhaupt erst ab einer Eisdicke von 124 cm auf, Crustaceen erst ab 80 bis 90 cm. Rotatorien, Ciliaten und acoele Turbellarien wurden demgegenüber schon in jungem Eis von nur 10 cm Dicke gefunden. Dies deutet darauf hin, daß diese Taxa bei der Eisbildung zuerst ins Eis eingeschlossen werden. Ob es sich hierbei um einen selektiven Prozeß handelt, oder ob die oben genannten Organismen vorwiegend zum Zeitpunkt der Eisbildung im Wasser vorhanden waren, läßt sich aus diesen Beobachtungen nicht schließen. Als Mechanismen der Organismenanreicherung bei der Eisbildung sind vor allem zwei Prozesse von Bedeutung. Zum einen können Organismen durch aufsteigende Eisplättchen aufgesammelt und konzentriert werden (Garrison et al. 1983, Reimnitz et al. 1993). Zum anderen wurde auch eine Anreicherung von Organismen durch ein fortlaufendes Wellenfeld festgestellt (Ackley et al. 1987, Weissenberger 1992). Eine Anreicherung von Organismen wurde bei der Bildung von säuligem Eis nicht beobachtet (Weissenberger 1992). Da in der Arktis aber vorwiegend die obersten Horizonte des Eises aus körnigem Eis bestehen, während der Rest zumeist aus säuligem Eis besteht (Eicken et al. 1995), findet eine Anreicherung von Organismen wahrscheinlich nur während der Neueisbildung statt. Die allmähliche Zunahme der Konzentration der Meiofauna im Eis im Verlauf des Eiswachstums bzw. der Eisalterung könnte demnach auf eine aktive Einwanderung der Organismen bzw. Wachstum oder Fortpflanzung der bereits ins Eis eingeschlossenen Tiere zurückzuführen sein.

Die Gesamtabundanz und -biomasse der Eismeiofauna zeigte die Tendenz, mit zunehmender Wassertiefe abzunehmen. Dieser Zusammenhang deutet darauf hin, daß in geringen Wassertiefen verstärkt Organismen ins Eis eingeschlossen werden bzw. einwandern, deren Konzentration dann aber im Verlauf der Eisdrift über tieferes Wasser wieder abnimmt. Denkbar ist dies z.B. bei *Tisbe furcata*, die im Laptevmeer auf zwei Stationen über einer Wassertiefe von ca. 50 bis 150 m relativ hohe Abundanzen und Biomassen erreichte. Diese Art kommt sowohl im Meereis und Plankton (Willey 1920, Grainger und Mohammed 1986, Grainger 1991) als auch in benthischen Habitaten (Lang 1984) vor. Die geringe Abundanz bzw. das Fehlen dieser Art auf den meisten anderen Stationen deutet darauf hin, daß sie im mehrjährigen Packeis der zentralen Arktis nicht überleben kann. Möglicherweise kann sie aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Salzgehaltstoleranz (Grainger und Mohammed 1990, siehe Kapitel 4.2) gegenüber z.B. den Nematoden die extremen Bedingungen im Winter nicht überdauern. Im saisonalen Eis küstennaher Gebiete der kanadischen Arktis kommt sie jedoch auch im Winter vor (Grainger et al. 1985).

Die Gesamtabundanz der Meiofauna sowie auch die Abundanz und Biomasse der Nauplien hatten die Tendenz, mit höheren integrierten Chlorophyll *a*-gehalten im Eis zuzu-

nehmen, während dieser Zusammenhang bei den übrigen Taxa im einzelnen nicht erkennbar war. Wie bereits erwähnt, können Meiofaunaorganismen Eisalgen als Nahrungsquelle nutzen (Grainger und Hsiao 1990). Hohe Algenkonzentrationen gehen daher häufig mit erhöhten Konzentrationen von Meiofaunaorganismen einher (Carey und Montagna 1982, Cross 1982, Grainger 1988). So nahm z.B. während einer Eisalgenblüte in der Beaufortsee die Anzahl der Nematoden von 60 auf 3460 Ind./m² an der Eis-Wasser-Grenzschicht zu (Carey und Montagna 1982). Die Beobachtungen in dieser Arbeit bestätigen den Einfluß des Nahrungsangebotes durch das Auftreten von Eisalgen auf die Verteilung und Abundanz der Eismeiofauna.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die große Variabilität hinsichtlich der Meiofaunazusammensetzung im Laptewmeer die unterschiedlichen Eisbedingungen in dieser Region widerspiegelt. Die Eisdicken, Salzgehalte, Solevolumina und Chlorophyllgehalte waren in dieser Region sehr variabel, was offensichtlich einen deutlichen Einfluß auf die Zusammensetzung, Abundanz und Biomasse der Eismeiofauna hat. Die Bedingungen im Barentsmeer zeigten insgesamt etwas geringere Schwankungen als im Laptewmeer. In dieser Region unterschieden sich zwar die Gesamtabundanzen einiger Stationen stark, jedoch war die Zusammensetzung der Organismengemeinschaft, die vorwiegend aus Ciliaten, Rotatorien und Nematoden bestand, einheitlicher. Im relativ dicken bzw. alten Eis der Grönlandsee zeigten alle Parameter die geringste Variabilität. Die Meiofaunagemeinschaft der verschiedenen Stationen war hier ähnlich und wurde im wesentlichen von Ciliaten, gefolgt von Nematoden und Turbellarien, dominiert. Möglicherweise entwickelt sich im Verlauf der Eisalterung eine speziell angepasste Organismengemeinschaft. Eine hohe Toleranz der Organismen gegenüber den starken saisonalen Schwankungen der physikalischen Bedingungen und die Fähigkeit, den gesamten Lebenszyklus im Eis zu verbringen, befähigt sie, das Eislückensystem zu besiedeln.

Taxonomische Untersuchungen, Lebendbeobachtungen

Aus dem Meereis der Transpolardrift wurden im wesentlichen 5 Taxa mit 13 Gattungen identifiziert. Dazu zählten die Nematoden, Rotatorien, Ciliaten, Turbellarien und Copepoden.

Nematoda

Bei allen Nematoden, die identifiziert wurden, handelte es sich um die Art *Theristus melnikovi* (Familie Xyalidae). Sie kam in der Grönlandsee ab einer Tiefe von 120 cm in 253 cm dickem Eis und im Laptewmeer ab 140 cm in 258 cm dickem Eis vor. In der Grönlandsee waren 43 der 85 untersuchten Exemplare Jungtiere und im Barentsmeer war das einzige Individuum ebenfalls ein Jungtier. Da die kleinsten Durchmesser der Nematoden mit 21 µm nur wenig über der verwendeten Maschenweite lagen, ist es sehr wahrscheinlich, daß die Juvenilen bei der Filtration über die 20 µm-Gaze nicht quantitativ erfaßt wur-

den, so daß deren Abundanz im Eis möglicherweise viel höher war. Die während der Experimente geschlüpften Jungtiere waren tatsächlich deutlich kleiner als die mit dieser Methode erfaßten Exemplare. Männchen und Weibchen von *Theristus melnikovi* kamen im Eis der Grönlandsee und im Laptewmeer vor. Auch alle Nematoden, die im Experiment zur Salzgehaltstoleranz von 5 bis 100‰ überlebten, gehörten dieser Art an.

Der von Tchesunov (1986) aus dem Meereis der zentralen Arktis beschriebene *T. melnikovi* ist ein naher Verwandter von *T. acer*, der an den Küsten gemäßigter und kalter Regionen der nördlichen Hemisphäre vorkommt. In den formfixierten Exemplaren von *T. melnikovi* wurden von Tchesunov (1986) granuläre Strukturen in Höhe des Ösophagus beobachtet, die als verblichene Ocellen identifiziert wurden. Bei den in dieser Arbeit gefilmten Nematoden wurde dunkle Pigmentflecken beobachtet, bei denen es sich sehr wahrscheinlich um die von Tchesunov (1986) beschriebenen Ocellen handelt. Offensichtlich bleichen die Pigmente durch die Fixierung aus.

Im Eis der zentralen Arktis kam *T. melnikovi* 1981 im Winter und Frühjahr bevorzugt 30 bis 60 cm von der Eisunterseite entfernt vor (Tchesunov 1986). Im Mai 1988 wurde *T. melnikovi* im Eis der Framstraße und des Laptewmeeres gefunden (Tchesunov und Riemann 1995). Daneben wurden im Laptewmeereis zwei neue Arten, *Cryonema crassum* und *Cryonema tenue*, entdeckt und in der Framstraße kamen ferner *Cryonema* sp. und *Daptonema* sp. vor (Tchesunov und Riemann 1995). Bemerkenswert ist, daß keiner der Eisnematoden *Cryonema* spp. und *T. melnikovi* aus dem Meiobenthos bekannt ist, obwohl dort nahe verwandte Formen vorkommen (Tchesunov und Riemann 1995). Dies deutet darauf hin, daß es hinsichtlich der Nematoden keine Interaktion zwischen Sediment und Eis gibt, wie es z.B. bei den Copepoden und der Makrofauna der Fall ist (Carey 1985, Tchesunov und Riemann 1995), was auch die zum Teil sehr geringe Abundanz der Nematoden im Eis des Laptewmeeres über relativ flachem Wasser trotz hoher Konzentrationen an Nematoden im Sediment (Martinez Arbizu 1994) erklärt. Über die Mechanismen der Besiedlung des Eises durch Nematoden kann deshalb nur spekuliert werden. Da *T. melnikovi* in den Kulturen kaum gerichtete Schwimmbewegungen zeigte, sondern sich vorwiegend in Detritusflocken aufhielt, ist es unwahrscheinlich, daß diese Art längere Strecken unter dem Eis schwimmt. Nematoden wurden jedoch vereinzelt in Netzfängen nahe der Eiskante (diese Studie) und in der Untereiswasserschicht mit einer Pumpe gefangen (Werner 1997). Die Individuen wurden jedoch nicht bestimmt und diese Beobachtungen geben keinen Aufschluß darüber, ob diese Tiere auch permanent im Pelagial überleben können. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß Verwandte der eisassoziierten Nematodenarten wie z.B. *Theristus bipunctatus* und die Gattung *Gammarinema* im Kiemenlückensystem von Krebsen vorkommen (Riemann 1970, Tchesunov und Riemann 1995). Tchesunov und Riemann (1995) weisen auf die Möglichkeit hin, daß Nematoden über die zahlreich unter dem Eis auftretenden Amphipoden (Carey 1985, 1992, Lønne und Gulliksen 1991b) verbreitet werden. Eine Art der Gattung *Theristus* wurde auch im

Meereis der kanadischen Arktis beobachtet (Frobisher Bay, Grainger et al. 1985).

Rotatoria

Im Eis der Transpolardrift wurden insgesamt 6 Rotatorienarten aus 3 Familien gefunden. Darunter waren 4 Arten der Familie Synchaetidae und jeweils eine Art der Familien Proalidae und Dicranophoridae.

Synchaeta hyperborea (Familie Synchaetidae) kam in allen drei Untersuchungsgebieten vor und dominierte die Rotatoriengemeinschaft des Meereises der Transpolardrift. Unter den 363 Individuen dieser Art waren 2 Männchen, alle übrigen *S. hyperborea* waren Weibchen. Diese Art ist bekannt aus dem Plankton des nördlichen Barentsmeeres, der Küste von Franz-Josef-Land und dem nördlichen Eismeer (Voigt und Koste 1978). Es handelt sich um den ersten Fund dieser Art sowie der anderen *Synchaeta* Arten im Meereis. Bisherige Beschreibungen von *Synchaeta* aus dem Meereis der kanadischen Arktis erfolgten nicht auf Artniveau (Chengalath 1985). Die Gattung *Synchaeta* kommt ferner auch im Plankton der flachen Schelfregionen der Chukchisee und des Beringmeeres (Taniguchi 1984) sowie in Süßwasserhabitaten der kanadischen Arktis und auf Spitzbergen vor (De Smet und Bafort 1990, De Smet 1993).

Synchaeta tamara (Familie Synchaetidae) wurde im Barentsmeer nur auf 2 Stationen gefunden, wo sie die dominante Art war, sowie in geringer Anzahl in der Grönlandsee, wo sie ebenfalls auf 2 Stationen die häufigste Art war. Unter den 119 identifizierten Individuen dieser Art waren 14 Männchen. *Synchaeta tamara* kommt außer im Eis auch im Plankton des Barentsmeeres vor (Voigt und Koste 1978).

Von *Synchaeta cecilia* (Familie Synchaetidae) wurden nur 3 Weibchen aus dem Barentsmeer identifiziert. *S. cecilia* kommt in Brackwassertümpeln und Küstengewässern in Nord- und Ostsee, dem Schwarzen Meer und dem Atlantik vor (Voigt und Koste 1978). *S. cecilia* wurde z.B. im Plankton einer Flußmündung (Rhode River, USA) bei Temperaturen von 11 bis 30°C und Salzgehalten von 7.5 bis 11‰ gefunden (Dolan und Gallegos 1992). Sie toleriert demnach einen extrem weiten Salzgehalts- und Temperaturbereich.

Von *Synchaeta bacillifera* (Familie Synchaetidae) wurde nur ein Weibchen im Eis des Barentsmeeres gefunden. Diese Art kommt im Plankton des Barentsmeeres und dem nördlichen Eismeer vor (Voigt und Koste 1978).

Proales reinhardtii (Familie Proalidae) trat in allen drei Untersuchungsgebieten in geringen Anzahlen auf (insgesamt 16 Ind.). Bemerkenswert ist der Fund von 2 Männchen dieser Art im Eis des Barentsmeeres und der Grönlandsee, da von den Arten der Gattung *Proales* zumeist keine Männchen bekannt sind (Chengalath 1985). Im Meereis wurden Weibchen von *P. reinhardtii* zuerst und bisher ausschließlich im Eis der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) entdeckt (Chengalath 1985). Diese Art gehörte dort zu den dominan-

ten Rotatorienarten (Chengalath 1985). *P. reinhardti* trat bis zu 150 cm von der Eisunterseite entfernt auf und lebte bei Temperaturen von -1.6 bis -2.2°C und Salinitäten von 29 bis 80‰ (Chengalath 1985). Sie gilt als kalt stenotherm. *P. reinhardti* kommt ferner auch auf Algen in einem Fjord an der Westküste von Spitzbergen vor (De Smet 1995). Sie ist weitverbreitet in der Vegetationszone und Sedimentationszone der Ost- und Nordsee, in Gezeitentümpeln der atlantischen Küste von Amerika, dem Asowschen Meer, dem Schwarzen Meer und der Antarktis (Voigt und Koste 1978). Sie lebt in diesen Habitaten bei Salinitäten von 6 bis 20‰, Temperaturen von 0 bis 20°C und ernährt sich von Diatomeen, Purpur-Schwefelbakterien und Dinoflagellaten (Voigt und Koste 1978). Die Gattung *Proales* kommt auch in Süßwasserhabitaten auf Grönland, Spitzbergen, der kanadischen Arktis und dem marinen Littoral der belgischen Küste vor (De Smet 1993, De Smet et al. 1993, De Smet 1994, De Smet und Beyens 1995).

Encentrum graingeri (Familie Dicranophoridae) wurde in dieser Untersuchung nur im Eis des Barents- und Laptewmeeres in geringen Anzahlen (2 bzw. 4 Weibchen) gefunden. *E. graingeri* wurde zuerst im Meereis der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) entdeckt, wo sie zu den dominanten Arten gehörte (Chengalath 1985). Sie trat dort im Mai bis zu 20 cm von der Eisunterseite entfernt auf und lebte bei Temperaturen von -1.6 bis -2.4°C und Solesalinitäten von 29‰ (Chengalath 1985). In der Arktis kommt diese Art außerdem auf littoralen Algen in einem Fjord an der Westküste von Spitzbergen vor (De Smet 1995). Ferner wurde die Gattung *Encentrum* in Süßwasserhabitaten in Grönland, Spitzbergen und der kanadischen Arktis gefunden (De Smet und Bafort 1990, De Smet 1993, De Smet et al. 1993, De Smet und Beyens 1995). Sie kommt im allgemeinen in periphytischen und interstitiellen Habitaten der littoralen Zone, sowohl im marinen als auch im limnischen Milieu vor (De Smet 1995) und wird als kalt stenotherm eingestuft.

Die Rotatoriengemeinschaft der kanadischen Arktis (Chengalath 1985) und der Transpolardrift unterscheiden sich grundlegend. Im Eis der Transpolardrift dominierten Vertreter der Gattung *Synchaeta*, vor allem *Synchaeta hyperborea*, die zusammen 96% der Abundanz ausmachten. Die übrigen 4% entfielen auf die Arten *Proales reinhardti* und *Encentrum graingeri*. Demgegenüber dominierten im Eis der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) die letztgenannten Arten, während der Anteil der Gattung *Synchaeta* nur 2.4% betrug (Chengalath 1985). Ferner wurde dort die Gattung *Cephalodella* gefunden, die im Eis der Transpolardrift nicht vorkam. Vertreter der Gattungen *Proales*, *Encentrum*, *Cephalodella* und *Synchaeta* kommen in marinen und limnischen Habitaten vor, wobei *Synchaeta* eine vorwiegend pelagische und die übrigen 3 Gattungen eine vorwiegend benthische Lebensweise haben (Chengalath 1985). Dies deutet darauf hin, daß sich die Fauna im Eis der Flachwasserregionen der kanadischen Arktis vor allem aus den marinen Sedimenten rekrutiert, während nur ein geringer Anteil aus der Wassersäule stammt. Die benthischen Formen könnten durch Wasserströmungen und Einschluß bei Neueisbildung zumindest im Flachwasser in das Eis gelangen. Das überwiegende

Vorkommen der typisch pelagischen Gattung *Synchaeta* im Eis der Transpolardrift, welches zu großen Teilen über tieferem Wasser bis maximal 3000 m beprobt wurde, deutet demgegenüber auf eine Besiedlung des Eises aus der Wassersäule hin. Rotatorien, deren Art nicht bestimmt wurde, traten regelmäßig im Wasser direkt unter dem Eis in der Grönlandsee und dem Laptewmeer auf (Werner 1997). Rotatorien wurden als Taxon auch in Flachwasserregionen der Beaufortsee im Eis gefunden (Carey und Montagna 1982, Kern und Carey 1983). Die Gattungen, die im Eis der kanadischen Arktis gefunden wurden, hatten mit Diatomeen und anderen Algen gefüllte Mägen (Chengalath 1985) und finden demnach im Eis ein gutes Nahrungsangebot.

Rotatorien wurden bisher nur im arktischen Meereis, nicht aber im Meereis der Antarktis gefunden. Das Auftreten von Männchen der Gattungen *Synchaeta* und *Proales* deutet darauf hin, daß die Rotatorien sich im Eis auch geschlechtlich fortpflanzen können. Dauereier, die hierbei gebildet werden (Ruttner-Kolisko 1974), wurden allerdings im Eis nicht gefunden, sondern nur zahlreiche Subitaneier, die durch Parthenogenese entstehen.

Ciliata

Im Eis des Barentsmeeres, des Laptewmeeres und in der Grönlandsee sowie in Experimenten mit Meereisciliaten wurden 4 Ciliatengattungen aus drei Familien sowie Tintinnen identifiziert.

Die häufigste Art war *Peritromus* sp. (Familie Peritromidae). Sie kam auf allen Stationen in der Grönlandsee und dem Barentsmeer zahlreich vor. In einigen Kernen bzw. Stationen war *Peritromus* sp. die einzige Gattung, die gefunden wurde. Aus dem Laptewmeer wurde nur ein Kern hinsichtlich der Ciliaten untersucht, in dem *Peritromus* sp. nicht vorkam. Wegen der starken Kontraktilität der Individuen war eine Artbestimmung nicht möglich. *Peritromus* sp. trat bis zu 62 cm von der Eisunterseite entfernt auf. Diese Art wurde bereits im Meereis der Framstraße beobachtet, wo er ca. 38% der Ciliaten ausmachte (Agatha 1990).

Die zweithäufigste Art in den Meereisproben war *Euplotes* cf. *sigmolateralis*. Ein Vergleich mit Typenmaterial von *E. sigmolateralis* zeigte deutlich, daß es sich um eine andere, aber nahe verwandte Art handelte. *Euplotes sigmolateralis* kommt sowohl im arktischen (Framstraße) als auch im antarktischen Meereis (Weddellmeer) vor (Agatha 1990). Ferner traten im Meereis der Grönlandsee noch andere nicht näher bestimmte Vertreter der Gattung *Euplotes*, ein *Euplotes* sp. („ovalis“-Typ) und Tintinnen auf sowie im Laptewmeer die Art *Didinium* sp. *Didinium* sp. wurde bis zu 90 cm von der Unterseite entfernt gefunden. Es handelte sich hier um sehr warmes Eis (-0.01 bis -0.19°C), in dem der Solesalzgehalt vermutlich sehr gering war. *Didinium nasutum* aus dem Süßwasser zeichnete sich in Experimenten durch eine geringe Toleranz gegenüber höheren Salzgehalten aus und kam ausschließlich in Süßwasser vor (Bick 1968). Möglicherwei-

se handelte es sich bei den Eisciliaten um dieselbe Art, die wegen ihrer geringen Salzgehaltsresistenz nur in geringen Anzahlen im Meereis vorkam. *Didinium nasutum* machte allerdings im Meereis der Framstraße im Mai, bei kälteren Eistemperaturen von etwa -2°C an der Unterseite bis -7°C an der Eisoberseite ca. 2% der Ciliaten aus (Agatha 1990, Gradinger et al. 1991). Vertreter der Gattung *Euplotes* aus dem Süßwasser kamen in den Experimenten von Bick (1968) hingegen vom Süßwassermilieu bis zu einem Salzgehalt von 35‰ vor. Dies deutet darauf hin, daß Ciliaten der Gattung *Euplotes*, wie es auch aus den Experimenten in dieser Untersuchung deutlich wurde, gut für das Überleben bei unterschiedlichen Salzgehalten in den Solekanälchen angepaßt sind. Die Gattung *Euplotes* machte im Meereis der Framstraße ca. 18% der Ciliaten aus (Agatha 1990). Tintinnen (überwiegend lebend) wurden in den mittleren und oberen Schichten mehrjährigen Eises in verschiedenen Regionen der Arktis auf Driftstationen gefunden (Melnikov 1997). Die Art *Euplotes ovalis* kommt mit jeweils einer Form sowohl im Eis der Arktis als auch der Antarktis vor (Agatha 1990).

In dem Experiment zur Bestimmung der Generationszeiten wurde ein Ciliat der Art *Euplotes* sp. untersucht. Die Beschreibung von *Euplotes nobilis* von Valbonesi und Luporini (1990) gleicht diesem Ciliat am meisten. Da ein wichtiges taxonomisches Merkmal zur Bestimmung der *Euplotes*-Arten das Silberliniensystem ist, welches sich aber nicht durch die Protargolimprägung darstellen läßt, war keine exakte Artbestimmung möglich.

In den Experimenten zur Salzgehaltstoleranz der Metazoen überlebten bei Salinitäten von 5 bis 95‰ auch Ciliaten. Darunter waren *Diophrys* sp. und die Gattung *Euplotes* sowie bei 5‰ Tintinnen, die nicht weiter bestimmt wurden. Ein Vertreter der Gattung *Diophrys* wurde auch im Meereis der Framstraße gefunden (Agatha 1990).

Vertreter der Gattungen *Euplotes* und *Didinium* wurden auch im antarktischen Meereis (Weddellmeer, antarktische Halbinsel, Drescher Inlet, Mc Murdo Sound) gefunden (Corliss und Snyder 1986, Garrison und Buck 1989, Agatha et al. 1990, Garrison und Buck 1991, Stoecker et al. 1993), darunter auch die Art *Euplotes antarcticus* (Fenchel und Lee 1972). Neben den in dieser Untersuchung gefundenen Ciliaten wurden im Meereis der Arktis weitere Arten und Gattungen beobachtet. Nansen (1906) veröffentlichte Beschreibungen und Zeichnungen von arktischen Meereisciliaten, die vermutlich den Gattungen *Lacrymaria*, *Chilodonella* und *Stylonychia* angehörten. Bei späteren Untersuchungen wurden unter anderem *Euplotes caudata*, *E. truncata*, *Proboscidium armatum* und *Cephalotrichium tonsuratum* im Eis des Karameeres (Usachev 1949) sowie die Gattungen *Euplotes* und *Stylonychia* im Meereis des Chukchimeeres (Horner und Alexander 1972) und *Spiroprorodon intermedius*, *Euplotes longicirratus*, *Pleuronema arctica* sowie die Gattungen *Chlamydonella*, *Zosterodasys* und im Meereis der Framstraße (Agatha et al. 1993) gefunden. Die Ciliatenfauna des Meereises besteht vorwiegend aus

benthischen Typen, wie den Euplotidae (Agatha et al. 1993). Etwa die Hälfte der Ciliatengattungen des polaren Meereises kommt auch im marinen Interstitial vor, wie *Euplothes*, *Didinium* und *Peritromus* (Hartwig 1974, Agatha et al. 1993). Planktische Formen wie z.B. Tintinnen und Ciliaten der Gattung *Strombidium*, die im Mikrozooplankton der Framstraße (Bolms 1986, Bolms und Lenz 1989), der Grönlandsee (Auf dem Venne 1994) sowie in der Beringmeer und im Chukchimeer (Taniguchi 1984) hohe Abundanz erreichten, kamen in Meereis nur in geringen Anzahlen vor bzw. fehlten ganz. Somit scheint sich die Ciliatenfauna des Meereises der Transpolardrift gegenüber der Rotatorienfauna eher aus dem Benthos zu rekrutieren, wobei aber einige der oben genannten Ciliaten, wie *E. sigmolateralis* und *E. longicirratum* bisher ausschließlich im Meereis gefunden wurden (Agatha et al. 1993).

Acoela

Im Meereis des Barents- und Laptevmeeres wurden zahlreiche auffällig rot gefärbte Turbellarien beobachtet, die bis auf wenige Ausnahmen vermutlich alle einer Art der Ordnung Acoela angehören. Ihr Habitus sowie das Vorhandensein und die Struktur ihrer Statocyste zeichnet sie als acoele Turbellarien aus. Da keines der untersuchten Individuen geschlechtsreif war, konnte bisher leider keine Artbestimmung vorgenommen werden. Es traten zwar Individuen sehr unterschiedlicher Längen (55 bis 1257 μm) auf, Fortpflanzung konnte aber im Verlauf der bis zu 1 1/2 Jahre dauernden Hälterung der Tiere nicht beobachtet werden. Möglicherweise vermehren sich diese eislebenden Acoela ungeschlechtlich. Asexuelle Reproduktion findet bei einer Reihe von acoelen Turbellarien statt (u.a. Ax und Schulz 1959, Hanson 1960, Hendelberg und Åkesson 1988). Dafür spricht, daß Fragmente der Individuen noch bis zu einem Tag unter Deckgläsern weiterlebten. Es ist denkbar, daß sie in normalen Kulturen länger gelebt hätten, da die Flüssigkeit auf den Objektträgern allmählich verdunstete und dies das Absterben der Tiere bewirkt haben könnte. Gegen eine asexuelle Reproduktion spricht allerdings, daß die Tiere eine geringe Regenerationsfähigkeit zeigten, die häufig mit ungeschlechtlicher Vermehrung einhergeht (Dr. Hendelberg, pers. Mitt.).

Da die Tiere nicht bis zur Art bestimmt werden konnten, kann über die Mechanismen der Meereisbesiedlung durch dieses Taxon nur spekuliert werden. In anderen Berichten über Meereisturbellarien wurden die Arten ebenfalls nicht identifiziert (Horner und Alexander 1972, Kern und Carey 1983, Grainger und Hsiao 1990, Gradinger et al. 1991). Während Turbellarien in großer Arten- und Individuenzahl im Süß- und Brackwasser vertreten sind, sind nur wenige Formen im marinen Pelagial vertreten und zwar mit Ausnahme der Gattung *Alaurina* (Ordnung Macrostromida), nur in tropischen und subtropischen Meeren (Kästner 1993). Darunter sind auch mixotrophe Formen mit endosymbiotischen Algen (Stoecker et al. 1989). In einem Netzfang durch ein Bohrloch bis 10 m unter dem Eis wurde 1 acoeles Turbellar gefangen (diese Studie), und mit Hilfe einer Untereispumpe wurden aus der Wasserschicht direkt unter dem Eis in der Grönlandsee

und dem Laptewmeer Abundanzen von bis zu 51 acoelen Turbellarien pro Kubikmeter, vermutlich derselben Art wie im Eis, ermittelt (Werner 1997). Diese Funde sowie die Beobachtung, daß die Turbellarien in den Kulturen häufig und sehr gewandt umher schwammen, deuten zumindest darauf hin, daß die Tiere kurze Strecken unter dem Eis zurücklegen und sich eventuell auf diese Weise horizontal ausbreiten können. Allerdings schienen die Turbellarien zur Nahrungsaufnahme festes Substrat zu benötigen, da die sehr deutlich erkennbaren Freßbewegungen nie beim Schwimmen beobachtet wurden. Ferner wurden im Mikrozooplankton der Framstraße (Bolms 1986), des Chukchimeeres, des Beringmeeres und des Nordpazifiks (Taniguchi 1984) keine Turbellarien gefunden. Diese Daten deuten darauf hin, daß Turbellarien zwar vorübergehend kurze Strecken im Wasser zurücklegen können, aber nicht permanent im Pelagial leben können. Demgegenüber stellen die Turbellarien einen bedeutenden Anteil an der interstitiellen Meeresfauna, vor allem des Littorals (Ax 1977, Kästner 1993 u.a.) und kommen auch im Meio-benthos des Nordpolarmeers vor (Pfannkuche und Thiel 1987). Erst die Identifizierung der Eisturbellarien bis zum Artniveau und ein Vergleich mit bereits bekannten Formen anderer Habitats kann hier einen Einblick in die Mechanismen der Besiedlung des Eises durch diese Tiere ermöglichen.

Copepoda

Im Eis der Transpolardrift wurden Copepoden von 5 Gattungen aus 5 Familien identifiziert. Dazu zählten *Halectinosoma* sp. (Familie Ectinosomatidae), *Harpacticus superflexus* (Familie Harpacticidae), *Tisbe furcata* (Familie Tisbidae), *Oithona* spp. (Familie Oithonidae) und *Oncaea* spp. (Familie Oncaeidae).

Bei *Halectinosoma* sp. (Familie Ectinosomatidae) handelte es sich um *Halectinosoma finmarchicum* oder eine nahe verwandte Art. *Halectinosoma* sp. aus den Meereisproben wies jedoch eine deutliche rote Färbung sowie rote oder schwarze Öltropfen auf. Nach Ausführungen von Lang (1948), Becker (1970) und Chislenko (1977) handelt es sich bei *H. finmarchicum* um eine Art, die auf bzw. in sandigem bis schlammigem Untergrund lebt. Auch hat keiner der Autoren die rote Färbung oder die Öltropfen beschrieben. Da die Färbung in Formol, Alkohol, Lactat und W15 nicht verschwindet, ist es wahrscheinlich, daß *H. finmarchicum* keine gefärbten Öltropfen besitzt. Es ist aber im Moment nicht auszuschließen, daß *H. finmarchicum* durch die Aufnahme roter Algen, wie z.B. Schneelalgen (Gradinger und Nürnberg 1996) auch eine rote Färbung annehmen kann. Da das Typenmaterial zur Zeit nicht zugänglich ist, ist eine endgültige Artbestimmung auf morphologischer Basis nicht möglich und eine Neubeschreibung des vorliegenden Materials ist erforderlich.

Bei der *Tisbe*-Art handelt es sich auf jeden Fall um eine *Tisbe* der Furcata-Gruppe, mit hoher Wahrscheinlichkeit um *Tisbe furcata* selbst. Von der Art *Microsetella norvegica*

wurde nur ein totes Exemplar im Meereis des Laptewmeeres gefunden. Dort trat außerdem ein Männchen der Art *Harpacticus superflexus* auf. Calanoide Copepoden (nicht näher identifiziert) wurden nur im toten Zustand in einem Kern mit auffallend großen Solekanälchen gefunden.

Zumeist dominierten die Harpacticoida in den drei Untersuchungsgebieten die Copepodengemeinschaft, wobei auf allen Stationen bis auf AR94243 und AR94250 im Laptewmeer, die von *Tisbe furcata* dominiert wurden, *Halectinosoma* sp. mit im Mittel 32% am häufigsten vertreten war. Von *Halectinosoma* sp. traten vorwiegend adulte Männchen und Weibchen auf, nur in der Grönlandsee wurde auch ein hoher Anteil an CV Stadien beobachtet. Vertreter der Familie Ectinosomatidae wurden auch in Netzfängen nahe der Eiskante gefangen (diese Studie) und im Wasser direkt unter dem Eis trat *Halectinosoma* sp. (vermutlich dieselbe Art, ebenfalls rot gefärbt) in Konzentrationen bis zu 481 Ind./m³ auf (Werner, pers. Mitt.). Im Meiobenthos des Laptewmeeres kam *Halectinosoma* sp. nicht vor (Martinez Arbizu, pers. Mitt.). Eine Art der Gattung *Halectinosoma* machte ca. 20% der Copepoden im saisonalen Meereis an der Küste der Beaufortsee aus, während vor allem *Cyclopina gracilis* gefolgt von *Harpacticus* sp. dominierten (Kern und Carey 1983). Im lockeren Eis an der Eisunterseite im Pond Inlet machte *Halectinosoma finmarchicum* ca. 12% der Copepoden aus (Cross 1982). Von Carey (1985) wurde sie als typischer Vertreter der Meiofaunagemeinschaft im Festeis über tiefen Wasser eingestuft. Diese Art kommt außerhalb des Eises in flachen Gewässern (bis 15 m) vor Sibirien, Franz-Josef-Land, Norwegen, Spitzbergen und Alaska vor (Lang 1948, Chislenko 1977), in oder auf schlammigen bis sandigen Böden borealer und arktischer Flachwasserregionen (Chislenko 1977) sowie sublittoralen Weichböden der Kieler Bucht (Becker 1970) vor.

Von *Tisbe furcata* traten auf der flachen Station AR94243 (<50 m) vorwiegend CI bis CIV Stadien auf und auf Station AR94250 (ca. 50 bis 200 m) CI und CII Stadien. Auf der Flachwasserstation wurden mit *Tisbe furcata* die höchsten Copepodenabundanzen aller Stationen erreicht. Hier wurden auch zahlreiche Kothallen und Exuvien gefunden. *Tisbe furcata* war im Eis der kanadischen Arktis zahlreich mit allen Entwicklungsstadien vertreten, was darauf hindeutet, daß diese Art gut an das Leben im Eis angepaßt ist (Grainger et al. 1985). Ferner trat sie auch im Wasser unter dem Eis in hohen Konzentrationen auf (Grainger et al. 1985, Grainger und Mohammed 1986). *Tisbe* spp. traten ebenfalls im Wasser direkt unter dem Eis des Laptewmeeres und der Grönlandsee mit Konzentrationen bis zu 448 Ind./m³ auf (Werner 1997). *Tisbe furcata* wurde von Lang (1948) als vorwiegend benthisch beschrieben. Sie wurde aber in Sedimentproben unter dem Eis der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) nicht gefunden, sondern nur in der Nähe des Substrats, im Plankton unter dem Eis sowie im Eis selber, wo sie zu den dominanten Arten zählte (Grainger und Mohammed 1986, Grainger 1991). *T. furcata* schien vom Februar bis April ins Eis einzuwandern, wo sie das reiche Nahrungsangebot im Eis nutzte und schließlich reproduzierte (Grainger 1991). Während der Eisschmelze im Sommer

(Grainger 1991) wurden die Tiere wieder aus dem Eis freigesetzt, von wo aus sie vermutlich wieder ins Plankton und in bodennahe Wasserschichten gelangen. Die geringen Abundanzen von *T. furcata* im Eis der Transpolardrift sind vermutlich darauf zurückzuführen, daß diese Art die Bedingungen im Eis während des Winters nicht überdauern kann (siehe Kapitel 4.2). Eine Neubesiedlung des Eises durch diese Art im Frühjahr über tieferem Wasser ist unwahrscheinlich, da die Distanz zwischen dem Eis und dem Benthos groß ist und diese Art im Zooplankton der ozeanischen Regionen des Nordpolarmeeres selten ist bzw. fehlt (Bolms 1986, zit. in Conover und Huntley 1991, Mumm 1991, Richter 1994, Hanssen 1997). Ferner wurde *Tisbe furcata* im Meiobenthos des Laptewmeeres nicht gefunden (Martinez Arbizu, pers. Mitt.).

Vergleichende Untersuchungen der Fauna des Meereises und des darunterliegenden Sediments in küstennahen Regionen der Beaufortsee von Carey und Montagna (1982) deuten auf eine Besiedlung des Eises sowohl aus dem Benthos z.B. durch Advektion als auch aus dem Pelagial. Die benthischen Copepoden *Halectinosoma neglectum*, *Pseudobrydia* sp. und *Cyclopina gracilis* bzw. *Cyclopina* sp., die auch im Eis der küstennahen Flachwasserregionen auftraten (Carey und Montagna 1982, Grainger et al. 1985, Grainger und Hsiao 1990), wurden im Eis der Transpolardrift nicht gefunden. Aufgrund der größeren räumlichen Distanz zwischen Eis und Benthos in den verschiedenen Regionen der Transpolardrift scheint sich die Copepodengemeinschaft eher aus dem Pelagial oder aus benthischen Copepoden zu rekrutieren, die permanent im Eis leben können. So wurde nur ein Exemplar von *Harpacticus superflexus* im Meereis der Transpolardrift über flachem Wasser gefunden, obwohl diese Art im Wasser unter dem Eis des Laptewmeeres auftrat (Werner 1997). Demgegenüber machte *Harpacticus* sp. im saisonalen Meereis an der Küste der Beaufortsee 23% der Copepodengemeinschaft aus (Kern und Carey 1983) und *H. superflexus* hatte in der kanadischen Arktis (Pond Inlet) sogar einen Anteil von ca. 75% an der Copepodengemeinschaft in der lockeren Eisschicht an der Eisunterseite (Cross 1982). *H. superflexus* kommt auch im Eis in anderen Regionen der kanadischen Arktis vor (Frobisher Bay, Grainger et al. 1985, Grainger und Mohammed 1986, Grainger und Hsiao 1990). Da die Gattung, die auch im Benthos vorkommt (Montagna und Carey 1978, Carey und Montagna 1982), im Eis aber nicht zu reproduzieren schien (Kern und Carey 1983), könnte es sein, daß auch *H. superflexus* nicht permanent im mehrjährigen Eis leben kann und deshalb im Meereis der Transpolardrift nur selten vorkommt. Demgegenüber wurde *Harpacticus superflexus* zusammen mit *Tisbe furcata* von Melnikov und Kulikov (1980) als „autochthon“ eingestuft, d.h. daß sie permanente Eisbewohner sind und mit allen Entwicklungsstadien darin auftreten. Zwar wurden im Eis des Laptewmeeres zahlreiche Stadien von *Tisbe furcata* gefunden, jedoch keine Weibchen. Insgesamt waren im Eis der Transpolardrift sowohl *Tisbe furcata*, abgesehen von zwei Stationen, als auch *Harpacticus superflexus* kaum von Bedeutung.

Die Cyclopoida und Poecilostomatoida, darunter *Oncaea* spp. und *Oithona* spp. domi-

nierten nur in den unteren 2 cm von zwei Stationen aus dem Barentsmeer sowie in zwei Kernen der Station AR101204 im Ostgrönlandstrom und den Stationen AR101216 und AR101218 in der Framstraße, wo sie bis zu 100% der Copepoden ausmachten. *Oithona* spp. und *Oncaea* spp. kamen in der Grönlandsee auch zahlreich in Netzfängen nahe der Eiskante vor (diese Studie). *Oncaea borealis* war im Plankton unter dem Eis des Laptewmeeres zahlreich vertreten und *Oithona similis* war sowohl im Laptewmeer als auch in der Grönlandsee im Untereisplankton der häufigste Copepode (Werner 1997). *O. similis* und zu einem geringeren Prozentsatz auch *Oncaea* spp. sind im Plankton der Arktis weitverbreitet und können Konzentrationen von 21923 Ind./m³ erreichen (Horner und Murphy 1985, zit. in Conover und Huntley 1991, Mumm 1991, Richter 1994, Hanssen 1997). Im Vergleich zu diesen Abundanzen war der Anteil dieser Copepoden im Meereis der Transpolardrift mit im Mittel 25% gering. Im saisonalen Meereis an der Küste der Beaufortsee war die Abundanz jedoch deutlich geringer, hier machte *Oncaea* sp. nur 1.5% der Copepoden aus (Kern und Carey 1983). In der kanadischen Arktis (Frobisher Bay) kamen die beiden häufigsten Copepoden aus dem Plankton unter dem Eis, *Oncaea borealis* und *Oithona similis*, im Meereis nicht (Grainger et al. 1985) bzw. *O. similis* nur in geringen Abundanzen vor (Grainger und Mohammed 1986). *Oithona similis* ist auch aus dem Meereis der Antarktis bekannt, wo sie zur temporären Fauna gezählt wird (Hoshiai und Tanimura 1986) und auch im Untereiszooplankton vorkommt (Tanimura et al. 1984, Menshenina und Melnikov 1995).

Der Anteil der Nauplien an der Copepodengemeinschaft war mit bis zu über 60% im Barents- und Laptewmeer hoch, während er in der Grönlandsee gering war oder sie ganz fehlten. Zahlreiche Nauplien (bis zu 22% der Abundanz) traten auch im Eis der Flachwasserregion der Beaufortsee auf. Im Mikrozooplankton der Framstraße dominierten vor allem Nauplien von *Oithona similis* (bis zu 68%) sowie von *Calanus* spp. (Bolms 1986). *Calanus* spp. Nauplien wurden im Meereis der Transpolardrift nicht gefunden, bei den übrigen handelte es sich vermutlich um Nauplien der jeweils im Eis vorkommenden Arten bzw. Gattungen, wie z.B. *Tisbe furcata*. Calanoide Copepoden, die im Zooplankton des Nordpolarmeeres hohe Abundanzen aufweisen (Mumm 1991, Richter 1994, Hanssen 1997) kamen im Meereis der Transpolardrift, abgesehen von einigen toten Exemplaren, nicht vor. Dies ist zum einen auf ihre Größe zurückzuführen, die es vermutlich kaum erlaubt, in das Solekanalsystem einzuwandern, sowie auch auf ihre geringe Salzgehaltstoleranz (Grainger und Mohammed 1990).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß im Eis der Transpolardrift die Copepodengemeinschaft von einer Art der Gattung *Halectinosoma* dominiert wird, die mit nahezu allen Entwicklungsstadien vertreten war. *Halectinosoma* sp. wurde auch unter dem Eis gefunden (Werner 1997). Da harpacticoiden Copepoden im Mesozooplankton selten sind (Mumm 1991, Richter 1994, Grainger et al. 1985, Hanssen 1997), ist es denkbar, daß *Halectinosoma* sp. zur permanenten Eisfauna zählt und nur kurze Strecken unter dem Eis

zurücklegt. *Halectinosoma* sp. trat im Eis in den Flachwasserregionen anderer Gebiete in geringerer Abundanz als in der Transpolardrift auf. Untersuchungen zur Salzgehalts- und Temperaturtoleranz dieser Art wären von großem Interesse. In dieser Untersuchung ist es jedoch nicht gelungen, diese Art länger als 1 bis 2 Wochen zu hältern. Die im Eis der Flachwasserregionen häufig auftretenden Copepoden *Tisbe furcata* und *Harpacticus* sp. waren im Meereis der Transpolardrift von geringerer Bedeutung. Möglicherweise tolerieren diese Tiere die Bedingungen im mehrjährigen Eis, vor allem während der Wintermonate, nicht. Die häufig im Plankton vorkommenden Copepoden der Unterordnungen Poecilostomatoidea und Cyclopoida, vor allem *Oncaea* spp. waren im Meereis der Transpolardrift deutlich häufiger als in den Flachwasserregionen, was auf eine Besiedlung durch das Pelagial schließen läßt.

Neben diesen Organismengruppen wurden verschiedene andere Organismen, Reste abgestorbener Organismen oder nicht identifizierbare Objekte im Eis gefunden. In der Grönlandsee wurde auf einer Station 16 Schalen der Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* gefunden. Im Eis des zentralen arktischen Ozeans kamen Foraminiferenschalen, die vorwiegend von *N. pachyderma* stammten, in höheren Konzentrationen bis zu mehreren 100 Ind./l vor (Gradinger und Härtling 1992). Diese Art kommt auch im Plankton der Framstraße (Bolms 1986) vor. Im antarktischen Meereis kommt *N. pachyderma* in hohen Konzentrationen zum Teil über 1000 Ind./l vor, wobei in den untersten Eisschichten vorwiegend lebende Individuen auftreten (Spindler und Dieckmann 1986, Dieckmann et al. 1991b). Ihre Konzentration im Eis war 70mal höher als in der darunterliegenden Wassersäule (Dieckmann et al. 1991b). Das geringe Vorkommen von Foraminiferenschalen im Meereis der untersuchten Regionen der Arktis sowie das Fehlen von lebenden Individuen ist auf zwei Ursachen zurückzuführen. Zum einen deuten Untersuchungen zur Salzgehaltstoleranz dieser Art darauf hin, daß *N. pachyderma* im Meereis nicht reproduzieren kann (Spindler 1996). Zum anderen finden Anreicherungsprozesse, die bei der Eisbildung von antarktischem Eis stattfinden bei der Bildung von arktischem Eis, welches vorwiegend aus säuligem Eis besteht (Spindler 1990), nicht oder nur in geringerem Maße statt. Während *N. pachyderma* in der Antarktis jedes Jahr bei der Eisbildung im Eis konzentriert wird, scheint sie im mehrjährigen Eis der Arktis nicht dauerhaft überleben zu können.

Das Auftreten einer benthischen Foraminiferenschale, von Schwammkleriten sowie Teilen von Moosen und Flechten deutet darauf hin, daß zumindest einige der beprobten Eisschollen über sehr flachem Wasser gebildet wurden. Die sehr unterschiedliche Zusammensetzung der Meereisfauna der Transpolardrift, die aus benthischen, pelagischen und endemischen Elementen besteht, läßt vermuten, daß die ursprünglich bei der Eisbildung eingeschlossenen Gemeinschaftsstrukturen im Verlauf der Eisdrift durch die Einwirkung vielfältiger biotischer und abiotischer Parameter modifiziert werden. Orga-

nismen verschiedener Herkunft, die die größte Toleranz gegenüber den extremen Bedingungen in diesem Habitat zeigen, überleben möglicherweise bevorzugt im mehrjährigen Eis, während weniger „robuste“ Formen nur den ersten Sommer überdauern können und später nicht mehr im Eis auftreten. Dies kann zumindest für die benthischen Organismen angenommen werden, während pelagische Organismen das Eis im Verlauf der Alterung und Drift über größere Wassertiefen auch temporär besiedeln können.

4.4 Ausblick

Die vorliegenden Untersuchungen befaßten sich mit der Abundanz und Biomasse der Meereisfauna des Barents- und Laptewmeeres und der Grönlandsee. Ferner wurden die Anpassungen ausgewählter Organismen an ihr Habitat in Experimenten untersucht.

Die Abundanz und Zusammensetzung der Organismen schwankte in Abhängigkeit verschiedener abiotischer und biotischer Faktoren sowohl im kleinskaligen Bereich innerhalb einzelner Eisschollen sowie auch auf größeren Skalen innerhalb der Untersuchungsgebiete und zwischen den verschiedenen Regionen der Transpolardrift. Die Faktoren Temperatur und Salzgehalt und das daraus resultierende Raumangebot hatten in experimentellen Beobachtungen sowie im Freiland einen deutlichen Einfluß auf die Abundanz und das Überleben der Organismen. Auch das Nahrungsangebot durch die Eisalgen beeinflusste das Organismenvorkommen. Taxonomische Untersuchungen gaben einen Einblick in die Mechanismen der Besiedelung des Meereises in den untersuchten Regionen.

Aufgrund des erheblichen Einflusses unterschiedlicher biotischer und abiotischer Faktoren auf die Struktur der Eislebensgemeinschaft ist es für zukünftige Untersuchungen der arktischen Meereisfauna ausgesprochen wichtig, neben den hier ermittelten Parametern möglichst viel Information über den untersuchten Lebensraum zu erhalten. Hier ist z.B. die Erfassung der Eistextur sowie des aktuellen Solesalzgehaltes von Bedeutung. Da vor allem die kalten Wintermonate extreme Anforderungen an die Eisorganismen stellen, sind saisonale Studien über die Entwicklung der Eisfauna vor dem Hintergrund der Veränderungen der physikalischen Bedingungen im Eis von großem Interesse. Aufbauend auf den in dieser Arbeit durchgeführten Experimenten, ist es in diesem Zusammenhang wichtig, die physiologischen Mechanismen der Salzgehalts- und Frosttoleranz der Eisfauna zu untersuchen. Fundierte Untersuchungen zur Biomasse und Nahrungsökologie der Eisfauna sind dringend erforderlich um ihre Bedeutung für den Kohlenstofffluß im eisbedeckten Nordpolarmeer zu klären. Die taxonomischen Arbeiten haben gezeigt, daß die Bestimmung der Organismen bis zum Artniveau unerlässlich ist, um Informationen über die Herkunft der Organismen und die Mechanismen der Eisbesiedelung zu erhalten. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus den Gebieten der Ökologie, Physiologie, Taxonomie und Eisphysik wird auch in Zukunft deutlich zum Verständnis des komplexen und dynamischen Lebensraumes Meereis beitragen.

5. Literatur

- Aarset AV & Aunaas T (1987) Physiological adaptations to low temperature and brine exposure in the circumpolar amphipod *Gammarus wilkitzkii*. *Polar Biol* 8: 129-133
- Aarset AV & Zachariassen KE (1988) Low temperature tolerance and osmotic regulation in the amphipod *Gammarus oceanicus* from Spitsbergen waters. *Polar Res* 6: 35-41
- Ackley SF, Dieckmann G & Shen H (1987) Algal and foram incorporation into sea ice. *EOS* 68: 1736
- Agatha S (1990) Studie über arktische und antarktische Meeres-Ciliaten. Diplomarbeit Universität Bonn: 113 S
- Agatha S, Wilbert N, Spindler M & Elbrächter M (1990) Euplotide ciliates in sea ice of the Weddell Sea (Antarctica). *Acta Protozool* 29 (3): 221-228
- Agatha S, Spindler M & Wilbert N (1993) Ciliated protozoa (Ciliophora) from arctic sea ice. *Acta Protozool* 32: 261-268
- Aletsee L & Jahnke J (1992) Growth and productivity of the psychrophilic marine diatoms *Thalassiosira antarctica* Comber and *Nitzschia frigida* Grunow in batch cultures at temperatures below the freezing point of sea water. *Polar Biol* 11: 643-647
- Andriashev AP (1968) The problem of the life community associated with the Antarctic fast ice. In: Currie RI (ed) *Symposium on Antarctic Oceanography*. Scott Polar Res Inst, Cambridge: 147-155
- Apollonio S (1961) The chlorophyll content of arctic sea ice. *Arctic* 14: 197-200
- Apollonio S (1965) Chlorophyll in arctic sea ice. *Arctic* 18: 118
- Appel IL & Nazintsev IL (1981) Salinity of ice in the Kara and Laptev Seas (in Russisch). *Arkt Antarkt Nauchno-Issled Inst Trudy* 372: 135-142
- Assur A (1958) Composition of sea ice and its tensile strength. National Academy of Sciences (ed) *Arctic Sea Ice*. National Research Council publ 598, Washington D. C.: 106
- Auf dem Venne H (1994) Zur Verbreitung und ökologischen Bedeutung planktischer Ciliaten in zwei verschiedenen Meeresgebieten: Grönlandsee und Ostsee. *Ber Inst Meereskd Kiel* 262: 160 S
- Ax P (1977) Life cycles of interstitial turbellaria from the eulittoral of the North Sea. *Acta Zool Fennica* 154: 11-20
- Ax P & Ax R (1960) Experimentelle Untersuchungen über die Salztoleranz von Ciliaten aus dem Brackwasser und Süßwasser. In: Auerum H, Harder R, Kühn A & Stubbe H (eds) *VEB Georg Thieme, Leipzig: Biol Zentralbl (Sonderdruck)* 79 (1): 6-31
- Ax P & Schulz E (1959) Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Paratomie bei acoelen Turbellarien. *Biol Zentralbl* 78: 613-622
- Bartsch A (1989) Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten. *Rep Polar Res* 63: 110 pp
- Becker K-H (1970) Beitrag zur Kenntnis der Copepoda Harpacticoidea sublitoraler Weichböden in der Kieler Bucht. *Kieler Meeresforsch* 26: 56-73
- Beers JR & Stewart GL (1970) Numerical abundance and estimated biomass of microzooplankton. *Bull Scripps Inst Oceanogr* 17: 67-87
- Bick H (1968) Untersuchungen zur Verträglichkeit von Meer- und Brackwasser für Ciliaten des Saprobien-systems der Wassergütebeurteilung. *Helgol Wiss Meeresunters* 17: 257-268
- Bolms G (1986) Zur Verteilung des Mikrozooplanktons in der Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen. Diplomarbeit Universität Kiel. 126 S

- Bolms G & Lenz J (1989) The significance of microzooplankton in the Fram Strait during MIZEX 84'. Rapp P-v Reun Cons int Explor Mer 188: 171
- Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larson H & Weglenska T (1976) A review of some problems in zooplankton production studies. Norw J Zool 24: 419-456
- Bradstreet MS & Cross WE (1982) Trophic relationships at high arctic ice edges. Arctic 35 (1): 1-12
- Bunt JS & Lee CC (1972) Data on the composition and dark survival of four sea-ice microalgae. Limnol Oceanogr 17: 458-461
- Carey AG (1985) Marine ice fauna: Arctic. In: Horner R (ed) Sea ice biota. Boca Raton, Florida: 173-190
- Carey AG (1992) The ice fauna of the shallow southwestern Beaufort Sea, Arctic Ocean. J Mar Syst 3: 225-236
- Carey AG & Boudrias MA (1987) Feeding ecology of *Pseudalibrotus* (= *Onisimus*) *litoralis* Krøyer (Crustacea: Amphipoda) on the Beaufort Sea inner continental shelf. Polar Biol 8: 29-33
- Carey AG & Montagna PA (1982) Arctic sea ice faunal assemblage: First approach to description and source of the underice meiofauna. Mar Ecol Prog Ser 8: 1-8
- Chengalath R (1985) The Rotifera of the Canadian Arctic sea ice, with description of a new species. Can J Zool 63: 2212-2218
- Chislenko LL (1968) Nomograms for calculation of weight of the water organisms from the body size and shape (marine mesobenthos and plankton). Academy of sciences, U.S.S.R. Nauka Leningrad
- Chislenko LL (1977) Harpacticoids (Copepoda, Harpacticoidea) from sponges of Franz Josef Land. Biotsenosy shel'fa zemli Frantsa-Josifa i fauna sopredel'nykh a kuatorii. Leningrad: 237-276
- Clarke A (1983) Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 21: 341-453
- Clarke A (1991) What is cold adaption and how should we measure it? Am Zool 31: 81-92
- Clarke A & Peck LS (1991) The physiology of polar marine zooplankton. Polar Res 10 (2): 355-369
- Clarke KR & Warwick RM (1994) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK (publ.) 144 S
- Clasby RC, Alexander V & Homer R (1976) Primary productivity in sea-ice algae. In: Hood DW & Burrell DC (eds) Assessment of the arctic marine environment: selected topics. Institute of Marine Science, University of Alaska, Fairbanks: 289
- Colony R & Thorndike AS (1985) Sea ice motion as a drunkard's walk. J Geophys Res 90 (C1): 965-974
- Conover RJ, Cota GF, Harrison WG, Horne EPW & Smith REH (1990) Ice/water interactions and their effect on biological oceanography in the arctic archipelago. In: Harington CR (ed) Canada's missing dimension. Science and history in the Canadian Arctic islands. Vol. I. Canadian Museum of Nature, Ottawa: 204-228
- Conover RJ & Huntley M (1991) Copepods in ice-covered seas - distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. J Mar Syst 2: 1-41
- Corliss JO & Snyder RA (1986) A preliminary description of several new ciliates from the Antarctica, including *Cohmlembus grassei* n. sp. (1). Protohistologica 22 (1): 39-46
- Cota GR (1985) Photoadaptation of high Arctic ice algae. Nature 315: 219-222
- Cota GR, Anning JL, Harris LR, Harrison WG & Smith REH (1990) Impact of ice algae on inorganic nutrients in seawater and sea ice in Barrow Strait, NWT, Canada, during spring. Can J Fish Aquat Sci 47: 1402-1415
- Cox GFN & Weeks WF (1974) Salinity variations in sea ice. J Glaciol 13: 109-120
- Cross WE (1982) Under ice biota at the Pond Inlet ice edge and in adjacent fast ice areas during spring. Arctic 35 (1): 13-27
- Dahms H-U & Dieckmann GS (1987) *Drescheriella glacialis* gen. nov., spec. nov. (Copepoda, Harpacticoida) from antarctic sea ice. Polar Biol 7: 329-337

- Dahms H-U, Bergmans M & Schunke HK (1989) Distribution and adaptations of sea ice inhabiting Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) of the Weddell Sea (Antarctica). *Mar Ecol* 11 (3): 207-226
- Damgaard RM & Davenport J (1994) Salinity tolerance, salinity preference and temperature tolerance in the high-shore harpacticoid copepod *Tigriopus brevicornis*. *Mar Biol* 118: 443-449
- De Smet WH (1993) Report on rotifers from Barentsøya, Svalbard (78°30'N). *Fauna norv Ser A* 14: 1-26
- De Smet WH (1994) *Proales christinae* (Rotifera, Proalidae): a new species from the littoral of the North Sea. *Belg J Zool* 124 (1): 21-25
- De Smet WH (1995) Description of *Encentrum dieteri* sp. nov. (Rotifera, Dicranophoridae) from the High Arctic, with redescription of *E. bidentatum* (Lie-Pettersen, 1906) and *E. Murray Bryce*, 1922. *Belg J Zool* 125 (2): 349-361
- De Smet WH & Bafort JM (1990) Contributions to the rotifers of the Canadian High Arctic. Monogonont rotifers from Little Cornwallis Island, Northwest Territories. *Naturaliste Can (Rev Ecol Syst)* 117: 253-261
- De Smet WH & Beyens L (1995) Rotifers from the Canadian High Arctic (Devon Island, Northwest Territories). *Hydrobiol* 313/314: 29-34
- De Smet WH, Van Rompu EA & Beyens L (1993) Contribution to the rotifer fauna of subarctic Greenland (Kangerlussuaq and Ammassalik area). *Hydrobiol* 255/256: 463-466
- Dieckmann GS, Lange MA, Ackley SF & Jennings JC (1991a) The nutrient status in sea ice of the Weddell Sea during winter; effects of sea ice texture and algae. *Polar Biol* 11: 449-456
- Dieckmann GS, Spindler M, Lange MA, Ackley SF & Eicken H (1991b) Antarctic sea ice: a habitat for the foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma*. *J Foram Res* 21 (2): 182-189
- Dolan JR & Gallegos CC (1992) Trophic role of planktonic rotifers in the Rhode River Estuary, spring-summer 1991. *Mar Ecol Prog Ser* 85: 187-199
- Duman JG & Olsen TM (1993) Thermal hysteresis protein activity in bacteria, fungi, and phylogenetic diverse plants. *Cryobiology* 30: 322-328
- Ehrenberg CG (1841) Ein Nachtrag zu dem Vortrag über Verbreitung und Einfluß des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord-Amerika. *Monatsber Dtsch Akad Wiss Berlin*: 202-207
- Ehrenberg CG (1853) Über neue Anschauungen des kleinsten nördlichen Polarlebens. *Monatsber Dtsch Akad Wiss Berlin*: 522
- Eicken H (1992) The role of sea ice in structuring Antarctic ecosystems. *Polar Biol* 12: 3 - 13
- Eicken H (1994) Structure of under-ice melt ponds in the central Arctic and their effect in the sea-ice cover. *Limnol Oceanogr* 39 (3): 682-694
- Eicken H & Lange MA (1989) Development and properties of sea ice in the coastal regime of the southeastern Weddell Sea. *J Geophys Res* 94 (C 6): 8193-8206
- Eicken H & Lange MA (1991) Image analysis of sea-ice thin sections: a step towards automated texture classification. *Ann Glaciol* 15: 204-209
- Eicken H & Pac R (1994) Thickness, structure and properties of sea ice. *Rep Polar Res* 149: 51-55
- Eicken H, Lange MA & Dieckmann GS (1991) Spatial variability of sea-ice properties in the northwestern Weddell Sea. *J Geophys Res* 96: 10603 - 10615
- Eicken H, Gerland S, Haas C, Hannke S & Valero Delgado F (1994a) Structure and physical properties of sea ice and application of geophysical methods for ice thickness measurements. *Rep Polar Res* 134: 93-99
- Eicken H, Martin T & Reinnitz E (1994b) Sea ice conditions along the cruise track. In: Fütterer DK (ed) *The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV „Polarstern“ in 1993*. *Rep Polar Res* 149: 42-47
- Eicken H, Lensu M, Leppäranta M, Tucker WB, Gow AJ & Salmela O (1995) Thickness, structure, and properties of level summer multiyear ice in the Eurasian sector of the Arctic Ocean. *J Geophys Res* 100 (C11): 697-710
- Eicken H, Reinnitz E, Alexandrov V, Martin T, Kassens H & Viehoff T (1997) Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export. *Continental Shelf Research* 17 (2): 205-233
- Eide L & Martin S (1975) The formation of brine drainage features in young sea ice. *J Glaciol* 14 (70): 137-154

- Evans CA, O'Reilly JE & Thomas JP (1987) A handbook for the measurement of chlorophyll *a* and primary production. SCAR Biomass Res Ser Handbook 8: 1-114
- Fahrbach E (ed) (1995) The expedition ARKTIS X/1 of the Research Vessel „Polarstern“ in 1994. Rep Polar Res 181: 79 S
- Farke H, Riemann F & Schrage M (1984) High freezing tolerance of marine nematodes from intertidal sediments of the German Bight. *Nematologica* 30: 452-456
- Faubel A (1982) Determination of individual meiofauna dry weight values in relation to definite size classes. *Cahiers De Biologie Marine* 23: 339-345
- Feller RJ & Warwick RM (1988) 13. Energetics. In: Higgins RP & Thiel H (eds) Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.: 181-196
- Fenchel T & Lee CC (1972) Studies on ciliates associated with sea ice from Antarctica. I. The nature of the fauna. *Arch Protistenk* 114: 231-236
- Fernandez-Leborans SG & Novillo A (1994) Observations on the morphology and taxonomy of a marine ciliate species of the genus *Diophrys* (Ciliophora: Euplotida). *Trans Am Microsc Soc* 113: 22-33
- Frankenstein G & Garner R (1967) Equations for determining the brine volume of sea ice from -0.5 to -22°C. *J Glaciol* 6 (48): 943-944
- Franks F (1986) Molekulare Grundlagen der Kälteresistenz von Lebewesen. *Chemie in unserer Zeit* 20 Jhrg (5): 146-155
- Friedrich C & Gradinger R (1994) Abundance of the sea ice organisms. In: Fütterer DK (ed) The expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV „Polarstern“ in 1993. Rep Polar Res 149: 56-62
- Fütterer DK (ed) (1994) The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV „Polarstern“ in 1993. Rep Polar Res 149: 244 S
- Gaitskhoki BY & Spitzin VA (1970) Certain results of the ice temperature measurements at the NP-13F. *Trudi AANII* 295: 154-158
- Garrison DL & Buck KR (1986) Organism losses during ice melting: a serious bias in sea ice community studies. *Polar Biol* 6: 237-239
- Garrison DL & Buck KR (1989) The biota of antarctic pack ice in the Weddell Sea and Antarctic Peninsula Regions. *Polar Biol* 10: 211-219
- Garrison DL & Buck KR (1991) Surface-layer sea-ice assemblages in Antarctic pack ice during the austral spring: environmental conditions, primary production and community structure. *Mar Ecol Prog Ser* 75: 161-172
- Garrison DL, Ackley SF & Buck KR (1983) A physical mechanism for establishing algal populations in frazil ice. *Nature* 306 (5941): 363-365
- Gordienko P (1959) Arctic ice drift. Proc Conf On Arctic Sea Ice. Nat Acad Sci, Washington, DC: 210-220
- Gosselin M, Legendre L, Therriault J-C & Demers S (1990) Light and nutrient limitation of sea-ice microalgae (Hudson Bay, Canadian Arctic). *J Phycol* (26): 220-232
- Gow AJ & Tucker WB (1987) Physical properties of sea ice discharged from Fram Strait. *Science* 236: 436-439
- Gradinger R (1995) Climate change and biological oceanography of the Arctic ocean. *Phil Trans R Soc Lond A* 352: 277-286
- Gradinger R (1996) Occurrence of an algal bloom under Arctic pack ice. *Mar Ecol Prog Ser* 131: 301-305
- Gradinger R & Härtling S (1992) Sea ice Biology. In: Fütterer DK (ed) ARCTIC '91: The Expedition ARK-VIII/3 of RV „Polarstern“ in 1991. *Ber Polarforsch* 107: 26-33
- Gradinger R & Nürnberg D (1996) Snow algal communities on Arctic pack ice floes dominated by *Chlamydomonas nivalis* (Bauer) Wille. National Institute of Polar Research Tokyo Proc. NIPR Symp. *Polar Biol* 9: 35-43
- Gradinger R & Zhang Q (1997) Vertical distribution of bacteria in Arctic sea ice from the Barents and Laptev Seas. *Polar Biol* 17: 448-454
- Gradinger R, Spindler M & Henschel D (1991) Development of Arctic sea-ice organisms under graded snow cover. In: Sakshaug E, Hopkins CCE & Oritsland NA (eds) Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology, Trondheim, 12-16 May 1990

- Polar Res 10 (1): 295-307
- Gradinger R, Spindler M & Weissenberger J (1992) On the structure and development of Arctic pack ice communities in Fram Strait: a multivariate approach. *Polar Biol* 12: 727-733
- Grainger EH (1988) The influence of a river plume on the sea-ice meiofauna in south-eastern Hudson Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 27: 131-141
- Grainger EH (1991) Exploitation of arctic sea ice by epibenthic copepods. *Mar Ecol Prog Ser* 77: 119-124
- Grainger EH & Hsiao IC (1990) Trophic relationships of the sea ice meiofauna in Frobisher Bay, Arctic Canada. *Polar Biol* 10: 283-292
- Grainger EH & Mohammed AA (1986) Copepods in arctic sea ice. In: Schriever G, Schminke HK & Shih C-T (eds), Proceedings second international conference on copepoda. National museum of Canada, Ottawa: 303-310
- Grainger EH & Mohammed AA (1990) High salinity tolerance in sea ice copepods. *Ophelia* 31 (3): 177-185
- Grainger EH, Mohammed AA & Lovrity JE (1985) The sea ice fauna of Frobisher Bay, Arctic Canada. *Arctic* 38 (1): 23-30
- Grant WS & Homer RA (1976) Growth responses to salinity variation in four Arctic ice diatoms. *J Phycol* 12: 180-185
- Grossmann S & Gleitz M (1993) Microbial responses to experimental sea-ice formation: implications for the establishment of Antarctic sea-ice communities. *J Exp Mar Biol Ecol* 173: 273-289
- Gulliksen B (1984) Under-ice fauna from Svalbard waters. *Sarsia* 69: 17-23
- Hansen B, Christiansen S & Pederson G (1996) Plankton dynamics in the marginal ice zone of the central Barents Sea during spring: carbon flow and structure in the grazer food chain. *Polar Biol* 16: 115-128
- Hanson ED (1960) Asexual reproduction in acellular Turbellaria. *Yale J Biol Med* 33: 107-111
- Hanssen H (1997) Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer. *Rep Polar Res* 229: 131 S.
- Hartwig E (1974) Verzeichnis der im Bereich der deutschen Meeresküste angetroffenen Interstitiellen Ciliaten. *Mitt Hamburg Zool Mus Inst* 71: 7-21
- Hegseth EN (1992) Sub-ice algal assemblages of the Barents Sea: species composition, chemical composition, and growth rates. *Polar Biol* 12: 485-496
- Heip C, Vincx M & Vranken G (1985) The ecology of marine nematodes. Barnes M (ed), Aberdeen University Press: *Oceanogr. Mar Biol Ann Rev* 23: 399-489
- Hempel G (1985) On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Gray JS & Christiansen ME (eds) *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms*. Wiley & Sons, NY: 3-33
- Hempel G (1987) Die Polarmeere - ein biologischer Vergleich. *Polarforsch* 3: 173-189
- Hendelberg J & Akesson B (1988) *Convulotribola retrogenma* gen. et sp. n., a turbellarian (Acœla, Platyhelminthes) with reversed polarity of reproductive buds. In: Ax, Ehlers & Sopott - Ehlers (eds) *Fortschritte der Zoologie/Progress in Zoology*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 36 321-327
- Higgins R P & Thiel H (1988) 1. Prospectus. In: Higgins R P & Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, D C: 11-13
- Hill BF & Borror AC (1992) Redefinition on the genera *Diophrys* and *Paradiophrys* and establishment of the genus *Diophrysis* n. g. (Ciliophora, Hypotrichida): Implication for the species problem. *Protozool* 39: 144-153
- Hooker JD (1847) The botany of the antarctic voyage of H. M. Discovery ships Erebus and Terror in the years 1835-1843. Vol 1. Cramer J, Weinheim: 503-519
- Horner R (1977) History and recent advances in the study of ice biota. In: Dunbar MJ (ed) *Polar Oceans. The Arctic Institute of North America*, Calgary: 269
- Horner R (1985) History of ice algal investigations. In: Horner RA (ed) *Sea ice biota*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida: 2-19
- Horner R (1990) Ice-associated ecosystems. In:

- Medlin LK & Priddle J (eds) Polar marine diatoms. British Antarctic Survey, Cambridge: 9-14
- Horner R & Alexander V (1972) Algal populations in arctic sea ice: an investigation of heterotrophy. *Limnol Oceanogr* 17: 454-458
- Horner R & Murphy D (1985) Species composition and abundance of zooplankton in the near-shore Beaufort Sea in winter-spring. *Arctic* 38: 3 201-209
- Horner R & Schrader GC (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 RA, Syvertsen EE, Thomas DP & Lange C (1988) Proposed terminology and reporting units for sea ice algal assemblages. *Polar Biol* 8: 249-253
- Horner R, Ackley SF, Dieckmann GS, Gulliksen B, Hoshiai T, Legendre L, Melnikov IA, Reeburgh WS, Spindler M & Sullivan CW (1992) Ecology of sea ice biota. 1. Habitat, terminology, and methodology. *Polar Biol* 12: 417-427
- Hoshiai T & Tanimura A (1986) Sea ice meiofauna at Syowa Station, Antarctica. In: Hoshiai T & Ohyama Y (eds) Proceedings of the eight symposium on polar biology, 1985. National Institute of Polar Research, Tokyo: 118-124
- Hsiao SIC (1992) Dynamics of ice algae and phytoplankton in Frobisher Bay. *Polar Biol* 12: 645-651
- Ivanov AV & Mamkaev YV (1977) Über die Struktur des Digestionsparenchyms bei Turbellaria Acoela. In: Karling TG & Meinander M (eds) The Alex. Luther centennial symposium on Turbellaria. *Acta Zool Fennica* 154: 59-61
- Jerome CA, Montagnes DJS & Taylor FJR (1993) The effect of the Quantitative Protargol Stain and Lugol's and Bouin's fixatives on cell size: a more accurate estimate of ciliate species biomass. *J Euk Microbiol* 40 (3): 254-259
- Jones TC & Gates MA (1994) A morphometric study of euryhalinity in marine populations of the ciliate genus Euplotes. *J Euk Microbiol* 41 (4): 303-316
- Kaestner A (1993) Lehrbuch der Speziellen Zoologie Bd I, 2. Teil. Gruner H-E Gustav Fischer Verlag Jena: 621 S
- Kern JC & Carey AG (1983) The faunal assemblage inhabiting seasonal sea ice in the near-shore Arctic Ocean with emphasis on copepods. *Mar Ecol Prog Ser* 10: 159-167
- Klekowski RZ & Weslawski JM (1991) Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen. Vol. 2 Invertebrates. Part 1. Polish Academy of Sciences, Institute of ecology, Institute of Oceanology: 550 S
- Kottmeier ST & Sullivan W (1988) Sea ice microbial communities (SIMCO). Effects of temperature and salinity on rates of metabolism and growth of autotrophs and heterotrophs. *Polar Biol* 8: 293-304
- Kruskal WH & Wallis WA (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *J Amer Statist Assoc* 47: 583-621 und 48 (1953): 907-911
- Kurbjeweit F, Gradinger R & Weissenberger J (1993) *Stephos longipes* - a model organism for cryopelagic coupling in the Weddell Sea (Antarctica). *Mar Ecol Prog Ser* 98: 255-262
- Lake RA & Lewis EL (1970) Salt rejection by sea ice during growth. *J Geophys Res* 75 (3): 583-597
- Lang K (1948) Suprafam. Ectinosomidimorpha, nov. Monographie der Harpacticiden Hakan Ohlssons Boktryckeri. Lund 189-372
- Lange MA & Eicken H (1991) Textural characteristics of sea ice and the major mechanisms of ice growth in the Weddell Sea. *Ann Glaciol* 15: 210-215
- Latja R & Salonen K (1978) Carbon analysis for the determination of individual biomasses of planktonic animals. *Verh Internat Verein Limnol* 20: 2556-2560
- Laybourn-Parry J (1992) Protozoan plankton ecology. Chapman & Hall, London: 223 S
- Lee CC & Fenchel T (1972) Studies on ciliates associated with sea ice from Antarctica. II. Temperature responses and tolerances in ciliates from antarctic, temperate and tropical habitats. *Arch Protistenk* 114: 237-244
- Lee RE jr, Lee MR & Strong-Gunderson JM (1993) Insect cold-hardiness and ice nucleating active microorganisms including their potential use for biological control. *J Insect Physiol* 1: 1-12

- Legendre L, Martineau M-J, Therriault J-C & Demers S (1992) Chlorophyll *a*, biomass and growth of sea-ice microalgae along a salinity gradient (southeastern Hudson Bay, Canadian Arctic). *Polar Biol* 12: 445-453
- Leppäranta M & Manninen T (1988) The brine and gas content of sea ice with attention to low salinities and high temperatures. Finnish Institute of Marine Research Internal Report 1988 (2) Finnish Institute of Marine Research Helsinki: 1-14
- Lønne OJ & Gulliksen B (1991a) Sympagic macrofauna from multiyear sea-ice near Svalbard. *Polar Biol* 11: 471-477
- Lønne OJ & Gulliksen B (1991b) On the distribution of sympagic macro-fauna in the seasonally ice covered Barents Sea. *Polar Biol* 11: 457-469
- Lozan JL (1992) *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg: 237 S
- Lozan JL (1996) *Stateasy. Statistisches Computer-Programm für wissenschaftliche Arbeiten*. Version 4.0. 63 S
- Martin JH (1970) Phytoplankton - zooplankton relationships in Narragansett Bay. IV. The seasonal importance of grazing. *Limnol Oceanogr* 15: 413-418
- Martin S (1970) A hydrodynamic curiosity: the salt oscillator. *Geophys Fluid Dynamics* 1: 143-160
- Martin S (1979) A field study of brine drainage and oil entrainment in first-year sea ice. *J Glaciol* 22 (88): 473-502
- Martin T & Li A (1995) Meereisfernerkundung. In: Fahrbach E (ed) *The Expedition ARKTIS X/1 of the Research Vessel „Polarstern“ in 1994*. Rep Polar Res 181: 17-23
- Martinez Arbizu P (1994) 7. 4. 1 Meifauna In: Fütterer DK (ed) *The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV „Polarstern“ in 1993*. Rep Polar Res 149: 95-97
- Maykut GA (1985) The ice environment. In: Horner R (ed) *Sea ice biota*. CRC Press Inc, Boca Raton Florida: 21-82
- Melnikov IA (1995) An in situ experimental study of young sea ice formation on an Antarctic lead. *J Geophys Res* 100 (C3): 4673-4680
- Melnikov IA (1997) *The Arctic sea ice ecosystem*. Overseas Publisher Association, Amsterdam: 203 S
- Melnikov IA & Kulikov AS (1980) The cryopelagic fauna of the central Arctic Basin. *Can Trans Fish Aquat Sci*: 4910
- Menshenina LL & Melnikov IA (1995) Under-ice zooplankton of the Western Weddell Sea. *Proc NIPR Symp Polar Biol*, No. 8 National Institute of Polar Research, Tokyo: 126-138
- Michael M & Folkers G (1993) *Biologische Frostschutzmittel bei Fischen, Fröschen, Fliegen und Fichten*. Pharmazie in unserer Zeit 22 Jhrg (1): 25-32
- Montagna PA & Carey jr AG (1978) Distributional notes on Harpacticoida (Crustacea: Copepoda) collected from the Beaufort Sea (Arctic Ocean). *Astarte* 11: 117-122
- Morey RM, Kovacs A & Cox GFN (1984) Electromagnetic properties of sea ice. *CRREL Report* 84-2.
- Muench RD & Ahlnas K (1976) Ice movement and distribution in the Bering Sea from March to June. *J Geophys Res* 81: 4467
- Mumm N (1991) Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer. *Rep Polar Res* 92: 146 S
- Myers RF (1967) Osmoregulation in *Pangrellus redivivus* and *Aphelenchus avanae*. *Nematologica* 12: 579-586
- Nakawo M & Sinha NK (1981) Growth rate and salinity profile of first-year sea ice in the high Arctic. *J Glaciol* 27 (96): 314-330
- Nansen F (1898) *Farthest north*. George Newnes
- Nansen F (1906) Protozoa on the ice-floes of the North Polar Sea. In: Nansen F (ed) *The Norwegian North Polar Expedition 1893-1896*. Scientific results 5 (16): 1-22
- Nemenyi P (1963) *Distribution-free multiple comparisons*. New York, State University of New York, Downstate Medical Center
- Neumann G & Pierson W J (1966) *Principles of Physical Oceanography*. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J.: 43 S
- Ott J (1988) *Meereskunde*. Ulmer, Stuttgart: 386 S

- Percy JA (1975) Ecological physiology of Arctic marine invertebrates, temperature and salinity relationships of the amphipod *Onisimus affinis* H. J. Hansen. *J Exp Mar Biol Ecol* 20: 99-117
- Pett JR, Vickers GP, Acreman JC & Ethier AG (1983) A seasonal study of epontic and planktonic communities near the Issungnak artificial island and McKinley Bay in the Canadian Beaufort Sea. Contract ISZ81-00026 for Department of Supply and Services Canada by Arctic Laboratories Ltd. Sidney.
- Pfannkuche O & Thiel H (1987) Meiobenthic stocks and benthic activity on the NE-Svalbard shelf and in the Nansen Basin. *Polar Biol* 7: 253-266
- Pfannkuche O & Thiel H (1988) 9. Sample Processing. In: Higgins RP & Thiel H (eds) Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington: 134-145
- Pfirman SL, Eicken H, Bauch D & Weeks WF (1995) The potential transport of pollutants by Arctic sea ice. *The Science of the Total Environment* 159: 129 - 146
- Rachor E (1975) Quantitative Untersuchungen über das Meiobenthos der nordostatlantischen Tiefsee. Berlin-Stuttgart: „Meteor“ Forsch.-Ergebnisse Reihe D (21) 1-10
- Reeburgh WS (1984) Fluxes associated with brine motion in growing sea ice. *Polar Biol* 3: 29-33
- Reinnitz E, Clayton JR, Kempema EW, Payne JR & Weber WS (1993) Interaction of rising frazil with suspended particles: tank experiments with application to nature. *Cold regions Science and Technology* 21: 117-135
- Richter C (1994) Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea. *Rep Polar Res* 154: 87 S
- Riemann F (1970) Das Kiemenlückensystem von Krebsen als Lebensraum der Meiofauna, mit Beschreibung freilebender Nematoden aus karibischen amphibisch lebenden Decapoden. *Veröff Inst Meeresforsch Bremerh* 12: 413-428
- Riemann F (1995) The deep-sea nematode *Thalassomonhystera bathislandica* sp. nov. and microhabitats of nematodes in flocculent surface sediments. *J Mar Biol Ass UK* 75: 715-724
- Riemann F, Ernst W & Ernst R (1990) Acetate uptake from ambient water by the free-living marine nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. *Mar Biol* 104: 453-457
- Runge JA, Therriault JC, Legendre L, Ingram RG & Demers S (1991) Coupling between ice microalgal productivity and the pelagic, metazoan food web in southeastern Hudson Bay: a synthesis of results. In: Sakshaug E, Hopkins CCE & Oritsland NA (eds) Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology, Trondheim, 12-16 May 1990. *Polar Res* 10 2 325-338
- Ruttner-Kolisko A (1974) Plankton rotifers, biology and taxonomy. In: Elster H-J & Ohle W (eds) Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 1-144
- Ruttner-Kolisko A (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch Hydrobiol Beih* 8: 71-76
- Sachs L (1984) *Angewandte Statistik*. Springer, Berlin: 552 S
- Schmidt-Nielsen K (1983) *Animal physiology*. Univ Press, Cambridge: 619 S
- Schwarzacher W (1959) Pack-ice studies in the Arctic Ocean. *J Geophys Res* 64 (12): 2357-2367
- Scott P, Mc Minn A & Hosie G (1994) Physical parameters influencing diatom community structure in eastern antarctic sea ice. *Polar Biol* 14: 507-517
- Smirnov NS (1932) Die von der Expedition nach Franz-Joseph-Land im Sommer 1929 gesammelten Rotatorien. *Trans Arctic Inst Leningrad* 2: 36-52
- Smith REH, Harrison WG, Harris LR & Herman AW (1990) Vertical fine structure of particulate matter and nutrients in sea ice of the high Arctic. *Can J Fish Aquat Sci* 47: 1348-1355
- Song W & Wilbert N (1995) Benthische Ciliaten des Süßwassers. In: Röttger R (ed) *Praktikum der Protozoologie*. G. Fischer, Stuttgart: 227 S.
- Spindler M (1990) A comparison of arctic and antarctic sea ice and the effects of different properties on sea ice biota. In: Bleil U & Thiede J

- (eds) Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic. Academic Publishers: 173-186
- Spindler M (1994) Notes on the biology of sea ice in the Arctic and Antarctic. *Polar Biol* 14: 319-324
- Spindler M (1996) On the salinity tolerance of the planktonic foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma* from Antarctic sea ice. *Proc NIPR Symp Polar Biol*, No. 9. National Institute of Polar Research, Tokyo: 85-91
- Spindler M & Dieckmann GS (1986) Distribution and abundance of the planktonic foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma* in sea ice of the Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biol* 5: 185-191
- Spindler M & Dieckmann GS (1991) Das Meereis als Lebensraum. *Spektrum der Wissenschaft* 2: 48-57
- Spindler M & Gradinger R (1994) Meereis-Protisten. In: Hausmann K & Kremer BP (eds), *Extremophile. Mikroorganismen in ausgefallenen Lebensräumen*. VCH Weinheim: 420 S
- Spindler M, Dieckmann GS & Lange MA (1990) Seasonal and geographic variations in sea ice community structure of the Weddell Sea, Antarctica. In: Kerry KR & Hempel G, *Antarctic ecosystems. Ecological Change and Conservation*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg: 129-135
- Squire VA (1990) Sea ice: its formation, distribution and properties. In: Medlin LK & Priddle J (eds) *Polar marine diatoms*. British Antarctic Survey, Cambridge: 3-9
- Stoecker DK, Swanberg N & Tyler S (1989) Oceanic mixotrophic flatworms. *Mar Ecol Prog Ser* 58: 41-51
- Stoecker DK, Buck KR & Putt M (1993) Changes in the sea-ice brine community during the spring-summer transition, McMurdo Sound, Antarctica. II. Phagotrophic protists. *Mar Ecol Prog Ser* 95: 103-113
- Straarup BJ (1970) On the ecology of turbellarians in a sheltered brackish shallow-water bay. *Ophelia* 7: 185-216
- Taniguchi A (1984) Microzooplankton biomass in the Arctic and Subarctic Ocean In summer. *Proc NIPR Symp Polar Biol*: 663-676
- Tanimura A, Hoshiai T & Fukuchi M (1996) The life cycle strategy of the ice-associated copepod, *Paralabidocera antarctica* (Calanoida, Copepoda), at Syowa Station, Antarctica. *Ant Sci* 8 (3): 257-266
- Tchesunov AV (1986) A new free-living nematode connected with sea Arctic ice. *Zoologiceski J* 65: 1782-1787
- Tchesunov AV & Riemann F (1995) Arctic sea ice nematodes (Monhysteroidea), with descriptions of *Cryonema crassum* gen. n., sp. n. and *C. tenue* sp. n.. *Nematologica* 41: 35-40
- Thomas DN, Lara RJ, Eicken H, Katner G & Skoog A (1995) Dissolved organic matter in arctic multi-year sea ice during winter: major components and relationship to ice characteristics. *Polar Biol* 15: 477 - 483
- Timokhov LA (1994) Regional characteristics of the Laptev and the East Siberian Seas: climate, topography, ice phases, thermohaline regime, circulation. In: Kassens H, Hubberten, H-W, Pryamikov SM, Stein R (eds) „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“. *Rep Polar Res* 144: 15-31
- Tucker B III, Gow AJ & Weeks WF (1987) Physical properties of summer sea ice in the Fram Strait. *J Geophys Res* 92 (C7): 6787-6803
- Tucker B III, Grenfell C, Onstott RG, Perovich DK, Gow AJ, Shuchman RA & Sutherland LL (1991) Microwave and physical properties of sea ice in the winter marginal ice zone. *J Geophys Res* 96: 4573-4587
- Untersteiner N (1966) Sea ice. In: Fairbridge RW (ed) *The encyclopedia of oceanography*. Reinhold, New York: 777-781
- Untersteiner N (1968) Natural desalination and equilibrium salinity profile of perennial sea ice. *J Geophys Res* 73 (4): 1251-1257
- Urrutia ME, Duman JG & Knight CA (1992) Plant thermal hysteresis proteins. *Biochimica et Biophysica Acta* 1121: 199-206
- Usachev PI (1949) The microflora of polar ice. *Tr Inst Okeanol Akad Nauk SSR* 3: 216-259
- v Stosch HA & Drebes G (1964) Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentralen Diatomeen IV. Die Planktondiatomee *Stephanopyxis turris* - ihre Behandlung und Entwick-

- lungsgeschichte. Helgol Wiss Meeresunters 11: 209-257
- Valbonesi A & Luporini P (1990) Description of two new species of *Euplotes* and *Euplotes rarisseta* from Antarctica. Polar Biol 11: 47-53
- Vargo GA, Fanning K, Hell C & Bell L (1986) Growth rates and the salinity response of an Antarctic microflora community. Polar Biol 5: 241-247
- Vinje T & Finnekåsa O (1986) The ice transport through Fram Strait. Norsk Polarinstitut Skrifter 186: 39
- Voigt M & Koste W (1978) Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Vol I und II. Gebrüder Bontraeger, Stuttgart und Berlin: 673 S.
- Wakatsuchi M & Ono N (1983) Measurements of salinity and volume of brine excluded from growing sea ice. J Geophys Res 88 (C5): 2943-2951
- Walsh JE & Johnson CE (1979) An analysis of arctic sea ice fluctuations, 1953-77. J Phys Oceanogr 9: 580
- Warwick RM & Gee JM (1984) Community structure of estuarine meiobenthos. Mar Ecol Prog Ser 18: 97-111
- Weeks WF & Ackley SF (1986) The growth, structure and properties of sea ice. In: Untersteiner N (ed) The geophysics of sea ice. NATO ASI B146, New York: 9-164
- Weissenberger J (1992) Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meeres. Rep Polar Res 111: 159 S
- Weissenberger J, Dieckmann G, Gradinger R & Spindler M (1992) Sea ice: A cast technique to examine and analyse brine pockets and channel structure. Limnol Oceanogr 37 (1): 179-183
- Welch HE & Bergmann A (1989) Seasonal development of ice algae and its prediction from environmental factors near Resolute, N. W. T., Canada. Can J Fish Aquat Sci, 46: 1793-1804
- Werner I (1997) Ecological studies on the Arctic under-ice habitat - Colonization and processes at the ice-water interface. Ber Sonderforschungsbereich 313, Univ Kiel 70: 167 pp
- Wharton DA & Block W (1993) Freezing tolerance in some antarctic nematodes. Functional Ecology 7: 578-584
- Widbom B (1984) Determination of average individual dry weights and ash-free dry weights in different sieve fractions of marine meiofauna. Mar Biol 84: 101-108
- Wieser W (1960) Benthic studies in Buzzards Bay. II. The meiofauna. Limnol Oceanogr 5 (2): 121-137
- Willey A (1920) Marine Copepoda. Crustacea, K. Rep Can Arct Exped 1913-1918 7
- Wulff F (1972) Experimental studies on physiological and behavioural response mechanisms of *Nitocra spinipes* (Crustacea: Harpacticoida) from brackish-water rockpools. Mar Biol 13: 325-329
- Zakharov VF (1976) Cooling of the Arctic and the ice cover of the arctic seas. AANII Trudy 37: 96 S
- Zwally HJ, Comiso JC, Parkinson CL, Carsey FD & Gloersen P (1983) Antarctic sea ice, 1973-1976: Satellite passive-microwave observations. NASA Spec Publ SP-459: 206 S

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Michael Spindler, der mein Interesse für das Meereis weckte und mir die Teilnahme an zwei Arktis-Expeditionen ermöglichte, für die Betreuung dieser Arbeit und die hervorragenden Arbeitsbedingungen.

Ein großer Dank gilt auch Dr. Rolf Gradinger für die ausgezeichnete Zusammenarbeit und fachliche Unterstützung im Verlauf der gesamten Arbeit und für die Geduld, mit der er mir in dieser Zeit mit gutem Rat und Tat zur Seite stand.

Den Taxonomen/Taxonominnen Dr. Sabine Agatha, Dr. Herbert Auf dem Venne, Prof. Dr. Willem De Smet, Prof. Dr. Jan Hendelberg, Pedro Martinez Arbizu, Dr. Franz Riemann, Sybille Seifried und Prof. Dr. Alexei Tchesunov danke ich herzlich für Ihre großzügige Hilfe bei der Bestimmung der Eisorganismen und die inspirierenden Diskussionen.

Für die gute Zusammenarbeit und Hilfe während der Expeditionen danke ich ferner Marina Carstens, Dr. Hajo Eicken, Dr. Olaf Haupt, Regina Pac, Dr. Michael Poltermann, Dr. Erk Reimnitz, Dr. Jürgen Weissenberger, Dr. Iris Werner und Dr. Marek Zwierz. Einen Dank auch an Dr. Thomas Martin für die hilfreiche Übersendung der Satellitenaufnahmen. Der Mannschaft von FS „Polarstern“ sei für tatkräftige Unterstützung während der Expeditionen gedankt.

Dr. Christopher Zimmermann und Dr. Michael Schmid gebührt ein großer Dank für ihre Geduld und Unterstützung bei allen Schwierigkeiten hinsichtlich meiner Kommunikation mit dem eigenwilligen Wesen Computer. Einen Dank auch an Dr. Dieter Piepenburg für die Hilfe bei der statistischen Bearbeitung der Daten. Für die Bereitstellung von Geräten und die Unterstützung bei Arbeiten am IfM Kiel danke ich Dr. Klemens Pütz. Jutta Buschbom, Kerstin Kröger und Klaus Meiners danke ich herzlichst für die vielfältige und engagierte Hilfe bei der Bearbeitung der Proben und der Expeditionsplanung und vielem mehr. Einen großen Dank an Quing Zhang für die Bearbeitung der Eisalgenproben und an Dr. Karen von Juterzenka für die Hilfe beim „Bezwingen“ verschiedener Datenberge sowie der Tücken des „Quarks“. Einen herzlichen Dank auch an Werner Dzomla und Frank-Peter Rapp für die rasche und kompetente Hilfe bei allen technischen (und vor allem dringenden) Problemen. Einen ganz großen Dank einigen bereits erwähnten Personen sowie Holger Auel, Bodil Bluhm, Dr. Hinrich Hanssen, Dr. Kathrin Knickmeier, Klaus Schnack, Lis Sütke für die unschätzbare Hilfe während der letzten Tage und Stunden dieser Arbeit. Allen Mitarbeitern des Instituts für Polarökologie danke ich für die ausnehmend angenehme Arbeitsatmosphäre und die vielen aufmunternden Worte.

Angela Schäfer-Pinto danke ich, daß sie mir während der „Endphase“ ein gemütliches

und erholsames Zuhause beschert hat.

Meinen Eltern und Geschwistern möchte ich herzlich für ihr Interesse an meiner Arbeit und den seelischen Rückhalt, den sie mir während der vergangenen Jahre gegeben haben, danken. Ein besonderer Dank gebührt auch meinen Großeltern, die durch ihre langjährige Unterstützung nicht unerheblich zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen haben.

Von Herzen danke ich Michael Hofmann für seine vielfältige und zuverlässige Unterstützung und vor allem am Ende dieser Arbeit für seine Geduld und sein Verständnis.

Diese Arbeit wurde von der Europäischen Union (EU-Projekt: PL 20042 MAST) finanziert.

6. Anhang

Abb. A1: Expedition ARK IX/4: Übersicht über die Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanzen der Eiskerne aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und aus dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264).

Abb. A2: Expedition ARK X/1: Übersicht über die Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanzen der Eiskerne aus dem Ostgrönlandstrom (Kerne 195/96 bis 204) und aus der Framstraße (Kerne 216 bis 220).

Tab. A1: Expedition ARK IX/4: Übersicht über die Volumina der Eiskernproben und die Meiofaunaabundanzen in den Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und aus dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264).

Tab. A2: Expedition ARK IX/4: Übersicht über die Abundanzen verschiedener Organismen und Objekte sowie den Gehalt an Sediment und Algenflocken in den Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und aus dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264).

Tab. A3: Expedition ARK X/1: Übersicht über die Volumina der Eiskernproben und die Meiofaunaabundanzen in den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom (Kerne 195/96 bis 204) und aus der Framstraße (Kerne 216 bis 221).

Tab. A4: Expedition ARK X/1: Übersicht über die Abundanzen verschiedener Organismen und Objekte sowie den Gehalt an Sediment und Algenflocken in den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom (Kerne 195/96 bis 204) und aus der Framstraße (Kerne 216 bis 221).

Tab. A5 bis A8: Übersicht über die Größen und Biomassen der Nematoden, Turbellarien, Copepoden und Nauplien aus den Eiskernen des Barents- und Laptewmeeres und der Grönlandsee.

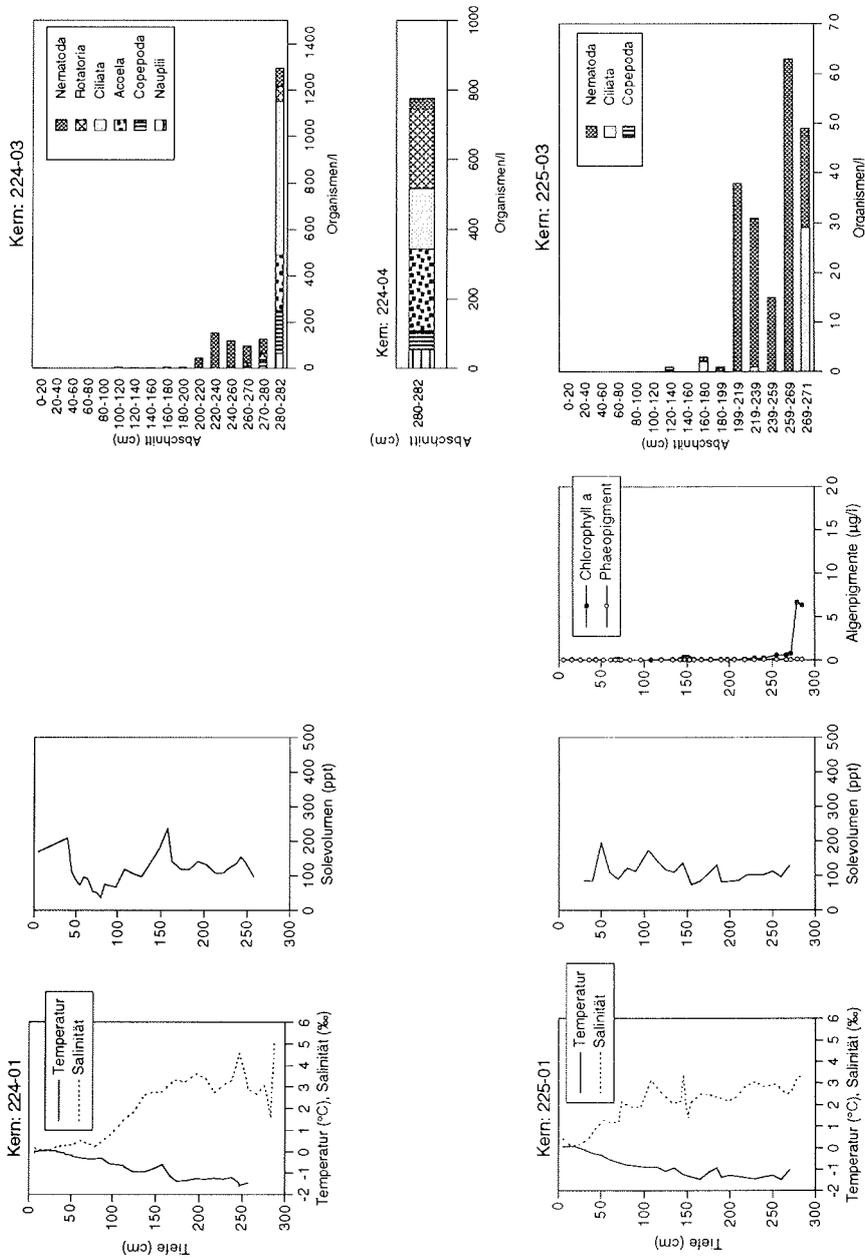


Abb. A1: Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Barentsmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenkalierungen verwendet.

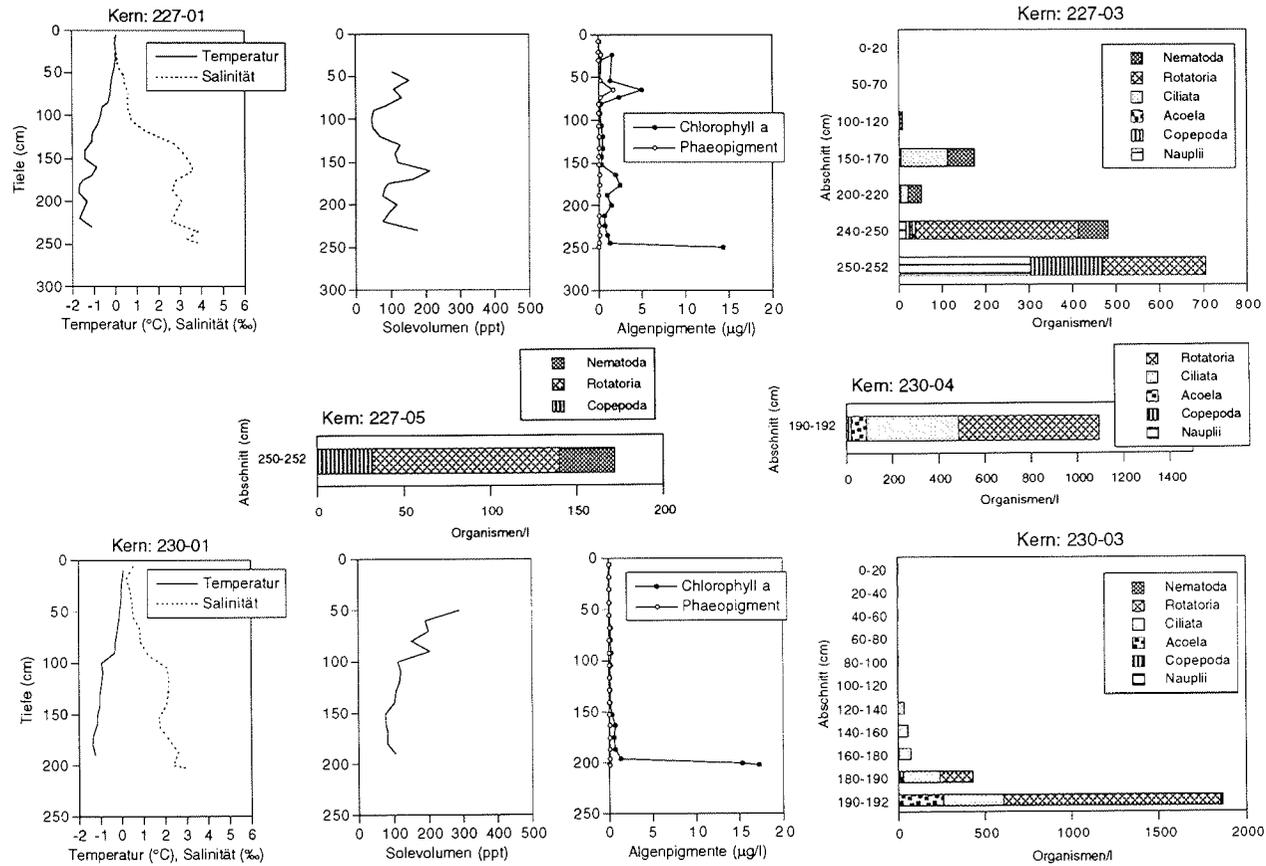


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Barentsmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

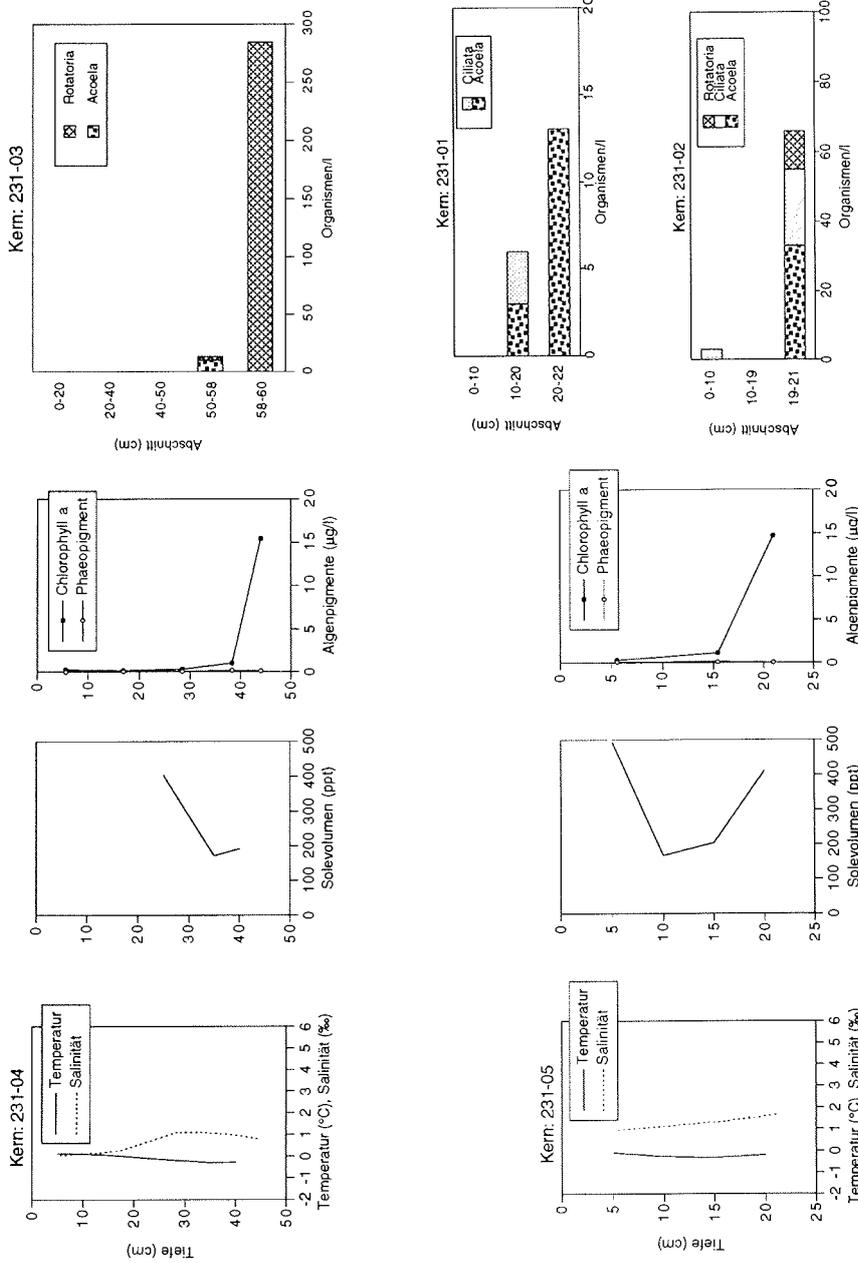


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentegehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Barentsmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

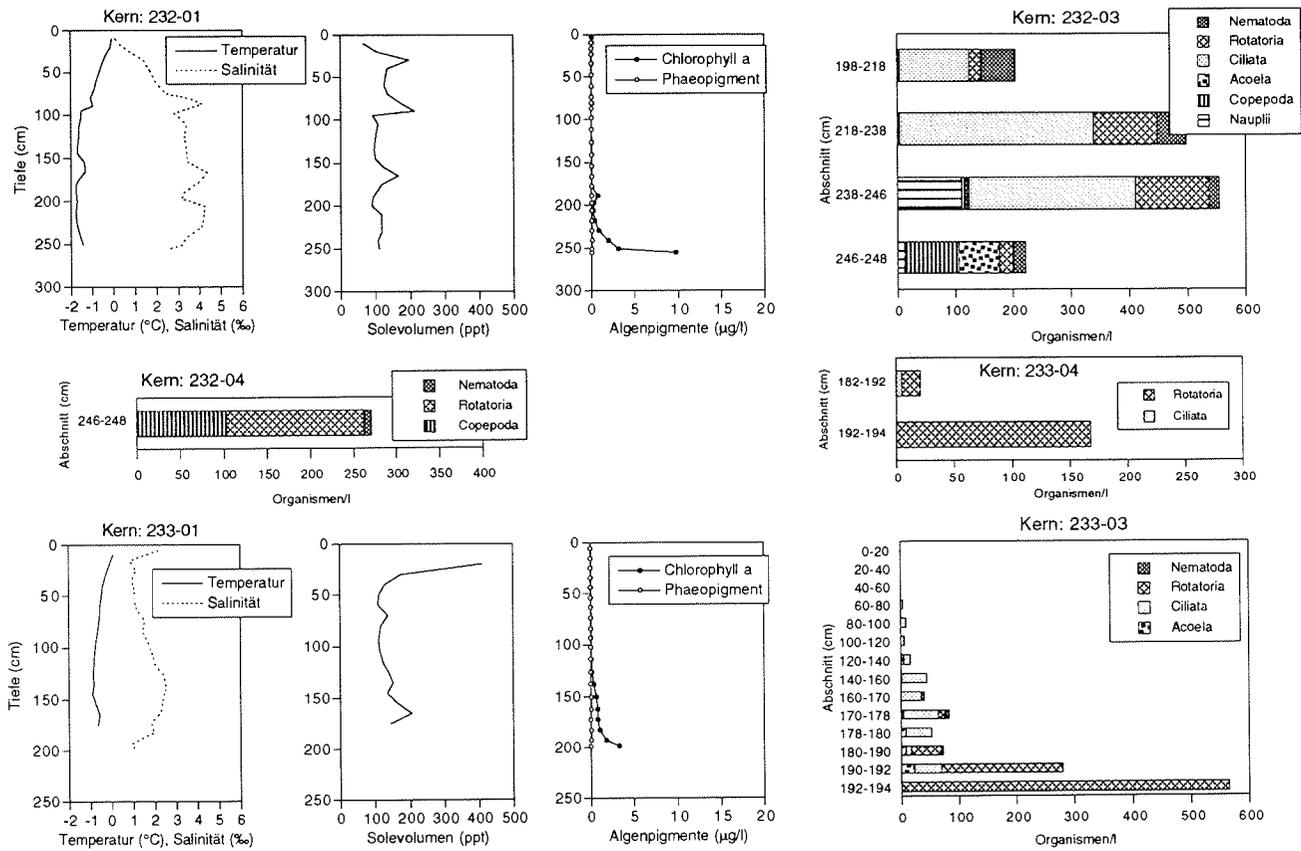


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Barentsmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

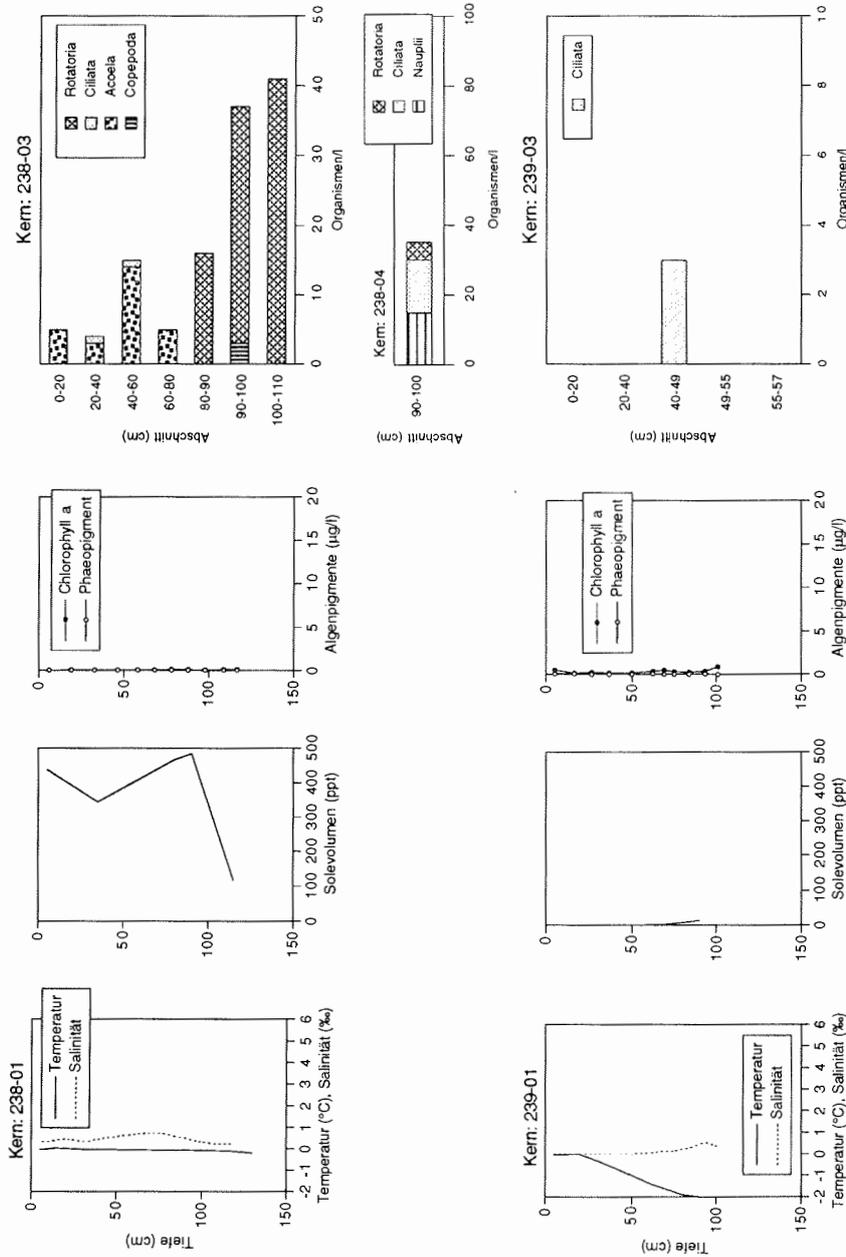


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenkalierungen verwendet.

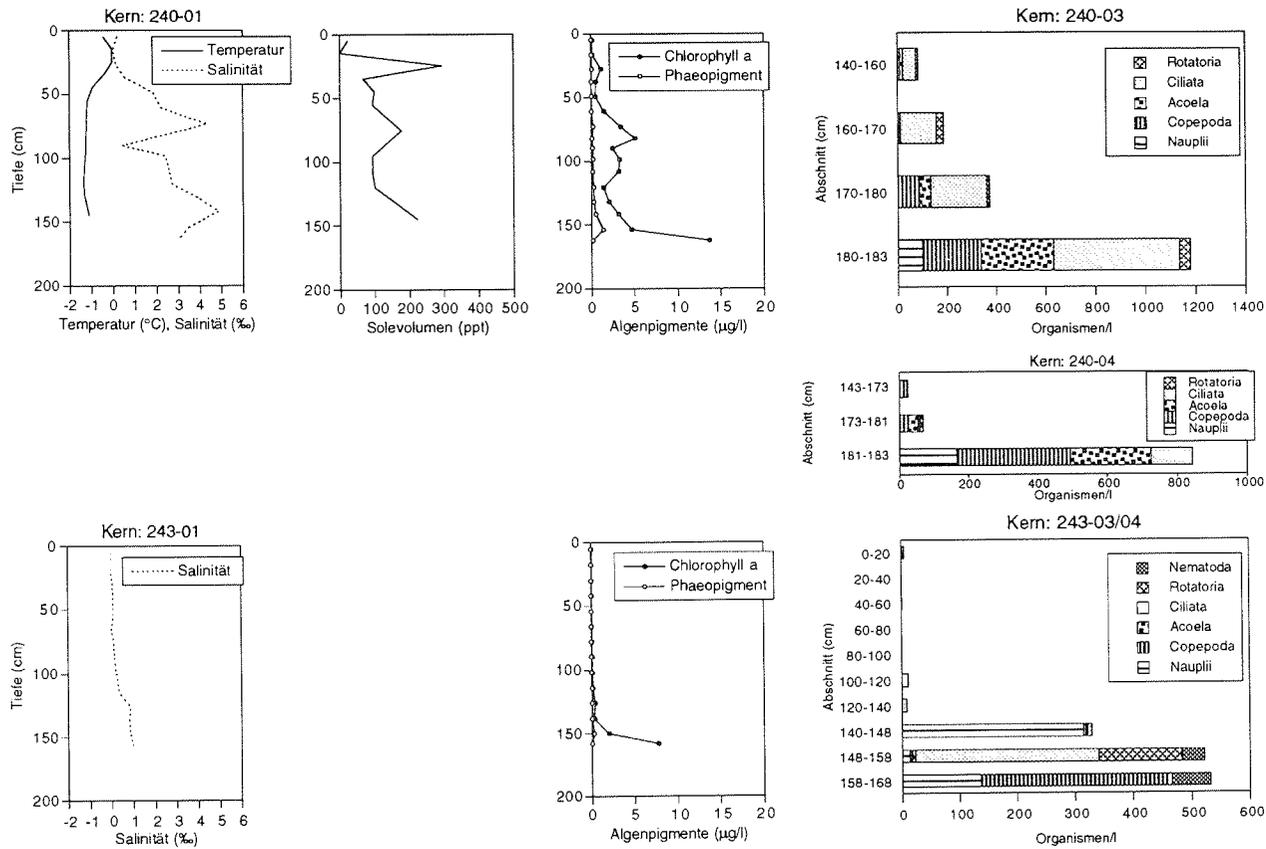


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptewmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenkalierungen verwendet.

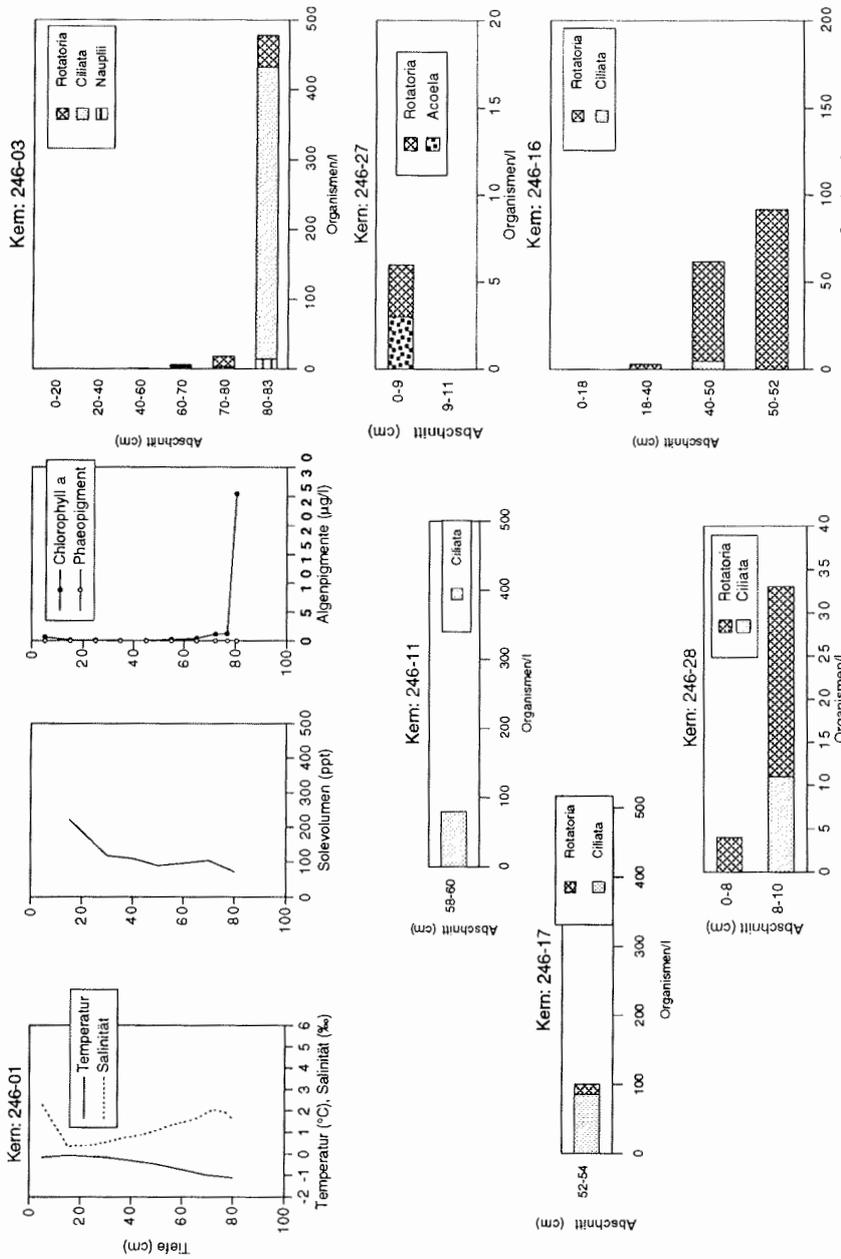


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptewmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

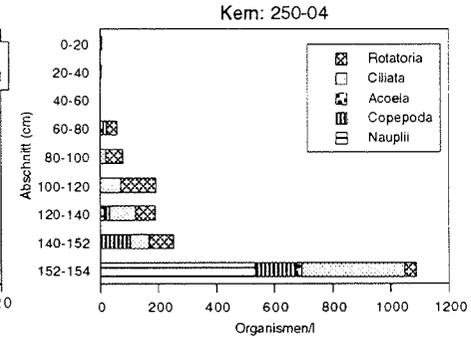
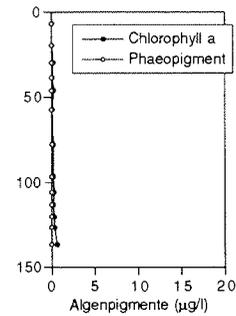
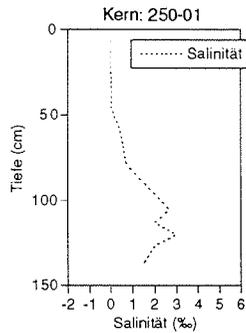
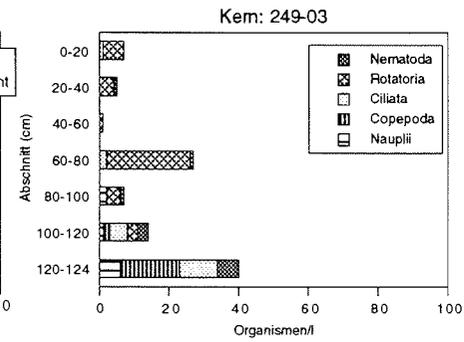
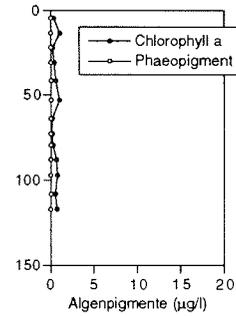
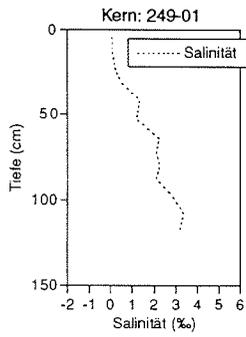


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

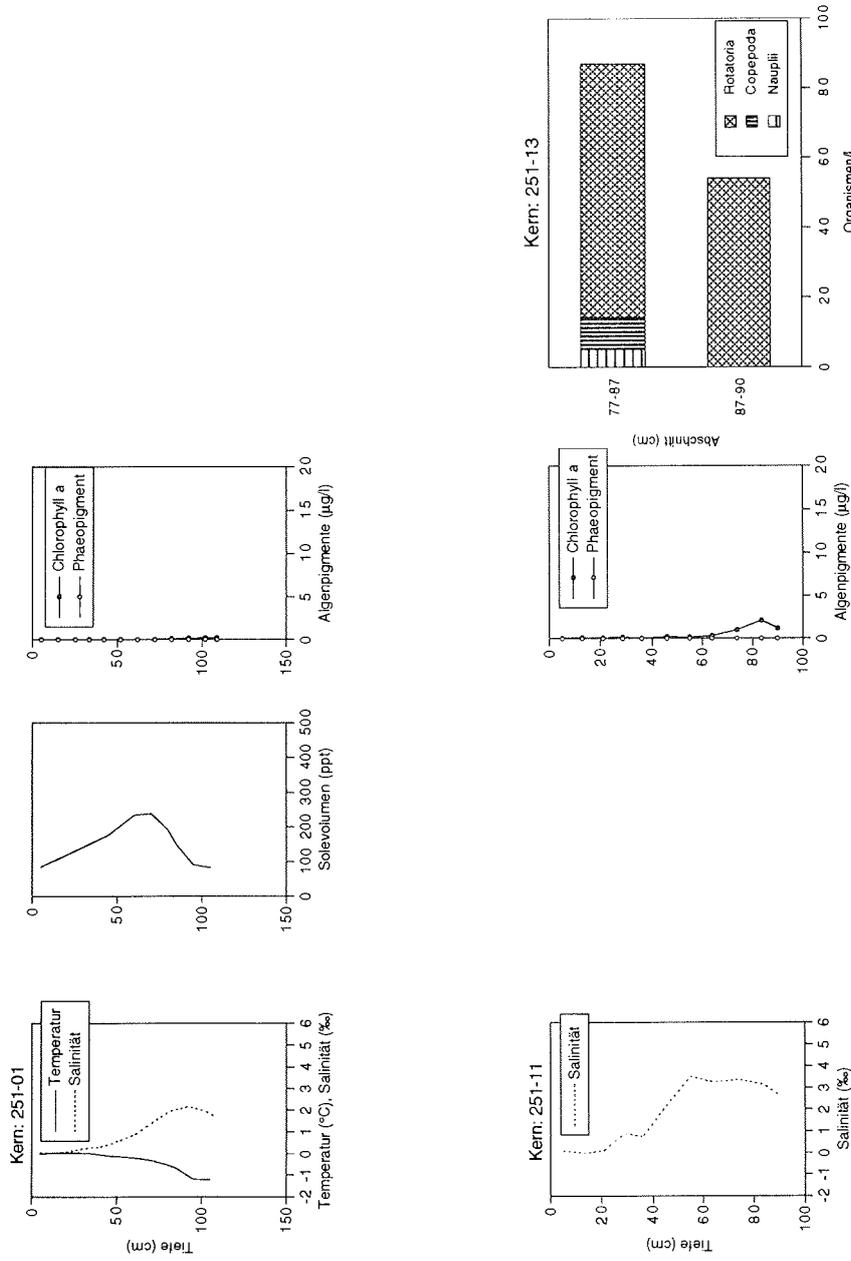


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

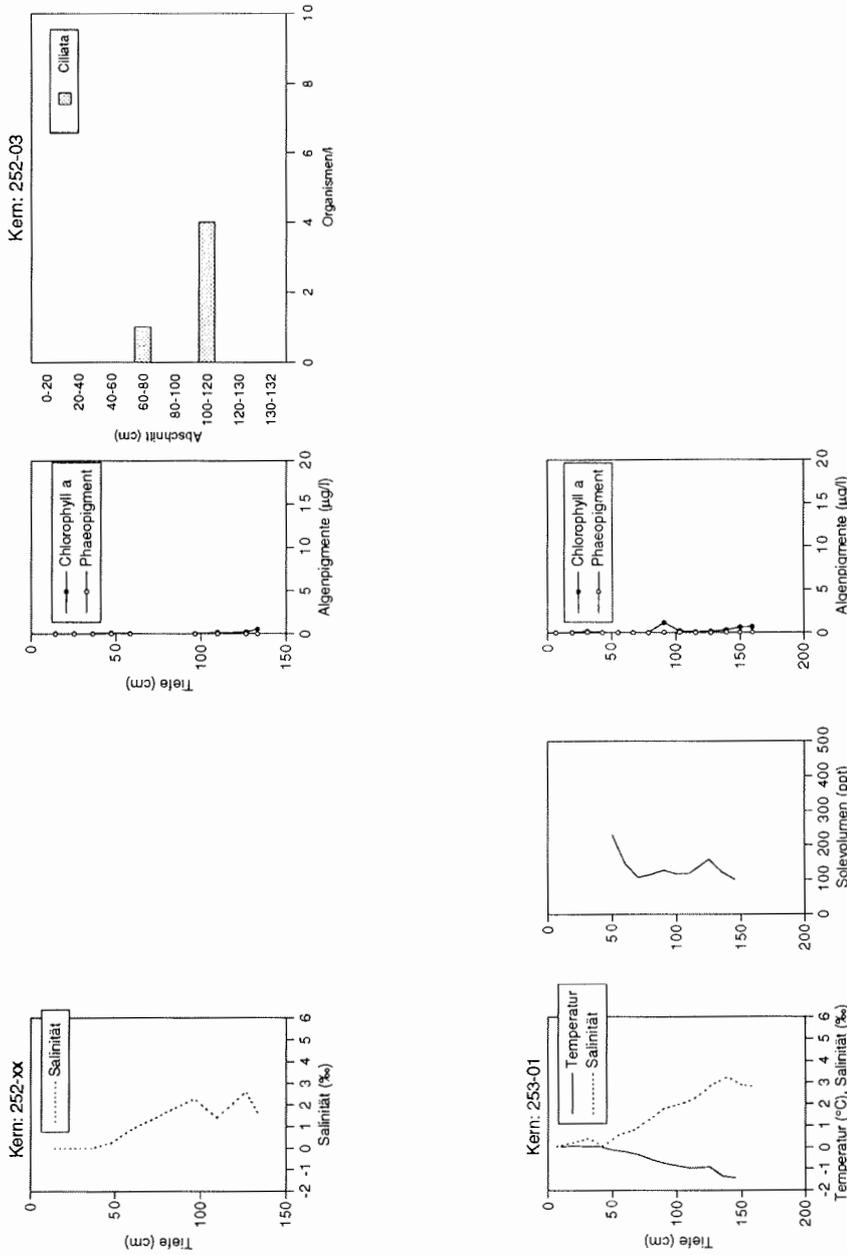


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentegehalte und Metafaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Metafaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

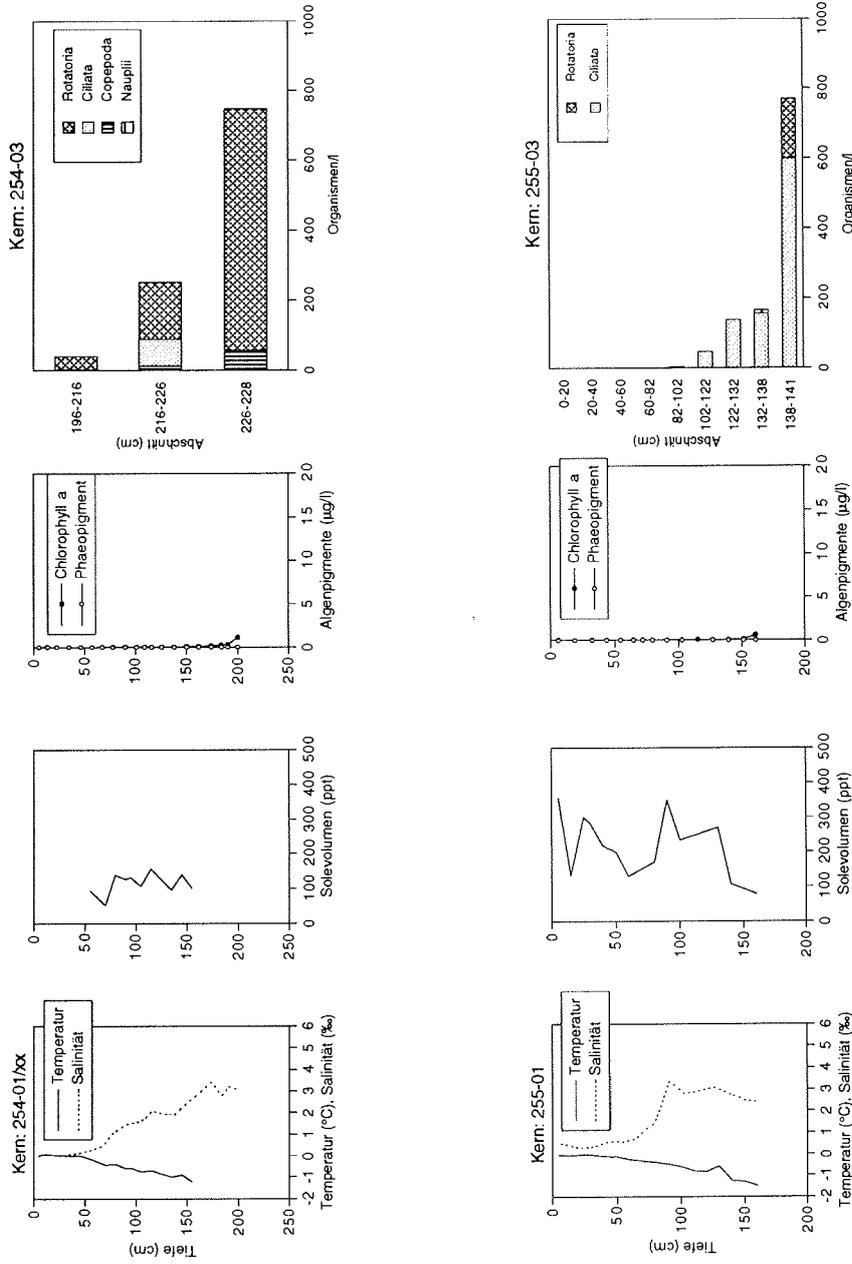


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

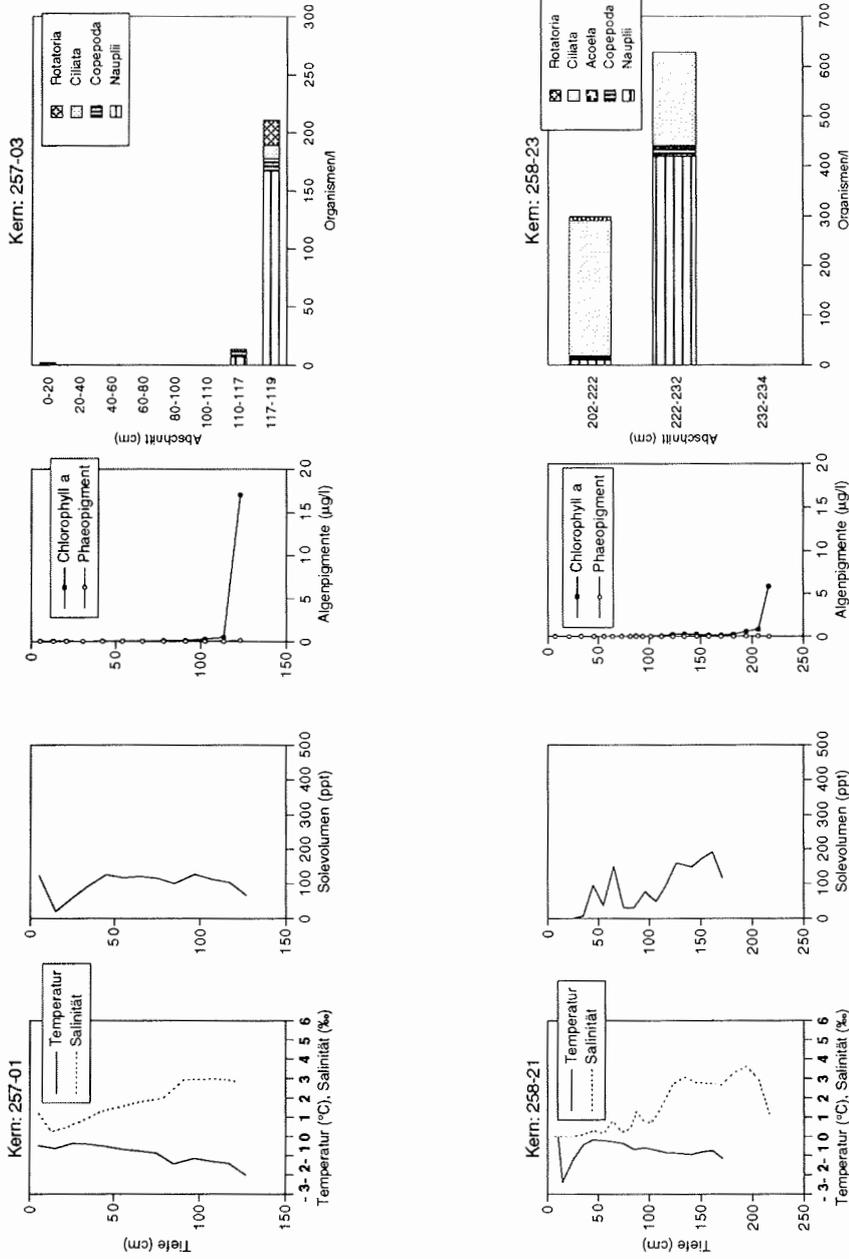


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentegehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

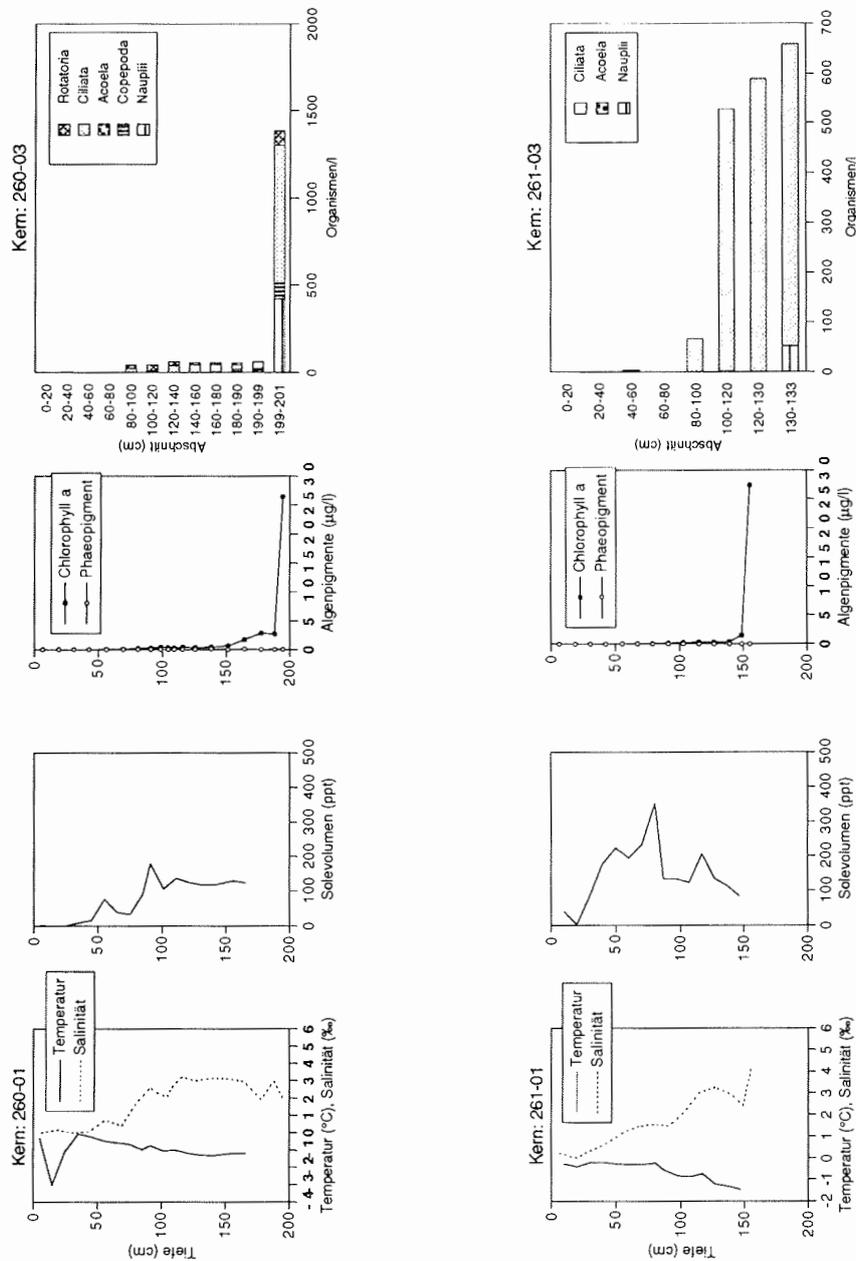


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

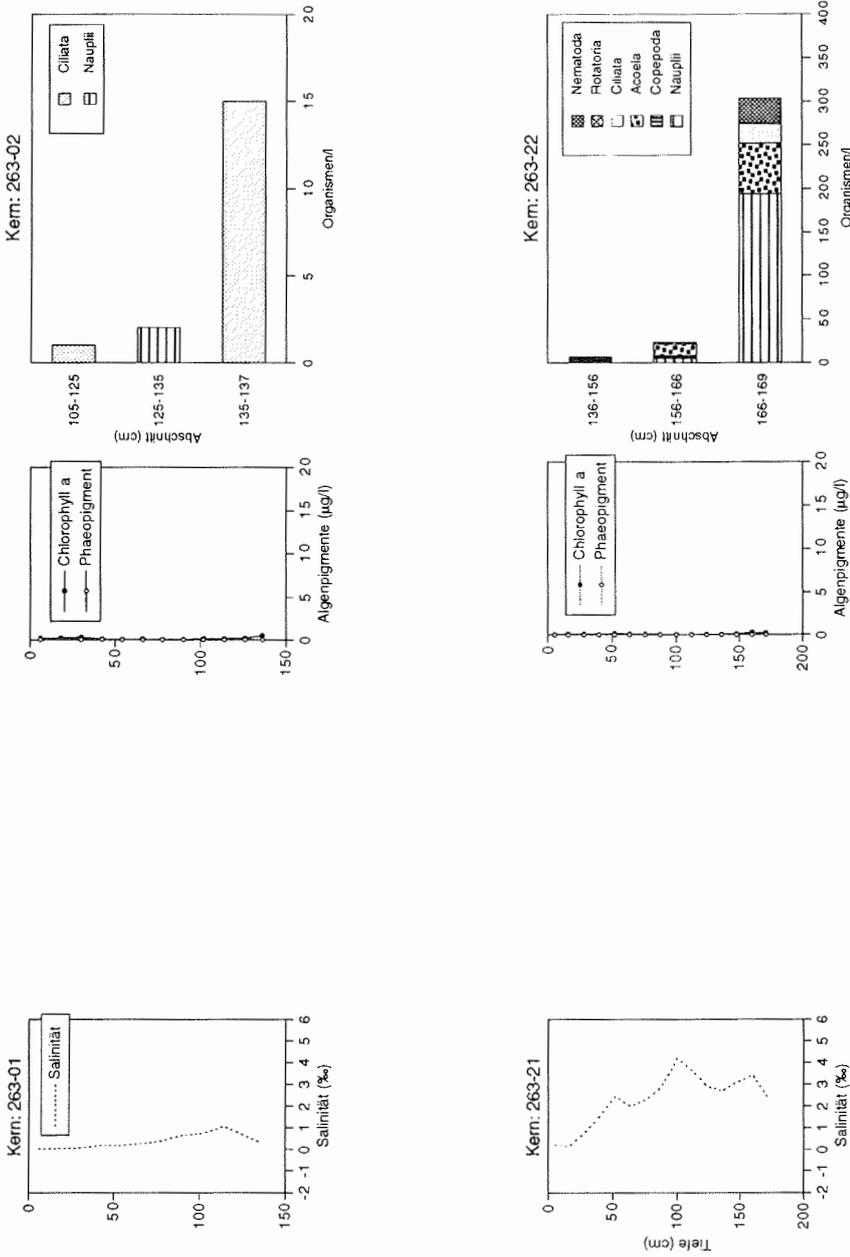


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentegehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptevmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

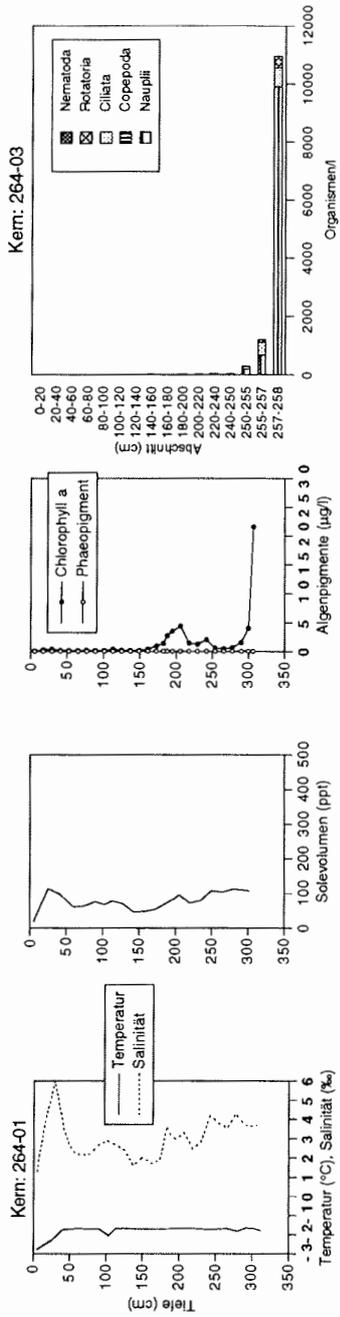


Abb. A1 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solvolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Laptewmeer. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

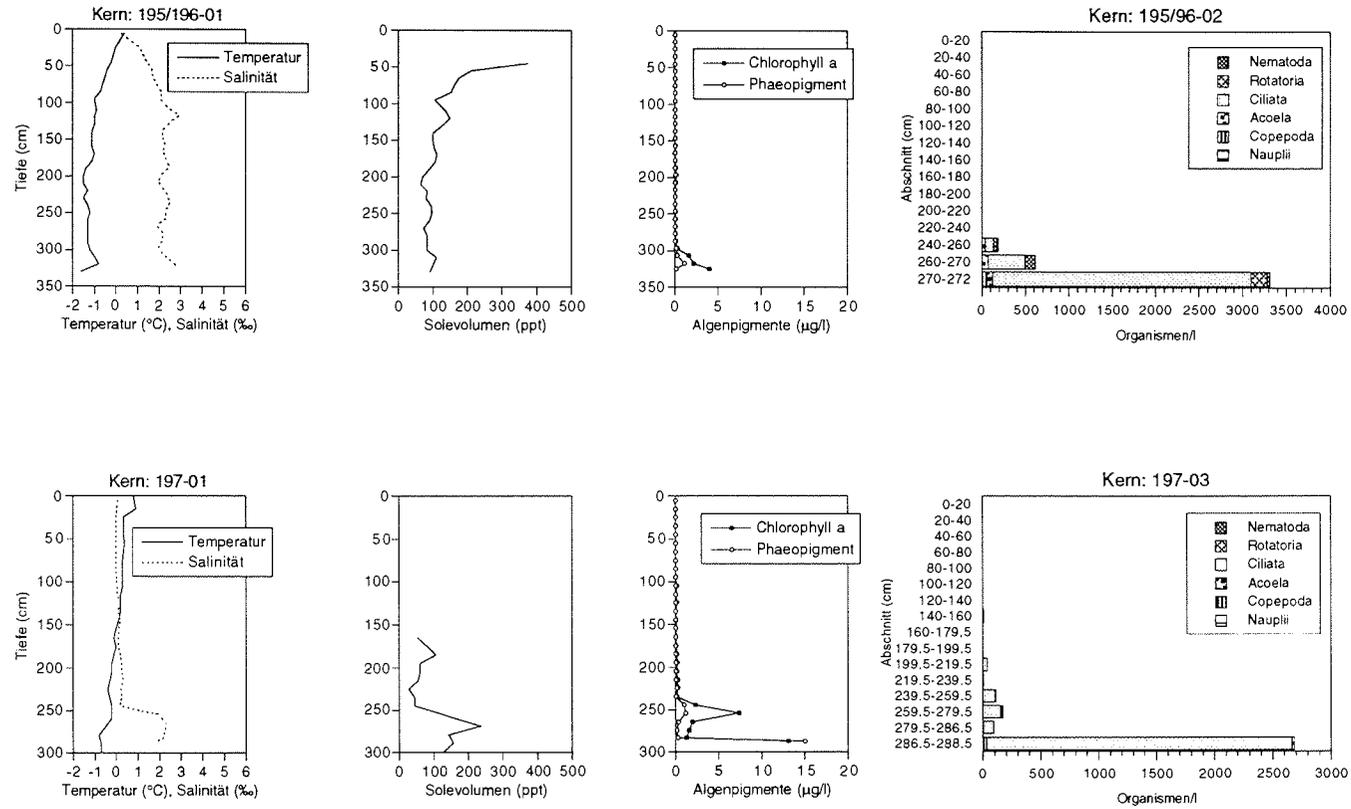


Abb. A2: Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

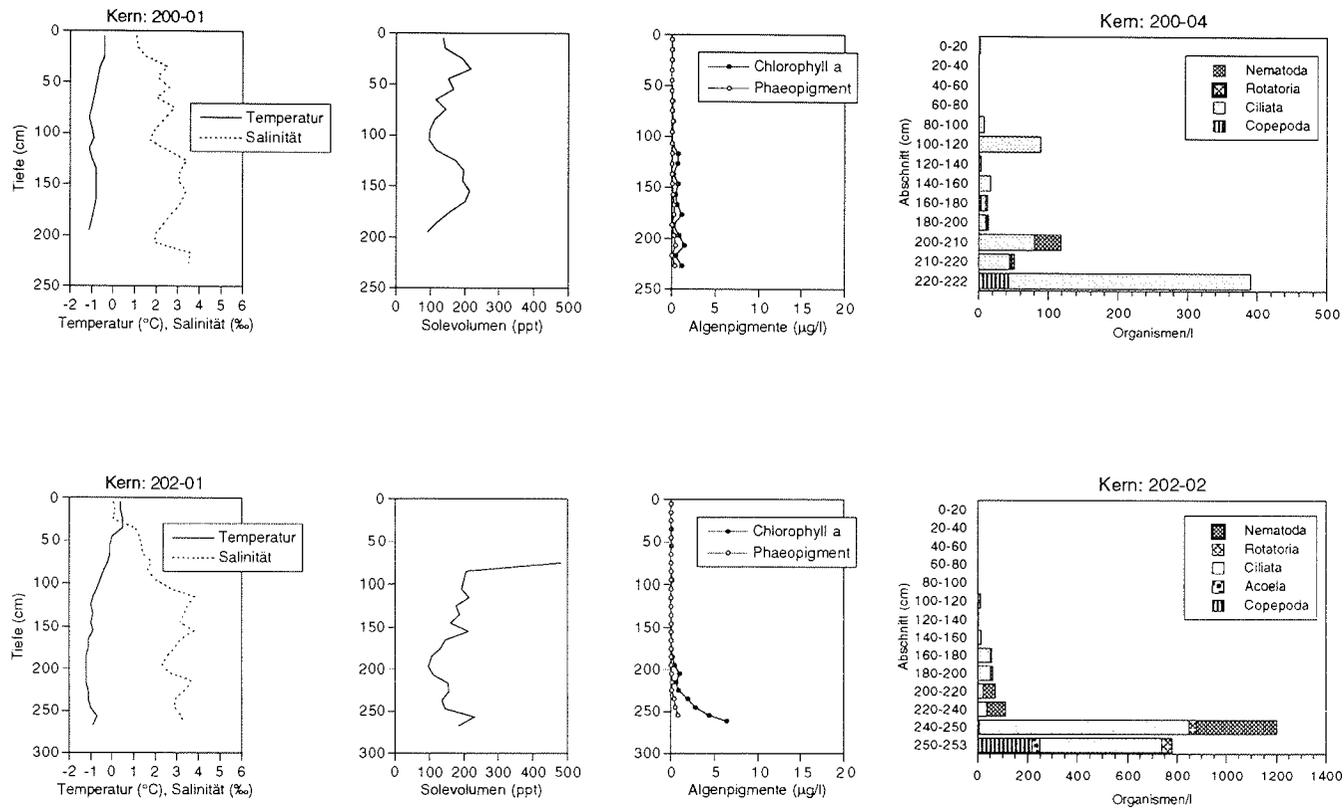


Abb. A2 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

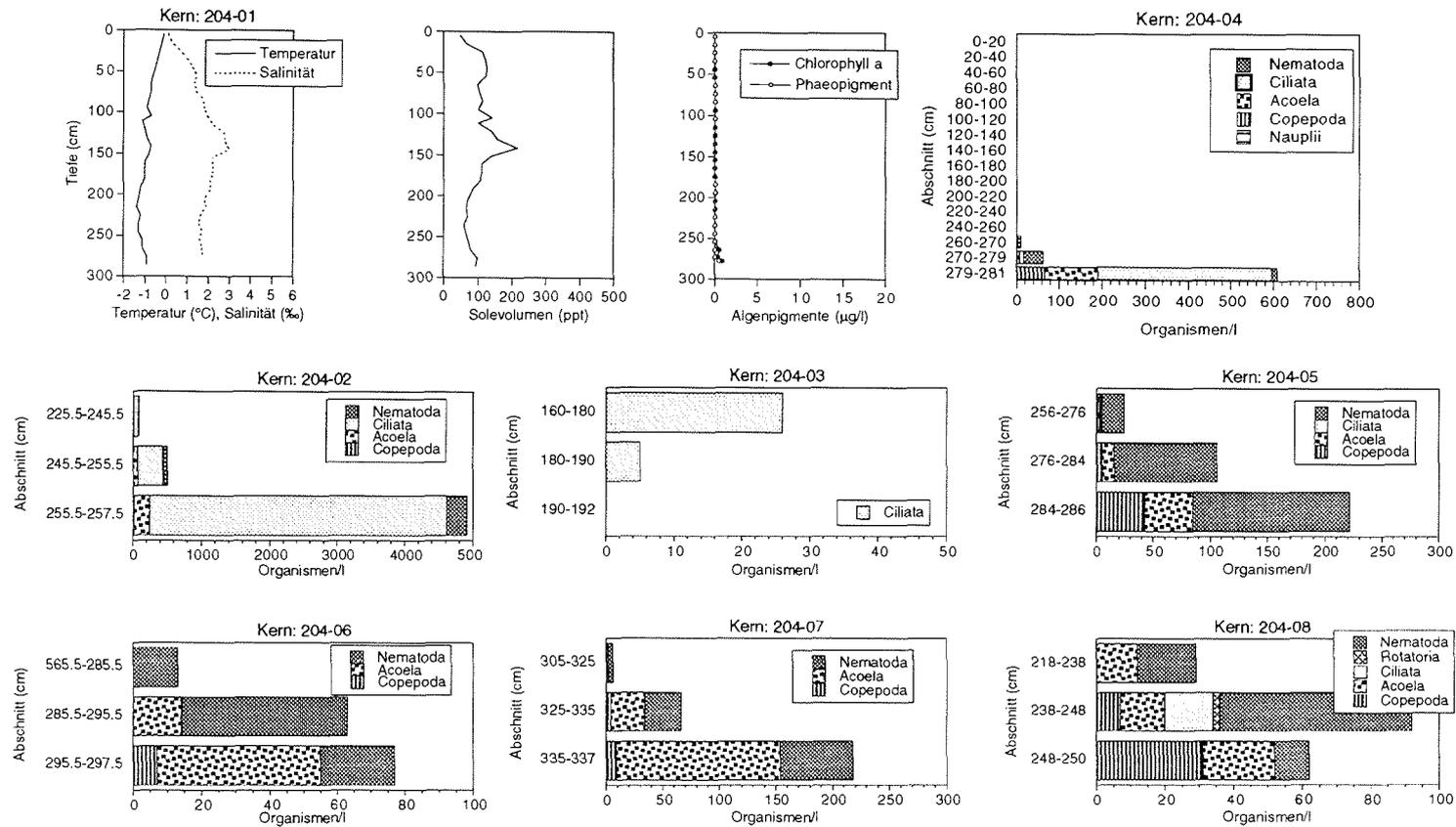


Abb. A2 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

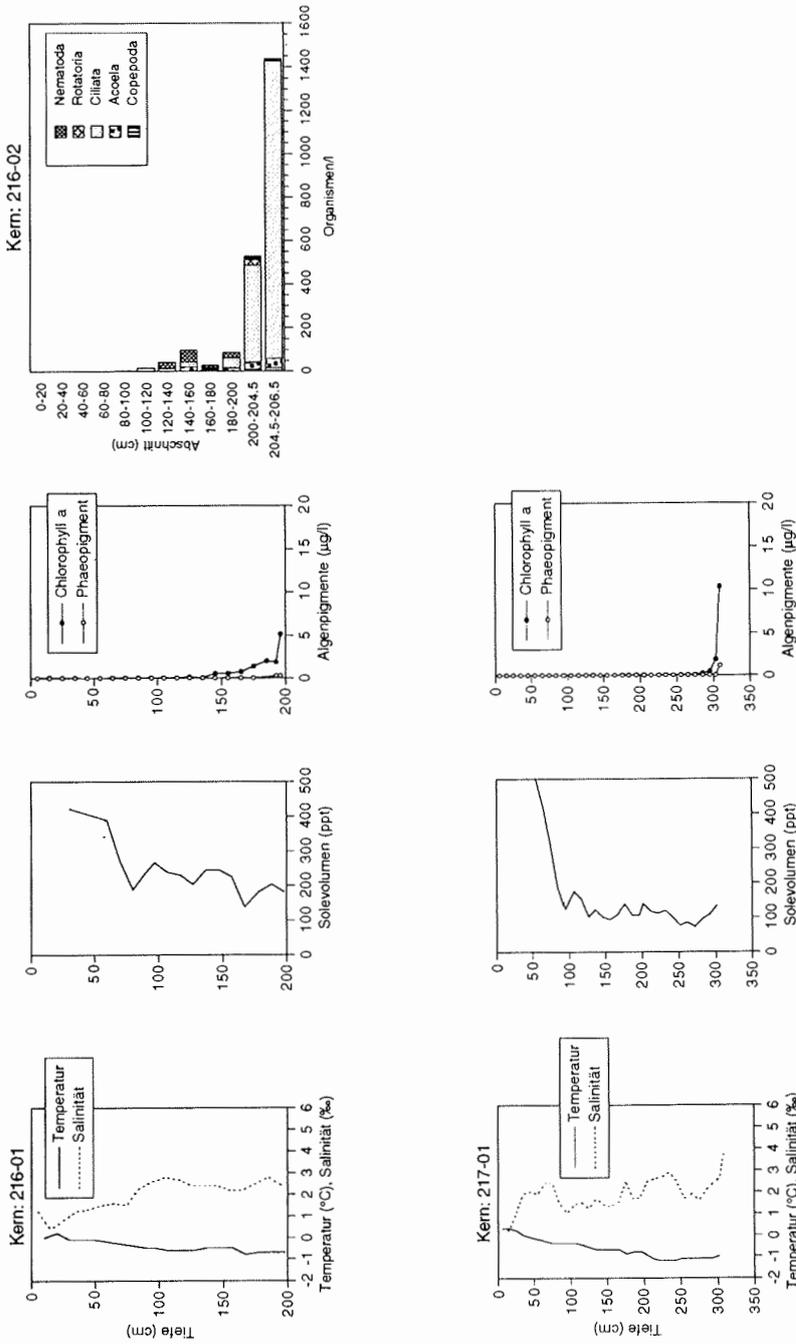


Abb. A2 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus der Framstraße. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

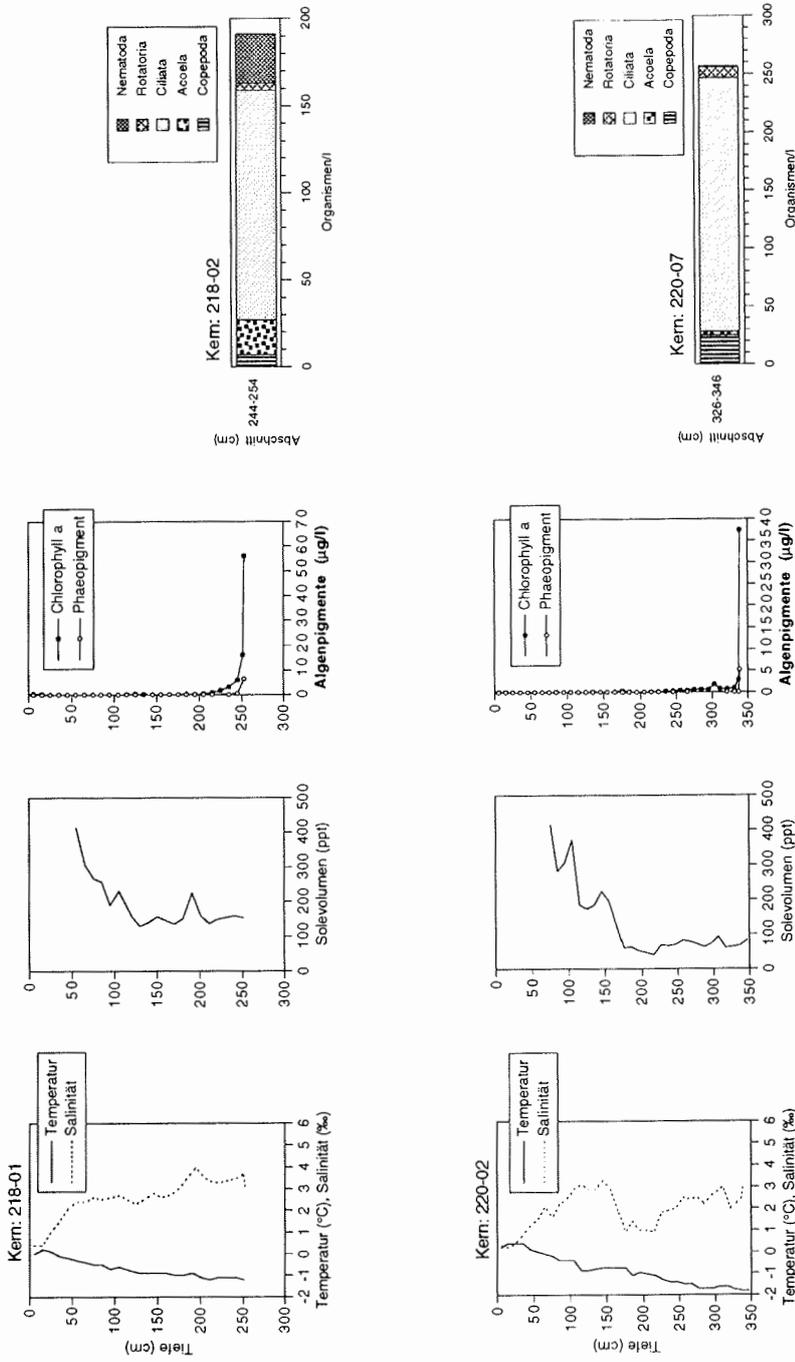


Abb. A2 (Fortsetzung): Vertikalprofile der Temperaturen, Salzgehalte, Solevolumina, Algenpigmentgehalte und Meiofaunaabundanz in den Eiskernen aus der Framstraße. Bei der Darstellung der Vertikalprofile der verschiedenen Parameter wurden jeweils die gleichen Skalierungen verwendet, Ausnahmen sind fett gedruckt. Lediglich bei der Darstellung der Meiofaunaabundanz wurden unterschiedliche Achsenskalierungen verwendet.

Tab. A1: ARK IX/4: Volumen der Eiskernproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nema- loca/	Rotatoria /Abschnitt	Rota- toria/	Ciliata /Abschnitt	Cili- ata/	Accela /Abschnitt	Ace- la/	Copepoda /Abschnitt	Cope- poda/	Nauplien /Abschnitt	Nau- plien/
224-03	0-20	670												
224-03	20-40	832												
224-03	40-60	764												
224-03	60-80	769												
224-03	80-100	862												
224-03	100-120	798	2	3	1	1								
224-03	120-140	842									2	2		
224-03	140-160	788	2	3										
224-03	160-180	764	2	3							1	1		
224-03	180-200	803	3	4							1	1		
224-03	200-220	798	34	43							2	3		
224-03	220-240	793	121	153										
224-03	240-260	798	95	119	1	1	1	1						
224-03	260-270	422	31	73	7	17	1	2			2	5		
224-03	270-280	403	24	60	11	27	1	2			12	30		
224-03	280-282	76	6	79	5	66	50	661	18	238	14	185	5	66
Summe			320		25		53		18		34		8	
%			70		5		12		4		7		2	
224-04	280-282	93	3	32	21	226	16	172	22	237	5	54	5	54
Summe			3		21		16		22		5		5	
%			4		29		22		31		7		7	
225-03	0-20	599												
225-03	20-40	783												
225-03	40-60	778												
225-03	60-80	798												
225-03	80-100	823												
225-03	100-120	834												
225-03	120-140	867									1	1		
225-03	140-160	847												
225-03	160-180	818	1	1			2	2						
225-03	180-199	729	1	1										
225-03	199-219	832	32	38										
225-03	219-239	739	22	30			1	1						
225-03	239-259	847	13	15										
225-03	259-269	383	24	63										
225-03	269-271	102	2	20			3	29						
Summe			95				6				1			
%			93				6				1			
225-12	0-10	228												
225-12	10-20	189												
225-12	20-30	199												
225-12	30-40	296												
Summe														
%														
225-22	0-10	325												
225-22	10-20	364												
Summe														
%														
227-03	0-20	391												
227-03	50-70	774												
227-03	100-120	764	5	7					1	1				
227-03	150-170	764	49	64			82	107	3	4				
227-03	200-220	778	24	31			13	17	2	3				
227-03	240-250	271	19	70	102	376			2	7	4	15	4	15
227-03	250-252	102			24	235					17	166	31	303
Summe			97		126		95		8		21		35	
%			25		33		25		2		5		9	
227-04	Unterseite	Kultur												
227-05	250-252	93	3	32	10	108					3	32		
Summe			3		10						3			
%			19		63						19			
230-03	0-20	705							3	4				
230-03	20-40	783							2	3				
230-03	40-60	739							2	3				
230-03	60-80	803												
230-03	80-100	754					2	3	1	1				
230-03	100-120	754												
230-03	120-140	813					29	36						
230-03	140-160	769			2	3	42	55						
230-03	160-180	788					56	71	2	3				
230-03	180-190	393			75	191	83	211	8	20	2	5	1	3

Tab. A1 (Fortsetzung): Volumen der Eiskernproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nema-toda/i	Rotatoria /Abschnitt	Rota-toria/i	Ciliata /Abschnitt	Cili-ata/i	Acoela /Abschnitt	Acoe-la/i	Copepoda /Abschnitt	Cope-poda/i	Nauplien /Abschnitt	Nau- plien/i
Summe							100							
240-03	140-160	798			6	8	42	53	9	11	9	11		
240-03	160-170	441			13	29	64	145	3	7	2	5		
240-03	170-180	403			4	10	92	228	18	45	36	89		
240-03	180-183	133			6	45	67	503	39	293	32	240	13	98
Summe					29		265		69		79		13	
%					6		58		15		17		3	
240-04	143-173	775						3	4	17	22			
240-04	173-181	335			3	9	2	6	9	27	8	24	1	3
240-04	181-183	103					12	116	24	233	34	329	17	165
Summe					3		14		36		59		18	
%					2		11		28		45		14	
243-03	0-20	616							2	3	1	2		
243-03	20-40	713												
243-03	40-60	712			1	1								
243-03	60-80	746							1	1				
243-03	80-100	754					1	1						
243-03	100-120	832			1	1	8	10	1	1				
243-03	120-140	852	1	1			6	7	1	1				
243-03	140-148	286					2	7			2	7	90	315
243-04	138-148	554	4	7	4	7	17	31	12	22		0		0
243-04	148-158	838	33	39	119	142	266	318	4	5	4	5	11	13
243-04	158-168	789	52	66			6	8			253	321	9	137
Summe			90		125		306		21		260		110	
%			10		14		34		2		29		12	
2430x	Neueislück	20												
246-03	0-20	613												
246-03	20-40	688												
246-03	40-60	724					1	1						
246-03	60-70	328			1	3	1	3						
246-03	70-80	345			5	15	1	3						
246-03	80-83	65			3	46	27	417					1	15
Summe					9		30						1	
%					23		75						3	
246-04	53-73	Kultur												
246-04	73-80	Kultur												
246-04	80-83	Kultur												
246-05	48-68	Kultur												
246-05	68-78	Kultur												
246-05	78-80	Kultur												
246-16	0-18	640												
246-16	18-40	678				3								
246-16	40-50	388			22	57	2	5						
246-16	50-52	55			5	92								
Summe					27		2							
%					93		7							
246-27	0-9	292			1	3			1	3				
246-27	9-11	46												
Summe					1				1					
%					50				50					
246-28	0-8	252			1	4								
246-28	8-10	92			2	22	1	11						
Summe					3		1							
%					75		25							
246-29	0-10	Kultur												
246-29	10-12	Kultur												
246-17	52-54	69			1	14	6	86						
Summe					1		6							
%					14		86							
246-18	54-56	Kultur												
246-19	56-58	Kultur												
246-10	55-57	Kultur												
246-11	58-60	50					4	80						
Summe							4							
%							100							
249-03	0-20	1010			6	6	1	1						
249-03	20-40	931	1	1	4	4								
249-03	40-60	990			1	1								
249-03	60-80	1064	1	1	25	24	2	2						
249-03	80-100	1015	1	1	4	4						2	2	

Tab. A1 (Fortsetzung): Volumen der Eiskernproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nematoda /Abschnitt	Rotatoria /Abschnitt	Rotatoria /Abschnitt	Ciliata /Abschnitt	Ciliata /Abschnitt	Acoela /Abschnitt	Acoela /Abschnitt	Copepoda /Abschnitt	Copepoda /Abschnitt	Nauplien /Abschnitt	Nauplien /Abschnitt
249-03	100-120	1071	3	3	3	3	5	5			2	2	1	1
249-03	120-124	180	1	6			2	11			3	17	1	6
Summe %			7	10	43	62	10	14			5	17	4	6
250-04	0-20	842			3	4	1	1	1	1				
250-04	20-40	984			1	1	2	2						
250-04	40-60	849			1	1								
250-04	60-80	1029			38	37	12	12	10	10				
250-04	80-100	1197			72	60	23	19						
250-04	100-120	972			118	121	69	71					1	1
250-04	120-140	1067			71	67	96	90			21	20	14	13
250-04	140-152	522			44	84	34	65	1	2	50	96	3	6
250-04	152-154	99			4	40	35	353	2	20	14	141	53	534
Summe %					352	44	272	34	14	2	85	11	71	9
251-03	0-20	631												
251-03	20-40	675												
251-03	40-60	783												
251-03	60-80	697												
251-03	80-90	398												
251-03	90-93	98												
Summe %														
251-13	77-87	439			32	73					4	9	2	5
251-13	87-90	37			2	54								
Summe %					34	85					4		2	5
252-03	0-20	1088												
252-03	20-40	921												
252-03	40-60	1177												
252-03	60-80	1300					1	1						
252-03	80-100	1172												
252-03	100-120	1136					5	4						
252-03	120-130	582												
252-03	130-132	160												
Summe %							6	100						
253-03	0-20	685												
253-03	20-40	724												
253-03	40-60													
253-03	60-80													
253-03	80-100	747					86	115						
253-03	100-120	860												
253-03	120-130													
253-03	130-140													
253-03	140-143				1									
Summe %					1		86	99						
254-03	196-216	805			31	39	1	1						
254-03	216-226	388			64	165	29	75			4	10	1	3
254-03	226-228	53			37	692					3	56		
Summe %					132	78	30	18			7		1	1
255-03	0-20	1177												
255-03	20-40	1485												
255-03	40-60	1463												
255-03	60-82	1739												
255-03	82-102	1428					6	4						
255-03	102-122	1626					74	46						
255-03	122-132	840					115	137						
255-03	132-138	425			4	9	66	155						
255-03	138-141	235			40	170	141	599						
Summe %					44	10	402	90						
257-03	0-20	494					1	2						
257-03	20-40	626												
257-03	40-60	667												
257-03	60-80	670												
257-03	80-100	597												
257-03	100-110	289												
257-03	110-117	150								1	7	1	7	

Tab. A1 (Fortsetzung): Volumen der Eiskernproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Barentsmeer (Kerne 224 bis 233) und dem Laptewmeer (Kerne 238 bis 264). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nema- toda/l	Rotatoria /Abschnitt	Rota- toria/l	Ciliata /Abschnitt	Cili- ata/l	Acoela /Abschnitt	Acoe- la/l	Copepoda /Abschnitt	Cope- poda/l	Nauplien /Abschnitt	Nau- plien/l
257-03	117-119	90*			2	22	1	11			1	11	15	167
Summe					2		2				2		16	
%					9		9				9		73	
258-23	202-222	796			6	8	216	272	2	3	4	5	8	10
258-23	222-232	388					73	188	1	3	7	18	163	420
258-23	232-234	90												
Summe					6		289		3		11		171	
%					1		60		1		2		36	
260-03	0-20	568					1	2						
260-03	20-40	648												
260-03	40-60	736												
260-03	60-80	659												
260-03	80-100	680			11	16	17	25				1	1	
260-03	100-120	808			28	35	8	10						
260-03	120-140	832			19	23	32	38						
260-03	140-160	805			7	9	36	45	1	1				
260-03	160-180	783			7	9	34	43			1	1	1	
260-03	180-190	383			4	10	10	26			6	16	1	
260-03	190-199	315					12	38			3	10	4	
260-03	199-201	85			7	82	67	785			8	94	36	
Summe					83		217		1		18		43	
%					23		60		0		5		12	
261-03	0-20	754												
261-03	20-40	766												
261-03	40-60	798					3	4						
261-03	60-80	756												
261-03	80-100	862					57	66						
261-03	100-120	867					456	526	1	1				
261-03	120-130	423					249	589						
261-03	130-133	133					81	607					7	
Summe							846		1				7	
%							99		0				1	
263-02	105-125	1152					1	1						
263-02	125-135	521											1	
263-02	135-137	132					2	15					2	
Summe							3						1	
%							75						25	
263-22	136-156	1034			2	2	2	2			2	2	1	
263-22	156-166	611			1	2			8	13	2	3	3	
263-22	166-169	139			4	29	3	22	8	58			27	
Summe					4		5		16		4		31	
%					6		5		8		6		49	
264-03	0-20	766												
264-03	20-40	785												
264-03	40-60	791												
264-03	60-80	793												
264-03	80-100	783												
264-03	100-120	749												
264-03	120-140	736	1	1	1	1						2	3	
264-03	140-160	744	7	9								2	3	
264-03	160-180	813	6	7								2	2	
264-03	180-200	785	6	8							1	1	5	
264-03	200-220	815	7	9									6	
264-03	220-240	825	1	1	1	1	25	30			2	2	3	
264-03	240-250	432	2	5			7	16			1	2	3	
264-03	250-255	212	1	5	3	14	17	80					41	
264-03	255-257	72	1	14	6	84	31	433					48	
264-03	257-258	32			13	411	20	632					314	
Summe			32		24		100				4		426	
%			5		4		17				1		73	

Tab. A2 (Fortsetzung): ARK IX/4: Abundanz verschiedener Organismen und Objekte in den Meereisproben des Barentsmeeres (Kerne 224 bis 233) und des Laptewmeeres (Kerne 238 bis 264), sowie Gehalt an Sediment und Algenflocken. Nicht bestimmbar Objekte siehe Kapitel 3.5. R.e. = Rotatorieneier, M.sch. = Muschelschalen, T.g. = Tintinengehäuse, E.(A)/(N) = Exuvien adulter Copepoden bzw. von Nauplien, Ec. = Ectinosomatidae. Hal. = *Halectinosoma* sp. Sedimentvorkommen im Eis: 0 = keines, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = viel, schon mit bloßem Auge zu erkennen. x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nicht bestimmbar Objekte								Sonstige Objekte					Sonstige/ Bemerkungen	Sediment (0-3)	Algen (0-3)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	div.	R.e.	M.sch.	T.g.	E.(A)				E.(N)
231-03	40-50								4									
231-03	50-58								38									
231-03	58-60								122									
Summe									174									
23107	53-55																	Kultur, Tümpelkern
232-03	198-218		1	42					2									Copepoden u. Exuvien: Ec.
232-03	218-238								6									
232-03	238-246																	
232-03	246-248								11									
Summe			1	42					6									
232-04	untere 2cm								13									1 Wurm
233-03	0-20			2	6				4									
233-03	20-40					7			4									
233-03	40-60					10	6	25										
233-03	60-80					6	3											1 Pollen
233-03	80-100		1			14		1						2			2 Pollen, Exuvien: Ec.	
233-03	100-120					2												
233-03	120-140					4	2											
233-03	140-160					3	1	2										1 Pollen, Ciliaten: vor allem Peritromus
233-03	160-170			1		1												Ciliaten: vor allem Peritromus
233-03	170-178																	1 Feder
233-03	178-180					1		1										
233-03	180-190						2											
233-03	190-192			1				1										1 Pollen
233-03	192-194																	
Summe			1	5	6	48	14	38						2				
233-04	182-192																	
233-04	192-194																	
Summe																		
238-03	0-20																	zentrische Diatomeenschalen
238-03	20-40																	Ciliaten: 1 Didinium
238-03	40-60																	Ciliaten: 1 Didinium
238-03	60-80																	
238-03	80-90																	
238-03	90-100																	
238-03	100-110																	
Summe																		
238-04	90-100																	große Ciliaten
239-03	0-20			1														Teile von Moosen und Flechten / Festeis
239-03	20-40																	viele Schneealgen, Laubmoos, Flechtenteile
239-03	40-49																	wenig Schneealgen, Moose, Flechten
239-03	49-55																	wenig Schneealgen, Moose
239-03	55-57																	Pflanzen- und Flechtenteile / direkt am Grund
Summe				1														
240-03	140-160																	1 Foraminifere, tote Microsetella norvegica
240-03	160-170																	Pflanzenteile, Exuvien: Ec.
240-03	170-180																	Exuvien: 1 Copepodit, 2 Ec.
240-03	180-183																	
Summe																		
240-04	143-173																	1 Harpacticoiden- Eiballen
240-04	173-181																	
240-04	181-183																	
Summe																		
243-03	0-20																	Pflanzenteile, Flechten
243-03	20-40																	Pflanzenteile
243-03	40-60																	Pflanzenteile? (Fasern)
243-03	60-80																	Pflanzenteile? (Fasern)
243-03	80-100				8	15												Pflanzenteile
243-03	100-120				3	38	68										Fasern, Flechten	
243-03	120-140					3	9										Fasern	
243-03	140-148				1	3	1										1 Insekt, Fasern	
243-04	138-148																	
243-04	148-158			22	7									1			Pflanzenteile	
243-04	158-168													175			Viele Copepoden-Kotballen	
Summe				4	74	100								176				
2430x	Neueistück																	
246-03	0-20																	Pflanzenfasern
246-03	20-40																	Pflanzenfasern
246-03	40-60																	viele Fasern
246-03	60-70																	wenig Fasern
246-03	70-80																	grobe, holzige Stücke
246-03	80-83																	
Summe																		
246-04	53-73																	Kultur
246-04	73-80																	Kultur
246-04	80-83																	Kultur

Tab. A2 (Fortsetzung): ARK IX/4; Abundanz verschiedener Organismen und Objekte in den Meeresproben des Barentsmeeres (Kerne 224 bis 233) und des Laptevmeeres (Kerne 238 bis 264), sowie Gehalt an Sediment und Algenflocken. Nicht bestimmbare Objekte siehe Kapitel 3.5. R.e. = Rotatorieneier, M.sch. = Muschelschalen, T.g. = Tintinnengehäuse, E.(A)/(N) = Exuvien adulter Copepoden bzw. von Nauplien, Ec. = Ectinosomatidae. Hal. = *Halectinosoma* sp. Sedimentvorkommen im Eis: 0 = keines, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = viel, schon mit bloßem Auge zu erkennen. x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nicht bestimmbare Objekte								Sonstige Objekte					Sonstige/ Bemerkungen	Sediment (0-3)	Algen (0-3)
		1	2	3	4	5	6	7	8	div	R.e.	M.sch.	T.g.	E. (A)			
246-05	48-68														Kultur		
246-05	68-78														Kultur		
246-05	78-80														Kultur		
246-16	0-18																1
246-16	18-40			2						8					1 Feder, grobe Holzige Stücke		1
246-16	40-50				5												1
246-16	50-52							4									1
Summe				4	5			4		8							
246-27	0-9									1							
246-27	9-11																
Summe										1							
246-28	0-8								2								
246-28	8-10																
Summe									1								
246-29	0-10														Kultur		
246-29	10-12														Kultur		
246-17	52-54									13							
Summe										13							
246-18	54-56														Kultur		
246-19	56-58														Kultur		
246-10	55-57														Kultur		
246-11	58-60									6							
Summe										6							
249-03	0-20									9						3	3
249-03	20-40									11		1				3	3
249-03	40-60									13						3	3
249-03	60-80									26						3	3
249-03	80-100									28		2			1 Crustaceenborste	3	3
249-03	100-120									16	7	12	1		1 Crustaceenborste	3	3
249-03	120-124									8						3	3
Summe										111	7	15	1				
250-04	0-20														Fasern		1
250-04	20-40								1				1		Exuvie: calanoider Copepode	3	3
250-04	40-60		1												Fasern		2
250-04	60-80			8	14										Holzige Klumpen		2
250-04	80-100	10	6	27													2
250-04	100-120		11	33	1			4		21					holziges Material, dicke Solekanäle		1
250-04	120-140		2	6	1		2	2	3	40	13				Exuvienfragment, 2 tote calanoide (1W+1CIV)		1
250-04	140-152		8	35						13		65	2		2 Copepoden-Eier/ Nematodenteile		1
250-04	152-154							2							Fasern		1
Summe		10	36	115	2		2	2	10	74	13	66	2				
251-03	0-20																
251-03	20-40																
251-03	40-60								7								
251-03	60-80								1								
251-03	80-90			18					5								
251-03	90-93			2					2								
Summe				20					15								
251-13	77-87			37					45	4			4		Dicke Solekanäle		
251-13	87-90			2					4	1							
Summe				39					49	5			4				
252-03	0-20			3					6							2	2
252-03	20-40								1							2	2
252-03	40-60			16					2							2	2
252-03	60-80			40					4							2	2
252-03	80-100			58					5						1 Nematodenfragment	2	2
252-03	100-120			93					27						30 Crustaceenfragmente	2	2
252-03	120-130			79					14							2	2
252-03	130-132			7					10			1				2	2
Summe				296					69			1					
253-03	0-20								2				1		Exuvie: Harpacticoida	1	2
253-03	20-40															1	2
253-03	40-60														1 Schwammkierl, Teil der Probe verloren	1	2
253-03	60-80														Teil der Probe verloren	1	2
253-03	80-100			5	9											1	2
253-03	100-120								4							1	2
253-03	120-130														1 Schwammkierl, Teil der Probe verloren	1	2
253-03	130-140								20						1 Exuvienfragment, Teil der Probe verloren	1	2
253-03	140-143								4						Teil der Probe verloren	1	2
Summe				28	9				30				1				
254-03	196-216			6					24							0	2
254-03	216-226								13	37					1 Epaket, 1 Ostracode	0	2
254-03	226-228			5					19	3						0	2
Summe				11					56	40							
255-03	0-20														Nadeln		
255-03	20-40														Nadeln		3

Tab. A2 (Fortsetzung): ARK IX/4: Abundanz verschiedener Organismen und Objekte in den Meeresproben des Barentsmeeres (Kerne 224 bis 233) und des Laptewmeeres (Kerne 238 bis 264), sowie Gehalt an Sediment und Algenflocken. Nicht bestimmbar Objekte siehe Kapitel 3.5. R.e. = Rotatorieneier, M.sch. = Muschelschalen, T.g. = Tintinnengehäuse, E.(A)/(N) = Exuvien adulter Copepoden bzw. von Nauplien, Ec. = Ectinosomatidae. Hal. = *Halectinosoma* sp. Sedimentvorkommen im Eis: 0 = keines, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = viel, schon mit bloßem Auge zu erkennen. x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nicht bestimmbar Objekte								Sonstige Objekte					Sonstige/ Bemerkungen	Sediment (0-3)	Algen (0-3)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	div	R.e	M.sch.	T.g.	E.(A)				E.(N)
255-03	40-60																	
255-03	60-82															1 Insekt, Nadeln		
255-03	82-102					9			35							Nadeln		
255-03	102-122					109			444									
255-03	122-132					856			135									
255-03	132-138					271			70									
255-03	138-141					170			37	51						1 Euglenophyceae		
Summe		0							721	51								
257-03	0-20					1			1								1	2
257-03	20-40															Nadeln		2
257-03	40-60								2							Nadeln		2
257-03	60-80		2			11			6	2								
257-03	80-100					14			3									
257-03	100-110					11			8									
257-03	110-117					12	4		9	19						Schwammskierl		
257-03	117-119					6			6	5			1			Teil der Probe verloren, Vol. =		
Summe		45	4			38			49	9			1			Mittelwerte aller 2 cm Segmente (n=30)		
258-23	202-222					11	1		13	1						1 Harpacticoida mit Epaket		
258-23	222-232									1			2			Exuvia: Harpacticoida		
258-23	232-234																	
Summe		11	1			13			2	2			2					
260-03	0-20									2						1 Insekt	0	2
260-03	20-40															rote Partikel	0	2
260-03	40-60															1 Ei, rote Flocken	0	2
260-03	60-80					4			3								0	2
260-03	80-100					6	9		8	10			1			1 Pollen	0	2
260-03	100-120					4	5		1	4			7				0	2
260-03	120-140								3	14			3				0	2
260-03	140-160					27	4			6			1			große pennate Diatomeen	0	2
260-03	160-180						3		39	2			3			große pennate Diatomeen	0	2
260-03	180-190					52			17	1				1		weiße Ec.	0	2
260-03	190-199					34			26					2			0	2
260-03	199-201					57			5	10			1			40 Flagellaten	0	2
Summe		180	24			13			87	42			36	5				
261-03	0-20																3	2
261-03	20-40																3	2
261-03	40-60					7				1							3	2
261-03	60-80															Öl auf der Probe	3	2
261-03	80-100					1				3							3	2
261-03	100-120																3	2
261-03	120-130																3	2
261-03	130-133															1 großer Dinoflagellat	3	2
Summe		1				7				205								
263-02	105-125					3	2		4	3								
263-02	125-135					9			4	25								
263-02	135-137					14				7								
Summe		26	2			8				35								
263-22	136-156					15			3	6			1			Crustaceenteile		
263-22	156-166					2				5						Epaket		
263-22	166-169					8												
Summe		25	3							11			1					
264-03	0-20									1								
264-03	20-40																	
264-03	40-60																	
264-03	60-80					5												
264-03	80-100									6								
264-03	100-120									1						1 Feder		
264-03	120-140					3			5									
264-03	140-160												1			Exuvia: Ec.		
264-03	160-180					1												
264-03	180-200					17			3									
264-03	200-220					10			3									
264-03	220-240					23			3					1		Exuvienteile		
264-03	240-250					1				1								
264-03	250-255																	
264-03	255-257									14						1 Epaket		
264-03	257-258									2								
Summe		55	14			5				25			7		1			

Tab. A3: ARK X/1: Volumen der Eiskern- und Soleproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom (Kerne 196 bis 204) und der Framstraße (Kerne 216 bis 221). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Taxon vorhanden, x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nema- toda/	Rotatoria /Abschnitt	Rola- toria/	Ciliata /Abschnitt	Cili- ata/	Acoela /Abschnitt	Acoe- ia/	Copepoda /Abschnitt	Cope- poda/	Nauplien /Abschnitt	Nau- plien/
196-02	0-20	1138												
196-02	20-40	1088												
196-02	40-60	1078												
196-02	60-80	1123												
196-02	80-100	1078												
196-02	100-120	1226												
196-02	120-140	1195												
196-02	140-160	1197												
196-02	160-180	1147												
196-02	180-200	1133											1	1
196-02	200-220	1019												
196-02	220-240	1054	2	2			4	4						
196-02	240-260	1039	63	61			90	87	38	37	1	1		
196-02	260-270	519	61	118	2	4	214	413	40	77	1	2		
196-02	270-272	83	3	36	15	181	247	2978	5	60	5	60		
Summe			129		17		555		83		7		1	
%			16		2		70		10		1			
196 (14./15.7.), Kultur			X				X		X		X			
197-02 269-289, Kultur			X				X		X		X			
197-03	0-20	632												
197-03	20-40	970												
197-03	40-60	1038												
197-03	60-80	1063												
197-03	80-100	870												
197-03	100-120	1042												
197-03	120-140	982					3	3						
197-03	140-160	1100					14	13						
197-03	160-179.5	650					1	2						
197-03	179.5-199.5	570												
197-03	199.5-219.5	910					38	42						
197-03	219.5-239.5	765					7	9						
197-03	239.5-259.5	617	1	2	1	2	65	105	1	2				
197-03	259.5-279.5	642	5	8	6	9	96	149			1	2	1	2
197-03	279.5-286.5	220					18	82			2	9		
197-03	286.5-288.5	86			2	23	226	2628			2	23	1	12
Summe			6		9		468		1		5		2	
%			1		2		95		0		1			
197 Soleprobe	ca. 12 l						4.0							
200-02	170-200	Kultur	X				X							
200-03	180-200	Kultur	X				X							
200-04	0-20	970					2	2						
200-04	20-40	1057					1	1						
200-04	40-60	1121												
200-04	60-80	1029												
200-04	80-100	1097					9	8						
200-04	100-120	1140					101	89						
200-04	120-140	1157					3	3						
200-04	140-160	1108					19	17						
200-04	160-180	1172	4	3			8	7			4	3		
200-04	180-200	1059	4	4			11	10						
200-04	200-210	908	35	39			72	78						
200-04	210-220	567	3	5	1	2	25	44						
200-04	220-222	69					24	348			3	43		
Summe			46		1		275		0		7			
%			14		0		84		0		2			
200-05	202-222	Kultur	X				X							
200-x		Kultur	X				X							
200 Soleprobe (Kultur), ca. 4 l							X							
201-01 276-296 (Kultur)			X				X		X		X			
202-02	0-20	1088												
202-02	20-40	1088												
202-02	40-60	1118												
202-02	60-80	1021					2	2						
202-02	80-100	1100									2	2		
202-02	100-120	1157					9	8			5	4		
202-02	120-140	1157	1	1			3	3						
202-02	140-160	1054					15	14						
202-02	160-180	1116	4	4			58	52						

Tab. A3 (Fortsetzung): Volumen der Eiskern- und Soleproben und Abundanz der Meiofauna in Eiskernen aus dem Ostgrönlandstrom (Kerne 196 bis 204) und der Framstraße (Kerne 216 bis 221). Kultur = Kerne, die für die Etablierung von Kulturen genommen wurden (nicht qualitativ ausgewertet). X = Taxon vorhanden, x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Eisprobe Vol. (ml)	Nematoda /Abschnitt	Nematoda /Abschnitt	Rotatoria /Abschnitt	Rotatoria /Abschnitt	Ciliata /Abschnitt	Ciliata /Abschnitt	Acoela /Abschnitt	Acoela /Abschnitt	Copepoda /Abschnitt	Copepoda /Abschnitt	Nauplien /Abschnitt	Nauplien /Abschnitt
202-02	180-200	1039	8	8			54	52						
202-02	200-220	1136	54	48			26	23						
202-02	220-240	1061	80	75	1	1	38	36						
202-02	240-250	577	187	324	17	29	487	844	3	5	1			
202-02	250-253	213			9	42	104	487	7	33	46	216		
Summe			334		27		796		10		54			
%			27		2		65		1		4			
202-03	244-254	Kultur	X				X		X		X			
204-02	225.5-245.5	1093	6	5			72	66	12	11				
204-02	245.5-255.5	543	42	77			194	357	38	70				
204-02	255.5-257.5	108	32	295			474	4375	24	222	2	18		
Summe			80				740		74		2			
%			9				83		8		0			
204-03	160-180	1128					26	23						
204-03	180-190	499					5	10						
204-03	190-192	127												
Summe							31							
%							100							
204-04	0-20	912					2	2						
204-04	20-40	1038												
204-04	40-60	1152												
204-04	60-80	1157												
204-04	80-100	1187												
204-04	100-120	1246												
204-04	120-140	1138												
204-04	140-160	1197												
204-04	160-180	1271												
204-04	180-200	1275												
204-04	200-220	1254												
204-04	220-240	1216												
204-04	240-260	1218	1	1										
204-04	260-270	591	11	19			5	10	3	6			1	2
204-04	270-279	519	45	87										
204-04	279-281	136	13	96			55	404	17	125	9	66		
Summe			70				62		20		9		1	
%			43				38		12		6		1	
204-05	256-276	1167	23	20			1	1	2	2	1	1		
204-05	276-284	835	75	90					9	11	4	5		
204-05	284-286	95	13	137					4	42	4	42		
Summe			111				1		15		9			
%			82				1		11		7			
204-06	265.5-285.5	1157	15	13										
204-06	285.5-295.5	577	28	49					8	14				
204-06	295.5-297.5	415	9	22					20	48	3	7		
Summe			52						28		3			
%			63						34		4			
204-07	305-325	1164	6	5					1	1				
204-07	325-335	558	18	32					17	30	2	4		
204-07	335-337	110	7	64					16	145	1	9		
Summe			31						34		3			
%			46						50		4			
204-08	218-238	1167	20	17					14	12				
204-08	238-248	558	31	56	1	2	8	14	7	13	4	7		
204-08	248-250	96	1	10					2	21	3	31		
Summe			52		1		8		23		7			
%			57		1		9		25		8			
216-02	0-20	960												
216-02	20-40	1136												
216-02	40-60	1152												
216-02	60-80	1246												
216-02	80-100	1246					5	4						
216-02	100-120	1130					16	14	2	2				
216-02	120-140	1108	32	29			12	11	3	3				
216-02	140-160	1226	70	57			23	19	27	22				
216-02	160-180	1254	18	14			9	7	7	6				
216-02	180-200	1206	28	23	4	3	53	44	19	16				
216-02	200-204.5	254	4	16	6	24	113	445	9	35	2	8		
216-02	204.5-206.5	115	1	9			157	1367	5	44	2	17		

Tab. A4 (Fortsetzung): Abundanz verschiedener Organismen und Objekte in den Meereisproben des Ostgrönlandstroms (Kerne 195/96 bis 204) und der Framstraße (Kerne 216 bis 221), sowie Gehalt an Sediment und Algenflocken. Nicht bestimmbar Objekte siehe Kapitel 3.5. R.e. = Rotatorienier, M.sch. = Muschelschalen, T.g. = Tintinnengehäuse, Foram = Foraminiferen, E.(A)/(N) = Exuvien adulter Copepoden bzw. von Nauplien, Ec. = Ectinosomatidae, Hal. = *Halectinosoma* sp. Sedimentvorkommen im Eis: 0 = keines, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = viel, schon mit bloßem Auge zu erkennen. x = keine Kernnummer.

Kern Nr.	Abschnitt (cm)	Nicht bestimmte Objekte								Sonstige Objekte					Sonstige/ Bemerkungen	Sediment (0-3)	Algen (0-3)			
		1	2	3	4	5	6	7	8	div.	R.e.	M.sch.	T.g.	Foram				E.(A)	E.(N)	
Summe		0	19	3	0	0	0	0	0	81						75				
204-03	160-180									15								0	0-1	
204-03	180-190									4								0	0-1	
204-03	190-192									4								0	0	
Summe										4	0	19								
204-04	0-20									1				1			1 toter Nematode+ 1 toter Harpacticoida	0	0-1	
204-04	20-40									3								0	0-1	
204-04	40-60									15								0	0	
204-04	60-80									2	1							0	0	
204-04	80-100									4								0	0	
204-04	100-120									2								0	0	
204-04	120-140									3				1				0	0	
204-04	140-160									7				11			Exuvienteil	0	0-1	
204-04	160-180									5				5			Exuvienteil	0	0	
204-04	180-200									6	2			4			2 Exuvientile (Harpacticoide)	0	0	
204-04	200-220									2				10			2 Exuvientile (Harpacticoide)	0	0	
204-04	220-240									4				1			3 Exuvientile (Harpacticoide)	0	0	
204-04	240-260									26				27			Exuvienteil	0	0	
204-04	260-270									12				12			1 toter Nematode, 12 Exuvientile	0	0	
204-04	270-279									3				51			1 toter Nematode, 1 Amphipoden-Exuvie,*	0	0	
204-04	279-281									1				15			1 toter Nauplius, 7 Exuvientile	0	0	
Summe										13	25	9	0	59	0	0	0	7	163	*270-279 cm: + 20 Exuvientile
204-05	256-276									1				8			7 Exuvientile	0	1	
204-05	276-284									2				18				0	2	
204-05	284-286									12				5			16 Exuvientile	0	1	
Summe										3	0	0	38	5	144					
204-06	285.5-285.5									2				5			1 Ec.-Exuvienteil	0	1	
204-06	285.5-295.5									5				7			1 Exuvienteil	0	1	
204-06	295.5-297.5									12				25			4 Exuvientile	0	0-1	
Summe										2	5	21		5	92					
204-07	305-325									4				41			4 Exuvientile	0	1	
204-07	325-335									28				26				0	1	
204-07	335-337									20				5			11 tote Ectinosomatidae+ 6 Exuvientile	0	1	
Summe										52				2	72					
204-08	218-238									35				17				0	1	
204-08	238-248									218				2			2 tote Ectinosomatidae	0	1	
204-08	248-250									27				1	1		2 tote Ectinosomatidae	0	1	
Summe										280				1	56					
216-02	0-20									4							1 Schwammklerit	0-1	3	
216-02	20-40									1	1			4				0	2	
216-02	40-60									2				3				0	1	
216-02	60-80									3				23				0	1	
216-02	80-100									1	3			14				0	0-1	
216-02	100-120									2				14			große Solekanäle	0	0-1	
216-02	120-140									46				1	1		4 tote Harpacticoida, zentr. Diatomeen	0	1	
216-02	140-160									1231				14				0	3	
216-02	160-180									88								0	2	
216-02	180-200									34								0	2	
216-02	200-204.5									22							1 Exuvienteil	0	2	
216-02	204.5-206.5									10								0	2	
Summe										2	6	0	1481	8	2	16				
216-3/4	untere 20 cm																Kultur			
216-5/8	untere 20 cm																Kultur			
216-11	untere 20 cm																Kultur			
216-12	untere 20 cm																Kultur			
217-02	307-310																Kultur			
218-02	244-254									126	1			3	4		1 toter Ectinosomatidae	0	2	
Summe										126	1			3	4					
218-04	234-254																Kultur			
218-05	234-254																Kultur			
218-08	234-254																Kultur			
218-09	234-254																Kultur			
218-10	234-254																Kultur			
218-11	234-254																Kultur			
218-13	untere 10 cm																Tümpelkern-Kultur			
220-07	326-346									183	26			9	1		1 toter Copepode, 2 tote Ectinosomatidae	0	2-3	
Summe										183	26			9	1					
220-09	326-346																Kultur			
220-10	326-346																Kultur			
220-11	326-346																Kultur			
221-x	untere 10 cm																Kultur/Videoaufnahmen des Eiskerns			

Tab. A5: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, Minimum, Maximum und Anzahl (n) der vermessenen Größen und berechneten Feuchtgewichte (FG), Trockengewichte (TG) und Kohlenstoffgehalte (C) der Nematoden aus dem Laptevmeer (Stationen 263 und 264) und der Grönlandsee (Stationen 196 bis 220).

Kern Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)
AR94263-22 Nematoden pro Kern gesamt: 4					
Mittelwert	1955	49	3.80	0.86	0.3421
SD	421	5	1.43	0.32	0.1291
Median	2039	49	3.83	0.86	0.3447
Minimum	1370	43	2.02	0.46	0.1821
Maximum	2370	54	5.52	1.24	0.4968
n	4	4	4	4	4
AR94264-03 Nematoden pro Kern gesamt: 32					
Mittelwert	2611	50	5.55	1.25	0.4999
SD	431	9	2.15	0.48	0.1937
Median	2691	50	5.54	1.25	0.4984
Minimum	1159	30	0.83	0.19	0.0750
Maximum	3288	66	9.80	2.20	0.8818
n	24	24	24	24	24
Nematoda Biomasse Station AR94263 und AR94264 gesamt:					
Mittelwert	2517	50	5.3041	1.1934	0.4774
SD	482	9	2.1364	0.4807	0.1923
Median	2661	50	5.5100	1.2397	0.4959
Minimum	1159	30	0.8332	0.1875	0.0750
Maximum	3288	66	9.7979	2.2045	0.8818
n	28	28	28	28	28
Nematoda Biomasse Station AR101195/96 bis 220 gesamt:					
Mittelwert	1821	32	1.55	0.35	0.1398
SD	327	5	0.65	0.15	0.0585
Median	1844	32	1.44	0.32	0.1296
Minimum	606	21	0.28	0.06	0.0251
Maximum	3285	63	5.92	1.33	0.5330
n	574	574	574	574	574
AR101196-02 Nematoden pro Kern gesamt: 129					
Mittelwert	2804	33	2.44	0.55	0.2198
SD	39	1	0.24	0.05	0.0219
Median	2804	33	2.44	0.55	0.2198
Minimum	2776	32	2.27	0.51	0.2043
Maximum	2831	34	2.61	0.59	0.2353
n	2	2	2	2	2
AR101202-02 Nematoden pro Kern gesamt: 334					
Mittelwert	1775	33	1.66	0.37	0.1498
SD	369	6	0.81	0.18	0.0726
Median	1755	33	1.49	0.34	0.1344
Minimum	1023	22	0.40	0.09	0.0358
Maximum	3285	49	3.87	0.87	0.3487
n	175	175	175	175	175
AR101204-04 Nematoden pro Kern gesamt: 70					
Mittelwert	1934	38	2.22	0.50	0.1997
SD	235	2	0.51	0.12	0.0461
Median	2047	39	2.49	0.56	0.2238
Minimum	1664	35	1.63	0.37	0.1465
Maximum	2091	39	2.54	0.57	0.2286
n	3	3	3	3	3
AR101204-05 Nematoden pro Kern gesamt: 111					
Mittelwert	1701	30	1.26	0.28	0.1130
SD	309	4	0.44	0.10	0.0398
Median	1697	30	1.22	0.28	0.1101
Minimum	606	21	0.28	0.06	0.0251
Maximum	2860	41	2.61	0.59	0.2347
n	105	105	105	105	105
AR101204-06 Nematoden pro Kern gesamt: 5					
Mittelwert	1733	32	1.50	0.34	0.1350
SD	260	6	0.78	0.18	0.0701
Median	1742	32	1.37	0.31	0.1232
Minimum	1035	24	0.59	0.13	0.0529
Maximum	2344	63	5.92	1.33	0.5330
n	49	49	49	49	49
AR101204-07 Nematoden pro Kern gesamt: 31					
Mittelwert	1888	32	1.63	0.37	0.1464
SD	244	4	0.55	0.12	0.0491
Median	1927	32	1.51	0.34	0.1360
Minimum	1193	24	0.96	0.22	0.0866
Maximum	2239	41	2.98	0.67	0.2685
n	31	31	31	31	31
AR101204-08 Nematoden pro Kern gesamt: 52					
Mittelwert	1788	32	1.48	0.33	0.1332
SD	298	5	0.60	0.13	0.0539
Median	1848	31	1.45	0.33	0.1302
Minimum	892	22	0.34	0.08	0.0310
Maximum	2393	45	3.70	0.83	0.3331
n	46	46	46	46	46
AR101216-02 Nematoden pro Kern gesamt: 153					
Mittelwert	1952	32	1.62	0.36	0.1458
SD	249	4	0.48	0.11	0.0431
Median	1947	32	1.60	0.36	0.1439
Minimum	918	22	0.42	0.10	0.0380
Maximum	3074	44	4.75	1.07	0.4278
n	147	147	147	147	147
AR101218-02 Nematoden pro Kern gesamt: 15					
Mittelwert	2027	33	1.74	0.39	0.1567
SD	334	3	0.48	0.11	0.0432
Median	2019	32	1.54	0.35	0.1389
Minimum	1638	27	1.02	0.23	0.0920
Maximum	2971	39	2.48	0.56	0.2233
n	15	15	15	15	15
AR101220-07 Nematoden pro Kern gesamt: 1					
Mittelwert	1324	24	0.61	0.14	0.0548
SD					
Median	1324	24	0.61	0.14	0.0548
Minimum	1324	24	0.61	0.14	0.0548
Maximum	1324	24	0.61	0.14	0.0548
n	1	1	1	1	1

Tab. A6: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, Minimum, Maximum und Anzahl (n) der vermessenen Größen und berechneten Feuchtgewichte (FG), Trockengewichte (TG) und Kohlenstoffgehalte (C) der acoelen Turbellarien aus der Grönlandsee.

Kern Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)	Kern Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)
AR101195/96-02	Acoela pro Kern gesamt: 83					AR101204-08	Acoela pro Kern gesamt: 23				
Mittelwert	413	187	14.03	3.16	1.2628	Mittelwert	315.65	183.13	11.60	2.61	1.0439
SD	297	87	14.90	3.35	1.3412	SD	163.69	93.37	24.64	5.54	2.2175
Median	371	184	12.16	2.74	1.0948	Median	273.00	165.00	4.69	1.05	0.4218
Minimum	114	106	0.80	0.18	0.0716	Minimum	113.00	88.00	0.54	0.12	0.0489
Maximum	798	272	31.00	6.97	2.7898	Maximum	657.00	542.00	119.95	26.99	10.7956
n	4	4	4	4	4	n	23	23	23	23	23
AR101202-02	Acoela pro Kern gesamt: 10					AR101216-02	Acoela pro Kern gesamt: 72				
Mittelwert	614	252	34.22	7.70	3.0796	Mittelwert	310.25	165.25	9.16	2.06	0.8242
SD	289	105	36.54	8.22	3.2886	SD	193.34	81.11	14.59	3.28	1.3129
Median	570	240	15.29	3.44	1.3757	Median	226.50	136.00	2.61	0.59	0.2347
Minimum	217	122	2.01	0.45	0.1807	Minimum	55.00	46.00	0.07	0.02	0.0065
Maximum	944	438	103.13	23.21	9.2821	Maximum	962.00	500.00	83.59	18.81	7.5233
n	7	7	7	7	7	n	72	72	72	72	72
AR101204-05	Acoela pro Kern gesamt: 15					AR101218-02	Acoela pro Kern gesamt: 11				
Mittelwert	498	249	24.04	5.41	2.1637	Mittelwert	335.73	184.91	8.66	1.95	0.7792
SD	213	100	20.00	4.50	1.7996	SD	122.22	52.12	6.85	1.54	0.6166
Median	478	245	18.60	4.18	1.6737	Median	307.00	170.00	5.33	1.20	0.4801
Minimum	199	100	2.50	0.56	0.2254	Minimum	155.00	114.00	1.25	0.28	0.1127
Maximum	974	412	58.10	13.07	5.2292	Maximum	609.00	264.00	22.17	4.99	1.9949
n	14	14	14	14	14	n	11	11	11	11	11
AR101204-06	Acoela pro Kern gesamt: 28					AR101220-07	Acoela pro Kern gesamt: 3				
Mittelwert	419.04	190.43	12.54	2.82	1.1285	Mittelwert	130.67	67.33	0.40	0.09	0.0359
SD	274.12	66.86	11.80	2.66	1.0621	SD	46.97	10.26	0.24	0.05	0.0216
Median	315.00	201.00	6.75	1.52	0.6078	Median	123.00	70.00	0.37	0.08	0.0337
Minimum	150.00	102.00	1.20	0.27	0.1082	Minimum	88.00	56.00	0.17	0.04	0.0154
Maximum	1098.00	338.00	37.68	8.48	3.3912	Maximum	181.00	76.00	0.65	0.15	0.0585
n	28	28	28	28	28	n	3	3	3	3	3
AR101204-07	Acoela pro Kern gesamt: 34					Acoela Biomasse Station AR101195/96 bis 220 gesamt:					
Mittelwert	369.35	187.15	10.68	2.40	0.9611	Mittelwert	362	183.85	12.09	2.72	1.0878
SD	239.82	70.18	11.65	2.62	1.0481	SD	225	83.12	17.21	3.87	1.5485
Median	264.50	156.50	4.80	1.08	0.4320	Median	272	158.50	4.35	0.98	0.3918
Minimum	123.00	59.00	0.27	0.06	0.0239	Minimum	55	46.00	0.07	0.02	0.0065
Maximum	1257.00	434.00	51.98	11.69	4.6778	Maximum	1257	542.00	119.95	26.99	10.7956
n	34	34	34	34	34	n	196	196	196	196	196

Tab. A7: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, Minimum, Maximum und Anzahl (n) der vermessenen Größen und berechneten Feuchtgewichte (FG), Trockengewichte (TG) und Kohlenstoffgehalte (C) der Copepoden der Reisen ARK IX/4 und ARK X/1 nach Taxa und Stadien getrennt.

ARK IX/4	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)	ARK X/1	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)
Cyclopoda/Poecilostomatoida						Cyclopoda/Poecilostomatoida					
Mittelwert	345	113	2.08	0.47	0.1875	Mittelwert	505	148	5.16	1.16	0.4645
Median	320	112	1.47	0.33	0.1320	Median	505	150	5.15	1.16	0.4638
Standardabweichung	102	25	1.28	0.29	0.1148	Standardabweichung	84	26	2.05	0.46	0.1844
Minimum	208	71	1.02	0.23	0.0921	Minimum	333	86	1.11	0.25	0.1002
Maximum	553	154	4.97	1.12	0.4472	Maximum	621	211	11.67	2.63	1.0504
n	9	9	9	9	9	n	34	34	34	34	34
Halectinosa sp. Weibchen						Halectinosa sp.					
Mittelwert	840	161	14.43	3.25	1.2984	Mittelwert	708	155	12.05	2.71	1.0842
Median	819	161	13.34	3.00	1.2008	Median	719	131	7.81	1.76	0.7027
Standardabweichung	100	26	5.87	1.32	0.5280	Standardabweichung	65	53	9.21	2.07	0.8291
Minimum	655	107	6.02	1.35	0.5418	Minimum	638	119	5.72	1.29	0.5145
Maximum	1053	215	29.39	6.61	2.6447	Maximum	766	216	22.62	5.09	2.0354
n	46	46	46	46	46	n	3	3	3	3	3
Halectinosa sp. Männchen						Halectinosa sp. Weibchen					
Mittelwert	645	127	6.94	1.56	0.6248	Mittelwert	744	144	10.32	2.32	0.9288
Median	634	128	6.42	1.44	0.5776	Median	747	142	9.52	2.14	0.8568
Standardabweichung	84	23	2.94	0.66	0.2650	Standardabweichung	110	25	4.73	1.06	0.4257
Minimum	443	67	1.26	0.28	0.1133	Minimum	593	107	4.32	0.97	0.3886
Maximum	885	169	13.95	3.14	1.2557	Maximum	947	205	22.82	5.13	2.0535
n	44	44	44	44	44	n	30	30	30	30	30
Halectinosa sp. CV						Halectinosa sp. Männchen					
Mittelwert	691	145	9.92	2.23	0.8924	Mittelwert	664	123	6.50	1.46	0.5848
Median	745	155	11.32	2.55	1.0188	Median	674	124	6.01	1.35	0.5412
Standardabweichung	178	26	5.16	1.16	0.4645	Standardabweichung	45	14	1.67	0.38	0.1504
Minimum	493	116	4.20	0.94	0.3778	Minimum	580	93	3.94	0.89	0.3542
Maximum	836	164	14.23	3.20	1.2806	Maximum	745	147	10.05	2.26	0.9047
n	3	3	3	3	3	n	17	17	17	17	17
Halectinosa sp. CIV						Halectinosa sp. CV					
Mittelwert	545	108	4.15	0.93	0.3734	Mittelwert	651	132	7.41	1.67	0.6673
Median	500	118	4.35	0.98	0.3911	Median	638	128	6.34	1.43	0.5710
Standardabweichung	105	21	1.83	0.41	0.1843	Standardabweichung	65	20	2.86	0.64	0.2577
Minimum	469	84	2.23	0.50	0.2009	Minimum	552	89	3.65	0.82	0.3284
Maximum	666	121	5.87	1.32	0.5281	Maximum	790	185	14.68	3.30	1.3215
n	3	3	3	3	3	n	31	31	31	31	31
Tisbe furcata Männchen						Halectinosa sp. CIV					
Mittelwert	751	249	21.42	4.82	1.9282	Mittelwert	505	115	4.22	0.95	0.3797
Median	781	261	23.94	5.39	2.1543	Median	505	115	4.22	0.95	0.3797
Standardabweichung	129	34	6.66	1.50	0.5996	Standardabweichung	22	3	0.02	0.01	0.0022
Minimum	594	199	12.93	2.91	1.1637	Minimum	489	113	4.20	0.95	0.3782
Maximum	927	285	27.46	6.18	2.4714	Maximum	520	117	4.24	0.95	0.3812
n	6	6	6	6	6	n	2	2	2	2	2
Tisbe furcata CV						Tisbe furcata Copepodite					
Mittelwert	658	159	8.45	1.90	0.7602	Mittelwert	552	134	4.69	1.06	0.4222
Median	700	171	9.23	2.08	0.8307	Median	536	131	4.07	0.92	0.3666
Standardabweichung	157	41	5.26	1.18	0.4731	Standardabweichung	90	17	2.08	0.47	0.1869
Minimum	484	114	2.84	0.64	0.2559	Minimum	477	117	2.98	0.67	0.2678
Maximum	790	193	13.27	2.99	1.1941	Maximum	721	164	8.77	1.97	0.7889
n	3	3	3	3	3	n	6	6	6	6	6
Tisbe furcata CIV						ARK X/1:					
Mittelwert	624	163	7.78	1.75	0.7005	Harpacticoida (gesamt)					
Median	644	160	7.05	1.59	0.6342	Median: 0.5561					
Standardabweichung	58	27	3.17	0.71	0.2850						
Minimum	500	121	3.93	0.89	0.3540						
Maximum	708	240	17.76	4.00	1.5980						
n	21	21	21	21	21						
Tisbe furcata CIII						ARK IX/4:					
Mittelwert	527	141	4.94	1.11	0.4448	Halectinosa sp. (gesamt)					
Median	532	138	4.58	1.03	0.4125	Median: 0.7982					
Standardabweichung	66	22	1.93	0.43	0.1735	Harpacticoida (gesamt)					
Minimum	254	104	1.29	0.29	0.1161	Median: 0.6059					
Maximum	663	215	11.89	2.67	1.0700						
n	69	69	69	69	69						
Tisbe furcata CII											
Mittelwert	447	136	3.86	0.87	0.3477						
Median	452	132	3.52	0.79	0.3171						
Standardabweichung	51	20	1.52	0.34	0.1364						
Minimum	175	105	1.12	0.25	0.1008						
Maximum	574	261	14.41	3.24	1.2969						
n	101	101	101	101	101						
Tisbe furcata CI											
Mittelwert	358	119	2.52	0.57	0.2271						
Median	353	114	2.19	0.49	0.1967						
Standardabweichung	57	34	2.19	0.49	0.1970						
Minimum	175	85	0.98	0.22	0.0884						
Maximum	468	317	16.03	3.61	1.4430						
n	49	49	49	49	49						

Tab. A8: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, Minimum, Maximum und Anzahl (n) der vermessenen Größen und berechneten Feuchtgewichte (FG), Trockengewichte (TG) und Kohlenstoffgehalte (C) der Nauplien aus dem Laptewmeer (Stationen 240 bis 264) und aus der Grönlandsee (Stationen 197 bis 204).

Kern Nr.	Länge (µm)	Breite (µm)	FG (µg)	TG (µg)	C (µg)
AR94240-03	Nauplien pro Kern gesamt: 13				
Mittelwert	153	91	0.49	0.11	0.0444
Median	157	103	0.59	0.13	0.0529
Standardabweichung	32	24	0.25	0.06	0.0226
Minimum	90	55	0.10	0.02	0.0087
Maximum	190	118	0.91	0.21	0.0822
n	9	9	9	9	9
AR94243-03/04	Nauplien pro Kern gesamt: 110				
Mittelwert	183	120	1.15	0.26	0.1032
Median	196	123	1.02	0.23	0.0914
Standardabweichung	51	40	0.87	0.20	0.0781
Minimum	60	36	0.03	0.01	0.0026
Maximum	260	223	3.56	0.80	0.3206
n	15	15	15	15	15
AR94250-04	Nauplien pro Kern gesamt: 71				
Mittelwert	191	112	0.98	0.22	0.0881
Median	189	125	1.04	0.23	0.0936
Standardabweichung	23	40	0.70	0.16	0.0629
Minimum	150	40	0.11	0.02	0.0099
Maximum	250	233	3.97	0.89	0.3571
n	36	36	36	36	36
AR94263-22	Nauplien pro Kern gesamt: 31				
Mittelwert	117	77	0.25	0.06	0.0229
Median	118	77	0.24	0.05	0.0213
Standardabweichung	17	15	0.10	0.02	0.0088
Minimum	77	44	0.07	0.02	0.0065
Maximum	165	107	0.49	0.11	0.0445
n	30	30	30	30	30
AR94264-03	Nauplien pro Kern gesamt: 426				
Mittelwert	122	73	0.25	0.06	0.0222
Median	120	72	0.23	0.05	0.0203
Standardabweichung	19	12	0.14	0.03	0.0129
Minimum	81	43	0.07	0.02	0.0064
Maximum	203	125	1.10	0.25	0.0987
n	224	224	224	224	224
AR101197-03	Nauplien pro Kern gesamt: 2				
Mittelwert	180	89	0.52	0.12	0.0461
Median	180	89	0.52	0.12	0.0461
Standardabweichung	16	6	0.02	0.01	0.0019
Minimum	169	85	0.50	0.11	0.0447
Maximum	191	93	0.53	0.12	0.0474
n	2	2	2	2	2
AR101204-04	Nauplien pro Kern gesamt: 1				
Mittelwert	267	129	1.60	0.36	0.1440
Median	267	129	1.60	0.36	0.1440
Standardabweichung					
Minimum					
Maximum					
n	1	1	1	1	1

Nauplien Biomasse Station AR94240 bis AR101204 gesamt:

Mittelwert	134	81	0.39	0.09	0.0347
Median	124	73	0.24	0.05	0.0217
Standardabweichung	34	25	0.44	0.10	0.0395
Minimum	60	36	0.03	0.01	0.0026
Maximum	267	233	3.97	0.89	0.3571
n	317	317	317	317	317

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- * **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“, Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“, zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS 'Meteor'“, First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge zusammengestellt von Norbert Klages
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes 'Meteor'“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“, Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- * **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982“, by G. Hempel and R. B. Heywood
- * **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen 'Eiswarte')“, zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS 'Polarsirke' (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“, by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- * **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“, by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982 zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS 'John Biscoe', February 1982 (II)“, Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS 'Polarstern'“, Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundsleppnetzfüge und Liste der Probennahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- * **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS 'Polarbjörn' 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS 'Polarstern' (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“, zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS 'Polarstern' 1982/83“, herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.-16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV 'Walther Herwig' and RV 'Meteor'“ – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“, by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der 'Polarstern'-Reise ARKTIS I, 1983“, von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS 'Polarstern' 1983/84“, Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS 'Polarstern' 1983/84“, Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS 'Polarstern' 1984, mit Beiträgen des FS 'Valdivia' und des Forschungsflugzeuges 'Falcon 20' zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“, von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton samples from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982“, by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski