

**Das Mesozooplankton im Laptevmeer und  
östlichen Nansen-Becken - Verteilung und  
Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer**

**Mesozooplankton of the Laptev Sea and the  
adjacent eastern Nansen Basin - distribution  
and community structure in late summer**

---

**Hinrich Hanssen**

**Ber. Polarforsch. 229 (1997)  
ISSN 0176 - 5027**

Hinrich Hanssen  
Institut für Polarökologie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Wischhofstr. 1-3, Gebäude 12  
24148 Kiel

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte  
Fassung einer Dissertation, die im November 1996 der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt wurde

## **Danksagung**

Mein erster Dank gilt meinem Doktorvater Professor G. Hempel für die Betreuung der Arbeit und die konstruktive Kritik am Manuskript. Der Projektleiter Professor M. Spindler ermöglichte mir die Teilnahme an der POLARSTERN-Expedition in das Laptevmeer und die Feldstudie auf Spitzbergen. Allen Projektteilnehmern möchte ich für die Unterstützung während der Arbeit danken. Besonders danke ich Dr. S. Kwasniewski, mit dem ich die Felduntersuchungen auf Spitzbergen durchführen konnte und der bei der Aufarbeitung der Proben von "Ivan Kireyev" half.

Dr. K. Knickmeier und Dr. K. N. Kosobokova danke ich für die Überlassung von Probenmaterial bzw. Daten. Dem GEOMAR, insbesondere Dr. H. Kassens danke ich für die Organisation und Durchführung der Expedition TRANSDRIFT I im Rahmen des BMBF-Projektes System Laptev-See (BMBF-Projekt FZK 525 4003 OG 0517). Die Durchführung der Kohlenstoffmessungen und Freßexperimente wäre ohne die logistische Unterstützung durch Dr. H.-J. Hirche und Dr. C. Metz vom Alfred-Wegener-Institut nicht möglich gewesen.

Dr. U. Schauer und Dr. B. Rudels bin ich für die Darstellungen der hydrographischen Situation im Laptevmeer und dem Nansen-Becken zu Dank verpflichtet. Dr. F. Pages danke ich für die Einführung in die Taxonomie der Hydromedusen.

Für die schnelle Durchsicht des Manuskripts und die vielen sehr hilfreichen Hinweise möchte ich Dr. W. Hagen danken.

Dem Kapitän H. Jonas und der Besatzung von FS POLARSTERN, der Mannschaft und den Wissenschaftlern von IVAN KIREYEV sowie dem Stationsleiter der Koldewey-Station R. Lilischkis danke ich für die Unterstützung und Kollegialität während der Felduntersuchungen.

Allen Kollegen aus dem Institut für Polarökologie sei für die anregenden Gespräche und aufmunternden Worte gedankt.

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert (BMBF-Projekt 03 PL 009 A9).



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	III
<b>Summary</b> .....	VI
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Ökologische Sonderstellung der arktischen Randmeere.....	1
1.2 Stand der Forschung.....	1
1.3 Fragestellung.....	3
<b>2 Untersuchungsgebiet</b> .....	5
2.1 Laptevmeer.....	5
2.1.1 Topographie.....	5
2.1.2 Hydrographie.....	6
2.1.3 Eisbedeckung.....	10
2.2 Kongsfjord (Spitzbergen).....	10
<b>3 Material und Methoden</b> .....	12
3.1 Probennahmestationen.....	12
3.2 Bearbeitung der Netzfänge.....	15
3.2.1 Probennahme.....	15
3.2.2 Zooplanktonbestimmung.....	16
3.2.3 Biomassebestimmung.....	23
3.2.4 Tagesperiodische Vertikalwanderungen.....	25
3.3 Beschreibung der Zooplanktongemeinschaften.....	25
3.3.1 Berechnung der Distanzmatrix.....	26
3.3.2 Darstellungsverfahren.....	26
3.3.3 Beschreibung der Stationsgruppen.....	27
3.4 Freßbraten von <i>Pseudocalanus</i> spp.....	29
<b>4 Ergebnisse</b> .....	32
4.1 Zusammensetzung und Verteilung des Mesozooplanktons im Laptevmeer..	32
4.1.1 Individuenzahlen und Bestandsdichte.....	32
4.1.2 Biomasse.....	36
4.1.3 Planktongemeinschaften.....	50
4.1.4 Verteilungsmuster und Populationsstruktur einzelner Arten.....	58
Häufige Arten.....	58
Großwüchsige Arten.....	74
Andere Taxa.....	89
4.2 Freßexperimente an <i>Pseudocalanus</i> spp.....	95
<b>5 Diskussion</b> .....	98
5.1 Methodenkritik.....	98
5.2 Abundanz.....	101
5.3 Biomasse.....	104
5.4 Vertikalverteilung.....	111
5.5 Zooplanktongemeinschaften.....	115
5.6 Freßexperimente an <i>Pseudocalanus</i> spp.....	122
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	126
<b>Anhang</b>	

---

## Zusammenfassung

Auf einer deutsch-russischen Expedition mit den Forschungsschiffen IVAN KIREYEV und POLARSTERN im August/September 1993 konnte erstmals eine umfassende Bestandsaufnahme des Mesozooplanktons im Laptevmeer und dem angrenzenden östlichen Nansen-Becken durchgeführt werden. Auf vier Nord-Süd-Transekten wurden Planktonproben mit einem Multinetz (Maschenweite: 150  $\mu\text{m}$  im Nansen-Becken und 300  $\mu\text{m}$  im Laptevmeer) aus 1.500 m Tiefe bis zur Oberfläche in fünf Tiefenstufen genommen. Die Abundanz des Mesozooplanktons wurde festgestellt und die Biomasse anhand von Länge-Masse-Beziehungen und Durchschnittsmassen berechnet. Die Gemeinschaftsstruktur des Zooplanktons wurde in einer multivariaten Clusteranalyse untersucht.

Im Rahmen einer Felduntersuchung im Kongsfjord auf Spitzbergen von Mai bis September 1994 konnten zur genaueren Biomassebestimmung der im arktischen Zooplankton häufigen kleinen Copepoden (*Oithona* spp., *Pseudocalanus* spp. und *Microcalanus* spp.) Kohlenstoffmessungen an einzelnen Individuen durchgeführt werden. Außerdem wurde die Freßleistung von *Pseudocalanus acuspes* Weibchen und *P. minutus* CIV-V aus dem Kongsfjord und dem Laptevmeer bei verschiedenen Nahrungskonzentrationen (*Thalassiosira antarctica*, 1-380  $\mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$ ) im Sommer und Herbst untersucht.

### Abundanz und Biomasse

Die Gesamtabundanz und Biomasse des Mesozooplanktons im Laptevmeer war mit 2.000-31.000 Ind. $\cdot\text{m}^{-2}$  und 0,1-1,5  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  etwas niedriger als in der Oberflächenschicht des östlichen Nansen-Beckens (21.000-125.000 Ind. $\cdot\text{m}^{-2}$  und 1-2  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Die Unterschiede in den in beiden Seegebieten verwendeten Maschenweiten wirkte sich vermutlich vor allem auf die Individuenzahlen aus, dagegen kaum auf die Biomasse. Es kann angenommen werden, daß die tatsächlichen Individuenzahlen im Laptevmeer mindestens so hoch waren wie im Oberflächenplankton des Nansen-Beckens. Im Laptevmeer war die Zooplanktondichte (350-5.000 Ind. $\cdot\text{m}^{-3}$ ) etwa so hoch wie in Schelfmeeren gemäßigter Breiten.

Die Biomasse des Oberflächenplanktons im östlichen Nansen-Becken stimmte mit Werten von ca. 1-2  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  aus anderen Teilen der zentralen Arktis überein und erwies sich somit in den Tiefseebecken der Arktis als einheitlich. Die arktischen Tiefseebecken sind nicht, wie früher vermutet, durch eine au-

## Zusammenfassung

---

Berordentlich geringe Planktonmenge gekennzeichnet. Die produktiven Eisrandzonen im Nansen-Becken zeichneten sich durch besonders hohe Individuendichten bis zu  $8.500 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$  aus.

Die höchsten Biomassekonzentrationen im Nansen-Becken von bis zu  $6,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$  wurden stets in den oberen 50 m erreicht. Die Vertikalverteilung der Zooplanktonbiomasse in den oberen Schichten war unterschiedlich und wurde durch die Populationsstruktur der dominanten Arten *Calanus* spp. und *Metridia longa* bestimmt, die ontogenetische Vertikalwanderungen durchführen. *M. longa* überdeckt das Verteilungsmuster zusätzlich durch tagesrhythmische Vertikalwanderungen.

Im Laptevmeer wurde die Verteilung des Zooplanktons wesentlich durch den Süßwassereinstrom geprägt. Die Zooplanktonbestände waren im Bereich des Flußwasserausstroms deutlich dezimiert. Dies ließ sich sowohl anhand des regionalen Abundanzminimums im Bereich des Lena-Ausstroms feststellen, als auch durch besonders niedrige Individuenzahlen in der warmen, salzarmen Oberflächenschicht.

## Zusammensetzung des Zooplanktons

In Übereinstimmung mit Untersuchungen aus anderen Teilen der arktischen Tiefseebecken entspricht die vertikale Zonierung der Planktongemeinschaften auch im östlichen Nansen-Becken der Schichtung der Wassermassen. *Oithona similis* und die herbivoren Calanoida charakterisieren das Plankton des Polaren Oberflächenwassers, während die tieferen Wasserschichten von omni- und carnivoren Arten dominiert werden. Die Halokline bildet auch zoologisch einen Übergang zwischen der Oberflächenschicht und den tieferen Wassermassen.

Die Verdriftung atlantischen Planktons in den Arktischen Ozean ist im östlichen Nansen-Becken noch deutlich an dem hohen Anteil der atlantischen Art *Calanus finmarchicus* am Gesamtbestand von *C. finmarchicus/glacialis* CIV-VI zu erkennen.

Die Zusammensetzung des Planktons im Laptevmeer war durch die Dominanz kleiner herbivorer Calanoida, vor allem *Pseudocalanus*, gekennzeichnet. Im tieferen Barentsmeer und im Nansen-Becken sind dagegen die Gattung *Calanus* und die cyclopoide Art *Oithona similis* von größerer Bedeutung. Die Zusammensetzung im Laptevmeer ist wesentlich durch die geringe Tiefe bedingt. Die älteren Stadien von *Calanus glacialis* dringen in den



trogartigen Vertiefungen auf den Schelf vor und nur die jungen, direkt an der Oberfläche lebenden Stadien werden über den flachen Schelf verdriftet.

#### Ernährung von *Pseudocalanus*

*Pseudocalanus* spp. sind im Laptevmeer als dominante herbivore Arten wichtig für den Transfer der Primärproduktion in das pelagische Nahrungsnetz. Ihr Nahrungsspektrum ist dem von *Calanus* spp. ähnlich. Durch die höheren massespezifischen Freßraten kleiner Copepoden gegenüber großen Arten und durch die hohen Individuenzahlen ist die Gesamtfreßleistung von *Pseudocalanus* groß. Die Filtrationsraten von *Pseudocalanus* in den untersuchten arktischen Gewässern waren mit Maximalwerten von  $140 \text{ ml} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$  ähnlich hoch wie in subpolaren und gemäßigten Breiten. Bei den ganzjährig aktiven *Pseudocalanus* konnte in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen eine Abnahme der Freßraten im Herbst beobachtet werden.

## Summary

The present study comprises the first inventory of the mesozooplankton in the Laptev Sea and the adjacent eastern Nansen Basin. Plankton samples were collected on four latitudinal transects during a German-Russian expedition with the research vessels POLARSTERN and IVAN KIREYEV in August /September 1993. The samples were taken at five depth strata (1500-500-200-50-25-0 m) from 1500 m or the sea floor to the surface (multinet, Nansen Basin: mesh 150  $\mu\text{m}$ , Laptev Sea: 300  $\mu\text{m}$ ). Biomass was calculated from zooplankton abundance using length-mass-relationships and mean individual dry mass. The community structure was investigated in a multivariate cluster analysis.

During a five-month field study in Kongsfjord, Spitsbergen, the carbon mass of single specimens of abundant small copepod species was measured to improve the biomass assessment. In laboratory experiments with *Pseudocalanus acuspes* females and CIV-VI of *P. minutus* from Kongsfjord and the Laptev Sea, summer and autumn grazing rates were measured at different food concentrations (*Thalassiosira antarctica*, 1-380  $\mu\text{g C}\cdot\text{l}^{-1}$ ).

### Abundance and biomass

Total mesozooplankton abundance (2000-31000  $\text{Ind.}\cdot\text{m}^{-2}$ ) and biomass (0.1-1.5  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) in the Laptev Sea were slightly lower compared to the surface layer (0-30 m) of the eastern Nansen Basin (21000-125000  $\text{Ind.}\cdot\text{m}^{-2}$  and 1-2  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ). The different mesh size applied in the two areas affected the abundance data, while biomass data probably were not biased. Therefore, it can be assumed that mesozooplankton abundance in the Laptev Sea was at least as high as in the surface plankton of the Nansen Basin. Zooplankton concentration in the Laptev Sea (350-5000  $\text{Ind.}\cdot\text{m}^{-3}$ ) equalled data from boreal seas.

Surface plankton biomass in the eastern Nansen Basin (1-2  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) was similar to values from other regions of the central Arctic Ocean and proved to be relatively constant throughout the Arctic deep sea basins. In contrast to previous hypotheses the Arctic deep sea is not characterised by an exceptionally low zooplankton standing stock. The highest abundances of 8500  $\text{Ind.}\cdot\text{m}^{-3}$  were observed in the productive marginal ice zones in the Nansen Basin.

At all stations maximum zooplankton biomass occurred in the upper 50 m. Within this surface layer the vertical distribution was dominated either by *Ca-*

*lanus* spp. and *Metridia longa*, which showed ontogenetic vertical migration, or by daily vertical migration of *M. longa*.

zooplankton distribution in the Laptev Sea was mainly shaped by the huge freshwater input from the Siberian rivers. The zooplankton standing stock was drastically reduced at stations strongly influenced by river runoff. This was confirmed by the regional abundance minimum in the plume of the river Lena and the vertical abundance minima in the warm low saline surface layer.

#### Zooplankton composition

Corresponding to investigations from other parts of the central Arctic Ocean, in the eastern Nansen Basin different zooplankton communities were identified according to the vertical stratification of water masses. *Oithona similis* and herbivorous calanoids characterised the zooplankton community in the Polar Surface Water, whereas omnivorous and carnivorous species dominated the deeper layers. The halocline appears to be a transitional zone in-between the surface layer and the deeper strata in terms of species composition.

The high proportion of the Atlantic *Calanus finmarchicus* among the *C. finmarchicus/glacialis* CIV-VI indicates the transport of Atlantic plankton organisms eastwards along continental slope of the Laptev Sea.

In contrast to the deeper Barents Sea and the Nansen Basin, where *Calanus* and the cyclopoid *Oithona similis* are the prevailing species, zooplankton composition in the shallow Laptev Sea was dominated by small herbivorous calanoids, mainly *Pseudocalanus*. The deviating composition in the Laptev Sea is mainly explained by the shallow depth. Late stages of *Calanus* are entering the Laptev Sea in deeper troughs whereas the early stages, which are located near the surface, are drifted into the shallow shelf waters.

#### Grazing activity of *Pseudocalanus*

*Pseudocalanus* is the predominating herbivore in the Laptev Sea meso-zooplankton and therefore a key species converting primary into secondary production in the pelagic food web. The size range of food particles of *Pseudocalanus* and *Calanus* is very similar. Higher mass-specific grazing rates of small copepods, compared to large species, result in a comparatively high grazing impact of *Pseudocalanus* on the phytoplankton standing stock. Filtra-

## Summary

---

tion rates of up to  $140 \text{ ml} \cdot \text{Ind}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$  for *Pseudocalanus* in Arctic Seas compared well with data from subarctic and boreal regions. A decrease in grazing activity from summer to autumn could be detected for *Pseudocalanus*, which is active throughout the year.

## **1 Einleitung**

### **1.1 Ökologische Sonderstellung der arktischen Randmeere**

Die Polarmeere haben gegenüber anderen Ozeanen eine ökologische Sonderstellung, die auf den niedrigen Temperaturen und der starken Saisonalität im Lichtregime fußt (HEMPEL 1985). Die Eisbedeckung sowie die auf den kurzen Sommer beschränkte Primärproduktion erfordern vielfältige Anpassungen der Organismen an diesen Lebensraum (CONOVER et al. 1991, HIRCHE 1995). Bei Zooplanktonorganismen ist das Speichern von Reservestoffen weit verbreitet (HAGEN 1988, SARGENT & FALK-PETERSEN 1988) und viele Arten verbringen den Winter in Diapause. Andererseits bietet das Meer eis einen zusätzlichen Lebensraum für eine speziell angepasste Flora und Fauna (GRADINGER et al. 1992, LEGENDRE et al. 1992) und Eisrandzonen sind durch die stabile Schichtung des Wassers außerordentlich produktive Gebiete (SAKSHAUG 1990).

Eine Gegenüberstellung der Unterschiede zwischen dem Arktischen und Antarktischen Ozean gab HEMPEL (1985). Der Arktische Ozean ist im Vergleich zum südlichen Pendant durch sein geringeres Alter (<10 Mio. Jahre) und als interkontinentales Mittelmeer durch den sehr eingeschränkten Austausch mit dem restlichen Weltmeer gekennzeichnet. Außerdem wird ein wesentlicher Teil des Arktischen Ozeans durch breite und z.T. sehr flache Randmeere eingenommen. Die Fauna des geologisch jungen Arktischen Ozeans ist stark durch atlantische und pazifische Formen geprägt. Im Einstrom atlantischen Wassers durch die Framstraße als einzige Tiefseeeverbindung werden kontinuierlich Planktonorganismen aus dem angrenzenden atlantischen Bereich in den Arktischen Ozean verdriftet (z.B. JASCHNOV 1966, MUMM 1991). Die umgebenden Landmassen entwässern über große Flüsse in die flachen Randmeere der Arktis, so daß in diesen Gebieten z.T. brackige Verhältnisse herrschen.

### **1.2 Stand der Forschung**

Die Erforschung des arktischen Zooplanktons begann mit Eisdriften, angefangen mit der Expedition Fridtjof Nansens 1893-96 bis zu verschiedenen amerikanischen und russischen Eisdriftstationen seit den 30er Jahren. Gegenstand dieser Arbeiten waren zunächst qualitative Bestandsaufnahmen des im Vergleich zu niederen Breiten artenarmen Zooplanktons (SARS 1900), das stark durch atlantische Formen geprägt ist. Dann folgten Untersuchungen zur Verbreitung und den Lebenszyklen einzelner Arten (GEYNIKH et al. 1983, JOHNSON 1963, PAVSHTIKS 1983). Diese Langzeitstudien lieferten Erkenntnisse über die Menge des Zooplanktons und dessen Vertikalverteilung im saisonalen Verlauf (KOSOBOKOVA 1982, MINODA 1967, HOPKINS 1969). Die herbi-

voren Arten führen saisonale Vertikalwanderungen aus und überwintern in tieferen Schichten. Im Sommer konzentriert sich das Zooplankton nahe der Oberfläche. Im Vergleich zum Polaren Oberflächenwasser sind die tieferen Schichten des Atlantischen Zwischenwassers und Polaren Tiefenwassers artenreicher.

Nuklear angetriebene Tauchboote boten seit den 50er Jahren erstmals die Gelegenheit mit während der Fahrt durchgeführten Probennahmen einen großräumigen, quasi-synoptischen Überblick über das Plankton des Arktischen Ozeans zu gewinnen (GRICE 1962). Seit 1983 wurden von eisgängigen und eisbrechenden Schiffen aus Untersuchungen zur Produktivität der Eisrandzonen und zur Nahrungsökologie (z.B. BARTHEL 1990, KNICKMEIER 1989) und Lebenszyklen der dominanten Planktonarten durchgeführt (z.B. DIEL 1991, HIRCHE 1990, HIRCHE & NIEHOFF 1996). Besonderes Interesse galt dem Energiehaushalt und den Speicherstoffen polarer Zooplanktonorganismen (SARGENT & FALK-PETERSEN 1988, TANDE & HENDERSON 1988, KATTNER & HAGEN 1995). Die leistungsstarken eisbrechenden Forschungsschiffe eröffneten die Möglichkeit, planmäßig in relativ kurzer Zeit große Gebiete zu beproben und dabei weit nach Norden in das „Packeis“ vorzudringen. 1991 erreichten die Eisbrecher ODEN und FS POLARSTERN in einer gemeinsam durchgeführten Expedition den Nordpol (ANDERSON & CARLSSON 1991, FÜTTERER 1992). Es konnten somit großräumige Studien zur Zusammensetzung des Zooplanktons in der zentralen Arktis durchgeführt werden (AUDEL 1995, HANSEN 1993, HIRCHE & MUMM 1992). Dabei traten regionale Unterschiede gegenüber vertikalen Gradienten deutlich zurück. Es ließen sich unterschiedliche Planktongemeinschaften in den verschiedenen Wasserkörpern unterscheiden. Am Kontinentallhang des Barentsmeeres ließ sich der Einstrom atlantischer Wassermassen auch anhand der Planktonzusammensetzung deutlich erkennen.

Die Untersuchungen der Randmeere der zentralen Arktis beschränkten sich bisher im wesentlichen auf das vergleichsweise tiefe Barentsmeer. Die weiter östlich gelegenen flacheren und stärker von großen Flüssen beeinflussten Randmeere im sowjetischen Bereich waren westlichen Meeresforschern verschlossen. Auch sowjetische Studien z.B. im Laptevmeer beschränkten sich auf wenige Schiffsexpeditionen in den küstennahen Gebieten. Erste Planktonfänge wurden auf zwei Stationen im tieferen nördlichen Teil des Laptevmeeres während der FRAM-Expedition 1893-96 gewonnen (SARS 1900). Alle anderen Planktonuntersuchungen fußen auf russischen Expeditionen in flachen, küstennahen Gebieten. LINKO (1913) beschreibt verschiedene Planktonarten, die während der "Russischen Polarexpedition" 1900-1903 nahe der Neusibirischen Inseln gefangen wurden. Einige Daten zur Biomasse des Zooplanktons im flachen, küstennahen Bereich des östlichen Laptevmeeres wurden von JASCHNOV (1940) und zur Zusammensetzung und Abundanz von

PAVSHTIKS (1990) veröffentlicht. Eine umfassende Darstellung des Zooplanktons im Laptevmeer gibt es bisher nicht.

### 1.3 Fragestellung

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Verteilung und Zusammensetzung des Mesozooplanktons im Laptevmeer und dem angrenzenden östlichen Nansen-Becken untersucht werden. Die bisherigen gemeinschaftsanalytischen Arbeiten im Barentsmeer, im westlichen und zentralen Nansen-Becken sowie im Amundsen-Becken sollen auf das Laptevmeer und östliche Nansen-Becken ausgedehnt werden, um das bisher gewonnene Bild der Planktongemeinschaften des Arktischen Ozeans zu ergänzen.

Kleine Calanoida der Gattung *Pseudocalanus* sind in neritischen Gewässern der Arktis sehr häufig. Ihre Freßleistung wurde aber bisher fast ausschließlich in borealen und subarktischen Gewässern untersucht. Zusammen mit den Daten zur Planktonzusammensetzung soll die Bedeutung kleiner Calanoida für den Transfer organischen Materials im System der flachen arktischen Randmeere herausgestellt werden.

Folgende Fragen stehen im Vordergrund:

- Wie groß ist der Zooplanktonbestand im östlichen Nansen-Becken im Vergleich zu den bereits untersuchten Teilen der zentralen Tiefseebecken?
- Unterscheiden sich die Planktongemeinschaften in ihrer Zusammensetzung und Anordnung im östlichen Nansen-Becken von den bisherigen Befunden?
- Wie stark nimmt der Anteil verdrifteter Arten atlantischen Ursprungs im Randstrom am Kontinentalhang zwischen dem westlichen und östlichen Nansen-Becken ab?
- Inwieweit unterscheiden sich die Menge und Zusammensetzung des Mesozooplanktons im Laptevmeer von den Daten aus dem Barentsmeer und welche Faktoren (Wassertiefe, Festlandabfluß) bestimmen vermutlich diese Unterschiede?
- Wie hoch ist die Freßleistung der kleinen calanoiden *Pseudocalanus* in arktischen Gewässern?

## 2 Untersuchungsgebiet

### 2.1 Laptevmeer

#### 2.1.1 Topographie

Das Laptevmeer ist eines der ausgedehnten Schelfmeere (Abb. 2.1), die rund ein Drittel der Gesamtfläche des Arktischen Ozeans bedecken (RUDELS & QUADFASEL 1991, AAGAARD et al. 1981). Die Flächenangaben für das Laptevmeer variieren zwischen 460.000 km<sup>2</sup> (HOLMES & CREAGER 1974) und 662.000 km<sup>2</sup> (TIMOKHOV 1994). Mit einer mittleren Tiefe von 30-50 m ist das Laptevmeer das flachste Schelfmeer vor der Nordküste Eurasiens. Es grenzt südlich an das ca. 4.000 m tiefe Nansen-Becken. Das Laptevmeer vor der Küste Sibiriens ist westlich durch die Taimyr-Halbinsel und Severnaya Zemlya und nach Osten durch die Neusibirischen Inseln begrenzt. Zwischen der Taimyr-Halbinsel und Severnaya Zemlya besteht durch die ca. 150 m tiefe und 70 km breiten Wilkitzky-Straße eine Verbindung in das westlich angrenzende Karameer; zwischen den Neusibirischen Inseln bestehen flache Durchgänge (ca. 20 m tief) in das Ostsibirische Meer. Der Schelf wird vor den Mündungsbereichen der großen Flußsysteme Khatanga, Anabar, Olenek, Lena und Yana von fünf großen, maximal etwa 50 m tiefen Rinnen durchzogen.

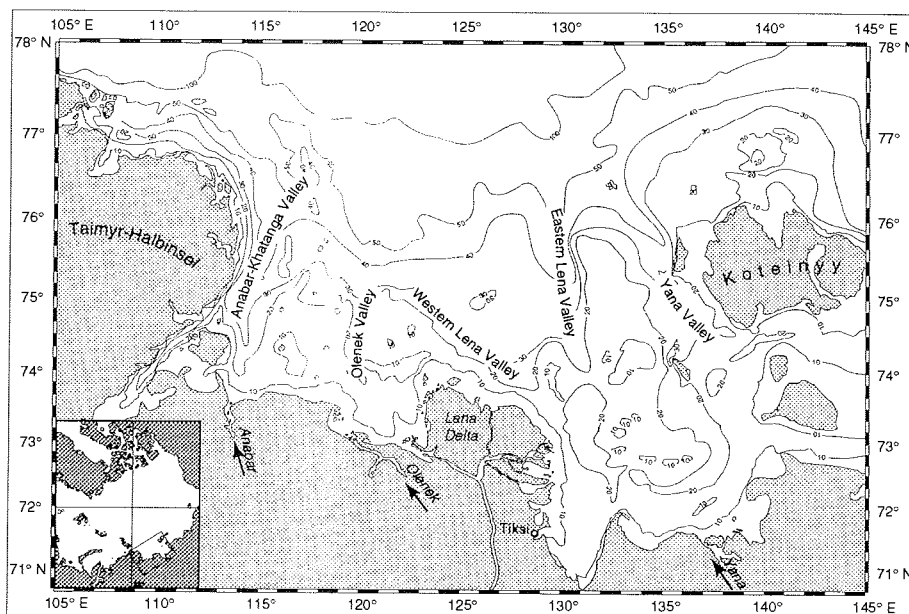


Abb. 2.1: Bathymetrie des Laptevmeeres (verändert nach LINDEMANN 1994)



### 2.1.2 Hydrographie

Die Wassermassen des Arktischen Ozeans werden im folgenden nur kurz zusammengefaßt dargestellt. Eine eingehende Beschreibung der Hydrographie des Arktischen Ozeans findet sich bei AGAARD (1989) und ANDERSON et al. (1994). In den oberen 50 m bildet kaltes, salzarmes Wasser die Deckschicht, das Polare Oberflächenwasser (POW:  $t < -1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $S < 33,0$ ). Die geringen Salzgehalte und niedrigen Temperaturen werden durch Festlandabfluß und Eisschmelze verursacht. Unter dem POW befindet sich, durch eine Halokline getrennt, das durch Beimischung atlantischen Wassers wärmere und salzreiche Atlantische Zwischenwasser (AZW:  $t \approx 0,5\text{-}1^\circ\text{C}$ ;  $S > 34,5$ ). Der Zustrom atlantischen Wassers in das Nansen-Becken erfolgt auf zwei Wegen (Abb. 2.2): durch die Framstraße (Fram Strait Branch Water, FSBW) sowie durch das Barentsmeer über das Karameer (Barents Sea Branch Water, BSBW) (SCHAUER et al. im Druck). Im Bereich des Laptevmeeres wird das FSBW durch das kältere und salzärmere BSBW weit in das innere Nansen-Becken abgedrängt.

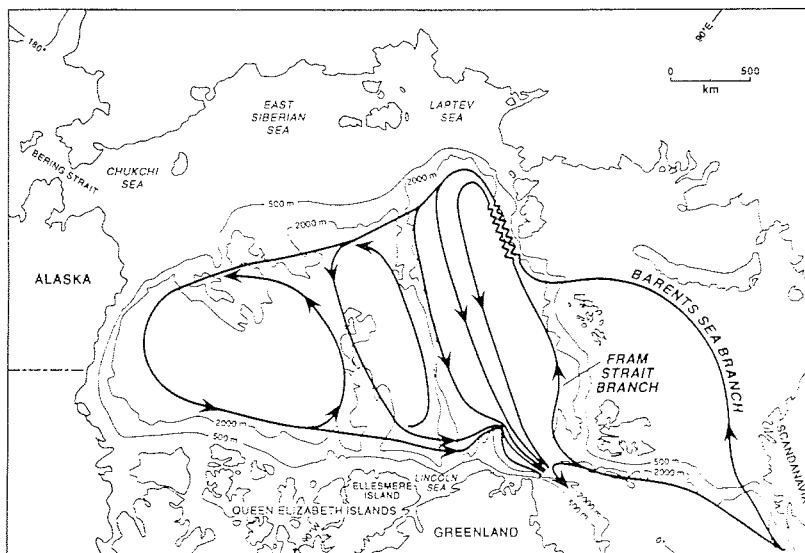
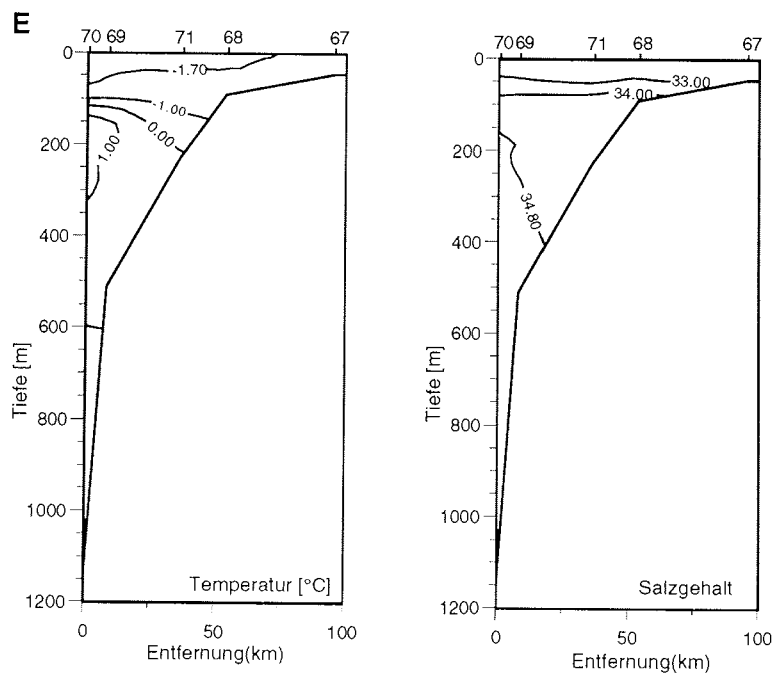


Abb. 2.2: Ausbreitung atlantischen Wassers im Arktischen Ozean (aus RUDELS et al. 1994)

Das BSBW bewegt sich als ca. 150 km breiter Strom in 200 bis 1.300 m Tiefe am Kontinentalhang nach Osten (Abb. 2.3). Die untere Wassermasse des Arktischen Ozeans ab etwa 1.000 m wird als Polares Tiefenwasser (PTW) bezeichnet und ist durch Salzgehalte über 34,9 und Temperaturen zwischen  $-0,5$  und  $-1^{\circ}\text{C}$  charakterisiert. Das PTW entsteht während der Eisbildung durch absinkendes kaltes, salzreiches Wasser.



**Abb. 2.3a:** Temperatur- und Salzgehaltschnitte von Transekt E. Station 30 ist nicht in den Schnitten abgebildet (verändert nach SCHAUER et al. im Druck)

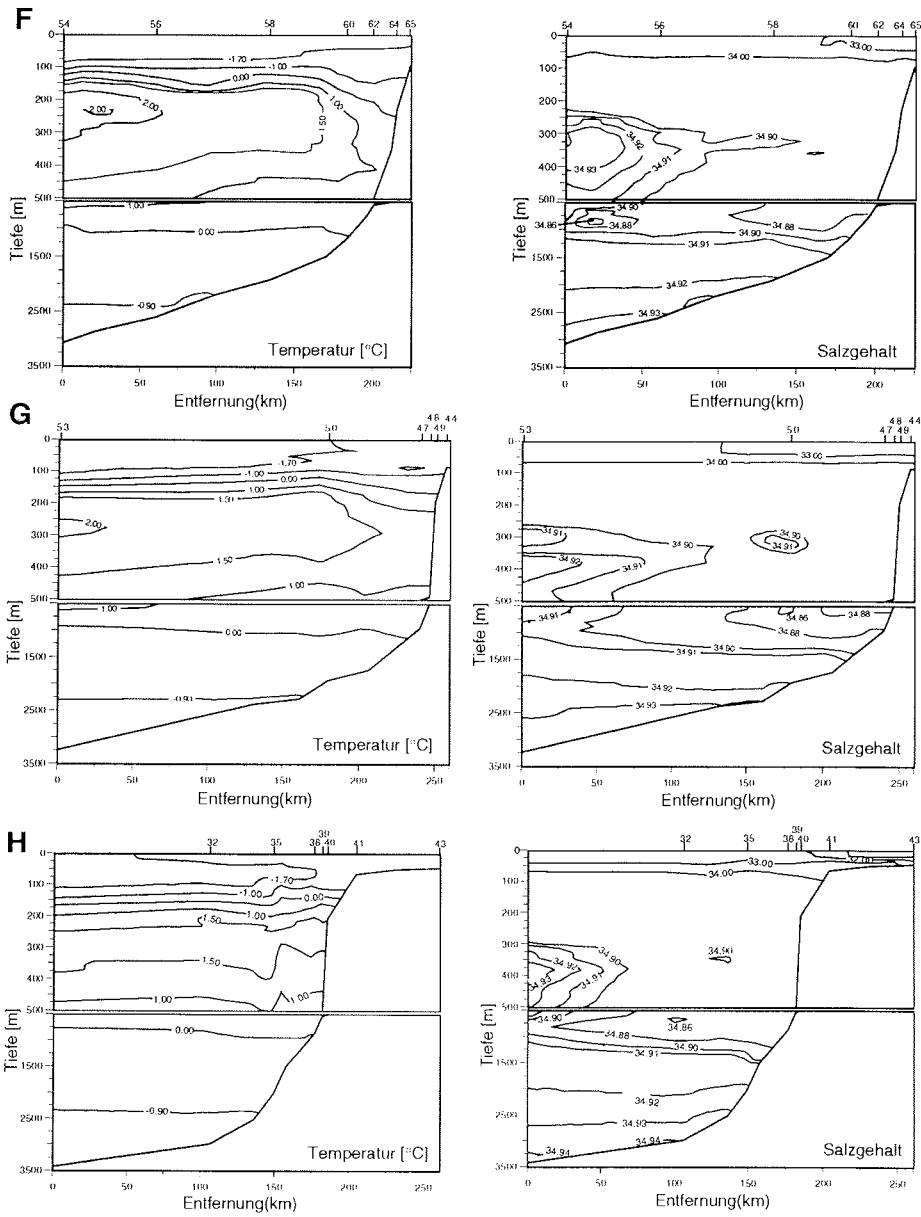


Abb. 2.3b: Temperatur- und Salzgehaltschnitte der Transekte F-H (verändert nach SCHAUER et al. im Druck)

## 2. Untersuchungsgebiet

Die Oberflächenzirkulation (Abb. 2.4) im Laptevmeer wird durch einen zyklonalen Strom kalten Wassers aus dem Nansen-Becken gebildet (SUSLOV 1961), der an der Taimyr-Halbinsel südwärts und dann unter Beimischung von Flußwasser nach Osten fließt. Durch den Lena-Ausstrom wird die Oberflächenströmung bei etwa 130°E nach Norden wieder in Richtung Nansen-Bekken abgelenkt. Aus diesem Gebiet setzt der Transpolare Driftstrom über die Polregion in Richtung Framstraße.

Der Süßwassereintrag durch die Flußsysteme in das Laptevmeer unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen mit einem ausgeprägten Maximum von Mai bis Juli (LINDEMANN 1994). Der gesamte Eintrag während der Sommermonate beträgt ca. 530 km<sup>3</sup> (BOISVERT 1970), wobei der größte Teil mit einer jährlichen Abflußrate von über 500 km<sup>3</sup> auf die Lena entfällt (GORDEEV & SIDOROV 1993). Der Flußwassereintrag und Süßwasser aus Eisschmelzprozessen unterscheiden sich deutlich in ihrer Temperatur. Letzteres ist mit Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt deutlich kälter (RUDELS et al. 1991). Im Sommer ist das Laptevmeer somit durch Flußwassereinstrom und Eisschmelze zu großen Teilen von einer sehr salzarmen, aber nur einige Meter mächtigen Oberflächenschicht bedeckt.

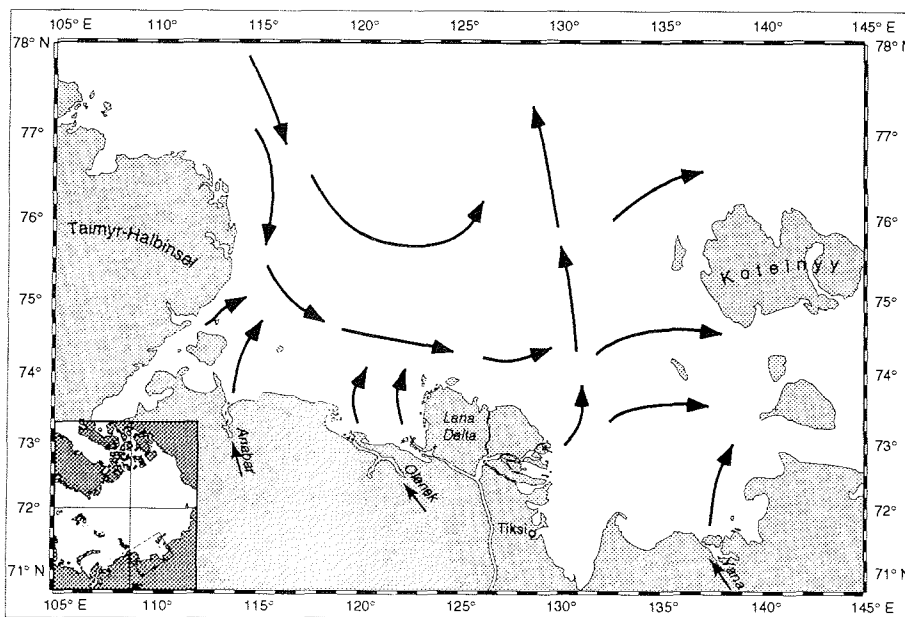


Abb. 2.4: Oberflächenströmungen im Laptevmeer (verändert nach LINDEMANN 1994)

### 2.1.3 Eisbedeckung

Eisbildung und damit die Produktion kalten, salzreichen Tiefenwassers, das über den Kontinentalhang in tiefere Schichten der zentralen Tiefseebecken absinkt, wird durch eisfreie Flächen oder Rinnen (Polynyas) begünstigt. Diese Rinnen werden häufig durch Winde oder starke Tidenströmungen offengehalten. Am nördlichen Festeisrand des Laptevmeeres entsteht im Winter durch ablandige Winde dauerhaft eine offene Rinne mit einer maximalen Breite von ca. 100 km. In dieser Polynya wird kontinuierlich Meereis gebildet, das dann nach Norden exportiert und vom Transpolaren Driftstrom erfaßt wird. Das Laptevmeer gehört zu den wichtigsten Eisbildungsgebieten des Arktischen Ozeans (REIMNITZ et al. 1994). Der Zustrom wärmeren Lenawassers führt im Sommer zu einer schnelleren Öffnung der Meereisdecke im östlichen Teil des Laptevmeeres. Darüber hinaus verursachen zyklonale Winde eine nördliche Eisdrift im östlichen und einen Eisimport im westlichen Teil des Laptevmeeres (EICKEN et al. im Druck). Im Sommer 1993 waren etwa 30% des westlichen und 60% des östlichen Laptevmeeres eisfrei.

### 2.2 Kongsfjord (Spitzbergen)

Der ca. 30 km lange und 10 km breite Kongsfjord befindet sich bei 79°N und 12°E an der Westküste Spitzbergens (Abb. 2.5). Er liegt somit im Einflußbereich des vor der Küste nordwärts setzenden Westspitzbergenstroms. Seine größte Tiefe erreicht der Fjord mit 396 m etwa auf Höhe der Ortschaft Ny Ålesund auf halbem Weg zum Fjordausgang. Die Schwelle am Fjordausgang ist mit einer Tiefe von ca. 300 m sehr tief und wenig ausgeprägt. In der inneren Hälfte des Fjordes münden mehrere Gletscher direkt in den Fjord, weite Teile des Umlandes sind ebenfalls vergletschert und entwässern in den Kongsfjord.

Bis zum Frühjahr ist der Fjord mit einer knapp 1 m dicken Festeisdecke zugefroren (1996 bis Mitte Mai). Zunehmende Einstrahlung und starke Winde brechen dann in ein bis zwei Wochen die Eisdecke auf, so daß der Fjord innerhalb kurzer Zeit zu wesentlichen Teilen eisfrei wird.

## 2 Untersuchungsgebiet

---

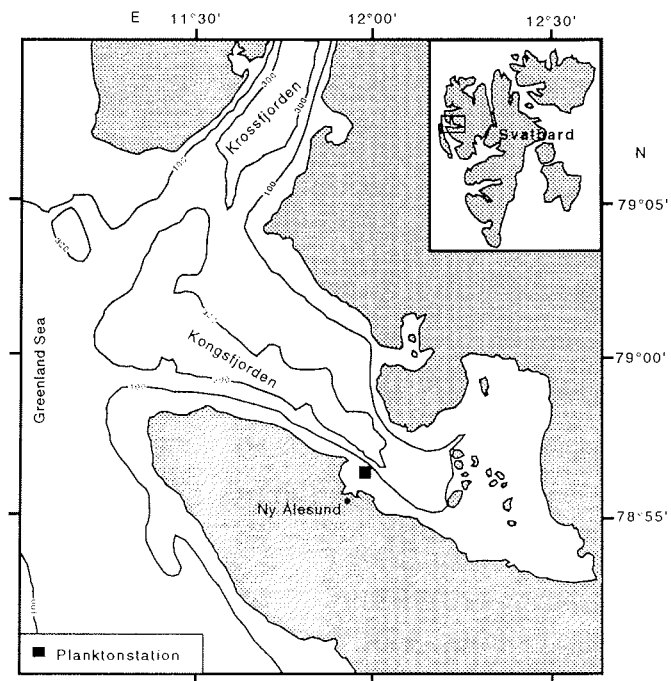


Abb. 2.5: Kongsfjord, Spitzbergen: Untersuchungsgebiet und Planktonstation

### 3 Material und Methoden

Im Spätsommer 1993 unternahm eine internationale wissenschaftliche Besatzung, insbesondere russische und deutsche Teilnehmer, mit den Forschungsschiffen IVAN KIREYEV und POLARSTERN in deutsch-russischer Kooperation die Expedition ARCTIC '93. Dieses interdisziplinäre Forschungsprogramm umfaßte Biologie, Eisphysik, Ozeanographie und Geologie. Das aus dem sehr flachen, fast eisfreien Laptevmeer und dem zu großen Teilen eisbedeckten Nansen-Becken bestehende Untersuchungsgebiet machte die Nutzung von zwei Forschungsschiffen notwendig. Die nur bedingt eisgängige russische FS IVAN KIREYEV mit geringem Tiefgang arbeitete in der Zeit vom 08.08.93 - 14.09.93 im Laptevmeer (KASSENS & KARPIY 1994). Über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken operierte die eisbrechende deutsche FS POLARSTERN in der Zeit vom 27.08.93 - 23.09.93 (FÜTTERER 1994). Die Schiffe trafen sich zu gemeinsamen Stationsarbeiten im östlichen Laptevmeer (Station 31), um ozeanographische Meßgeräte zu kalibrieren. Die vorliegende Arbeit umfaßt die Ergebnisse der auf beiden Schiffen durchgeführten planktologischen Arbeiten.

Zusätzlich zur Expedition in das Laptevmeer fand eine fünfmonatige Felduntersuchung im Kongsfjord auf Spitzbergen statt. Diese Studie auf der Koldewey-Station (AWI) und im Labor des Norsk Polar Instituts in Ny Ålesund ermöglichte über einen längeren Zeitraum experimentelle Arbeiten an arktischen Zooplanktonorganismen.

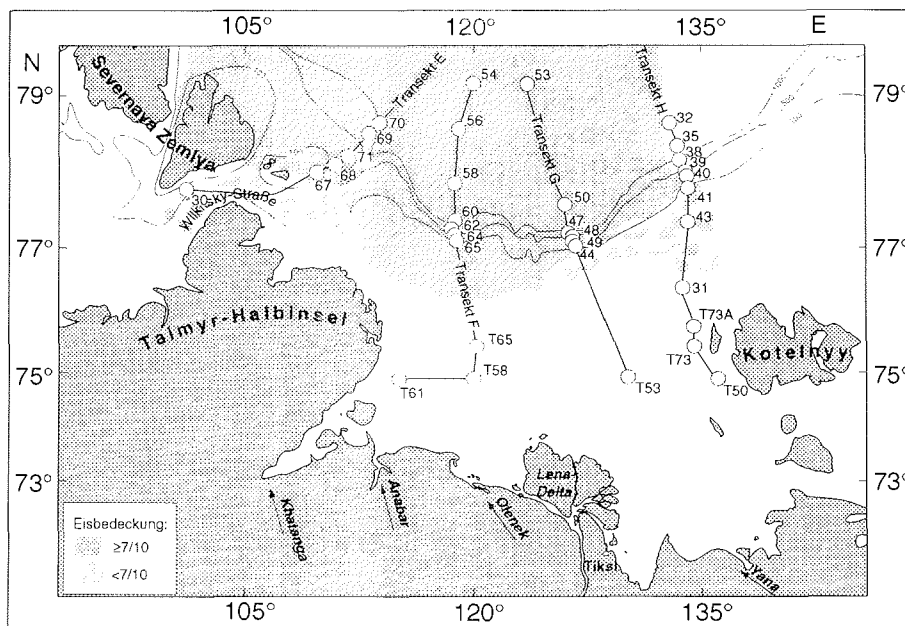
#### 3.1 Probennahmestationen

Die 34 Stationen befinden sich auf vier meridionalen Schnitten (E-H), die sich vom flachen Laptevmeer über den Kontinentalhang bis in das östliche Nansen-Becken erstrecken (Tiefenbereich 30-3244 m) (Abb. 3.1, Stationsdaten siehe Anhang A). Der flache Bereich des Untersuchungsgebietes war zum Zeitpunkt der Probennahme vollständig eisfrei. Wenig oder kein Eis wurde auch auf den übrigen Stationen des östlichen Schnittes H angetroffen. Die anderen Stationen im Bereich des Kontinentalhanges und im Nansen-Becken waren zu mindestens 7/10 eisbedeckt.

Auf allen Stationen im flachen Bereich des Laptevmeeres war die Deckschicht bis zu einer Sprungschicht in etwa 10-13 m durch Beimischung von Flußwasser deutlich erwärmt und stark ausgesüßt mit Temperaturen bis über

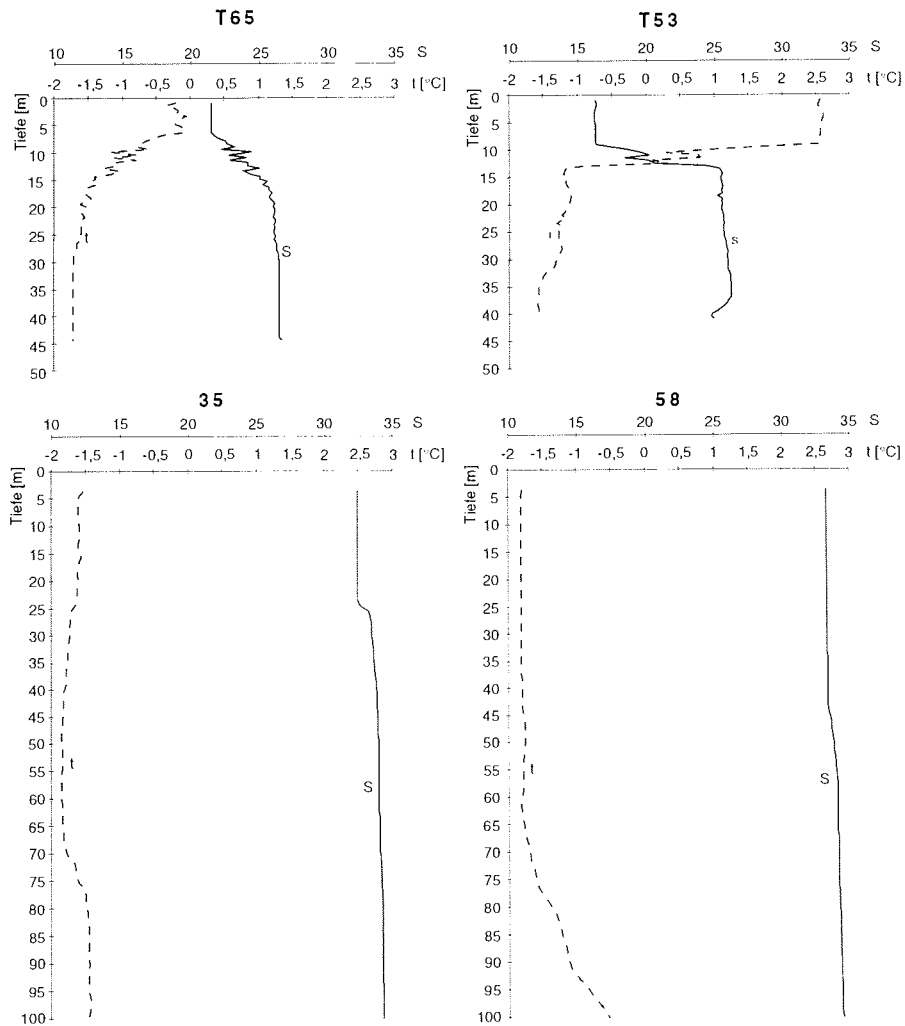
### 3 Material und Methoden

+2°C und Salzgehalten unter 17 (Abb. 3.2). Nur auf den Stationen T61 und T65 sowie auf den eisfreien Stationen über dem Kontinentalthang war die Oberflächenschicht durch Schmelzwasserbildung bis zu einer Sprungschichttiefe von ca. 30-40 m bei ebenfalls geringen Salzgehalten deutlich kälter ( $t < 1^\circ\text{C}$ ,  $S < 33,5$ ). Im Nansen-Becken befanden sich alle Stationen im Bereich des BSBW (Abb. 2.2). Nur die nördlichen Stationen 53, 54 und 56 (evtl. mit Einschränkungen auch 50 und 58) lagen im Bereich des FSBW. Die tiefsten Stationen 32, 35 und 50-58 reichen mit der tiefsten Fangstufe bis in den Übergangsbereich zum PTW in ca. 1000-1500 m. Zur Zeit der Expedition im August/September waren die Tage etwas länger als die Nächte. Es wurden sowohl bei Tageslicht als auch bei Dunkelheit Stationen beprobt.



**Abb. 3.1:** Stationskarte der Expedition ARCTIC '93. POLARSTERN-Stationen (#) und IVAN KIREYEV-Stationen (T#). Die Stationen der Transekte E-H sind jeweils durch Linien verbunden





**Abb. 3.2:** T- und S-Profile von zwei Stationen aus dem Laptevmeer (KNICKMEIER unveröff.) und den oberen 100 m von zwei Stationen aus dem östlichen Nansen-Becken (SCHAUER unveröff.): St. T53 aus dem östlichen Laptevmeer mit ausgeprägter Deckschicht aus salzarmem, erwärmten Wasser, bei St. T65 im westlichen Laptevmeer ist diese Deckschicht nur schwach ausgeprägt. Die Stationen 35 (eisfrei) und 56 (eisbedeckt) aus dem Nansen-Becken mit deutlich kälterer und nur wenig ausgesüßter Deckschicht

## 3.2 Bearbeitung der Netzfänge

### 3.2.1 Probennahme

Auf allen Stationen wurde ein Mehrfachschießnetz der Firma HYDROBIOS (Maschenweite 150  $\mu\text{m}$ , FS POLARSTERN, bzw. 300  $\mu\text{m}$ , FS IVAN KIREYEV) eingesetzt. In Abhängigkeit von der Wassertiefe wurden drei bis fünf Tiefenstufen beprobt, auf Station 60 wurde das Mehrfachschießnetz zweimal eingesetzt und so eine Auflösung von neun Tiefenstufen erreicht. Standardstufen waren 0-10-20-30-40 m im flachen Laptevmeer, 0-10-25-50-100-200 m im Bereich des Kontinentalhanges und 0-25-50-200-500-1.500 m im Nansen-Becken. Die sieben Stationen im inneren Bereich des Laptevmeeres, die mit dem weitmaschigeren 300  $\mu\text{m}$ -Netz beprobt wurden, sind nicht voll mit den Stationen über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken (150  $\mu\text{m}$ ) vergleichbar (siehe Methodenkritik, Abschnitt 5.1). Die Ausrüstung der Forschungsschiffe fand statt, bevor ich meine Arbeit angetreten habe. Im Vorfeld der Expedition hatte keine Absprache zwischen dem Institut für Polarökologie (IVAN KIREYEV) und dem Alfred-Wegener-Institut (POLARSTERN) über die verwendete Maschenweite stattgefunden. Nach Fahrtantritt war die Verwendung unterschiedlicher Netze nicht mehr zu vermeiden.

Neben dem Mehrfachschießnetz wurde auf acht Stationen zusätzlich ein Bongo-Netz mit einer Maschenweite von 200  $\mu\text{m}$  für Vertikalfänge von 100-0 m eingesetzt.

Die Zooplanktonproben des Mehrfachschießnetzes wurde unmittelbar nach dem Fang in 4%iger, boraxgepufferter Formaldehydlösung fixiert. Die Bongonetzfänge wurden auf vorgewogene Rundfilter filtriert und für die spätere Biomassebestimmung bei  $-30^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

Die Stationen über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken wurden gemeinsam mit Dr. K. N. Kosobokova (Shirshov-Institut, Moskau) von Bord der FS POLARSTERN aus beprobt, die Stationen im flachen Laptevmeer von Dr. K. Knickmeier und Dr. M. Schmid (Institut für Polarökologie, Kiel) von Bord der FS IVAN KIREYEV aus.

Die Arbeitsgruppe physikalische Ozeanographie (Dr. U. Schauer, AWI; Dr. B. Rudels, IfM Hamburg und Dr. Leonid Timokhov, Arctic and Antarctic Research Institute St. Petersburg) auf FS POLARSTERN und Dr. M. Schmid auf FS IVAN KIREYEV erstellten auf 32 Stationen Temperatur- und Salzgehalt-Vertikalprofile. Dr. A. Boetius und K. Springer (AWI) auf FS POLARSTERN und Dr. K.

Knickmeier auf FS IVAN KIREYEV führten Messungen des Chlorophyll a-Gehaltes der oberen 30 m Wassersäule durch. Die Daten wurden mir von den beteiligten Wissenschaftlern freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

### 3.2.2 Zooplanktonbestimmung

Die Bestimmung des Zooplanktons erfolgte an einem Wild M8 Stereomikroskop bei 12-50facher Vergrößerung. Zur genaueren Bestimmung wurde ein Leitz-Mikroskop (40-100fache Vergrößerung) verwendet. Die Multinetzproben

**Tab. 3.1:** Liste aller Taxa, die auf den Stationen angetroffen wurden. Soweit Entwicklungsstadien unterschieden wurden, sind diese hinter den Taxa aufgeführt

Taxa	Stadien	Taxa	Stadien
<b>Copepoda: Gymnoplea, Calanoida</b>			
<i>Acartia</i> sp.	C I C II C III C IV C V M	<i>Pseudocalanus</i> spp	C I C II C III M
<i>Acartia longiremis</i>	W	<i>Pseudocalanus minutus</i>	C IV C V W
Aetideidae	C I C II C III M	<i>Pseudocalanus acuspes</i>	C IV C V W
<i>Aetideopsis multiserrata</i>	C IV C V W M	<i>Pseudocalanus major</i>	C IV C V W
<i>Aetideopsis rostrata</i>	C IV C V W M	<i>Pseudochirella elongata</i>	C III C IV C V W
<i>Augaptilus glacialis</i>	C IV C V W M	<i>Scaphocalanus brevicornis</i>	C III C IV C V W M
<i>Calanus</i> spp	C I	<i>Scaphocalanus magnus</i>	C I C II C III C IV C V W M
<i>Calanus limnarchicus/glacialis</i>	C II C III	<i>Scaphocalanus polaris</i>	C IV
<i>Calanus glacialis</i>	C IV C V W M	<i>Scolecithricella minor</i>	C I C II C III C IV C V W M
<i>Calanus limnarchicus</i>	C IV C V W	<i>Spinocalanus abyssalis</i>	W
<i>Calanus hyperboreus</i>	C II C III C IV C V W M	<i>Spinocalanus antarcticus</i>	C II C III C IV C V W M
<i>Chiridius armatus</i>	C V	<i>Spinocalanus elongatus</i>	C IV C V W
<i>Chiridius oblusifrons</i>	C IV C V W M	<i>Spinocalanus longicornis</i>	W M
<i>Drepanopus buinger</i>	C I C II C III C IV C V W M	<i>Spinocalanus logispinus</i>	C V W M
<i>Eurytemora</i> spp.	M	<i>Spinocalanus</i> spp	C I-C V
<i>Gaidius brevispinus</i>	C IV C V W M	<i>Temorites brevis</i>	C III C IV C V W
<i>Gaidius tenuispinus</i>	C IV C V W M	<i>Undinella longa</i>	C V W M
<i>Haloptilus acutifrons</i>	C III C IV C V W	<i>Xantocalanus</i> spp	C IV
<i>Heterohabdus compactus</i>	C III C IV C V W M	<i>Xantocalanus borealis</i>	C V W M
<i>Heterohabdus norvegicus</i>	C I C II C III C IV C V W M	<i>Xantocalanus groenlandicus</i>	C V W M
<i>Jaschnovia johnsoni</i>	C III C IV C V W M	<i>Xantocalanus profundus</i>	C V W
<i>Jaschnovia tolii</i>	C I C II C III C IV C V W M	Copepoda indet.	Nauplien
<i>Limnocalanus grimaldii</i>	C I C II C III C IV C V W M	<b>Copepoda: Podoplea</b>	
<i>Metridia longa</i>	C I C II C III C IV C V W M	<i>Lubboeckia glacialis</i>	C I-C V W
<i>Microcalanus</i> spp.	C I-C V W M	<i>Mormonilla polaris</i>	C III-C V W
<i>Pachyptilus pacificus</i>	C III C IV C V W	<i>Oithona atlantica</i>	W
<i>Paraeuchaeta</i> spp.	Nauplien C I C II C III C IV C V	<i>Oithona similis</i>	C I-C V W M
<i>Paraeuchaeta barbata</i>	W	<i>Oncaea borealis</i>	
<i>Paraeuchaeta glacialis</i>	W M	<i>Oncaea minuta</i>	
<i>Paraeuchaeta norvegica</i>	W M	<i>Oncaea notopus</i>	
<i>Paraeuchaeta polaris</i>	W	Harpacticoida	
<i>Pseudaugaptilus polaris</i>	C III C IV C V W		

### 3 Material und Methoden

wurden mit Hilfe eines Folsom-Probenteilers nach Bedarf mehrmals halbiert, und mit dem kleinsten Teil beginnend, sortiert (LONGHURST & SEIBERT 1967). In keinem Fall wurde weiter als bis zu 1/32 geteilt, um den durch das Teilen der Probe verursachten Fehler (SHERMAN et al. 1976) so klein wie möglich zu halten. Seltene Taxa wurden aus der gesamten Probe aussortiert, abundante Organismen wurden dagegen nur aus den geteilten Proben aussortiert, so daß mindestens 50 Individuen gezählt waren, um eine ausreichende Sicherheit des Zählergebnisses von  $\pm 28\%$  zu erzielen (EDLER 1979). Bei der Berechnung der Abundanzwerte wurde eine Filtrationseffizienz des Multinetzes von 100% angenommen.

Tab. 3.1: Fortsetzung

Taxa	Stadien	Taxa	Stadien
<b>andere Crustacea</b>		<b>Cnidaria</b>	
Cirripedia	Nauplien Cypris	Hydromedusae indet.	
Ostracoda		<i>Aglantha digitale</i>	
Euphausiacea	Furcilia	<i>Aeginopsis laurentii</i>	
<i>Thysanoessa inermis</i>		<i>Botrynema ellinorae</i>	
<i>Thysanoessa longicaudata</i>		<i>Cataplana vesicularum</i>	
<i>Thysanoessa raschii</i>		<i>Eumedusa birulai</i>	
Decapoda indet.		<i>Euphysa flammea</i>	
<i>Hymenodora glacialis</i>		<i>Halitholus yoldia-arcticae</i>	
Mysidacea		<i>Homoionema platygonon</i>	
Amphipoda indet.		<i>Obelia</i> spp.	
<i>Themisto abyssorum</i>		<i>Paragloea elegans</i>	
<i>Themisto libellula</i>		<i>Platocnidia borealis</i>	
Cumacea		<i>Sarsia princeps</i>	
Isopoda		<i>Yakovia polinae</i>	
		<i>Atolla tenella</i>	
		Siphonophora	
		<b>Ctenophora</b>	
		Ctenophora	
<b>Nemertini</b>		<b>Chaetognatha</b>	
Pilidium-Larven		<i>Eukrohnia hamata</i>	
		<i>Sagitta elegans</i>	
<b>Annelida</b>			
Polychaeta		<b>Echinodermata</b>	
		Plutei	
<b>Mollusca</b>		juv. Asteroidea/Ophiuroidea	
Bivalvia	Veliger		
Gastropoda	Larven	<b>Chordata</b>	
<i>Clione limacina</i>		<i>Fritillaria</i> spp.	
<i>Limacina</i> spp.		<i>Oikopleura</i> spp.	
		Pisces	Larven

Formel für die Berechnung der Abundanzwerte:

$$n \cdot 100\text{m}^{-3} = \frac{a}{PT \cdot N \cdot FT} \cdot 100$$

$n \cdot 100\text{m}^{-3}$	: Individuen pro 100 m <sup>3</sup>
a	: gezählte Individuen
PT	: sortierter Teil der Probe
N	: Netzöffnung [m <sup>2</sup> ]
FT	: Fangtiefenintervall [m]

Die Proben der elf tiefen POLARSTERN-Stationen (>500 m) wurden von Dr. K. N. Kosobokova aussortiert. Sie stellte mir den Datensatz zur Auswertung zur Verfügung. Alle Proben wurden in gleicher Weise bearbeitet. Um eine Gleichbehandlung des Materials in taxonomischer Hinsicht zu gewährleisten, wurden die Proben während eines Gastforscheraufenthaltes von Dr. Kosobokova an der Universität Kiel gemeinsam nachbestimmt und die Datensätze abgeglichen.

Insgesamt wurden 94 Taxa unterschieden, davon 53 Copepoda. 78 dieser Taxa (52 Copepoda) wurden auf Artniveau bestimmt. Inklusive Entwicklungsstadien wurden insgesamt 250 Kategorien identifiziert (206 Copepoda). Eine Auflistung aller Kategorien ist in Tab. 3.1 zu finden.

Bestimmungsliteratur:

Copepoda:	SARS (1900, 1903); FARRAN (1948a und b); VERVOORT (1952a bis d); BRODSKIY (1967); FLEMINGER & HÜLSEMANN (1977); MARKASHEVA (1980, 1984); BRODSKIY et al. (1983)
Euphausiacea:	EINARSSON (1945); BAKER et al. (1990)
Decapoda:	KLEKOWSKI & WESLAWSKI (1991)
Amphipoda:	SCHNEPPENHEIM & WEIGMANN-HAASS (1986)
Hydromedusa:	KRAMP (1959)
Gastropoda:	TESCH (1949); MORTON (1958); VAN DER SPOEL (1972)
Chaetognatha:	ALVARIÑO (1965)
Appendicularia:	BÜCKMANN (1949, 1970)

#### Längenmessungen

Bei einer Reihe von Taxa wurden Längenmessungen durchgeführt, um morphologisch schwer zu unterscheidende Arten zu trennen (Copepoden der Gattungen *Pseudocalanus* und *Calanus*) und mit Hilfe von Länge-Masse-Beziehungen Biomasseberechnungen durchzuführen (*Calanus*, *Pseudocalanus*, Euphausiacea, Amphipoda, Mysidacea, Cumacea, Ostracoda, Chaetognatha). Für die Messungen wurden mit einer Videokamera Standbilder der Tiere aufgezeichnet. Die eigentliche Messung erfolgte mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogrammes (W. Hukriede; Institut für Meereskunde, Kiel) auf einem Rechner. Dabei wurde die Länge aller gefilmten Individuen mit dem Mauszeiger auf dem Bildschirm markiert und automatisch erfaßt. Die Längenmessungen wurden mit Hilfe eines ebenfalls gefilmten Maßstabes kalibriert.

#### Trennung der Arten *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* und *C. hyperboreus*

Die Trennung von *C. finmarchicus* und *C. glacialis* aufgrund morphologischer Merkmale ist sehr zeitaufwendig, nur bei adulten Weibchen möglich und auch hier nicht eindeutig (HABERSTROH 1985). Messungen der Cephalothoraxlänge bei Mischpopulationen zeigen dagegen eine bimodale Verteilung, die eine routinemäßige Trennung der beiden Arten ermöglicht (UNSTAD & TANDE 1991, HIRCHE et al. 1994). Mit der Methode nach BHATTACHARYA zur Trennung von Längen-Häufigkeits-Verteilungen in ihre normalverteilten Komponenten (BHATTACHARYA 1967, KING 1995) wurden die einzelnen Komponenten bestimmt. Bei diesem Berechnungsverfahren werden Trennungsindizes für Komponentenpaare ermittelt, die für eine sinnvolle Trennung größer als 2 sein sollten (KING 1995). Eine Unterscheidung beider Arten mit Hilfe der Längenanalysen ist ab dem vierten Copepodit-Stadium (CIV) möglich. Die jungen Copepodite CI-III von *Calanus hyperboreus* sind morphologisch ebenfalls kaum von *C. finmarchicus/glacialis* zu trennen, können aber aufgrund ihrer größeren Längen nach dem gleichen Verfahren quantifiziert werden. Die aus den bimodalen Verteilungen (Abb. 3.3) gewonnenen Grenzen zwischen den Arten weichen z.T. leicht von den Literaturwerten aus HIRCHE et al. (1994) und UNSTAD & TANDE (1991) ab. Die in dieser Arbeit verwendeten Grenzen sind der Tab. 3.2 zu entnehmen.

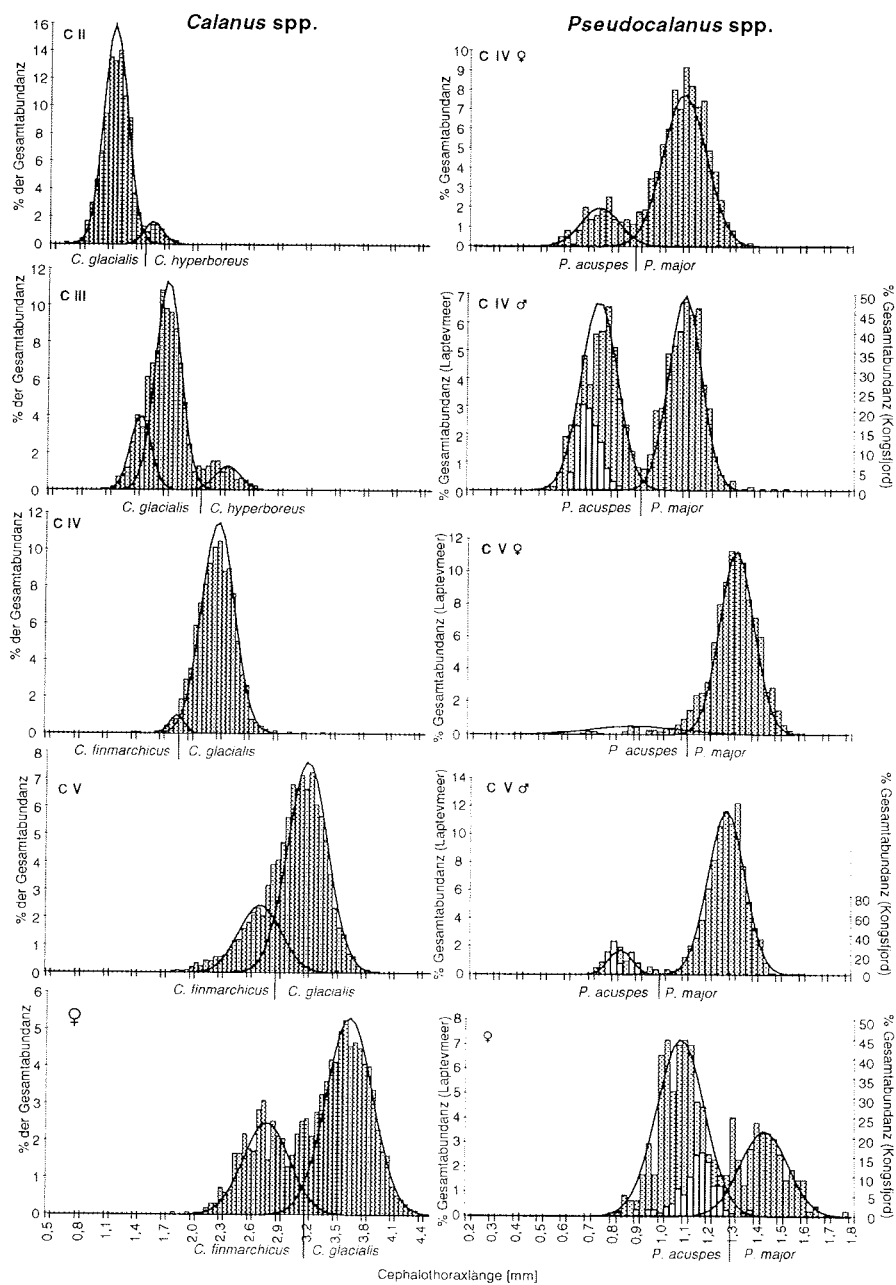
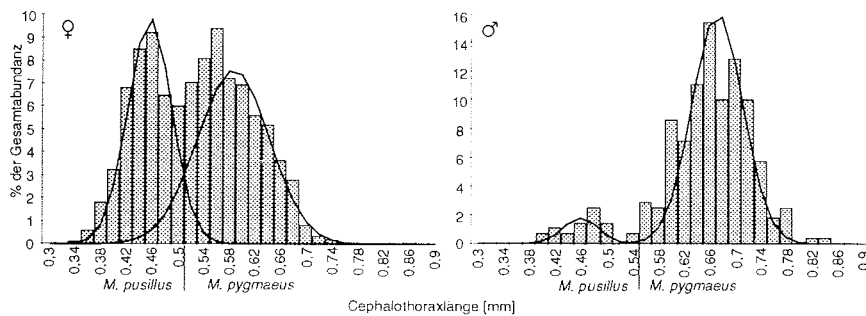


Abb. 3.3: Längen-Häufigkeitsverteilungen und berechnete Normalverteilungen für die Gattungen *Calanus* und *Pseudocalanus*. Die hellen Balken bei *Pseudocalanus* stellen Individuen aus dem Kongsfjord dar

Artentrennung der Gattungen *Pseudocalanus* und *Microcalanus*

Im Untersuchungsgebiet fanden sich drei Arten der Gattung *Pseudocalanus*, *Pseudocalanus minutus*, *P. acuspes* und *P. major* (FROST 1989). Eine routinemäßige Trennung der Arten aufgrund morphologischer Merkmale ist nur für *P. minutus* ab dem Stadium CIV möglich. *P. acuspes* und *P. major* unterscheiden sich ab dem Stadium CIV in der Längen-Häufigkeits-Verteilung (Abb. 3.3). Trotz einer Überlappung der Längen-Häufigkeits-Verteilungen, konnte aufgrund der bimodalen Verteilung eine Artentrennung vorgenommen werden (Tab. 3.3). Die Gültigkeit dieser Messungen für *P. minutus* und *P. acuspes* über das Untersuchungsgebiet hinaus konnte 1994 während einer fünfmonatigen Felduntersuchung im Kongsfjord auf Spitzbergen nachgewiesen werden.

*Microcalanus* war im Laptevmeer mit den zwei Arten *M. pusillus* und *M. pygmaeus* vertreten. Eine Trennung der Arten anhand der Längen-Häufigkeits-Verteilung konnte nur an den adulten Tieren vorgenommen werden (Abb. 3.4), da die Copepoditstadien CI-V nicht getrennt wurden.



**Abb. 3.4:** Längen-Häufigkeitsverteilungen und berechnete Normalverteilungen für die Gattung *Microcalanus*



**Tab. 3.2:** Artentrennung bei *Calanus*, *Pseudocalanus* und *Microcalanus*: Anzahl vermessener Tiere (n), Mittelwerte (X), Standardabweichung (SD), Trennungsindex (SI) sowie die Cephalothoraxlänge bei HIRCHE et al. (1994) und in dieser Arbeit (Laptev.) und die nach BHATTACHARYA (1967) ermittelten Grenzen zwischen den Arten (Grenze). Angaben für X, SD, sowie die Größenbereiche und Grenzen in mm.

Art	Stadien	n	X	SD	SI	Laptev.	HIRCHE et al.	Grenze
<i>C. finm./glac.</i>	CII		1,15	0,13		0,75-1,60	0,96-1,52	< 1,45
<i>C. hyperboreus</i>	CII	1148	1,56	0,10	3,65	1,25-1,85	1,52-1,84	> 1,45
<i>C. finm./glac.</i>	CIII		1,72	0,14		1,05-2,25	1,20-2,05	< 2,10
<i>C. hyperboreus</i>	CIII	2117	2,35	0,13	4,79	1,95-2,75	2,00-2,60	> 2,10
<i>C. finmarchicus</i>	CIV		1,85	0,08		1,60-2,10	1,65-2,20	< 1,90
<i>C. glacialis</i>	CIV	2051	2,28	0,17	3,43	1,70-2,90	2,20-2,80	> 1,90
<i>C. finmarchicus</i>	CV		2,71	0,22		1,80-3,45	1,95-3,05	< 2,85
<i>C. glacialis</i>	CV	4316	3,21	0,21	2,31	2,35-4,00	2,95-3,90	> 2,85
<i>C. finmarchicus</i>	♀		2,78	0,24		2,00-3,50	2,35-3,20	< 3,15
<i>C. glacialis</i>	♀	1688	3,64	0,25	3,57	2,80-4,50	3,20-4,60	> 3,15
<i>P. acuspes</i>	CIV♂		0,74	0,08		0,48-1,03		< 0,93
<i>P. major</i>	CIV♂	1721	1,09	0,07	4,98	0,85-1,33		> 0,93
<i>P. acuspes</i>	CIV♀		0,74	0,08		0,50-1,00		< 0,90
<i>P. major</i>	CIV♀	1593	1,09	0,09	4,12	0,75-1,40		> 0,90
<i>P. acuspes</i>	CV♂		0,82	0,05		0,68-0,98		< 1,00
<i>P. major</i>	CV♂	1416	1,28	0,08	7,18	1,00-1,55		> 1,00
<i>P. acuspes</i>	CV♀		0,90	0,19				< 1,13
<i>P. major</i>	CV♀	1145	1,32	0,07	3,21	1,05-1,60		> 1,13
<i>P. acuspes</i>	♀		1,08	0,10		0,75-1,43		< 1,30
<i>P. major</i>	♀	472	1,43	0,10	3,58	1,13-1,75		> 1,30
<i>M. pusillus</i>	♂		0,46	0,03		0,36-0,54		< 0,56
<i>M. pygmaeus</i>	♂	279	0,67	0,04	6,38	0,52-0,80		> 0,56
<i>M. pusillus</i>	♀		0,46	0,03		0,34-0,58		< 0,52
<i>M. pygmaeus</i>	♀	1733	0,59	0,06	2,89	0,40-0,76		> 0,52

**Tab. 3.3:** Vergleich der in dieser Arbeit ermittelten Cephalothoraxlängen für Weibchen der drei *Pseudocalanus*-Arten mit den Werten aus FROST (1989). TL: Totallänge, CL: Cephalothoraxlänge, UL: Urosomalänge. Angaben in mm.

	TL (FROST 1989)	CL/UL FROST (1989)	CL: errechnet aus (FROST 1989)	CL (diese Arbeit)
<i>P. minutus</i>	1,35-2,14	2,22-2,52	0,93-1,53	0,83-1,45
<i>P. acuspes</i>	1,26-2,27	2,00-2,29	0,84-1,58	0,75-1,43
<i>P. major</i>	1,52-2,29	2,11-2,31	1,03-1,60	1,13-1,75

### 3.2.3 Biomassebestimmung

#### Biomasseberechnung

Die Biomasse der Planktonproben wurde als Trockenmasse (TM) indirekt durch Berechnung aus den Abundanzwerten mit Hilfe von Länge-Masse-Beziehungen und mittleren Individualmassen ermittelt. Bei einigen Organismen variierte die Körpergröße und somit auch ihre Masse sehr stark, ohne daß Entwicklungsstadien unterschieden werden konnten. In diesen Fällen wurde die Gesamtlänge der Tiere gemessen. Bei diesen Arten sowie auch bei Copepoden, deren Cephalothoraxlänge bereits zur Artentrennung bestimmt wurde, wurden Länge-Masse-Beziehungen angewandt. Bei anderen Taxa wurden mittlere Individualmassen zur Berechnung verwendet. Aufgrund der geringen Probenmenge bei Multinetzfängen konnten keine eigenen Länge-Masse-Beziehungen und mittlere Individualmassen ermittelt werden. Deshalb wurden Werte aus früheren Untersuchungen an arktischem Zooplankton verwendet. Lagen solche Untersuchungen zu bestimmten Organismen nicht vor, wurden Länge-Masse-Beziehungen oder Individualmassen von Arten ähnlicher Körperform und Größe übertragen. Eine Auflistung der verwendeten Daten mit Quellennachweis findet sich im Anhang B. Organismen, die offensichtlich keinen wesentlichen Anteil an der Gesamtbiomasse haben und für die keine Meßdaten verfügbar waren (z.B. Hydromedusen, Polychaeten), wurden in den Biomasseberechnungen nicht berücksichtigt.

Formeln für die Berechnung der Biomasse a) aus Länge-Masse-Beziehungen und b) aus mittleren Individualmassen:

$$\text{a) } \text{BM}[\text{g} * 100 \text{ m}^{-3}] = \frac{\sum \text{BM}_{\text{LM}} * n_{100}}{n_{\text{LM}}}$$

$$\text{b) } \text{BM}[\text{g} * 100 \text{ m}^{-3}] = \text{BM}_{\bar{x}} * n_{100}$$

$\sum \text{BM}_{\text{LM}}$  : Summe der errechneten Biomassen

$\text{BM}_{\bar{x}}$  : mittlere Individualmasse

$n_{\text{LM}}$  : Anzahl der vermessenen Tiere

$n_{100}$  : Anzahl der Tiere pro 100 m<sup>3</sup>

### Direkte Biomassebestimmung

Zur Kontrolle der berechneten Werte wurde zusätzlich auf sieben Stationen die Zooplankontrockenmasse aus den Bongonetzfängen der oberen 100 m direkt bestimmt (BÄMSTEDT 1974). Die auf vorgewogenen Rundfiltern eingefrorenen Netzfänge wurden bei 70°C für 12 Stunden im Trockenschrank getrocknet, in einem Exsikkator über Silikagel abgekühlt und unmittelbar danach auf einer elektronischen Waage (SATORIUS 1712, Genauigkeit  $\pm 0,01$  mg) gewogen. Eine geringfügige Feuchtigkeitsaufnahme der Proben in der Wägekammer war nicht zu vermeiden. Um den dadurch entstehenden Fehler möglichst konstant zu halten, erfolgte das Ablesen bei allen Messungen 20 Sekunden nach Schließen der Wägekammer.

### Kohlenstoffmessungen

Für kleine Copepoden, die häufig einen erheblichen Teil der Gesamtbiomasse stellen, sind kaum Länge-Masse-Beziehungen verfügbar und die durchschnittlichen Individualmassen basieren häufig auf gemischten Proben verschiedener Entwicklungsstadien (z.B. MUMM 1991, RICHTER 1994). Diese Werte sind nicht reproduzierbar und geben einen sehr ungenauen Eindruck der tatsächlichen Biomasse. Besser als die Übertragung von Länge-Masse-Beziehungen größerer Arten mit ähnlicher Körperform ist die direkte Messung des Kohlenstoffgehaltes einzelner Tiere mit bekannter Länge und bekanntem Entwicklungsstadium.

Während einer Feldstudie am Kongsfjord auf Spitzbergen wurden von Anfang Mai bis Ende September 1994 aus routinemäßig durchgeführten Planktonfängen Individuen abundanter kleiner Copepodenarten entnommen und einzeln in kleinen Silbergefäßen bei -30°C eingefroren. Die Tiere wurden zuvor unter dem Stereomikroskop bis auf das Entwicklungsstadium bestimmt und die Körperlänge mit Hilfe eines Meßokulars gemessen (Calanoida: Cephalothoraxlänge, Cyclopoida: Gesamtlänge). Die Kohlenstoffmessungen wurden an calanoiden Copepoden (*Pseudocalanus minutus*, *P. acuspes*, *Microcalanus* spp.) und cyclopoiden Copepoden (*Oithona similis*, *O. atlantica*) durchgeführt, die auch im Plankton des Laptevmeeres in hoher Abundanz vorkommen.

Die Kohlenstoffmessung erfolgte an einem EASYQUANT CARBON ANALYSER EQ92 im Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven. Die Proben werden bei diesem Verfahren in reinem Sauerstoff als Trägergas verbrannt und die

entstehende Menge CO<sub>2</sub> chromatographisch gemessen. An dem Gerät standen getrennte Meßbereiche für Proben mit einem Kohlenstoffgehalt von <1 µg, 1-4 µg, 4-10 µg und 10-30 µg zur Verfügung.

#### 3.2.4 Tagesperiodische Vertikalwanderungen

Alle hinsichtlich ihrer Abundanz oder Biomasse bedeutsamen Taxa wurden auf Tag-Nacht-Unterschiede in der Vertikalverteilung untersucht. Zu diesem Zweck wurden die eisbedeckten Stationen mit einer Wassertiefe von mindestens 100 m zu Tag- und Nachtstationen gruppiert. Die Stationen 50, 53, 60, 64, 69 und 71 wurden als Tagesstationen und die Stationen 56, 62, 65, 68 und 70 als Nachtstationen zusammengefaßt. Die flachen Stationen und solche im Eisrandbereich wurden nicht berücksichtigt, um die ausgesüßte Oberflächenschicht im Laptevmeer und die unterschiedlich starke Eisbedeckung als zusätzliche Ursachen für Unterschiede in der Vertikalverteilung auszuschließen. Stationen, die während der Dämmerungsphase beprobt worden waren, wurden ebenfalls nicht mit in den Vergleich einbezogen.

### 3.3 Beschreibung der Zooplanktongemeinschaften

Um die unterschiedlichen Zooplanktongemeinschaften im Untersuchungsgebiet zu charakterisieren, wurden die in einer Arten-Stations-Matrix angeordneten Abundanzwerte einer multivariaten Q-Analyse unterzogen. In diesem Verfahren werden zwischen den Objekten Distanzen als Maß für ihre Unähnlichkeit hinsichtlich ihrer Attribute (Abundanz) berechnet (PIEPENBURG 1988). Das Ergebnis dieser Analyse wird zum einen als Dendrogramm (Clusteranalyse) und zum anderen als zweidimensionale Ordination (Multidimensionale Skalierung, MDS) anschaulich dargestellt. Die Berechnung der Distanzmatrix und des Dendrogramms wurde mit den Programmen COMM (PIEPENBURG & PIATKOWSKI 1992) und PRIMER (CLARKE & WARWICK 1994) durchgeführt. Die Ordination wurde mit Hilfe des Programmes PRIMER und des Statistikprogramms SYSTAT vorgenommen.

#### 3.3.1 Berechnung der Distanzmatrix

Aufgrund der großen Spannweite der Abundanzwerte über mehrere Größenordnungen mußte zunächst eine Transformation der Rohdaten erfolgen. Hier wurde die in planktologischen Untersuchungen gebräuchliche doppelte Radizierung ( $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ -Transformation) angewandt, die gegenüber Änderungen in

der Bezugsgröße (z.B.  $n \cdot 100 \text{ m}^3$  statt  $n \cdot 1.000 \text{ m}^3$ ) unempfindlich ist (FIELD et al. 1982). Von den zur Verfügung stehenden Berechnungsindizes für die Distanzmatrix wurde der Bray-Curtis-Index verwendet, der quantitative Unterschiede berücksichtigt (im Gegensatz zum ebenfalls häufig verwendeten Jaccard-Index). Außerdem bleiben bei der Distanzberechnung zwischen den Objekten (Objekt = Netzfang einer Tiefenstufe) solche Taxa unberücksichtigt, die auf beiden Seiten eines Objektpaares nicht vertreten sind. Die zu verarbeitende Datenmenge ist durch die verwendeten Programme begrenzt. Aus diesem Grund mußten die Abundanzwerte einzelner Entwicklungsstadien auf Artniveau zusammengefaßt werden. Die Berechnung erfolgte daher mit 81 Attributen (Arten und höhere Taxa).

### 3.3.2 Darstellungsverfahren

Bei der Clusteranalyse werden die Objekte (Stationen bzw. Fänge der einzelnen Tiefenstufen) hierarchisch in einem Dendrogramm angeordnet, wobei einmal verknüpfte Objekte im folgenden als Gruppe mit weiteren Objekten verglichen werden (FIELD et al. 1982). Aus den verschiedenen Gruppierungsverfahren wurde das sehr häufig verwendete "Complete-Linkage"-Verfahren ausgewählt, das zu scharf abgegrenzten Gruppen führt (ROMESBURG 1984, PIATKOWSKI 1987). Ein Maß für die Übereinstimmung von Dendrogramm und Distanzmatrix wird mit dem Cophenetischen Index (CI) analog zum Korrelationskoeffizienten berechnet. Er nimmt Werte zwischen -1 und +1 an, die Güte der Darstellung nimmt mit steigendem CI zu.

In der multidimensionalen Skalierung (MDS) werden die Unähnlichkeiten im nicht metrischen Kruskal-Verfahren direkt als Distanzen zwischen den einzelnen Objekten in einem multidimensionalen Raum dargestellt. In der Regel wird eine zweidimensionale Darstellung gewählt, bei der es zu Verzerrungen kommt. Der bei der Ordination ermittelte Streßfaktor gibt ein Maß für die Güte der Darstellung.

### 3.3.3 Beschreibung der Stationsgruppen

Zur Beschreibung und Charakterisierung der Stationsgruppen wurde neben der Artenzahl (S) und der Anzahl der Arten, die 90% aller Individuen ausmachen ( $S_{90\%}$ ) der Shannon-Wiener-Diversitätsindex (SHANNON & WEAVER 1963) und der davon abgeleitete Pielou-Index (PIELOU 1966) berechnet.

#### Shannon-Wiener-Index

Dieser Index beschreibt die Diversität aus der Artenzahl und den relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten einer Station. Er nimmt Werte zwischen 0 (bei nur einer Art) und  $H'_{\max}$  an ( $H'_{\max} = \ln S$ ; bei der Artenzahl  $S$  und gleich großen relativen Anteilen aller Arten).

Formel für die Berechnung des Shannon-Wiener-Index:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln(p_i) \quad 0 \leq H' \leq \ln S$$

$H'$ : Shannon – Wiener – Index

$p_i$ : relativer Anteil der Art  $i$  an der Stationssumme

$S$ : Artenzahl

#### Pielou-Index

Der vom Shannon-Wiener-Index abgeleitete Pielou-Index liefert ein Maß für die Äquität bzw. Evenness. D.h. im Gegensatz zur Diversität ist die Evenness nicht von der Artenzahl abhängig, sondern beschreibt nur die Gleichmäßigkeit der Individuenverteilung auf die Arten. Er nimmt Werte zwischen 0 (alle Individuen gehören einer Art an) und 1 an (alle Arten sind mit gleicher Individuenzahl vertreten).

Formel für die Berechnung des Pielou-Index  $E_p$

$$E_p = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

#### Signifikanztests

Die in der Gemeinschaftsanalyse ermittelten Stationsgruppen wurden auf signifikante Unterschiede hinsichtlich der Gesamtabundanz und Gesamtbiomasse, der Anzahl der Taxa ( $S$ ,  $S_{90\%}$ ), sowie der Diversität und Äquität ihrer Stationen getestet. Es wurde der nicht-parametrische H-Test nach Kruskal & Wallis (LožAN 1992) gewählt, da eine Normalverteilung der untersuchten Grö-

Ben nicht angenommen werden konnte. Bei diesem Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben wird die Nullhypothese überprüft, daß alle Stichproben (Stationsgruppen) einer Grundgesamtheit angehören.

In einem anschließenden multiplen Testverfahren nach Nemeny (Lozán 1992) wird durch einen Vergleich der Rangsummen des H-Tests untersucht, zwischen welchen Stationsgruppen signifikante Unterschiede bestehen. Überschreitet die Differenz zweier Rangsummen einen Tabellenwert bei gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit, so ist der Unterschied zwischen den Stichproben signifikant. Die Testverfahren wurden mit dem Programm STATEASY von J. L. Lozán durchgeführt. Es wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% gewählt.

Formel für die Berechnung der Prüfgröße H (H-Test):

$$H = \left[ \frac{12}{n(n+1)} \cdot \sum \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3 \cdot (n+1)$$

H : Prüfgröße

$R_i$  : Rangsumme der Stichprobe i

$n_i$  : Umfang der Stichprobe i

n : Gesamtzahl der Beobachtungen ( $\sum n_i$ )

### Charakterarten

Als ein weiteres Mittel zur Charakterisierung der Stationsgruppen wurden Charakterarten beschrieben. Für die Einstufung als Charakterart wurden Grenzwerte für den prozentualen Anteil eines Taxons am Gesamtindividuenbestand der Stationsgruppe (DOM%) und den DAI gewählt. Der DAI (Degree of Association concerning Individuals) gibt den prozentualen Anteil des Gesamtindividuenbestandes einer Art auf allen Stationen an, der auf der betrachteten Stationsgruppe vertreten ist. Als Schranken für Charakterarten wurden folgende Grenzen gewählt: DOM%>2%; DAI>50%.

### 3.4 Freßraten von *Pseudocalanus* spp.

Das Freßverhalten von *Pseudocalanus acuspes* und *P. minutus* wurde bei verschiedenen Nahrungskonzentrationen in Inkubationsversuchen im Labor untersucht. Für die jeweiligen Versuchsreihen wurden die Tiere am 17. Juni und 22. September 1994 im Kongsfjord mit einem Planktonnetz (Maschenweite 100  $\mu\text{m}$ , Durchmesser der Netzöffnung 40 cm) aus einer Tiefe von 0-50 m gefangen und bei 0°C und Dämmerlicht inkubiert. Die Probenahme erfolgte auf Höhe Ny Ålesunds, etwa 200 m vom Ufer entfernt, von einem Schlauchboot aus (Abb. 2.5). Die Individuen für die Versuche im September 1995 entstammen einem Bongonetzfang (Maschenweite 200  $\mu\text{m}$ ) vom 07. September 1995 aus dem westlichen Laptevmeer (POLARSTERN-Expedition ARK XI-1; Station 36/84: 77°54'N, 113°45'E). Nach dem Fang und Transport wurden die Tiere bei 0°C und Dämmerlicht für einige Tage an die Laborbedingungen gewöhnt, bevor mit den Versuchen begonnen wurde. Die Haltung erfolgte zu je 100 Tieren in 2 l-Schraubdeckelgefäßen bei einer Nahrungskonzentration von ca. 1  $\mu\text{g Chl.a} \cdot \text{l}^{-1}$ . Als Nahrungsorganismus dienten Algenkulturen von *Thalassiosira antarctica* (Versuche im Sommer und Herbst 1994) und *Thalassiosira fallax* (Herbst 1995). Die Algen wurden in Drebes-Medium (STOSCH & DREBES 1964) bei 0°C kultiviert und befanden sich zur Zeit der Versuche in der exponentiellen Wachstumsphase.

Je nach Nahrungskonzentration (0,5-30  $\mu\text{g Chl.a} \cdot \text{l}^{-1}$ ) wurden zwischen fünf und 40 Tieren in 500 ml-Schraubdeckelgläsern inkubiert. Jeder Versuch bestand aus drei Parallelansätzen mit gleicher Nahrungskonzentration, davon ein Blindversuch ohne Copepoden. Die Versuche wurden bei einer Temperatur von 0°C und Dämmerlicht durchgeführt. Um eine gleichmäßige Suspension der Algen zu gewährleisten, rotierten die Versuchsgefäße bei einer Umdrehung pro Minute auf einem Planktonrad (Ferris-Wheel) (HUNTLEY et. al. 1983). Zu Beginn und am Ende jedes Versuches wurden aus jedem Probengefäß 100 ml Inkubationsflüssigkeit entnommen und zur Chlorophyllbestimmung auf WHATMAN GF/C-Filter filtriert. Bei 13 Versuchen wurden weitere 50 ml für Utermöhlzählungen entnommen und mit 1%iger Formollösung fixiert. Bei Versuchsbeginn wurde die fehlende Inkubationsflüssigkeit aus dem Vorratsgefäß wieder aufgefüllt und die Gefäße luftblasenfrei verschlossen. Anzahl und Zustand der Tiere wurden nach Versuchsende erneut kontrolliert.

Die Chlorophyllproben wurden in 8 ml 90%igem Azeton in einer Zelmühle mit Glasperlen zermahlen und das Chlorophyll anschließend bei 0°C unter Lichtausschluß eine Stunde lang extrahiert. Nach fünfminütiger Zentrifugation



bei 4.000 Upm wurde der Chlorophyllgehalt aus dem Überstand in einem TURNER-Fluorometer Modell 112 bestimmt (EVANS et al. 1987).

Das Auszählen der fixierten Proben erfolgte nach UTERMÖHL (1931a, b). Neben der Zellzahl wurden mittlere Kettenlängen und Zellvolumina der Diatomeen bestimmt (Tab. 3.4). Aus den Zellvolumina und Zellzahlen konnte der Kohlenstoffgehalt der Algen berechnet werden (BALTIC MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMISSION 1988). Die Chlorophyll- und Kohlenstoffgehalte der Proben wurden korreliert und mit der Regressionsgleichung konnten die Chlorophyllwerte aller Versuche in Kohlenstoff umgerechnet werden.

**Tabelle 3.4:** *Thalassiosira* spp.: Zellabmessungen und Biomasse. SD: Standardabweichung

	mittlere Kettenlänge [ $\mu\text{m}$ ]	Zelldurchmesser [ $\mu\text{m}$ ]	Zellhöhe [ $\mu\text{m}$ ]	Biomasse/Zelle [pgC]
Mittelwert	1,1	16,4	15,2	178
Maximum	1,8	18,6	22,3	262
Minimum	1,0	13,4	11,3	115
SD	0,2	1,4	2,5	39

Für den Vergleich mit Literaturdaten erfolgte eine Umrechnung der Chlorophyllwerte in Kohlenstoff und Biovolumen. Aus den gemessenen Chlorophyllwerten, den Zellzahlen und -abmessungen ergaben sich folgende Umrechnungsfaktoren:

$$Z = \text{Chl.a} * 6.6198 * 10^4; \quad r^2 = 0.80$$

$$C = \text{Chl.a} * 10.61; \quad r^2 = 0.92$$

$$V = \text{Chl.a} * 6.1389 * 10^7; \quad r^2 = 0.91$$

Z : Zellzahl [n]

C : Kohlenstoff [mg]

V : Biovolumen [ $\text{mm}^3$ ]

Chl.a : Chlorophyll [mg]

$r^2$  : Korrelationskoeffizient

Der Berechnung der täglichen Aufnahmerate in % des Körperkohlenstoffgehaltes liegen die aus Länge-Masse-Beziehungen berechneten Trockenmassen der Copepoden sowie ein angenommener Kohlenstoffgehalt von 40% der Trockenmasse (DRITS et al. 1993) zugrunde.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Zusammensetzung und Verteilung des Mesozooplanktons im Laptevmeer

Auf den 34 Stationen wurden insgesamt 94 Arten und höhere Taxa unterschieden. Davon gehörten 52 Arten zu den Copepoden. Inklusive Entwicklungsstadien wurden 250 Kategorien identifiziert.

Wie bei fast allen Untersuchungen zu Verbreitung und Häufigkeit des Zooplanktons stellen die hier gebotenen Befunde nur einen Ausschnitt aus dem breiten Spektrum des Zooplanktons dar, der vorgegeben ist durch die Maschenweite und Fängigkeit der verwendeten Netze.

#### 4.1.1 Individuenzahlen und Bestandsdichte

Die Individuenzahlen pro Quadratmeter umfaßten einen weiten Bereich zwischen etwa 2.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> im östlichen Laptevmeer (Station T73A) und 250.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> in der Wilkitzky-Straße (Station 30). Die Bestandsdichte, gemessen als Individuen pro Kubikmeter, erreichte auf dem östlichen Transekt H im Eisrandgebiet über dem Kontinentalhang in den oberen 10 m (Station 41) mit 8.500 Ind.\*m<sup>-3</sup> ihren Höchstwert. Nauplien calanoider Copepoden waren, ebenfalls in dieser Probe, mit 5.000 Ind.\*m<sup>-3</sup> das häufigste Taxon. Auf Station T73A nahe der Neusibirischen Inseln in 20-30 m war die Individuendichte mit 6 Ind.\*m<sup>-3</sup> am geringsten.

Copepoden waren mit Abstand die wichtigste Gruppe in allen Proben (Tab. 4.1). Sie stellten im Mittel 90,7%, maximal 99,9 % aller Individuen. Im südöstlichen Teil des Laptevmeeres erreichte die Chaetognathenart *Sagitta elegans* in einigen Proben mehr als 10%, maximal 13,7% aller Individuen. Ferner gehörten in diesem Gebiet kleine Hydromedusen (Mittelwert: 1,7%; Maximum: 48,1%) und Appendicularien der Gattung *Oikopleura* lokal zu den häufigsten Organismen (Mittelwert: 2,3%; Maximum: 31,8%).

Im Oberflächenplankton (0-30 m) wurden die höchsten Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> und Individuendichten pro m<sup>3</sup> auf den jeweiligen Schnitten über dem Kontinentalhang erreicht (Abb. 4.1). Auf den beiden östlichen Schnitten G und H wurden über dem Kontinentalhang auch besonders hohe Chlorophyllwerte in den oberen 30 m gemessen (Abb. 4.2). Diese Stationen lagen in einem sich nordwärts zurückziehenden Eisrandgebiet.

**Tab. 4.1:** Arten und höhere Taxa, die mehr als 10% der Gesamtabundanz in einzelnen Netzfängen erreichten

Art	Mittelwert [%]	Maximalwert [%]
<i>Oithona similis</i>	31,6	87,8
<i>Oncaea</i> spp.	12,9	46,5
<i>Pseudocalanus</i> spp.	11,1	71,6
<i>Microcalanus</i> spp.	11,0	41,0
Nauplien calanoider Copepoden	8,6	58,9
<i>Metridia longa</i>	7,5	44,6
Plutei indet.	4,2	48,2
<i>Calanus glacialis</i> CIV-VI	3,2	28,1
<i>Spinocalanus</i> spp.	3,0	30,6
<i>Drepanopus bungei</i>	2,5	49,7
<i>Oikopleura</i> sp.	2,3	31,8
<i>Calanus finmarchicus/glacialis</i> CI-III	1,7	20,1
Hydromedusen	1,7	48,1
<i>Sagitta elegans</i>	1,5	13,7
<i>Limnocalanus grimaldii</i>	0,3	21,6

Die Vertikalverteilung des Mesozooplanktons zeigte Maximalwerte in den oberen 50 m und eine exponentielle Abnahme der Abundanz mit der Tiefe (Abb. 4.3). Auf den meisten sowohl der eisfreien als auch der eisbedeckten Stationen war die Individuenkonzentration an der Oberfläche am höchsten. Über dem Schelf wiesen die meisten Stationen jedoch ein tiefer gelegenes Abundanzmaximum auf. Im flachen Laptevmeer befand sich in den oberen 10-15 m eine Schicht salzarmen, warmen Wassers (Abb. 3.2). Dieser Flußwassereintrag war auf den Schnitten G und H sehr ausgeprägt, im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes dagegen weniger deutlich. Entsprechend fanden sich auf den flachen Stationen der beiden östlichen Schnitte besonders niedrige Individuendichten, mit Ausnahme der Stationen 31 und 43. In diesen Proben bildeten Massenvorkommen von Pluteuslarven und Appendicularien (*Oikopleura* sp.) zusammen 58% bzw. 66% der hohen Gesamtabundanz in den Oberflächenproben. Auf keiner anderen Station erreichen sie mehr als 34%.

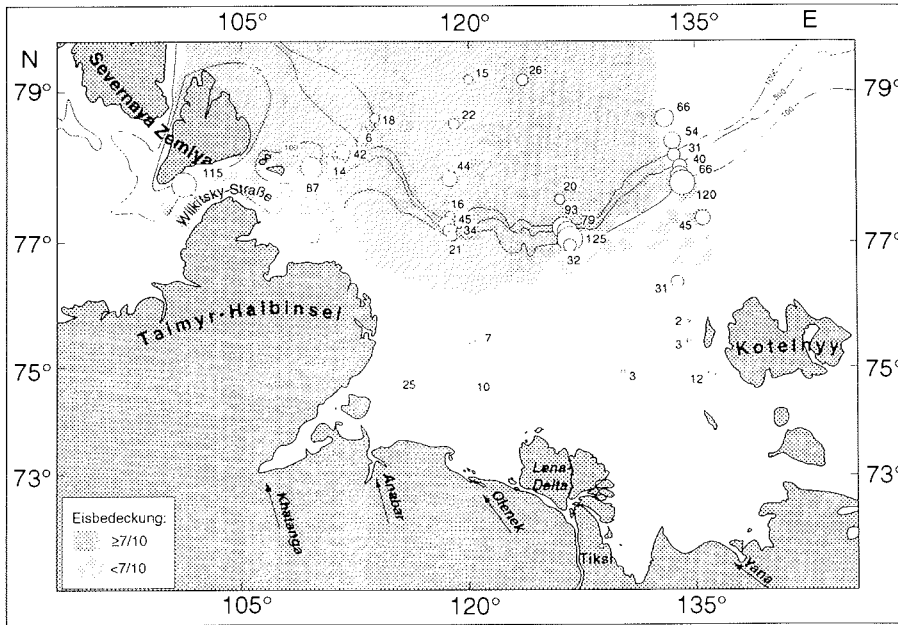


Abb. 4.1: Mesozooplankton-Abundanz der oberen 30 m in 1.000 Ind.\*m<sup>-2</sup>

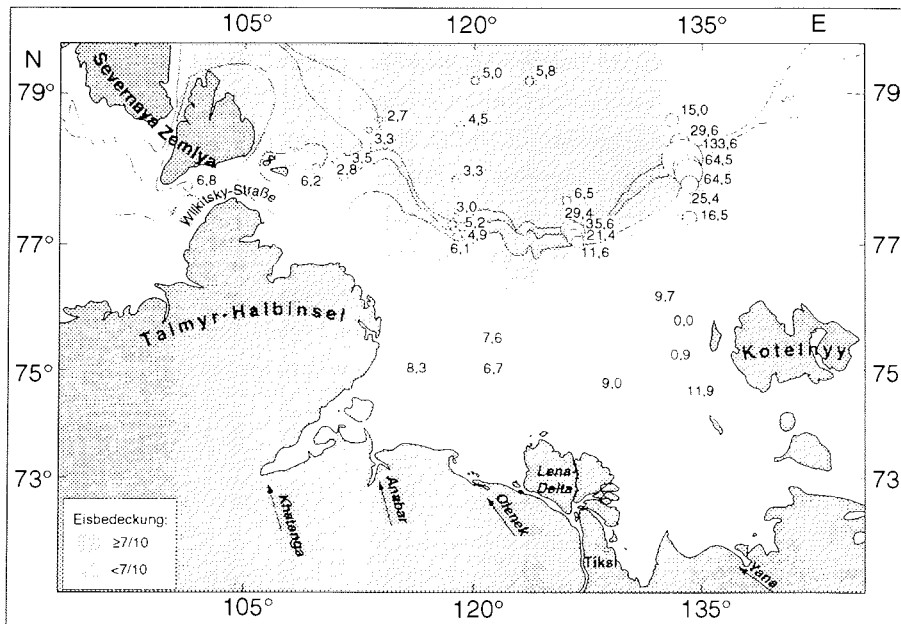


Abb. 4.2: Chlorophyllgehalt der oberen 30 m in mg\*m<sup>-2</sup> nach SPRINGER (1994) und KNICKMEIER (unveröff.)

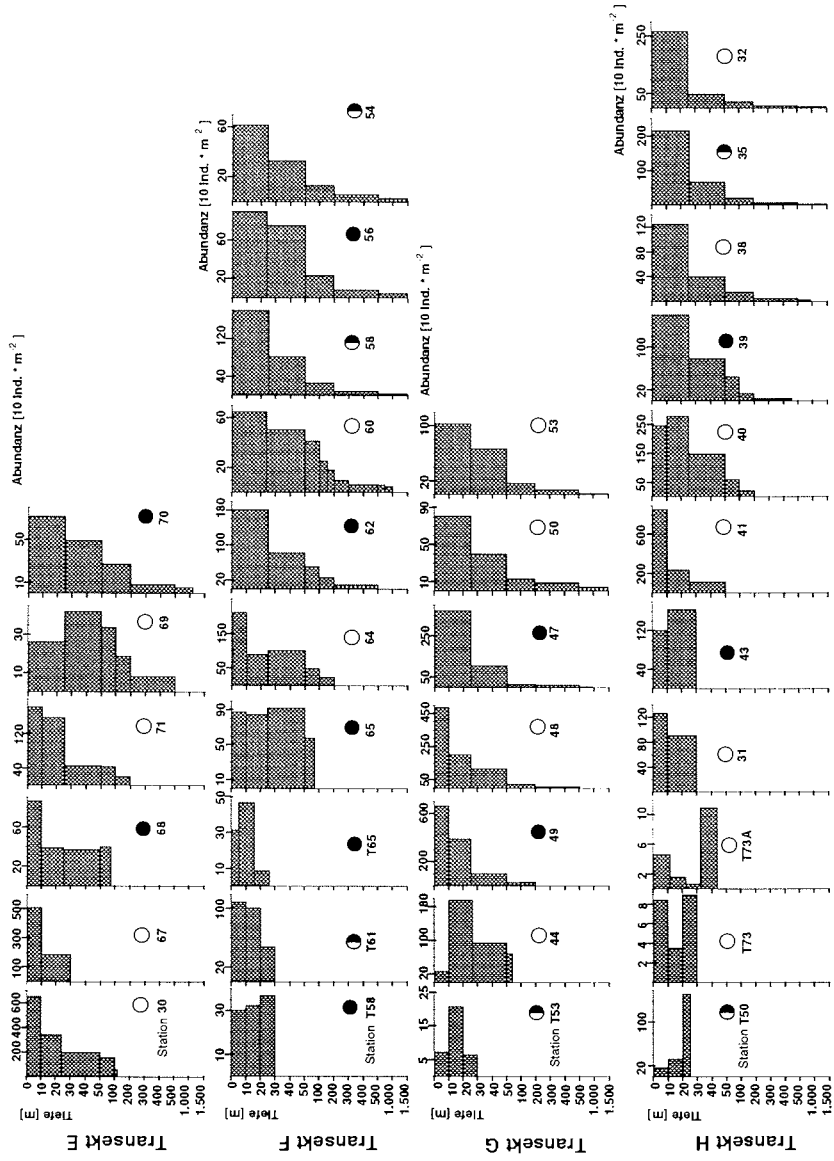


Abb. 4.3: Mesozooplankton-Abundanz: Vertikalprofile, Abundanz in 10 Ind. \* m<sup>-2</sup>. Unterschiedliche Skalen! Lichtverhältnisse zur Zeit der Probennahme: ○ Tageslicht, ● Dämmerung, ● Dunkelheit

### 4.1.2 Biomasse

Die Biomasse, gemessen bzw. berechnet als Trockenmasse des gesamten Planktons, variierte zwischen  $0,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  im östlichen Laptevmeer (Station T73) und  $7,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  über dem Kontinentalhang auf Transekt G (Station 47). In den oberen 10 m der Station T73 war die Biomassekonzentration am geringsten ( $0,02 \text{ g}\cdot 100 \text{ m}^{-3}$ ). Im südwestlichen Teil des Laptevmeeres auf Station T61, ebenfalls in 0-10 m, war sie mit  $7,7 \text{ g}\cdot 100 \text{ m}^{-3}$  am höchsten. Hier dominierten *Calanus glacialis* CV mit  $3,7 \text{ g}\cdot 100 \text{ m}^{-3}$  die Zooplanktonbiomasse.

#### Vergleich von gemessener und berechneter Biomasse

Aus den Auszählungen der Individuen der Multinetzproben und Längenmessungen wurde die Zooplanktonbiomasse anhand von Länge-Masse-Beziehungen und durchschnittlichen Individualmassen berechnet. Zusätzlich wurden auf acht dieser Stationen Bongonetzfänge aus den oberen 100 m eingefroren und anschließend in toto gewogen, um die berechneten Werte anhand direkter Messungen auf denselben Stationen zu überprüfen (Tab. 4.2).

**Tab. 4.2:** Vergleich berechneter und gemessener Biomassewerte der oberen 100 m bzw. bis zur maximalen Fangtiefe bei flachen Stationen. Berechnete Trockenmasse (TM) aus Multinetzproben, gemessene Trockenmasse aus Bongonetzfängen, Verhältnis von berechneter zu gemessener Trockenmasse

	T 53	39	40	41	43	62	64	65
berechnete TM [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	0,3	2,7	3,4	2,8	0,6	1,6	2,8	2,6
gemessene TM [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	0,2	1,9	1,9	2,9	0,9	0,7	1,7	2,4
Verhältnis berechnete : gemessener TM	1,1	1,5	1,8	0,9	0,7	2,3	1,7	1,1

Auf sechs der acht Stationen gibt es deutliche Unterschiede zwischen den berechneten und gemessenen Werten. Die Abweichungen treten in beiden Richtungen auf. Ein zweiseitiger U-Test ( $p=0,05$ ) zeigte keinen signifikanten Unterschied der Mittelwerte zu einer Verteilung mit gleicher Varianz und dem Mittelwert 1 ( $U_x=82$ ,  $U=79$ ,  $U_0=87$ ;  $U_x > U$ ,  $U_x < U_0$ ). Das bedeutet, es konnte kein gerichteter Unterschied zwischen beiden Methoden (Biomasseberechnung und direkte Bestimmung) nachgewiesen werden.

### Gesamtbiomasse

Es gab deutliche Unterschiede in der absoluten Menge (Abb. 4.4) der Gesamtbiomasse, berechnet aus Multinetzfängen, zwischen dem flachen Laptevmeer (<100 m), dem Kontinentalhang (100-1.000 m) und dem Nansen-Becken (>1.000 m). Die Gesamtbiomasse war auf den tiefen Stationen (1,2-7,9 g\*m<sup>-2</sup>) um etwa eine Größenordnung höher als im flachen Laptevmeer mit 0,1-1,5 g\*m<sup>-2</sup>. Besonders niedrig war die Biomasse im südöstlichen Laptevmeer nahe der Insel Kotelnyy mit weniger als 0,3 g\*m<sup>-2</sup>. Ein Zusammenhang zwischen der Gesamtbiomasse und den Chlorophyllwerten wie bei den Abundanzwerten läßt sich nicht erkennen.

Die flachen und tiefen Teile des Untersuchungsgebietes unterschieden sich auch hinsichtlich der prozentualen Zusammensetzung der Zooplanktonbiomasse voneinander (Tab. 4.3). Das Zooplankton wurde hinsichtlich der Biomasse im wesentlichen von vier Arten dominiert: Von den calanoiden Copepodenarten *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa* sowie dem Chaetognathen *Eukrohnia hamata*. *C. glacialis* erreichte in allen Tiefenbereichen im Mittel mehr als 10% der Gesamtbiomasse. Im flachen Teil des Untersuchungsgebietes hatte diese Art mit 61% dort den höchsten Anteil an der insgesamt niedrigen Biomasse. *C. hyperboreus* war vor allem im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang mit 28% bzw. 10% stark vertreten, erreichte aber auch auf dem Schelf auf einzelnen Stationen einen Anteil von bis zu 20%. *M. longa* konzentrierte sich ebenfalls auf die tieferen Stationen des Hanges und des Nansen-Beckens, wo sie im Mittel 11% bzw. 17% der Gesamtbiomasse erreichte. Neben den drei Copepodenarten gehörte der Chaetognath *E. hamata* im Nansen-Becken zu den biomassereichen Arten (Mittelwert 13%). Auch auf einzelnen Hang-Stationen erreichte die Art hohe Anteile bis zu 41%.

Im Laptevmeer war *Calanus glacialis* die einzige Art, die im Mittel mehr als 10% der gesamten Zooplanktonbiomasse erreichte. Eine Reihe anderer Arten stellte auf jeweils einzelnen Stationen ebenfalls große Anteile zur Gesamtbiomasse. Junge Copepoditstadien CI-III von *Calanus* spp. erreichten bis zu 11%. Auf den Stationen im westlichen Laptevmeer und über dem Kontinentalhang nahe der Taimyr-Halbinsel machte die atlantische Art *C. finmarchicus* bis zu einem Drittel der Zooplanktonbiomasse aus. Vor der Lenamündung gehörte auch eine typische Brackwasserart, der Copepode *Limnocalanus grimaldii*, zu den häufigen und biomassereichen Zooplanktern. Auf den Stationen T58 und T73A stellte sie 12% der Gesamtbiomasse. Auch kleine Cope-

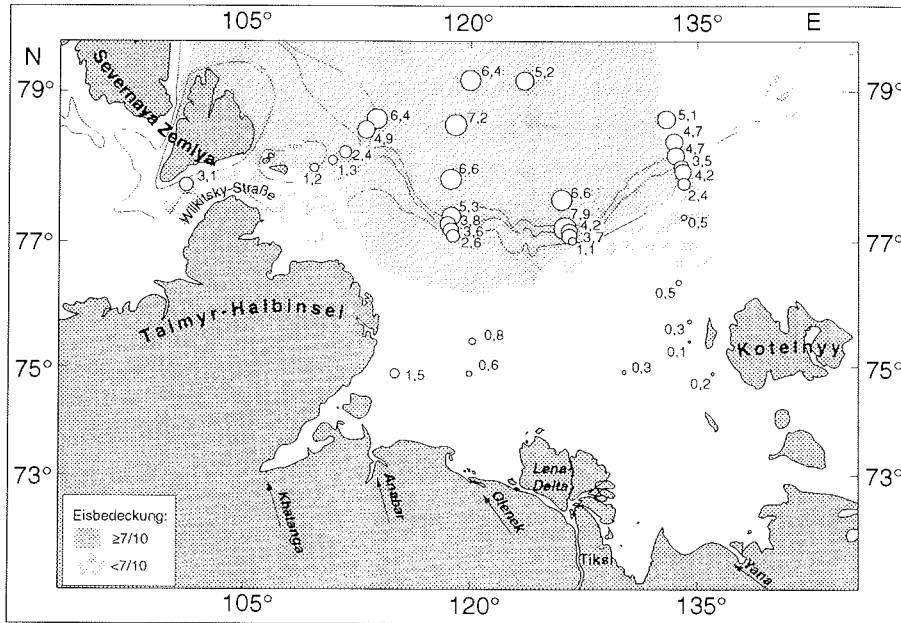


Abb. 4.4: Mesozooplankton-Biomasse integriert über die gesamte Fangtiefe in  $g \cdot m^{-2}$

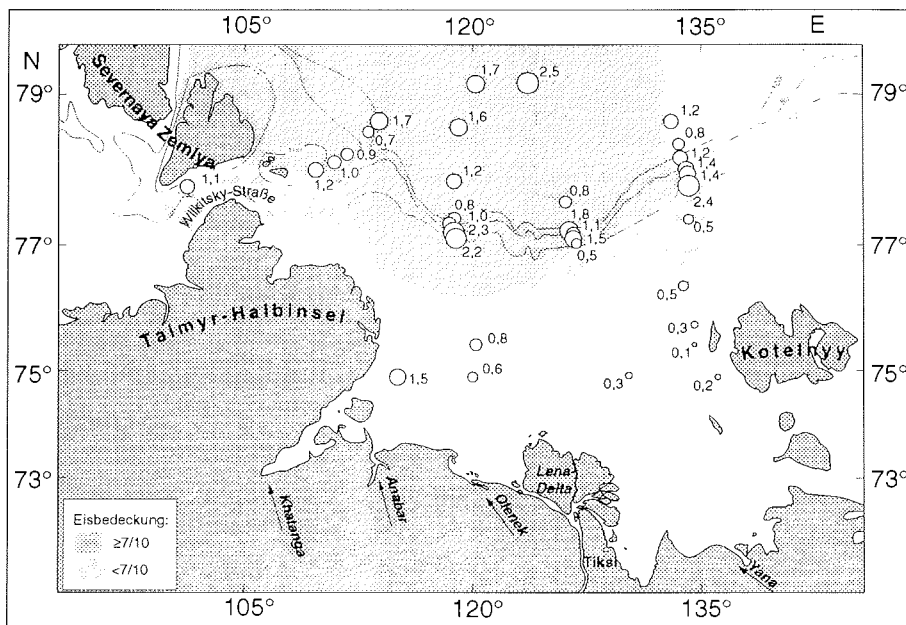
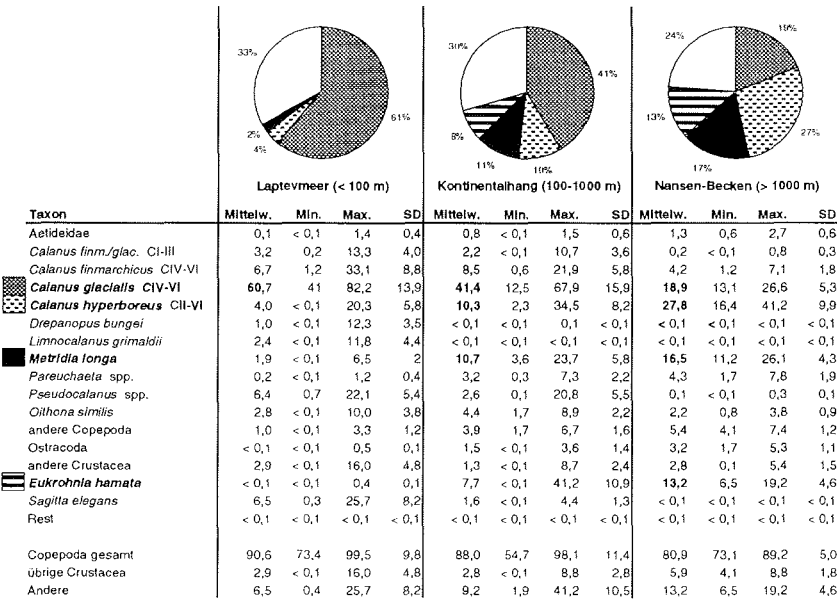


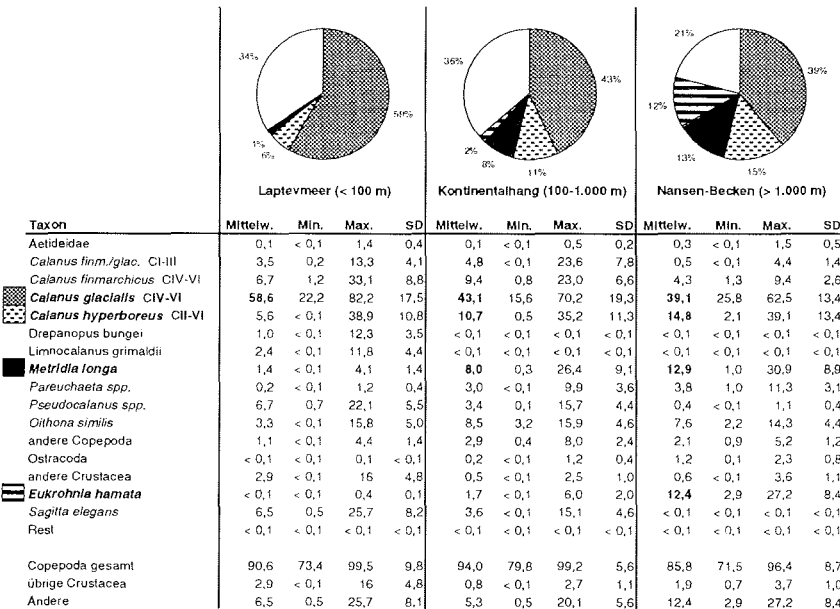
Abb. 4.5: Mesozooplankton-Biomasse der oberen 50 m in  $g \cdot m^{-2}$



Tab. 4.3: Mesozooplanktonbiomasse der gesamten beprobten Wassertiefe: prozentuale Zusammensetzung der Gesamtbio­masse für die Bereiche Laptevmeer, Kontinentalhang und Nansen-Bekken. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung (SD)



Tab. 4.4: Mesozooplanktonbiomasse der oberen 50 m: prozentuale Zusammensetzung der Gesamtbio­masse getrennt für die Bereiche Laptevmeer, Kontinentalhang und Nansen-Bekken. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung (SD)



poden erreichten im Laptevmeer einen erheblichen Biomasseanteil, obwohl vor allem die jungen Stadien mit dem 300 µm-Netz nicht quantitativ erfaßt wurden. Die calanoiden Copepoden *Drepanopus bungei* und *Pseudocalanus* spp. machten bis zu 12% bzw. 22% der gesamten Zooplanktonmasse aus. *Pseudocalanus* gehörte auch über dem Kontinentalhang lokal mit maximal 21% zu den wichtigen Arten. Die cyclopoide Copepodenart *Oithona similis* erreichte im Laptevmeer und über dem Hang auf zwei Stationen etwa 10% der gesamten Zooplanktonbiomasse, soweit sie von dem 150 µm-Netz erfaßt wurden. Ebenfalls auf zwei Stationen in diesen Bereichen waren neben Copepoden noch andere Crustaceen wesentlich an der Biomasse beteiligt: Mysidaceen (16%) auf Station T53 und Euphausiaceen (9%) über dem Hang auf Station 49. Im flachen Laptevmeer war anstelle der ozeanischen Chaetognathenart *Eukrohnia hamata* die Art *Sagitta elegans* vertreten. Sie erreichte auf den St. T73 und 43 (Transekt H) über 20% der Gesamtbiomasse.

#### Vertikalverteilung der Biomasse

Die höchsten Biomassekonzentrationen befanden sich mit wenigen Ausnahmen wie bei den Abundanzwerten in den oberen 50 m. Unterhalb dieser Grenze nahmen die Werte rapide ab (Abb. 4.6). Trotzdem befand sich auf den Hangstationen nur etwa ein Drittel der Gesamtbiomasse in 0-50 m, auf den Stationen im Nansen-Becken war es knapp ein Viertel (Tab. 4.5). Anders als die Individuenkonzentration variierte die Lage des Biomassemaximums auf allen Transekten zwischen Oberflächenmaxima und tiefer gelegenen Höchstwerten in 10-25 m oder 25-50 m. Eine klare Übereinstimmung mit den Lichtverhältnissen (tägliche Vertikalwanderungen), der Eisbedeckung oder den Chlorophyllwerten läßt sich nicht feststellen. Auf die Vertikalverteilungen und -wanderungen einzelner Arten wird bei der Beschreibung der Verteilungsmuster dieser Arten näher eingegangen (s.u.).

**Tab. 4.5:** Gesamtbiomasse: prozentuale Anteile der Gesamtbiomasse in den oberen 50 m und zwischen 50 und 500 m über dem Kontinentalhang (Wassertiefe 100-1.000 m) und im Nansen-Becken (Wassertiefe >1.000 m). Extremwerte, arithmetisches Mittel und Standardabweichung (SD)

	in 0-50 m		in 50-500 m	
	Hang	Nansen-Becken	Hang	Nansen-Becken
Minimum	14,3	11,9	30,4	36,9
Maximum	64,1	47,2	85,7	59,6
Mittelwert	33,2	23,2	61,3	48,1
SD	13,1	10,3	16,0	7,8

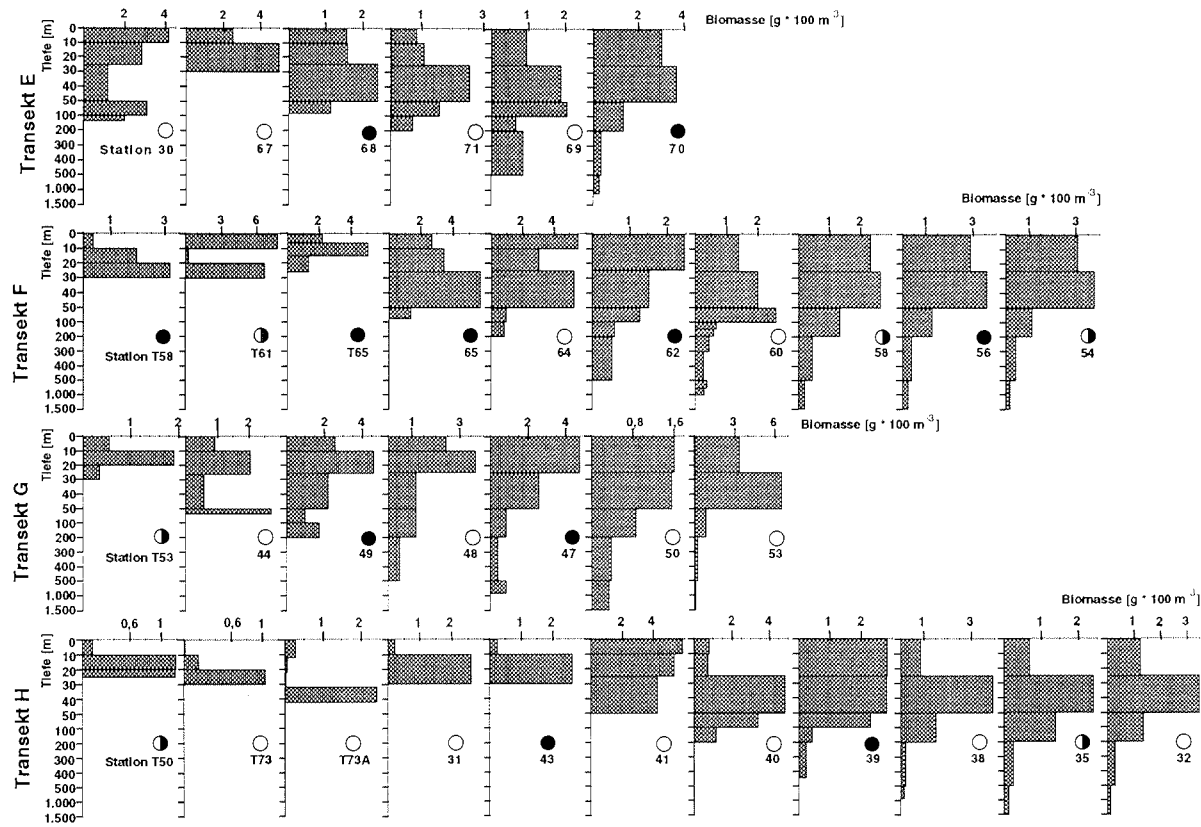


Abb. 4.6: Mesozooplankton-Biomasse: Vertikalprofile, Abundanz in  $g \cdot 100 m^{-3}$ . Unterschiedliche Skalen!  
 Lichtverhältnisse zur Zeit der Probennahme: ○ Tageslicht, ◐ Dämmerung, ● Dunkelheit

##### Biomasse des oberflächennahen Zooplanktons

Die Biomasse in den oberen 50 m war auf den flachen Laptevmeer-Stationen in der Regel niedriger als über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken (Abb. 4.5). Im Vergleich zur Biomasse der gesamten Wassersäule sind die Unterschiede allerdings weniger ausgeprägt. Die Masse des oberflächennahen Zooplanktons auf Station T61 im Anabar-Khatanga-Trog war z.B. mit  $1,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  größer als auf 14 von 22 tiefen und Hang-Stationen. Auf sechs der tieferen Stationen war die Biomasse mit weniger als  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  ähnlich niedrig wie im Laptevmeer.

Die Zusammensetzung der Biomasse wurde in den oberen 50 m sowie in der gesamten Wassersäule von den gleichen Taxa dominiert (Tab. 4.4). Allerdings kam es durch die unterschiedliche Tiefenverteilung der Arten zu einigen Verschiebungen: Im Nansen-Becken erreichten *Calanus glacialis* im Oberflächenplankton höhere Individuendichten und hatten hier einen doppelt so hohen Anteil an der Gesamtbiomasse wie über die gesamte Fangtiefe integriert. Auch junge *C. glacialis/finmarchicus* CI-III, sowie *Pseudocalanus* spp. und *Oithona similis*, die hauptsächlich in der Oberflächenschicht vorkamen (siehe Abschnitt 4.1.4), erreichten dort einen sehr viel höheren Biomasseanteil. Dagegen machten *C. hyperboreus* und *Metridia longa* in den oberen 50 m im Vergleich zur gesamten Wassersäule einen deutlich geringeren Anteil aus. Die Bedeutung von Copepoden der Familie Aetideidae und Ostracoden war in der Oberflächenschicht ebenfalls gering im Vergleich zur gesamten Fangtiefe. Bei den Chaetognathen über dem Kontinentalhang war *Sagitta elegans* vor allem im Oberflächenplankton konzentriert, während *Eukrohnia hamata* in 0-50 m einen deutlich geringeren Anteil an der Gesamtbiomasse ausmachte als über die gesamte Tiefe integriert.

Über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken waren die Stationen in sehr unterschiedlichem Maße von Eis bedeckt. Ein Vergleich der Stationen mit geringer und starker Eisbedeckung (Tab. 4.6) ergab einen mehr als 100mal so hohen Anteil an frühen Copepoditstadien CI-III von *Calanus finmarchicus/glacialis*. *C. hyperboreus* CIII-VI sind bei geringer Eisbedeckung mit dem doppelten Anteil an der Biomasse des Oberflächenplanktons beteiligt. Auch der Anteil der Gattung *Pseudocalanus* ist bei geringer Eisbedeckung viermal so hoch.

**Tab. 4.6:** Mesozooplanktonbiomasse der oberen 50 m auf den Stationen mit einer Wassertiefe von mindestens 100 m: prozentuale Zusammensetzung der Gesamtbio­masse für die Bereiche mit starker und schwacher Eisbedeckung. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung (SD). Taxa mit deutlichen Unterschieden zwischen beiden Gebieten sind fettgedruckt hervorgehoben

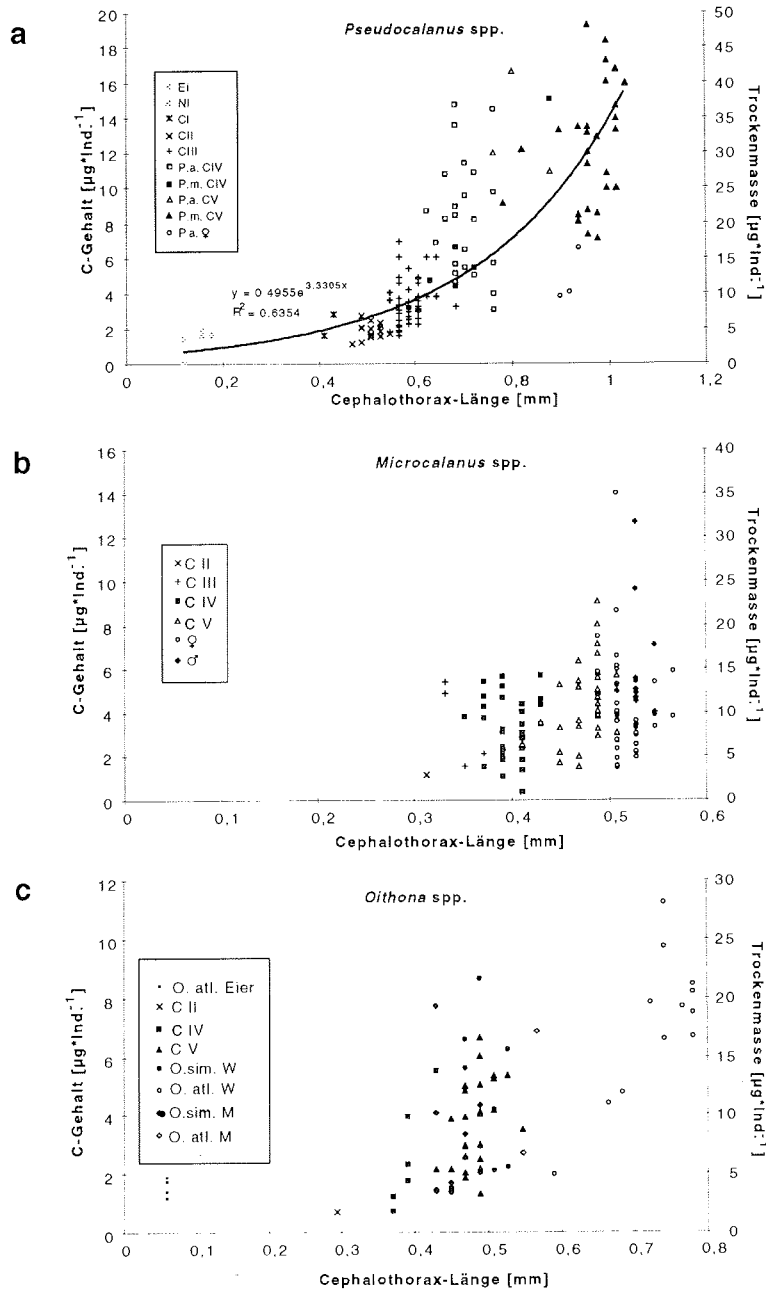
Art	Eisbedeckung > 7/10				Eisbedeckung < 7/10			
	mean	min	max	SD	mean	min	max	SD
Aetideidae	0,3	< 0,1	1,5	0,5	0,2	< 0,1	0,4	0,17
<b>Calanus finm./glac.</b> CI-III	<b>0,04</b>	< 0,1	0,1	< 0,1	<b>4,4</b>	0,1	12,0	5,42
<i>Calanus finmarchicus</i> CIV-VI	5,4	1,3	10,6	3,1	3,6	0,8	7,1	2,71
<i>Calanus glacialis</i> CIV-VI	40,2	25,8	62,5	13,00	47,0	29,1	64,2	14,63
<b>Calanus hyperboreus</b> CII-VI	<b>9,8</b>	2,1	35,0	10,6	<b>19,4</b>	5,1	39,1	15,00
<i>Metridia longa</i>	15,3	5,1	30,9	7,3	2,5	0,7	7,0	3,01
<i>Pareuchaeta</i> spp.	4,4	1,0	11,3	3,6	5,0	0,4	9,9	3,92
<b>Pseudocalanus spp.</b>	<b>0,3</b>	< 0,1	1,5	0,5	<b>1,4</b>	0,1	3,6	1,56
<i>Oithona similis</i>	6,7	2,2	13,7	4,00	8,7	3,2	14,3	5,32
andere Copepoda	1,7	0,9	2,3	0,4	2,9	1,7	5,2	1,57
Ostracoda	1,0	0,1	2,2	0,8	0,9	0,2	2,3	0,95
andere Crustacea	0,5	< 0,1	3,6	1,2	0,2	< 0,1	0,6	0,27
<i>Eukrohnia hamata</i>	12,2	2,5	27,2	8,6	3,7	0,1	6,0	2,81
<i>Sagitta elegans</i>	2,1	< 0,1	15,1	5,00	0,2	< 0,1	0,7	0,36
Rest	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,00
Copepoda gesamt	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
übrige Crustacea	84,2	71,5	94,0	8,2	94,9	91,2	98,9	3,43
Andere	1,5	0,2	3,7	1,2	1,2	0,2	2,9	1,19
	14,3	5,7	27,2	7,9	3,9	0,8	6,0	2,51

#### Kohlenstoffgehalt kleiner Copepoden

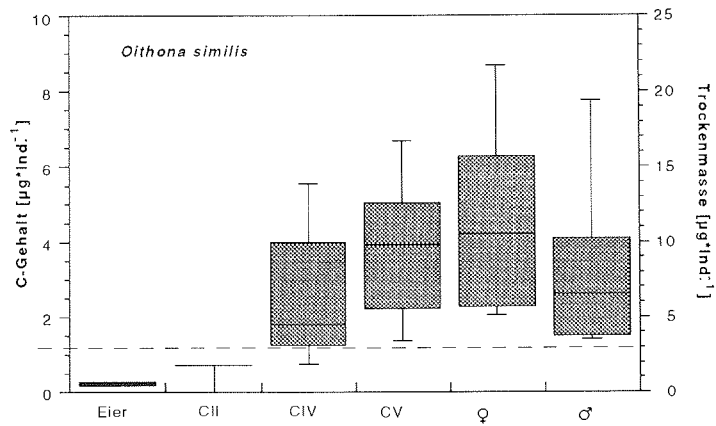
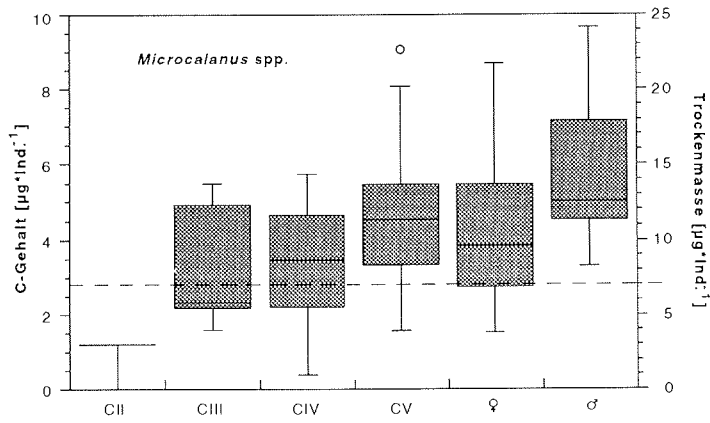
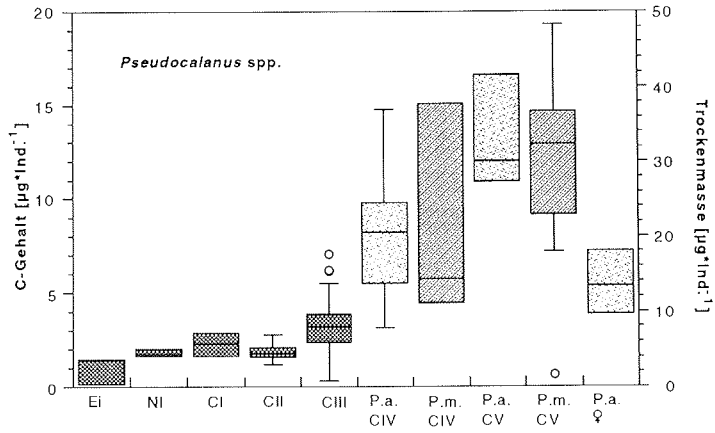
Der Kohlenstoffgehalt wurde für kleine calanoide Copepoden der Gattung *Pseudocalanus* (*P. acuspes* und *P. minutus*) und *Microcalanus* spp., sowie an Cyclopoida der Gattung *Oithona* (*O. similis* und *O. atlantica*) bestimmt.

Bei *Pseudocalanus* spp. liegen Meßwerte für Eier, Nauplien N1, alle Copepoditstadien sowie Weibchen vor (Abb. 4.7a). Trotz der starken Streuung des Kohlenstoffgehaltes als Funktion der Körperlänge ist eine exponentielle Zunahme der Kohlenstoffwerte mit der Körperlänge zu erkennen. *Pseudocalanus acuspes* Weibchen hatten trotz größerer Körperlänge einen deutlich geringeren Kohlenstoffgehalt als Copepodite CV der gleich großen Art *P. minutus* und *P. acuspes* CIV. Die *P. acuspes* Weibchen hatten kaum noch sichtbare Lipidreserven, es handelte sich hier um seneszente Weibchen aus dem Spätsommer.

Ein Vergleich der aus Länge-Masse-Beziehungen und aus Kohlenstoffwerten berechneten Trockenmassen zeigt, daß die Kohlenstoffmessungen deutlich höhere Trockenmassen lieferten (Tab. 4.7). Bei Copepoditen CIV-V waren die aus Kohlenstoffgehalten berechneten Individualmassen um den



**Abb. 4.7:** Kohlenstoffgehalt und Umrechnung in Trockenmasse (TM=2.5\*C, DRITS et al. 1993) von a) *Pseudocalanus* spp., b) *Microcalanus* spp. und c) *Oithona* spp. P.a.=*P. acuspes*, P.m.= *P. minutus*, O.sim.= *O. similis*, O.atl.= *O. atlantica*. In den Box-Plots geben die Kästen 50% der Meßwerte mit dem Median als senkrechten Balken an. Außerhalb dieses Bereiches liegende Meßpunkte werden durch die waagerechten Balken eingeschlossen (95% der Werte).



#### 4 Ergebnisse

Faktor 2,4 - 4,3 höher. Auf diese Diskrepanz wird in der Diskussion näher eingegangen. Für die jüngeren Stadien ist ein solcher Vergleich nicht sinnvoll. Denn die aus Länge-Masse-Beziehungen ermittelten Werte für CI-III einer Mischpopulation der drei Arten *Pseudocalanus acuspes*, *P. major* und *P. minutus* aus dem Laptevmeer sind nicht mit den Kohlenstoffdaten aus dem Kongsfjord vergleichbar. Von der großen im Laptevmeer heimischen Art *Pseudocalanus major* konnten keine Kohlenstoffwerte ermittelt werden, da die Art im Kongsfjord nicht vorkommt.

**Tab. 4.7:** Kohlenstoffgehalt und Biomasse von *Pseudocalanus acuspes/minutus*: Kohlenstoffgehalt (Median), Anzahl der Messungen (n), Standardabweichung (SD), aus Kohlenstoff berechnete Trockenmasse ( $DM_c$ ):  $DM=2,5 \cdot C$ -Gehalt (DRITS et al. 1993), Trockenmasse aus Länge-Masse-Beziehung ( $DM_{L,M}$ ), sowie des Verhältnis ( $DM_c / DM_{L,M}$ )

Stadium	C-Gehalt [ $\mu\text{g}$ ]	n	SD	$DM_c$ [ $\mu\text{g}$ ]	$DM_{L,M}$ [ $\mu\text{g}$ ]	$DM_c / DM_{L,M}$
Ei	1,4	3	0,8	3,5		
N1	1,7	3	0,2	4,3		
CI	2,3	2	0,9	5,6		
CII	1,8	13	0,5	4,4		
CIII	3,2	48	1,3	8,0		
CIV	6,9	29	3,5	17,3	4,0	4,3
CV	12,6	31	3,4	31,4	13,0	2,4

**Tab. 4.8:** Kohlenstoffmessungen an *Microcalanus* spp.: Mediane für Länge und Kohlenstoffgehalt, Anzahl der Messungen (n) und die berechnete Trockenmasse ( $DM_c$ ) für die unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

	mittlere Länge [mm]	mittlerer C-Gehalt [ $\mu\text{g}$ ]	n	$DM_c$ [ $\mu\text{g}$ ]
CII	0,29	1,2	1	3,0
CIII	0,35	2,3	5	5,8
CIV	0,40	3,5	30	8,7
CV	0,48	4,6	36	11,4
♀	0,52	3,9	39	9,7
♂	0,53	5,0	12	12,6



Die Streuung der Kohlenstoff-Meßwerte ist bei *Microcalanus* so groß, daß nur noch bei den Mittelwerten der einzelnen Stadien ein deutlicher Anstieg mit der Größe zu erkennen ist (Abb. 4.7b, Tab. 4.8). Der für die Biomasseberechnung verwendete Literaturwert für die mittlere Individualmasse von *Microcalanus* ( $7 \mu\text{g} \cdot \text{Ind.}^{-1}$ ) ist kleiner als die aus dem mittleren Kohlenstoffgehalt berechnete Trockenmasse eines Copepoditen CIV ( $8,7 \mu\text{g} \cdot \text{Ind.}^{-1}$ ).

Bei beiden *Oithona*-Arten wurde der Kohlenstoffgehalt von Eiern und adulten Tieren gemessen (Abb. 4.7c). Von *Oithona similis* wurden zusätzlich Copepoditstadien CII-V analysiert. Auch bei dieser Gattung deutet sich ein exponentieller Anstieg der Masse mit der Körperlänge an. Die Weibchen der größeren aber schlankeren *Oithona atlantica* waren erheblich größer und im Mittel etwa doppelt so schwer wie *O. similis* Weibchen ( $19,0$  gegenüber  $10,6 \mu\text{g} \cdot \text{Ind.}^{-1}$ ). Der zur Biomasseberechnung verwendete Literaturwert für die mittlere Individualmasse ( $3 \mu\text{g} \cdot \text{Ind.}^{-1}$ ) entspricht nach diesen Messungen etwa einem Drittel der mittleren Trockenmasse eines *Oithona similis* CV ( $9,8 \mu\text{g} \cdot \text{Ind.}^{-1}$ ).

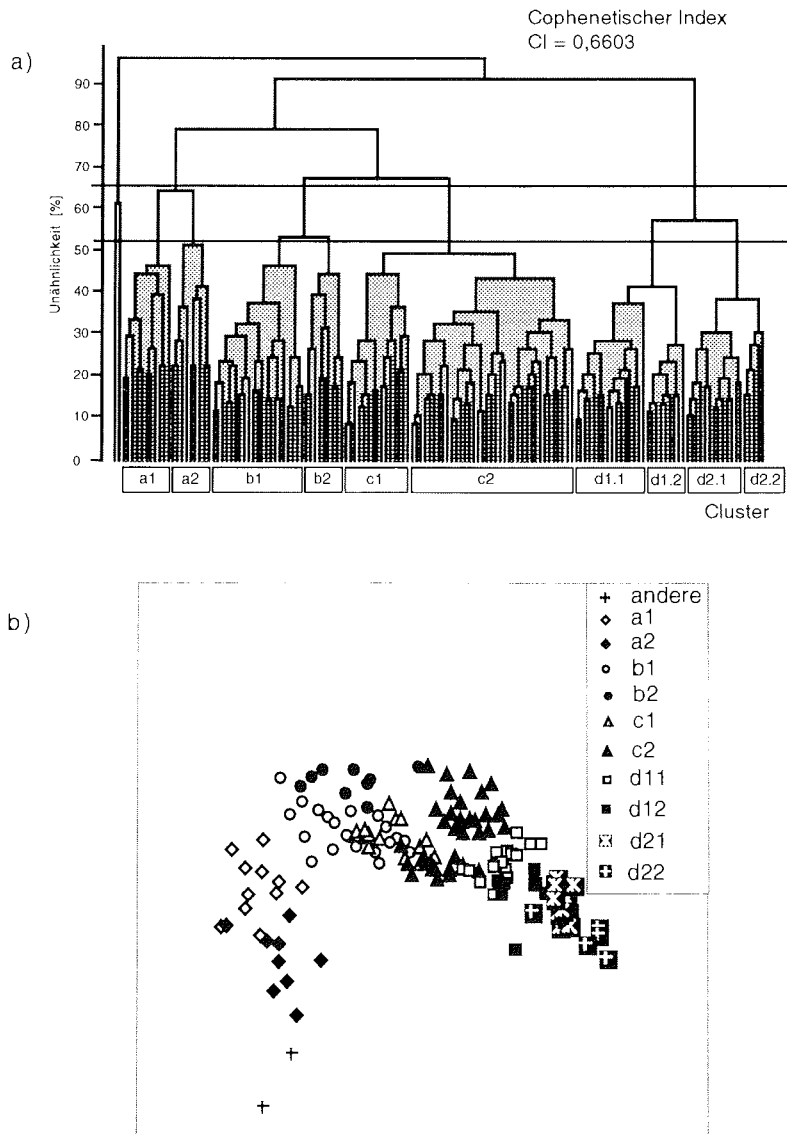
#### 4.1.3 Planktongemeinschaften

##### Gemeinschaftsanalyse

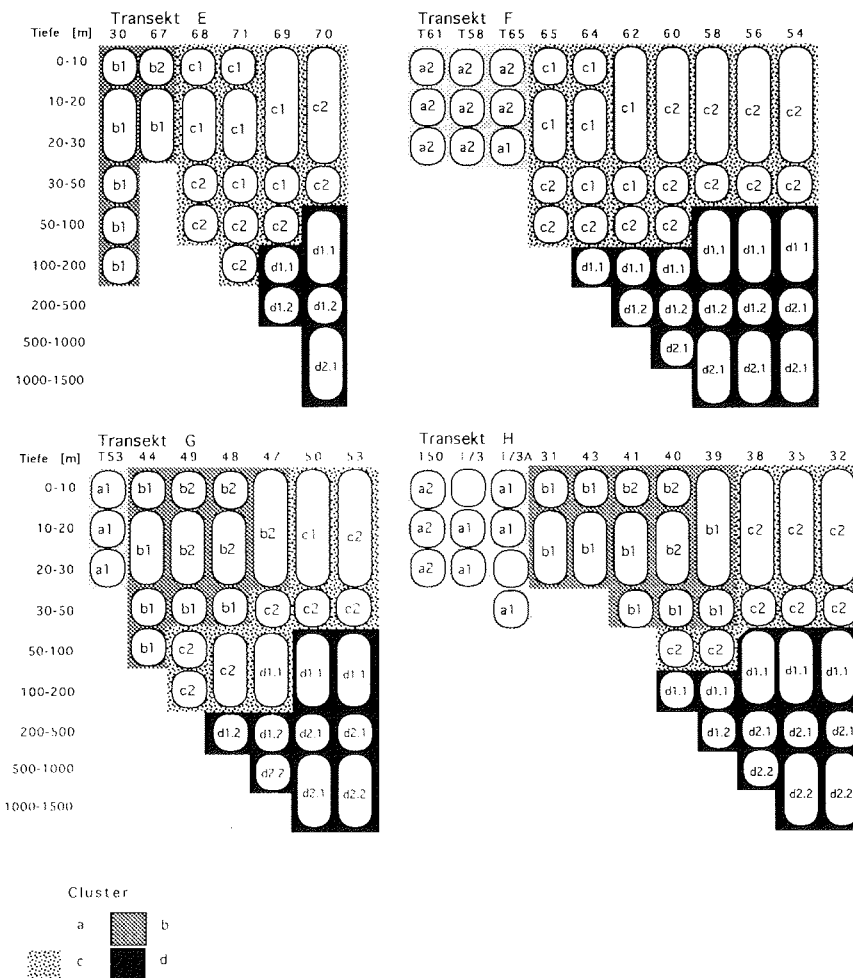
Mit der auf das Niveau von Arten und höheren Taxa zusammengefaßten Arten-Stations-Tabelle wurde eine multivariate Q-Analyse durchgeführt. Die Matrix bestand aus 147 Objekten (Tiefenstufen-Proben) mit 81 Attributen (Arten und höhere Taxa). Nach einer  $\sqrt{V}$ -Transformierung der Rohdaten wurde eine Distanzmatrix mit dem Bray-Curtis-Index berechnet.

Das im "Complete-Linkage"-Verfahren erstellte Dendrogramm (Abb. 4.8a) gibt bei einem cophenetischen Index von  $CI=0,6603$  die Unähnlichkeiten der Distanzmatrix gut wieder. Auf einem Unähnlichkeitsniveau von 65% konnten die Objekte zu vier Clustern (a-d) gruppiert werden. Zwei Netzproben stehen isoliert außerhalb dieser Gruppen. Innerhalb der Cluster a-d lassen sich insgesamt acht Gruppen (a1-d2) unterscheiden (Unähnlichkeitsniveau 53%). Innerhalb des Clusters d ist noch eine weitere Ebene mit vier Untergruppen zu erkennen (d1.1-d2.2).

Im MDS-Plot (Abb. 4.8b) lassen sich die im Dendrogramm definierten Cluster ebenfalls gut voneinander abgrenzen. Lediglich zwischen den Gruppen c1 und b1 kommt es zu einer deutlichen Überschneidung. Dieses Darstel-



**Abb. 4.8:** Dendrogramm (a) und Multidimensionale Skalierung (b) aller 147 Tiefenstufen-Fänge. Zur Berechnung der Distanzmatrix wurde der Bray-Curtis-Index verwendet. Das Dendrogramm ist im „Complete-Linkage“-Verfahren erstellt, der MDS-Plot im nicht-metrischen Kruskal-Verfahren. Die Objektgruppen des Dendrogramms sind im MDS-Plot durch Symbole gekennzeichnet.



**Abb. 4.9:** Position der gruppierten Proben auf den vier Transekten E-H. Die weißen Felder stellen die einzelnen Netzproben dar. Für die Darstellung wurden die etwas unterschiedlichen Tiefenintervalle der Proben an Standardtiefen angepaßt

lungsverfahren liefert bei einem kleinen Streßfaktor von 0,1027 eine sehr gute Abbildung der Distanzmatrix.

Die gruppierten Netzfänge lassen sich verschiedenen geographischen Bereichen, hydrographischen Regimen und unterschiedlichen Wassertiefen zuordnen. In Abb. 4.9 ist die Lage der "Stationsgruppen" auf den vier Transekten dargestellt: Das Cluster a wird von allen Proben im flachen Laptevmeer gebildet, lediglich zwei Netzproben von den Stationen T73 und T73A stehen isoliert und konnten keiner Gruppe zugeordnet werden. Die Proben der Untergruppe a1 stammen aus dem Einflußbereich des Lena-Ausstroms, während sich das Cluster a2 auf Stationen mit einer weniger ausgeprägten salzarmen, erwärmten Deckschicht konzentriert.

Die Objektgruppen b und c umfassen Zooplanktongemeinschaften des Polaren Oberflächenwassers (POW), die bis in die Halokline, dem Übergangsbereich zum Atlantischen Zwischenwasser (AZW) reichen. Über dem Kontinentalhang auf den Transekten E, G und H war die Eisbedeckung gering oder die Stationen lagen nahe am Eisrand. Die Planktongemeinschaft der oberen 50 m dieser Stationen wird zur Gruppe b zusammengefaßt. Auf einigen Stationen reicht diese Gemeinschaft tiefer bis 100 m. Für die Trennung in die Untergruppen b1 und b2 lassen sich keine geographischen oder hydrographischen Gründe erkennen. Das Cluster c beschreibt eine Oberflächen-Planktongemeinschaft im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang bis in eine Tiefe von 200 m. Die Gruppe c1 konzentriert sich über dem Hang bei starker Eisbedeckung (Schnitt E und F), c2 ist auf allen Transekten im Nansen-Becken zu finden und wird über dem Kontinentalhang von b oder c1 überdeckt.

Die Gruppen d1.1- d2.2 bilden zusammen die Gemeinschaften der Halokline, des Atlantischen Zwischenwassers (AZW) und Polaren Tiefenwassers (PTW). Das Cluster d1.1 beschreibt die Planktongemeinschaft in der Halokline, dem Übergangsbereich zwischen dem POW und AZW in 50-200 m. In der Tiefe schließt sich eine Gemeinschaft des AZW an: d1.2, die bis in eine Tiefe von 500 m vorkommt. Im unteren Teil des AZW und dem Übergang zum PTW befindet sich das Cluster d2. Auf den östlichen Schnitten G und H schließt es sich in einer Tiefe von 200 m im Nansen-Becken direkt an die "Halokline-Gemeinschaft" d1.1 an. Auf den Transekten G und H konnte innerhalb des Clusters d2 noch eine Untergruppe d2.2 identifiziert werden, die auf den beiden westlichen Schnitten nicht vorkommt.

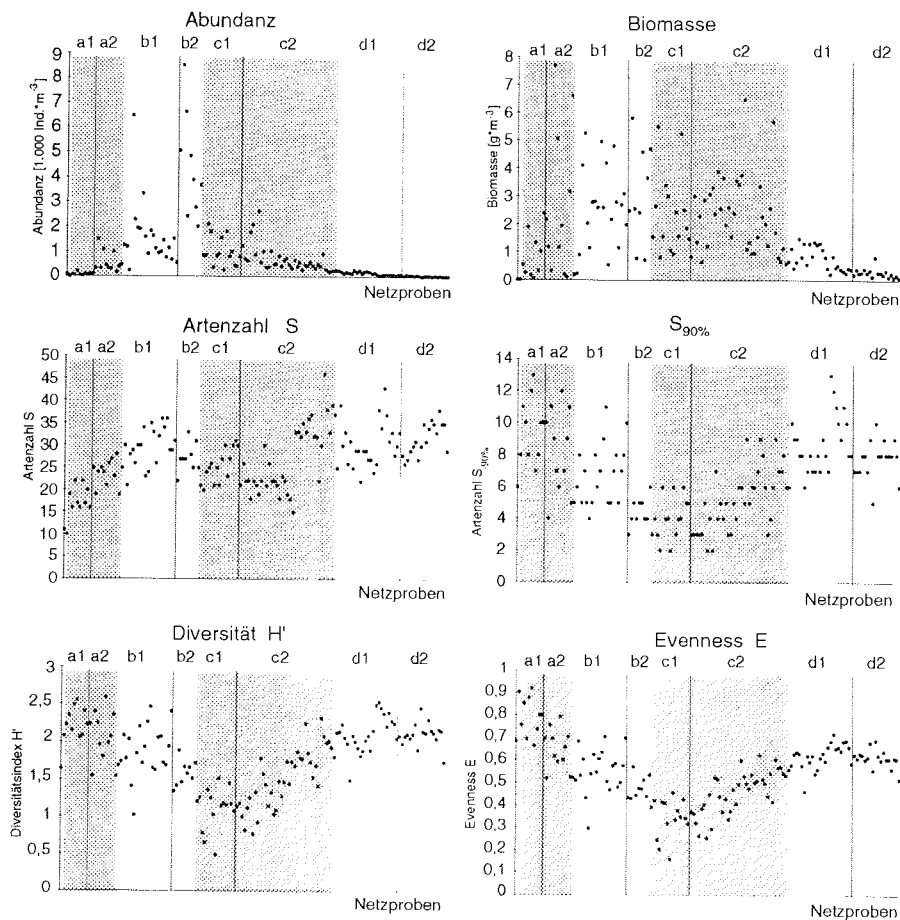
Stationsparameter: Unterschiede zwischen den Stationsgruppen

Die Gemeinschaften wurden auf Unterschiede in Abundanz, Biomasse, Artenzahl und Diversität untersucht (Abb. 4.10). Der H-Test ( $p=0,05$ ) ergab bei allen untersuchten Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Clustern. In Tab. 4.9 ist für die einzelnen Parameter aufgelistet, zwischen welchen Clustern im Nemeny-Test signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten.

**Tab. 4.9:** Test nach Nemeny ( $p=0,05$ ) zur Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den Clustern hinsichtlich der Parameter Abundanz, Biomasse, Artenzahl (S), Anzahl der Arten, die 90% aller Individuen stellen ( $S_{90\%}$ ), Diversität (H') und Evenness (E)

Parameter	Nemeny-Test: signifikante Unterschiede zwischen:		Parameter	Nemeny-Test: signifikante Unterschiede zwischen:	
Abundanz	a1-b1	b2-d1	S90%	a1-b2	c1-d1
	a1-b2	b2-d2		a1-c1	c1-d2
	a1-c1	c1-d1		a1-c2	c2-d1
	a2-d2	c1-d2		a2-c1	c2-d2
	b1-d1	c2-d1		b2-d1	
	b1-d2	c2-d2			
Biomasse	a2-d2	c1-d2	H'	a1-c1	c1-d1
	b1-d2	c2-d1		a1-c2	c1-d2
	b2-d2	c2-d2		a2-c1	c2-d1
		b1-c1		c2-d2	
S	a1-b1		E	a1-b2	b1-c1
	a1-b1			a1-c1	c1-d1
	a1-b2			a1-c2	c1-d2
		a2-c1		c2-d1	
		a2-c2		c2-d2	

Die Gesamtabundanz des Zooplanktons im östlichen Laptevmeer unter dem Einfluß des Lena-Ausstroms (Cluster a1), sowie im AZW und PTW (Cluster d) war konstant sehr niedrig (Abb. 4.10). Die Individuendichte nimmt im AZW und PTW mit der Tiefe ab. Deutlich höhere Abundanzen waren im westlichen Laptevmeer (Gruppe a2), sowie im POW über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken (Cluster b und c) zu beobachten. Extrem hohe Werte wurden über dem Kontinentalhang im POW auf Stationen mit geringer Eisbedeckung festgestellt (Cluster b).



**Abb. 4.10:** "Stationsparameter": Abundanz, Biomasse, Artenzahl S, Artenzahl, die 90% aller Individuen ausmacht  $S_{90\%}$ , Diversitätsindex  $H'$  und "Evenness" E. Die einzelnen Netzproben (an der x-Achse nicht beschriftet) sind entsprechend den Clustern der Gemeinschaftsanalyse angeordnet. Die Cluster und die einzelnen Proben innerhalb der Cluster sind von links nach rechts in aufsteigender Reihenfolge nach Fangtiefe und Wassertiefe der Station angeordnet

Die Biomasse im Laptevmeer und über dem Kontinentalhang (Cluster a, b und c1) variierte stark. Im Nansen-Becken (c2, d) ist eine Abnahme der Biomasse mit der Tiefe zu sehr niedrigen Werten in der Gemeinschaft d2 zu erkennen.

Für die gesamten Gemeinschaften deutet sich ein leichter Anstieg der Artenzahl mit der Tiefe an (Abb. 4.10). Diese Tiefenabhängigkeit wird aber innerhalb der Cluster b1, c1, c2, d1 und d2 erkennbar, wo die tiefen Proben höhere Artenzahlen aufweisen als die flachen.

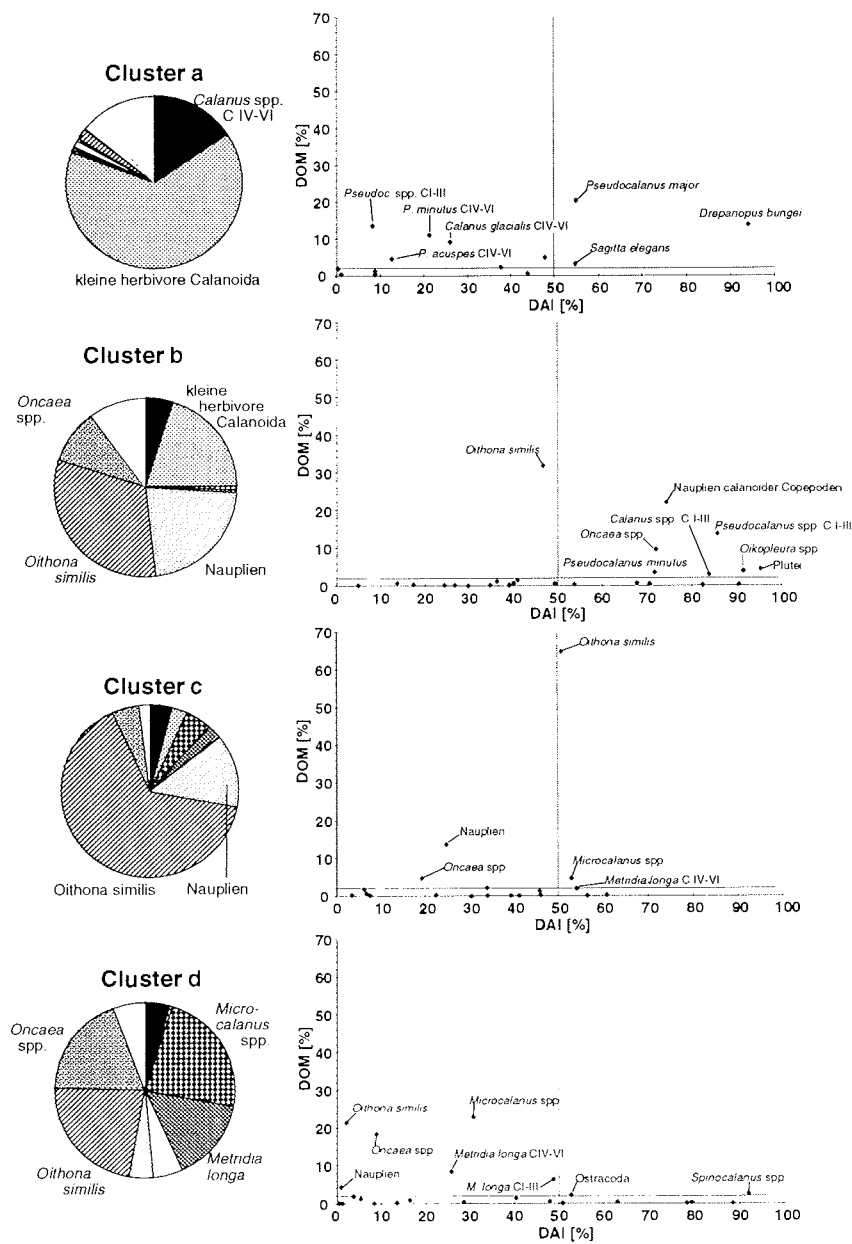
In der Oberflächenschicht über dem Kontinentalhang und dem Nansen-Becken (b2, c1 und in den flachen Proben von c2) stellten wenige Arten fast den gesamten Individuenbestand. Sowohl auf dem Schelf als auch im AZW und PTW war die Artenzahl, die 90% aller Individuen stellte ( $S_{90\%}$ ), deutlich höher. Besonders deutlich war die Dominanz weniger Arten im Oberflächenbereich des Kontinentalhanges und im Nansen-Becken bei Diversität und Evenness (Abb. 4.10). Bei beiden Indizes ist ein Minimum in den Gruppen c1 und c2 zu sehen. Die Übereinstimmung im Verlauf der Diversität und Evenness bedeutet, daß Unterschiede in der Diversität zwischen den Planktongemeinschaften in erster Linie auf Unterschieden in der Evenness beruhen und nicht auf der Artenzahl.

#### Unterschiede in der taxonomischen Zusammensetzung

Die Planktongemeinschaften lassen sich durch ihre unterschiedliche Zusammensetzung nach taxonomischen Gruppen charakterisieren (Abb. 4.11). Im folgenden werden die Unterschiede aufgezeigt und typische Arten für die jeweiligen faunistischen Zonen herausgestellt.

Das Mesozooplankton des flachen Laptevmeeres (Gemeinschaft a) war durch kleine herbivore Calanoida (*Pseudocalanus* spp. und *Drepanopus bungei*) gekennzeichnet. *Calanus* spp. haben einen Anteil von 15% am gesamten Individuenbestand. Im östlichen Bereich (a1) sind neben den oben genannten Copepoden (41%) Appendicularien (15%) und Hydromedusen (7%) wichtige Bestandteile des Zooplanktons. In der westlichen Planktongemeinschaft des Schelfs (a2) entfallen auf *Pseudocalanus* und *Drepanopus bungei* 69% aller Individuen. *Drepanopus bungei*, *Pseudocalanus major* und die Chaetognathen-Art *Sagitta elegans* sind hauptsächlich auf den flachen Bereich des Laptevmeeres beschränkt und charakteristisch für die Planktongemeinschaft in diesem Gebiet.

Über dem Kontinentalhang bei schwacher Eisbedeckung war das Oberflächenplankton (Cluster b) von *Oithona similis* (32%), Nauplien calanoider Copepoden (22%), kleinen herbivoren Calanoida (22%) und *Oncaea* spp. (10%) dominiert. Die Gruppen b1 und b2 unterscheiden sich vor allem in der relativen Häufigkeit von *Oncaea* spp. (5% bzw. 13%). Typische Taxa dieser



**Abb. 4.11:** Zusammensetzung der Planktongemeinschaften. Kreisdiagramme: relative Anteile der verschiedenen Organismengruppen an der Gesamtabundanz. Streudiagramme: alle Taxa, die in mindestens 70% der Proben eines Clusters vertreten sind. Taxa, die mindestens 2% der Gesamtabundanz stellen (DOM%>2%), sind namentlich gekennzeichnet



**Tab. 4.10:** Zooplanktongemeinschaften. Charakterisierung der verschiedenen Gemeinschaften: geographische und hydrographische Zuordnung, dominante und charakteristische Arten sowie Stationsparameter

Gemeinschaft	Gebiet & Hydrographie	dominante Taxa	Charakteristische Taxa	Abundanz	Biomasse	S90%	Diversität	Evenness
a	Laptewmeer	kleine herbivore Calanoida <i>Calanus</i> spp.	<i>Drepanopus bungei</i> <i>Pseudocalanus major</i> <i>Sagitta elegans</i>		stark variierend	hoch	hoch	hoch
a1	Laptewm., mäßiger Süßwassererfluß	kleine herbivore Calanoida <i>Calanus</i> spp.			stark variierend	hoch	hoch	hoch
a2	Laptewm., starker Süßwassererfluß	kleine herbivore Calanoida <i>Calanus</i> spp. Appendicularianen Hydromedusen		sehr niedrig	stark variierend	hoch	hoch	hoch
b	Oberfläche, Kontinentalthang, POW geringe Eisbedeckung	<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien kleine herbivore Calanoida <i>Oncaea</i> spp.	<i>Calanus</i> CI-III <i>Pseudocalanus</i> CI-III <i>Pseudocalanus minutus</i> calanoide Nauplien <i>Oncaea</i> spp. <i>Cikopleura</i> sp. Pluteus-Larven		stark variierend			
b1		<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien kleine herbivore Calanoida		sehr hoch	stark variierend	hoch	hoch	hoch
b2		<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien kleine herbivore Calanoida <i>Oncaea</i> spp.		sehr hoch	stark variierend	niedrig	niedrig	niedrig
c	Oberfläche, Hang, starke Eisbedeckung, POW, Nansen-Becken	<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien	<i>Microcalanus</i> spp. <i>Oithona</i> spp. <i>Metridia longa</i> C.IV-VI		stark variierend			
c1	Oberfläche, Kontinentalthang, starke Eisbedeckung	<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien			stark variierend	sehr niedrig	sehr niedrig	sehr niedrig
c2	POW, Nansen-Becken	<i>Oithona</i> spp. calanoide Nauplien <i>Oncaea</i> spp. <i>Microcalanus</i> spp.			stark variierend	mit der Tiefe ansteigend	mit der Tiefe ansteigend	mit der Tiefe ansteigend
d	Kontinentalthang & Nansen-Becken: AZW & PTW	<i>Microcalanus</i> spp. <i>Oncaea</i> spp. <i>Metridia longa</i>	<i>Spinocalanus</i> spp. Ostracoda					
d1.1	Halokline, 50-200 m	<i>Oithona</i> spp. <i>Microcalanus</i> spp. <i>Oncaea</i> spp. <i>Metridia longa</i>		sehr niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch
d1.2	AZW 200-500 m	<i>Microcalanus</i> spp. <i>Oncaea</i> spp. <i>Metridia longa</i>		sehr niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch
d2.1	AZW unterhalb 200 m, PTW	<i>Microcalanus</i> spp. <i>Oncaea</i> spp. <i>Metridia longa</i>		sehr niedrig	sehr niedrig	hoch	hoch	hoch
d2.2	östlicher Teil des Unters-gebietes, AZW unterhalb 200 m; PTW	<i>Microcalanus</i> spp. <i>Oncaea</i> spp. <i>Metridia longa</i>		sehr niedrig	sehr niedrig	hoch	hoch	hoch

Gemeinschaft sind die jungen Copepodite CI-III der Gattungen *Pseudocalanus* und *Calanus*, *Pseudocalanus minutus* CIV-VI, calanoide Nauplien, *Oncaea* spp., *Oikopleura* sp. und Pluteuslarven.

Im Cluster c waren rund zwei Drittel aller Individuen *Oithona* spp., weitere 14% stellten calanoide Nauplien. Im Gegensatz zur Gemeinschaft der eisbedeckten Oberflächenschicht über dem Kontinentalhang (c1) war das Zooplankton der Oberflächenschicht im Nansen-Becken (c2) durch einen größeren Anteil an *Oncaea* spp. und *Microcalanus* spp. gekennzeichnet (jeweils 1% über dem Hang und 7% im Nansen-Becken). Als Charakterarten des Oberflächenplanktons über dem Hang und im Nansen-Becken konnten *Metridia longa* CIV-VI (CVI = Adulte), *Microcalanus* spp. und *Oithona* spp. identifiziert werden.

Das Mesozooplankton des AZW und PTW (Cluster d) wird durch hohe Anteile von *Microcalanus* spp. (24%), *Oncaea* spp. (17%) und *Metridia longa* (13%) geprägt. In der Halokline (d1.1) war *Oithona similis* mit 33% wie im Cluster c eine der dominanten Arten. Der Anteil von *Metridia longa* an der Gesamtabundanz war mit 10% deutlich geringer als in den darunterliegenden Schichten d1.2-d2.2 (22-26%). Die übrigen tiefen Gemeinschaften sind in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich. *Spinocalanus* spp. und Ostracoden waren die charakteristischen Vertreter des tiefen Mesozooplanktons. Eine zusammenfassende Charakterisierung der Zooplanktongemeinschaften ist in Tab. 4.10 gegeben.

#### 4.1.4 Verteilungsmuster und Populationsstruktur einzelner Arten

Die Verteilungsmuster und Populationsstruktur werden zunächst für die kleinen, individuenreichen Arten vorgestellt, dann für die großwüchsigen Arten, die hinsichtlich der Biomasse von Bedeutung waren. Anschließend werden weitere Taxa behandelt, die in bestimmten Teilen des Untersuchungsgebietes zu den charakteristischen Organismen gehörten, oder in einzelnen Proben hinsichtlich ihrer Biomasse von Bedeutung waren (siehe Tab. 4.3).

Für die Darstellung der Vertikalverteilung und Populationsstruktur wurden die Stationen zu sechs regionalen Gruppen zusammengefaßt (Tab. 4.11). Die Vertikalverteilung und Populationsstruktur wird nur für die Gebiete dargestellt, in denen die jeweils besprochene Art zahlreich vertreten war.

**Tab. 4.11:** Stationsgruppen für die Beschreibung der Verteilungsmuster und Populationsstruktur einzelner Arten

Stationsgruppe	Eisbedeckung	Stationen
Östliches Laptevmeer	eisfrei	T50; T73; T73A; 31; 43; T53
Westliches Laptevmeer	eisfrei / Eisrandzone	T58; T65; T61; 67
Kontinentalhang	Eisrandzone	41; 40; 44; 49; 48; 30
Kontinentalhang	starke Eisbedeckung	68; 71; 65; 64
Nansen-Becken	Eisrandzone	39; 38; 35; 32
Nansen-Becken	starke Eisbedeckung	47; 50; 53; 62; 60; 58; 56; 54; 69; 70

## Häufige Arten

### Calanoide Copepoden

Die zu den kleinen Calanoida gehörende Art *Drepanopus bungei* war nur im Laptevmeer und auf den Hangstationen vertreten. Sie fehlte hingegen in den Planktonproben aus dem Nansen-Becken (Abb. 4.12). Auf den meisten Stationen wurden Abundanzen zwischen 10-100 Ind.\*m<sup>-2</sup> ermittelt. Nur in der Wilkitzky-Straße (Station 30; 470 Ind.\*m<sup>-2</sup>) und auf Station T50 in der Nähe der Insel Kotelnyy (5.800 Ind.\*m<sup>-2</sup>) waren die Individuenzahlen von *D. bungei* höher. In den Proben von Station T50 war *D. bungei* die häufigste Art des Mesozooplanktons.

Von den jungen Copepoditstadien CI-III waren nur wenige Individuen in den Proben vorhanden. Nur auf Station 30 stellten sie ein Drittel aller *Drepanopus*. Copepodite CV waren das häufigste Entwicklungsstadium (34-66%). Der Anteil der Weibchen war mit 25-33% auf allen Stationen ähnlich.

Die Copepoditstadien CIV-V und Weibchen hielten sich nur zu einem geringen Teil (<10%) in den oberen 10 m auf. Mehr als die Hälfte der *Drepanopus bungei* CV und Weibchen standen tiefer als 50 m. Auf der sehr flachen Station T50 mit der höchsten Abundanz, wurden mehr als 50% aller Individuen in der untersten Tiefenstufe 20-30 m gefangen. Über dem Kontinentalhang waren die Copepodite CIV bei geringer Eisbedeckung mit jeweils ca. 30 % in 10-30 m und 30-50 m wesentlich stärker in den oberen Schichten vertreten als bei geschlossener Eisdecke.

*Limnocalanus grimaldii* trat nur auf fünf Stationen im Laptevmeer mit maximal 300 Ind.\*m<sup>-2</sup> (Station T58) auf (Abb. 4.13). Auf Station T73A war *L. grimaldii* mit 170 Ind.\*m<sup>-2</sup> nach *Pseudocalanus* das zweithäufigste Taxon.

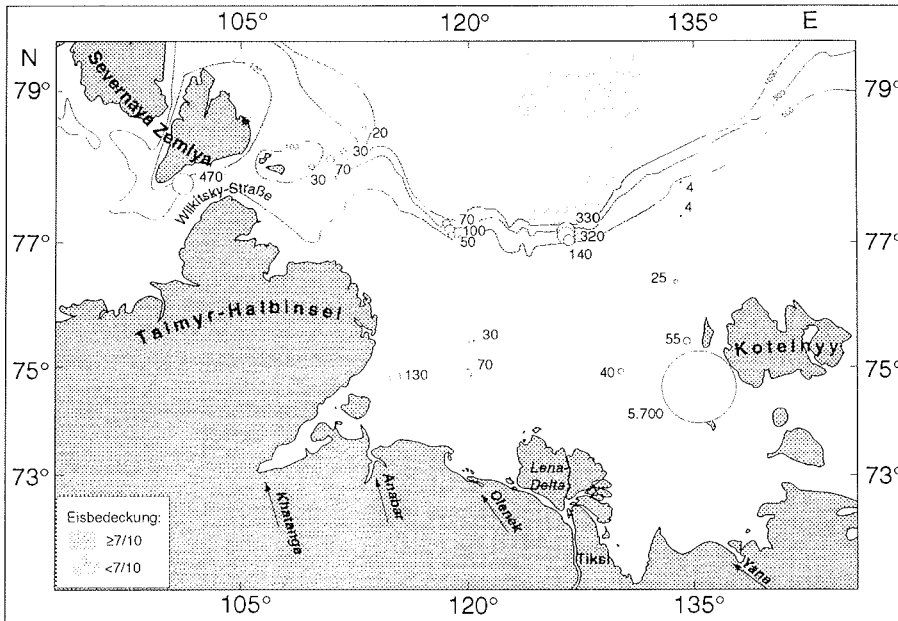


Abb. 4.12: *Drepanopus bungei*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>2</sup>]

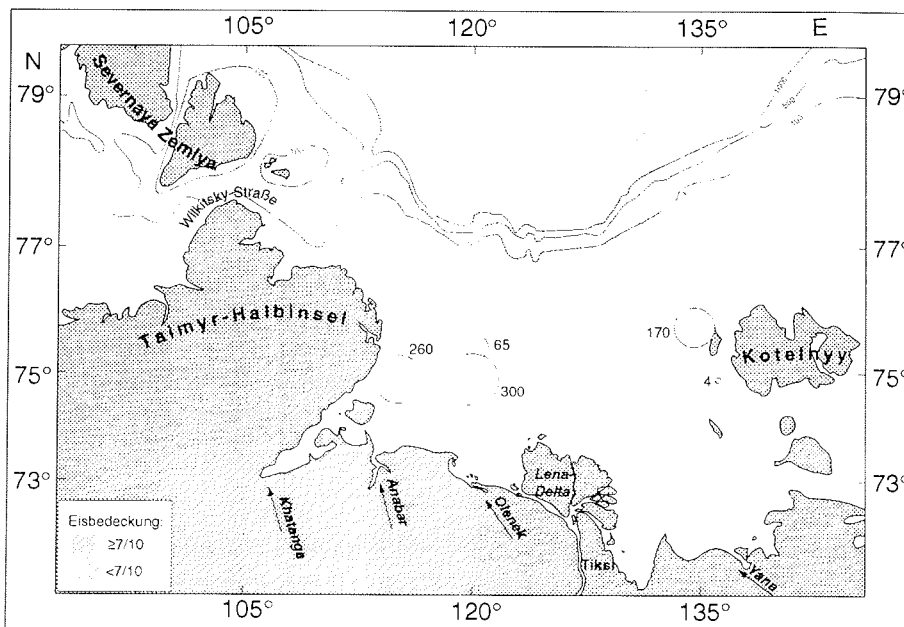


Abb. 4.13: *Limnocalanus grimaldii*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>2</sup>]



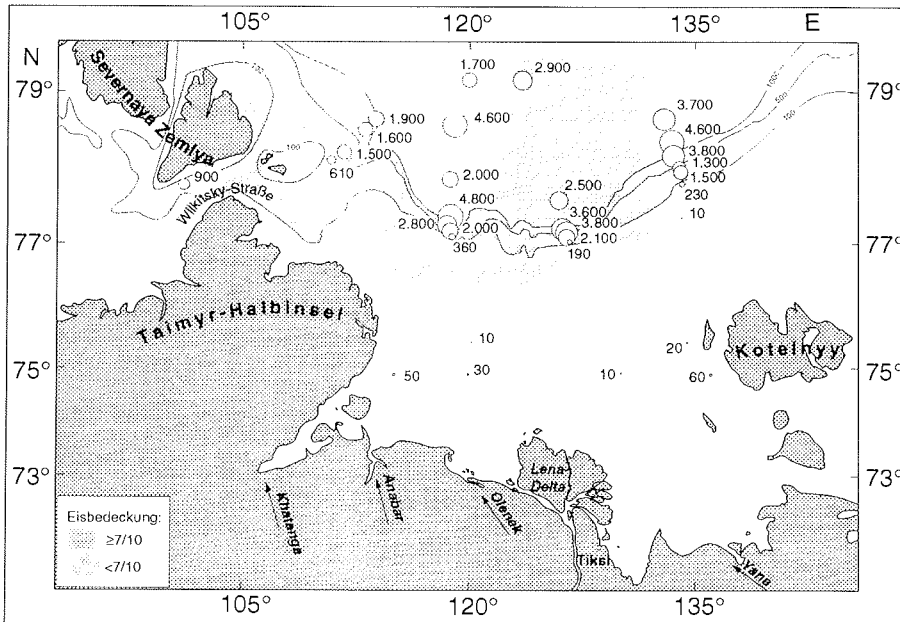


Abb. 4.15: *Microcalanus* spp. ♀. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>-2</sup>]

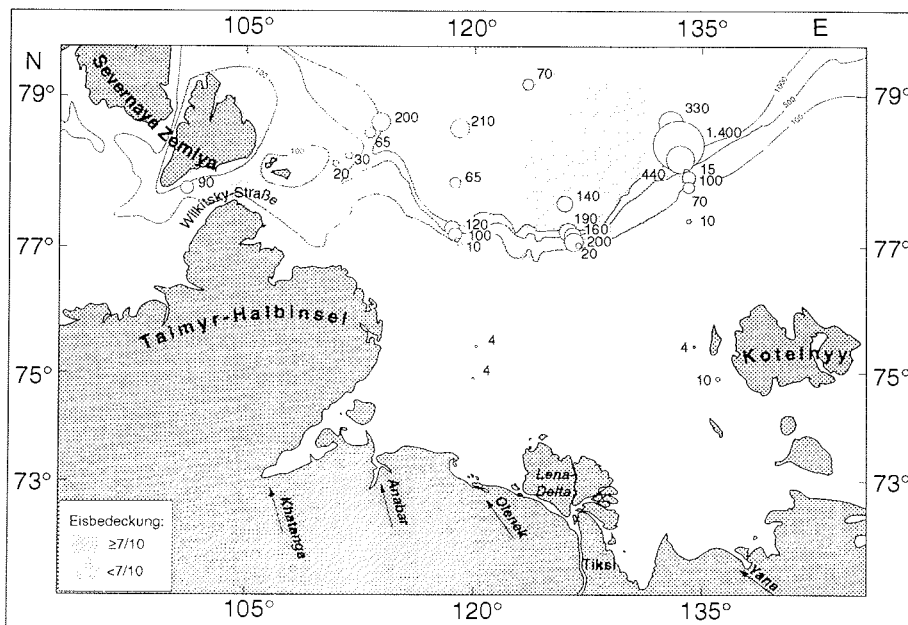


Abb. 4.16: *Microcalanus* spp. ♂. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>-2</sup>]

Auch die Männchen waren im Nansen-Becken am häufigsten. Im Unterschied zu den Copepoditstadien CI-V und den Weibchen waren sie auf den eisfreien Stationen des östlichen Transektes H (max. 1.400 Ind.\*m<sup>-2</sup> auf Station 35) sehr viel häufiger als auf den übrigen Stationen im Nansen-Becken (Abb. 4.16). Die Population bestand über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken zu mehr als drei Vierteln aus den Copepoditstadien CI-V, 17-21% waren Weibchen und nur 1-2% Männchen.

Bei allen Entwicklungsstadien von *Microcalanus* waren über dem Hang und im Nansen-Becken deutlich mehr als die Hälfte auf die tieferen Schichten unterhalb von 50 m konzentriert. Weibchen und Copepodite erreichten auf dem eisfreien Schnitt H die höchsten Individuenkonzentrationen in 50-200 m, bei starker Eisbedeckung auf den übrigen Schnitten dagegen unterhalb von 200 m. Männchen konzentrierten sich auf allen Transekten tiefer als 200 m.

Bei den Proben aus dem Laptevmeer- und vom Kontinentalhang wurden adulte *M. pusillus* und *M. pygmaeus* durch Längenmessung getrennt (siehe Kapitel 3 Material und Methoden). Die wenigen im Laptevmeer gefangenen Männchen und Weibchen gehörten ausschließlich zur Art *M. pygmaeus*. Über dem Hang unterschieden sich die Weibchen beider Arten nicht in der Horizontal- und Vertikalverteilung. Die Mehrzahl der viel selteneren Männchen wurde auch hier *M. pygmaeus* zugeordnet.

***Pseudocalanus*** war im Untersuchungsgebiet mit drei Arten, *P. acuspes*, *P. major* und *P. minutus* vertreten. Sie waren im flachen Laptevmeer und über dem Kontinentalhang sehr viel häufiger als im angrenzenden Nansen-Becken (Abb. 4.17). Die Maxima lagen mit bis zu 81.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> (St. 30) über dem Hang und in der Wilkitzky-Straße. Auf den Stationen T73, T73A und 31 im Bereich des Lena-Ausstromes war die Individuendichte deutlich niedriger als im übrigen Laptevmeer.

Die jungen Copepoditstadien CI-III waren im Eisrandbereich am häufigsten: über dem Kontinentalhang (St. 67, Transekt E und Hangstationen der Transekte G und H) sowie auf St. 30 in der Wilkitzky-Straße (max. 45.000 Ind.\*m<sup>-2</sup>). (Der Einfluß der verwendeten Maschenweiten auf die Fangbarkeit der kleineren Zooplanktonorganismen, vor allem durch Verwendung des grobmaschigeren 300 µm-Netzes auf den Stationen im Laptevmeer wird in der Methodenkritik im Diskussionsteil erörtert) *Pseudocalanus acuspes* und *P. major* kamen, von einzelnen Individuen abgesehen, nur auf dem Schelf und über dem Kontinentalhang vor. Die Vorkommen von *P. acuspes* waren fleckenhaft und die Abundanz in der Regel deutlich niedriger als bei den anderen *Pseudocala-*

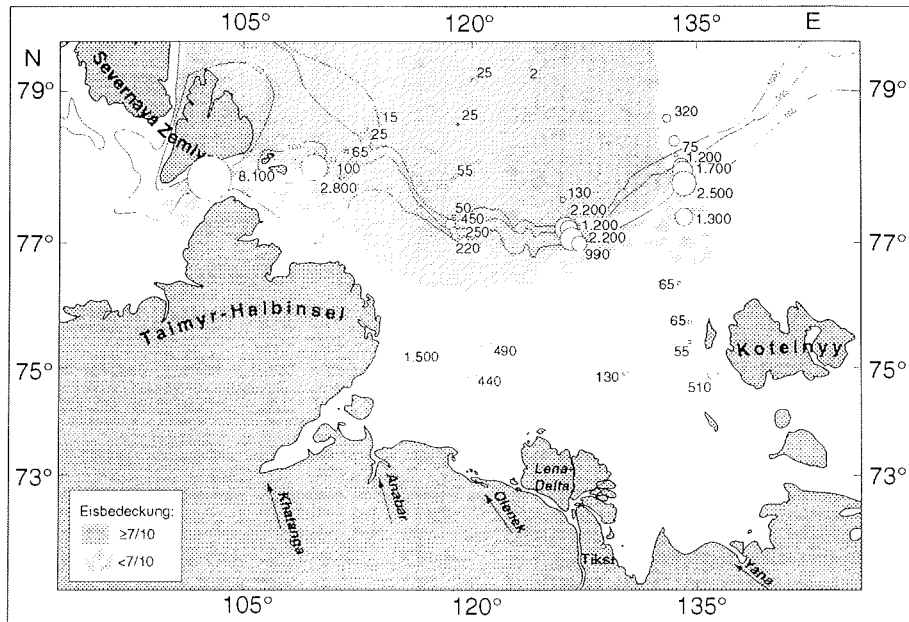


Abb. 4.17: *Pseudocalanus* spp. CI-VI. Individuenzahlen [10 Ind.\*m<sup>-2</sup>]

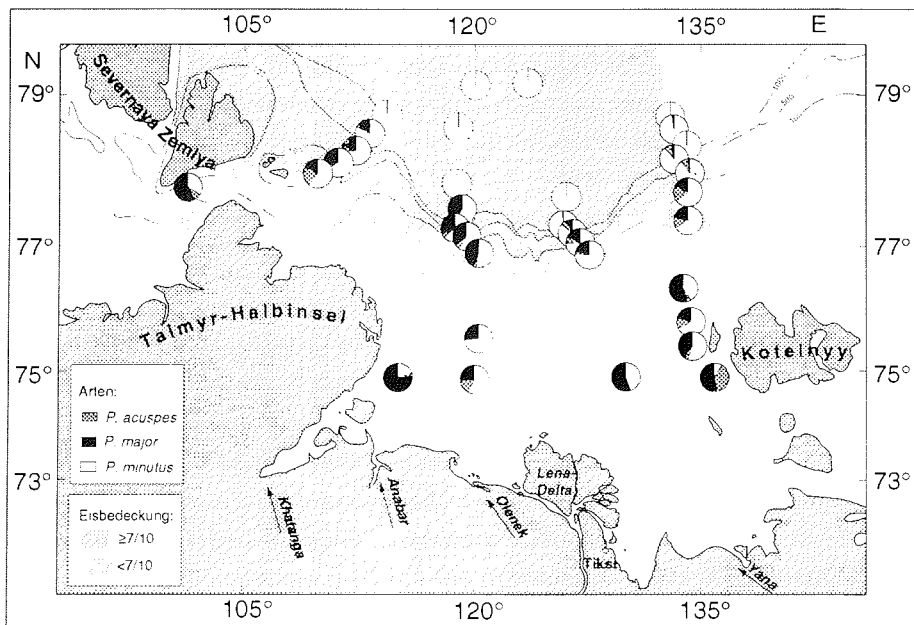
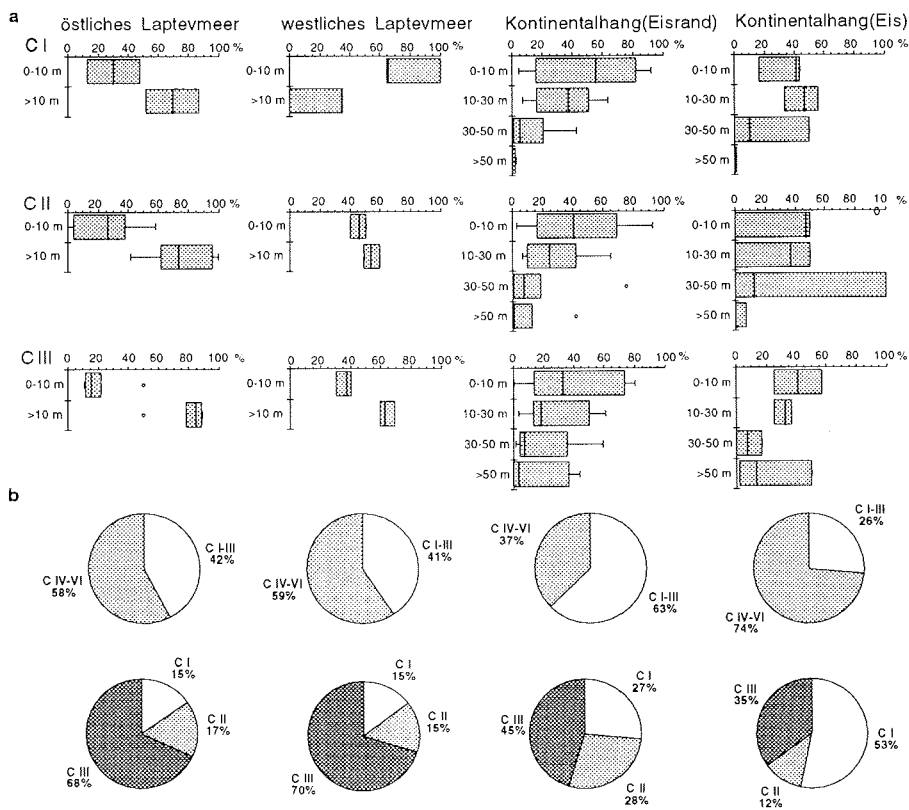


Abb. 4.18: *Pseudocalanus* spp. CIV-VI. prozentuale Anteile der Arten *P. acuspes*, *P. major* und *P. minutus*



*nus*-Arten (max. 3.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> auf St. 30). Den höchsten Anteil an allen *Pseudocalanus* erreichte *P. acuspes* auf Station T50 im südöstlichen Laptevmeer mit 39% (Abb. 4.18). *P. major* war auf allen Stationen im küstennahen Bereich vertreten und hier die häufigste *Pseudocalanus*-Art (max. 20.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> auf St. T61). *Pseudocalanus minutus* wurde auf allen Stationen gefangen. Sie war im ozeanischen Bereich die einzige Art und dominierte über dem Kontinentalhang. Die Abundanz war in der Wilkitzky-Straße mit 12.200 Ind.\*m<sup>-2</sup> am höchsten.

Der Anteil der jungen Copepoditstadien CI-III an der Gesamtpopulation betrug im Laptevmeer ca. 40% (Abb. 4.19). Im Bereich des Eisrandes über dem Kontinentalhang überwogen die CI-III mit 63%. Bei starker Eisbedeckung über

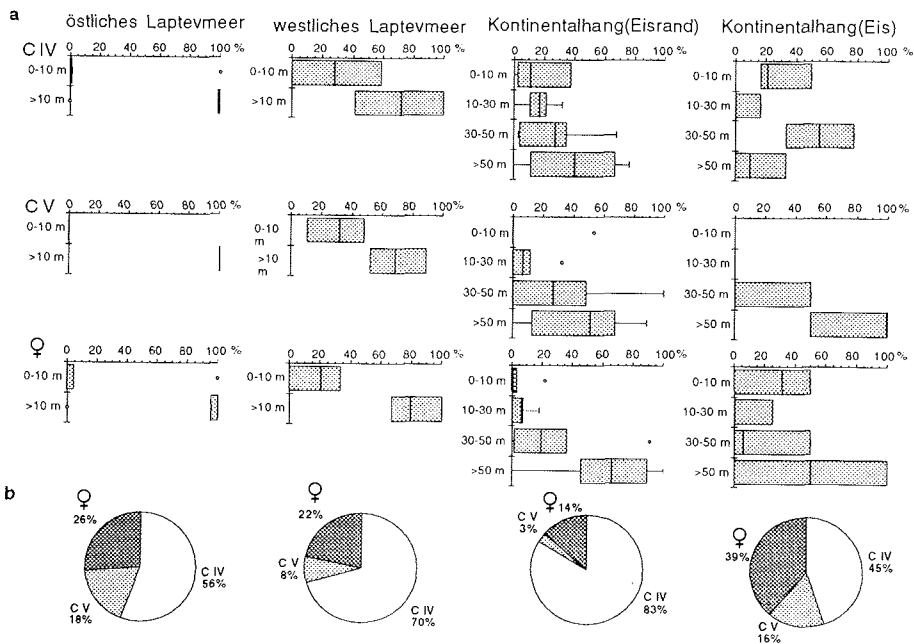


**Abb. 4.19:** *Pseudocalanus* spp. CI-III. Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Abteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für vier regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

4 Ergebnisse

dem Hang entfiel dagegen nur etwa ein Viertel aller *Pseudocalanus* auf diese Stadien. Innerhalb der CI-III überwogen Copepodite CIII (Laptevmeer: ca. 70%; Kontinentalhang-Eisrandbereich: 45%).

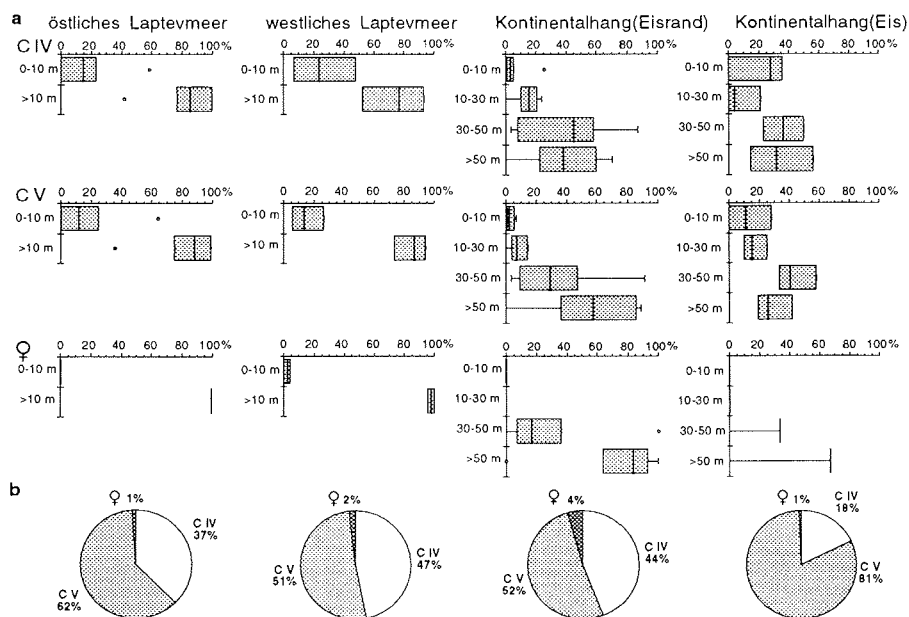
*Pseudocalanus acuspes* CIV-VI waren in den Gebieten westliches Laptevmeer und Kontinentalhang-Eisrandbereich überwiegend mit dem Copepoditstadium CIV vertreten (71% und 84%) (Abb. 4.20). Der Anteil der Weibchen betrug auf diesen Stationen im Mittel 22% und 14%. CV waren mit 8% und 3% das seltenste Stadium. Im östlichen Laptevmeer und über dem stark eisbedeckten Kontinentalhang überwogen CIV nicht so stark (56% und 45%). Weibchen (26% und 39%) und Copepodite CV (18% und 16%) waren dafür in diesen Gebieten stärker vertreten. In allen Gebieten (Laptevmeer und Kontinentalhang) waren bei *Pseudocalanus major* CIV-VI die Copepodite CV das dominante Entwicklungsstadium (>52%) (Abb. 4.21). Die Dominanz der CV war über dem eisbedeckten Kontinentalhang mit 81% am stärksten. Weibchen stellten mit weniger als 5% nur einen geringen Anteil der Population. Bei



**Abb. 4.20:** *Pseudocalanus acuspes* CIV-VI. Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Abteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für vier regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

*Pseudocalanus minutus* dominierten über dem Kontinentalhang im Eisrandbereich CIV mit zwei Drittel der älteren Stadien, bei starker Eisbedeckung waren dagegen CV mit 59% das häufigste Stadium (Abb. 4.22). Außerdem war dort der Anteil der Weibchen mit 28% sehr hoch. Im Laptevmeer war die Populationsstruktur ähnlich wie im Eisrandbereich. Während also bei *P. acuspes* im gesamten Untersuchungsgebiet das Copepoditstadium CIV vorherrscht und bei *P. major* das Stadium CV, variiert die Zusammensetzung bei *P. minutus* je nach Eisbedeckung. Copepodite CIV sind das dominante Stadium bei geringer und CV die häufigsten Copepodite bei starker Eisbedeckung. Außerdem ist der hohe Anteil an Weibchen bei *P. acuspes* hervorzuheben. *Pseudocalanus* spp. Männchen waren ausgesprochen selten. Es wurden einzelne Exemplare über dem Kontinentalhang (St. 41, 47, 49, 64), im Laptevmeer (St. T50, T58) und auf Station 30 in der Wilkitzky-Straße gefangen. Auf Station 47 erreichten die Männchen mit 132 Ind.\*m<sup>-2</sup> die größte Individuenzahl.

Die Copepoditstadien CIV und CV der drei *Pseudocalanus*-Arten wurden nach Geschlechtern getrennt. Dabei konnten kaum Unterschiede zwischen



**Abb. 4.21:** *Pseudocalanus major* CIV-VI. Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Abteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für vier regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

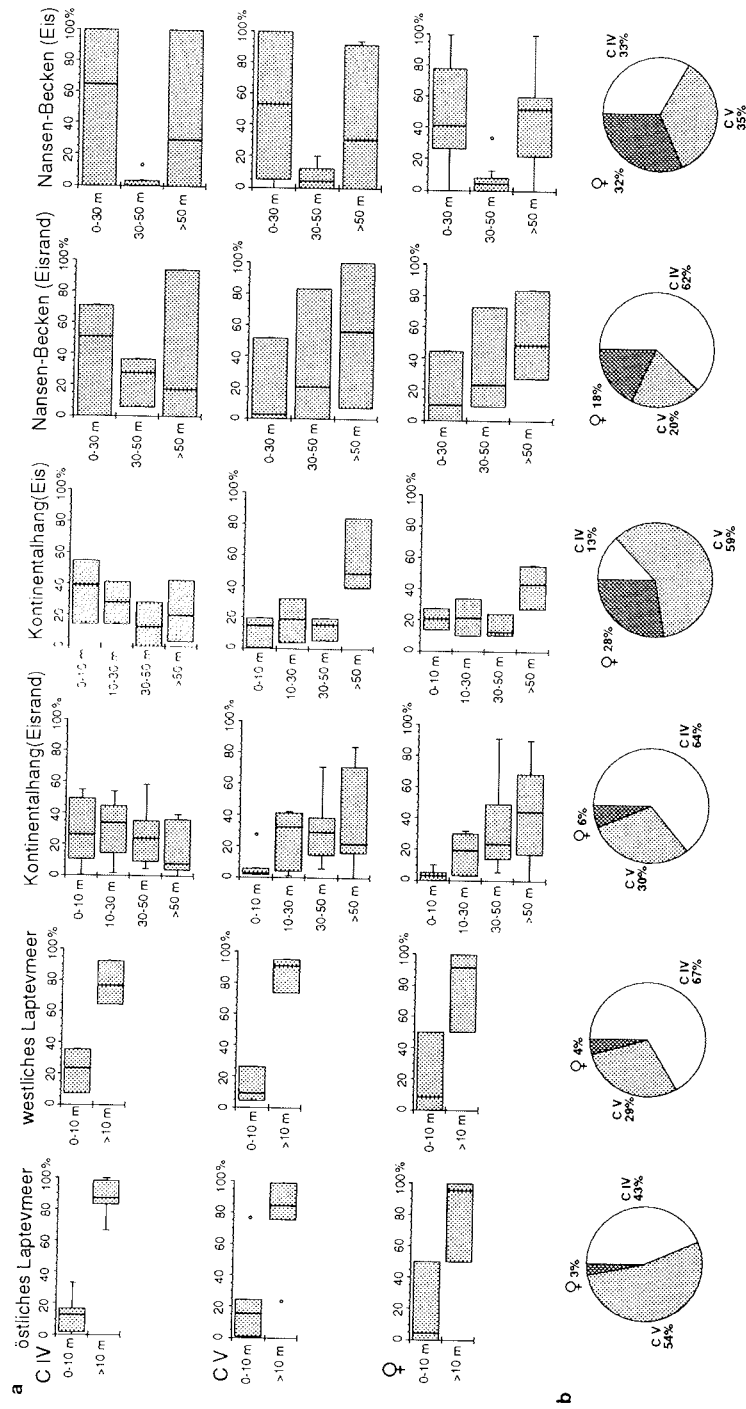


Abb. 4.22: *Pseudocalanus minutus* CIV-VI, Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b); prozentuale Anteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für sechs regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

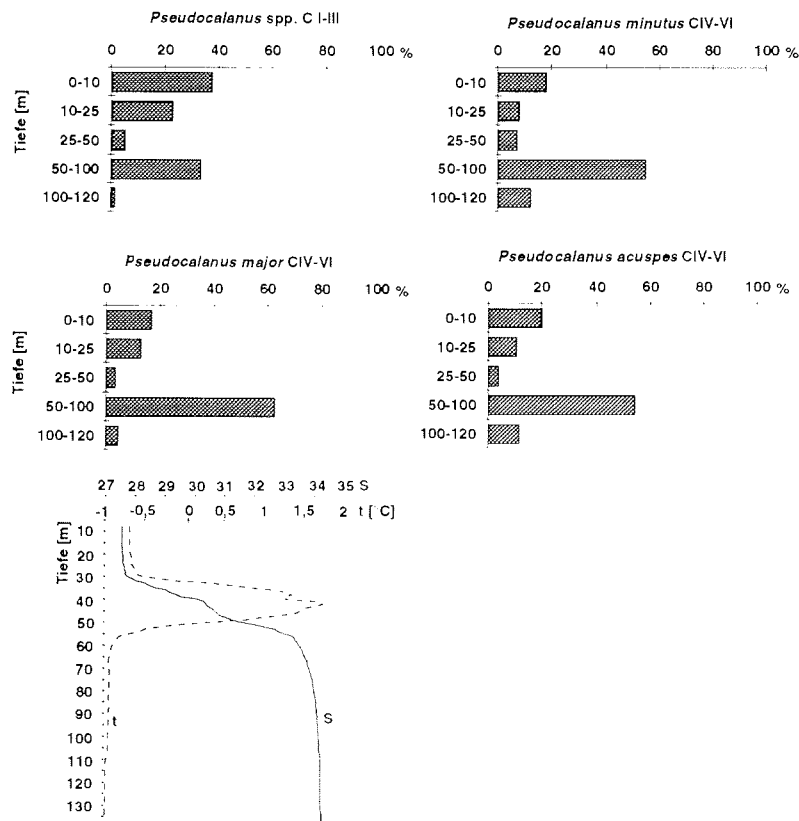
den verschiedenen Regionen, wohl aber zwischen den Arten und Stadien festgestellt werden (Tab. 4.12). Bei *P. acuspes* CIV und CV sowie *P. major* CV überwogen die männlichen Copepodite mit 60% (*P. major* CV) und ca. 70% (*P. acuspes* CIV und CV). Im Gegensatz dazu entfielen bei *P. minutus* CIV und CV sowie *P. major* CIV ca. zwei Drittel der Individuen auf weibliche und ein Drittel auf männliche Copepodite. Bei *P. major* CIV überwogen weibliche Copepodite auf den eisbedeckten Hangstationen besonders stark: sie waren etwa fünfmal so häufig wie männliche CIV. Dagegen war das Geschlechterverhältnis auf den Eisrandstationen fast ausgeglichen.

**Tab. 4.12:** *Pseudocalanus* spp. CIV und CV: Geschlechterverhältnis. Mittelwerte aller Stationen

Stadium	<i>P. acuspes</i> [%]	<i>P. major</i> [%]	<i>P. minutus</i> [%]
CIV ♀	30	63	61
CIV ♂	70	37	39
CV ♀	28	41	64
CV ♂	72	59	36

*Pseudocalanus* spp. hielten sich vorwiegend in den oberen 200 m auf. Nur einzelne Tiere waren in Proben aus tieferen Schichten bis 500 m enthalten. Im flachen Laptevmeer wurde der größte Teil der *Pseudocalanus* CI-III und auch der älteren Copepodite bei allen Arten tiefer als 10 m gefangen. Nur die Copepodite CI im westlichen Laptevmeer standen überwiegend in den oberen 10 m (Abb. 4.19-4.22). Über dem Kontinentalhang konzentrierten sich die Copepodite CI-III zum größten Teil in den oberen 30 m. Nur auf einzelnen Stationen war mehr als die Hälfte der CI-III tiefer als 30 m gefangen worden, z.B. Copepodite CIII auf Station 40 (Transekt H). Dagegen lebten die CIV-VI über dem Kontinentalhang überwiegend unterhalb von 30 m, mit Ausnahme von *P. minutus* CIV, die zum größten Teil in den oberen 30 m gefangen wurden. Auf den weit im Eis gelegenen Hangstationen war der in den oberen 10 m gefangene Anteil bei allen drei Arten höher als auf Stationen im Eisrandgebiet. Bei *P. minutus* war die Vertikalverteilung im Nansen-Becken ähnlich wie auf den Hangstationen. Auf Station 30 in der Wilkitzky-Straße waren in der Tiefe des Temperaturmaximums (30-50 m) bei den drei *Pseudocalanus*-Arten weniger Individuen vorhanden als in den Schichten darüber und darunter (Abb. 4.23).

#### 4 Ergebnisse



**Abb. 4.23:** *Pseudocalanus* spp. Vertikalverteilung auf St. 30 (Wilkitzky-Straße): prozentuale Verteilung der Populationen von *Pseudocalanus* spp. CI-III, *P. acuspes*, *P. major* und *P. minutus* CIV-VI sowie das Temperatur- und Salzgehaltvertikalprofil

Die Copepoden der Gattung *Spinocalanus* gehörten in den Proben aus tieferen Schichten zu den häufigsten Arten. Entsprechend waren sie auf das Nansen-Becken und die Hangstationen beschränkt. Die Individuenzahlen lagen im Nansen-Becken i. d. R. bei ca. 1.000-3.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> (Nur auf St. 54 war die Abundanz mit rund 8.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> deutlich höher). Über dem Kontinentalhang nahmen die Individuenzahlen zum Schelf hin stark ab. In den Proben aus der Wilkitzky-Straße und dem Laptevmeer fehlte *Spinocalanus*. *Spinocalanus* spp. CI-V und adulte *S. longicornis* stellten auf allen Stationen mehr als drei Viertel aller Individuen dieser Gattung. Bei den *Spinocalanus* spp. CI-V handelt es sich wahrscheinlich ebenfalls fast ausschließlich um *S. longicornis* CI-V. Mit wenigen Ausnahmen waren die Copepoditstadien CI-V die häufigste Kategorie innerhalb der Gattung. Von den übrigen Arten stellte nur *S. antarcticus* auf den Stationen 50, 53, 54 und 56 mit 5-17% einen wesentlichen

Anteil am Gesamtbestand. Die übrigen *Spinocalanus*-Arten (*S. abyssalis*, *S. elongatus*, *S. longispinus*) waren nur mit wenigen Individuen in den Proben der tiefen Stationen vertreten.

*Spinocalanus longicornis* Weibchen und Männchen wurden im Nansen-Becken vorwiegend tiefer als 200 m, über dem Kontinentalhang dagegen zum größten Teil in 50-200 m gefangen. Adulte Individuen und Copepodite CV von *Spinocalanus antarcticus* waren nur in den Proben aus mehr als 500 m vorhanden. *S. antarcticus* CIV konzentrierten sich auf einigen Stationen auch in 200-500 m, die jüngeren Stadien hielten sich vorwiegend in 50-200 m auf. Die übrigen *Spinocalanus*-Arten *S. elongatus* und *S. longispinus* (CIV-VI) wurden ausschließlich tiefer als 500 m gefangen.

#### Copepoda: Podoplea

Die cyclopoide Copepodenart *Oithona similis* war über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken auf allen Transekten mit 10.000-90.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> etwa gleich stark vertreten (Abb. 4.24). Die höchste Individuenzahl erreichte diese Art in der Wilkitzky-Straße (St. 30) mit 91.000 Ind.\*m<sup>-2</sup>, die maximale Individuenkonzentration erreichte *O. similis* auf St. 67 über dem Hang in 0-10 m

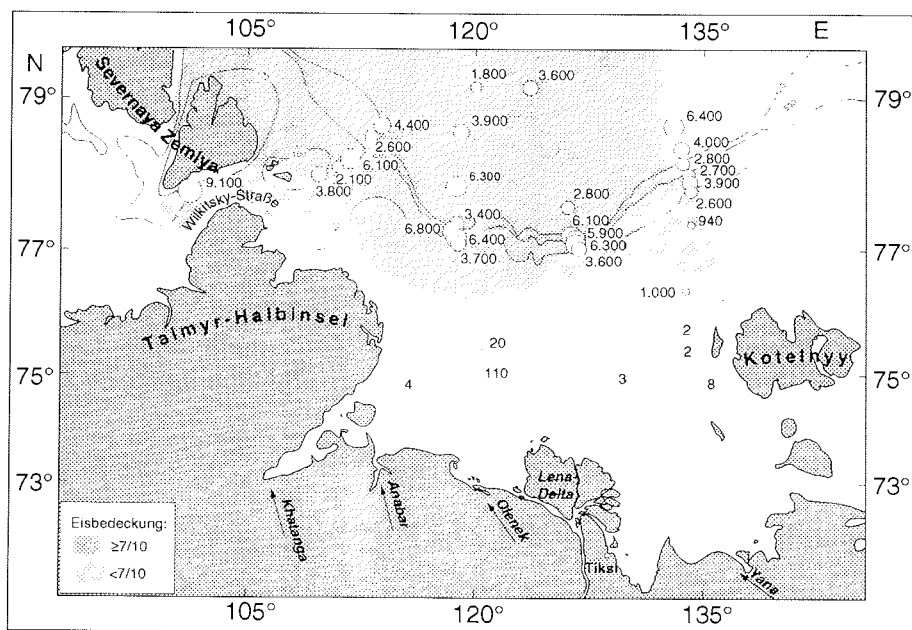


Abb. 4.24: *Oithona similis*. Individuenzahlen [10 Ind.\*m<sup>-2</sup>]

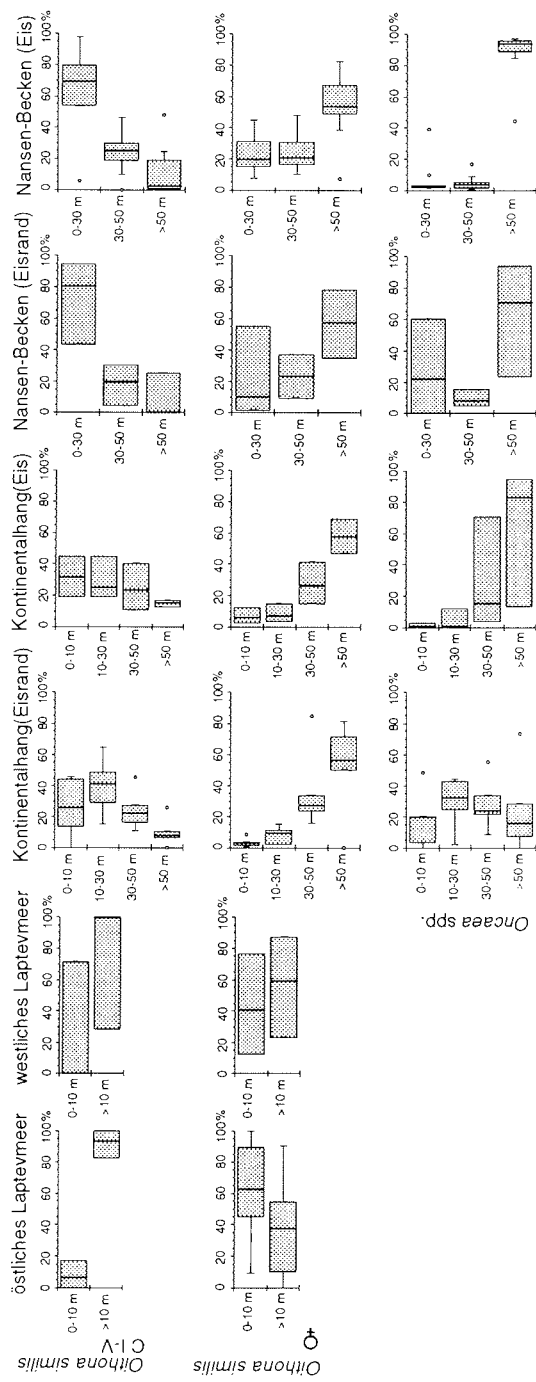


Abb. 4.25: *Oithona similis* und *Oncaea* spp., Vertikaverteilung; prozentuale Anteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für sechs regionale Gruppen (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)



mit  $2.600 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$ . Auf den von Bord IVAN KIREYEV beprobten flachen Stationen im Laptevmeer wurden um 1-3 Größenordnungen weniger *O. similis* gefangen.

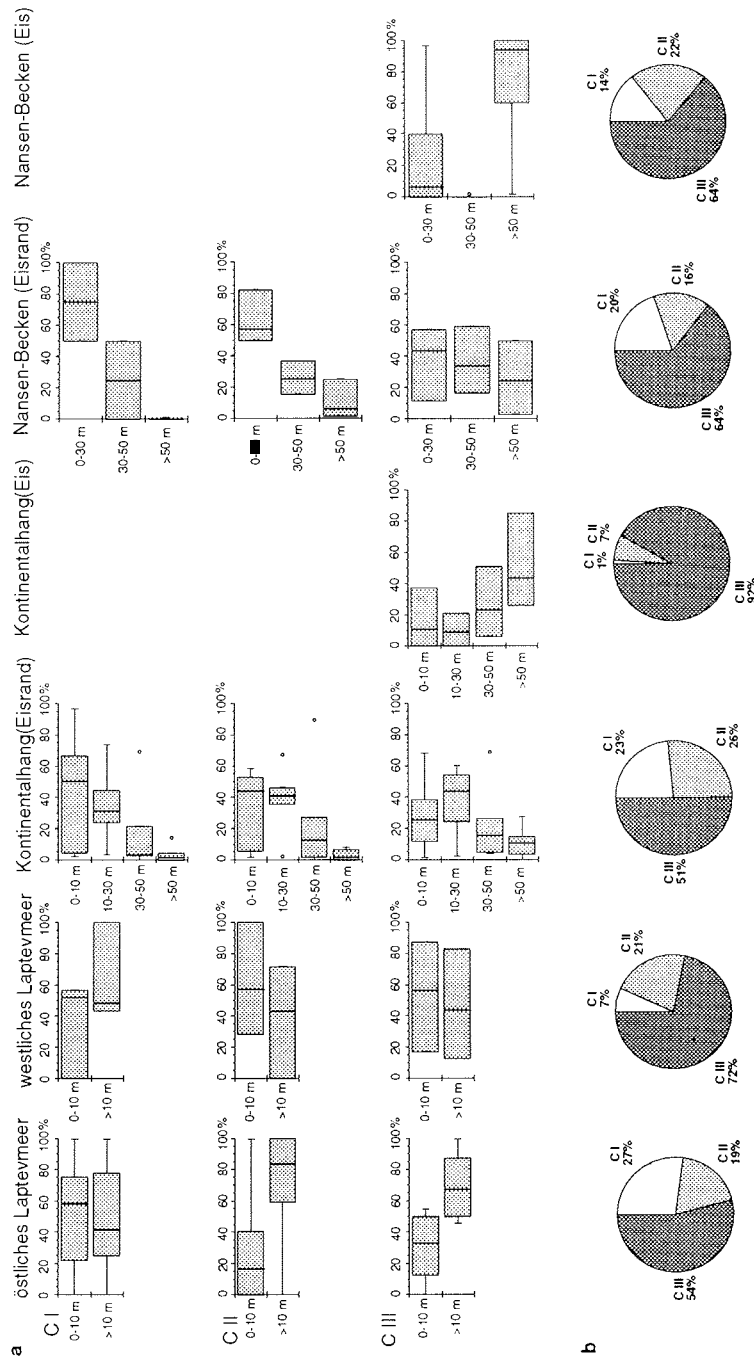
Im Laptevmeer hielten sich die Copepoditstadien CI-V zum weitaus größten Teil (>80%) tiefer als 10 m auf (Abb. 4.25). Eine Ausnahme bildete die küstennahe Station 67 des westlich Schnittes E, wo sich die meisten Individuen in den oberen 10 m befanden. Im Gegensatz zu den Copepoditstadien wiesen die wenigen adulten Weibchen und Männchen auf diesen Stationen sehr unterschiedliche Vertikalverteilungen auf. Über dem Hang und im Nansen-Becken zeigten Copepodite und Adulte entgegengesetzte Vertikalverteilungen: Während sich mehr als die Hälfte der Copepoditstadien in den oberen 30 m befand, hielten sich über 50% der adulten *Oithona similis* tiefer als 50 m auf. Die höchsten Individuenkonzentrationen von bis zu  $600 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$  (St. 47, 30-50 m) erreichten die Adulten auf den meisten Stationen zwischen 30 und 200 m.

In den Proben aus dem Laptevmeer waren zwei Drittel aller *O. similis* adult. Auf allen Stationen über dem Kontinentalhang waren dagegen zwei Drittel Copepodite. Im Nansen-Becken war die Zusammensetzung der *O. similis*-Population unterschiedlich. In den Proben von jeweils fünf Stationen überwogen Copepoditstadien bzw. Adulte und auf den restlichen vier Stationen war das Verhältnis in etwa ausgeglichen.

Die atlantische *Oithona atlantica* war nur in den Proben der Hang- und Nansen-Becken-Stationen vorhanden. Die Individuenzahlen waren mit etwa  $1.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$  auf den beiden westlichen Transekten E und F im Vergleich mit den übrigen Stationen ca. eine Größenordnung höher. Von *O. atlantica* wurden ausschließlich Weibchen gefangen, vorwiegend in Tiefen zwischen 50 und 200 m.

Im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang waren poikilostomatide Copepoden der Gattung *Oncaea* auf allen Transekten mit hohen Individuenzahlen bis zu  $40.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$  (St. 49) vertreten. Auf den westlichen Schnitten E und F ist eine Zunahme der Abundanz mit der Entfernung zum Schelf zu erkennen. Im Laptevmeer war *Oncaea* nur auf drei Stationen mit sehr viel geringeren Individuenzahlen vorhanden. Über dem Kontinentalhang in der Nähe der Eiskante (Hangstationen der Schnitte G und H) wurden die meisten *Oncaea* in den oberen 50 m gefangen (Abb. 4.25). Auf den weiter im Eis gelegenen Hangstationen und im Nansen-Becken hielten *Oncaea* sich dagegen überwiegend in den tieferen Schichten unterhalb von 50 m auf. Auch auf St.





**Abb. 4.27:** *Calanus finmarchicus/glacialis* C I-III, Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b); prozentuale Anteile der Gesamtpopulation in den Tiefintervallen für sechs regionale Gruppen (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

schied sich die prozentuale Zusammensetzung der CI-III auf den eisbedeckten Stationen und den Eisrandstationen deutlich voneinander. Der Anteil der CI mit 23% und CII mit 26% war auf den Stationen in der Nähe des Eisrandes wesentlich größer, als auf den eisbedeckten Stationen. Dort machten diese beiden Stadien nur 8% aller CI-III aus. In den Proben von zwei weiteren eisfreien Stationen im westlichen Laptevmeer (St. T61) und im Nansen-Becken (St. 35) mit großen Beständen an CI-III war der Anteil der Stadien CI (13%) und CII (34%) ebenfalls sehr hoch.

Im östlichen Laptevmeer wurden die meisten CII und CIII von *Calanus finmarchicus/glacialis* tiefer als 10 m gefangen (Abb. 4.27). Im übrigen waren die wenigen jungen Copepodite CI-III im Laptevmeer von Station zu Station unterschiedlich auf die Tiefenhorizonte verteilt. Über dem Kontinentalhang wie auch im Nansen-Becken waren die jungen Copepoditstadien von *C. finmarchicus/glacialis* fast ausschließlich auf den Eisrandstationen des Transektes H zu finden. Dort konzentrierten sich die CI und CII zum größten Teil in der obersten Schicht (0-30 m). Die Copepodite CIII waren im Eisrandbereich unterschiedlich auf die Tiefenhorizonte verteilt. Auf den eisbedeckten Stationen wurden die meisten CIII in den tieferen Schichten 30-50 m und 50-200 m gefangen.

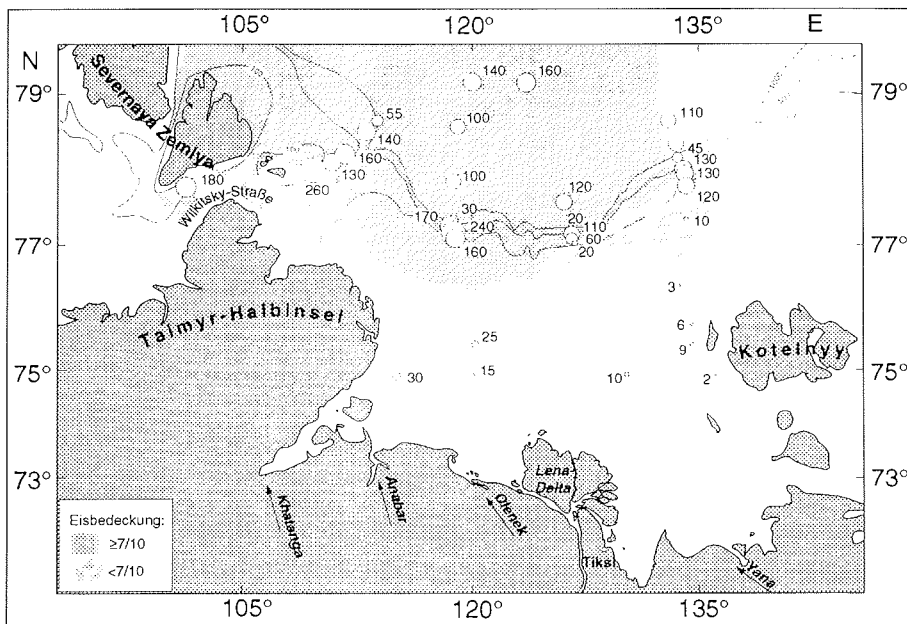


Abb. 4.28: *Calanus finmarchicus* CIV-VI. Individuenzahlen [10 Ind.\*m<sup>2</sup>]

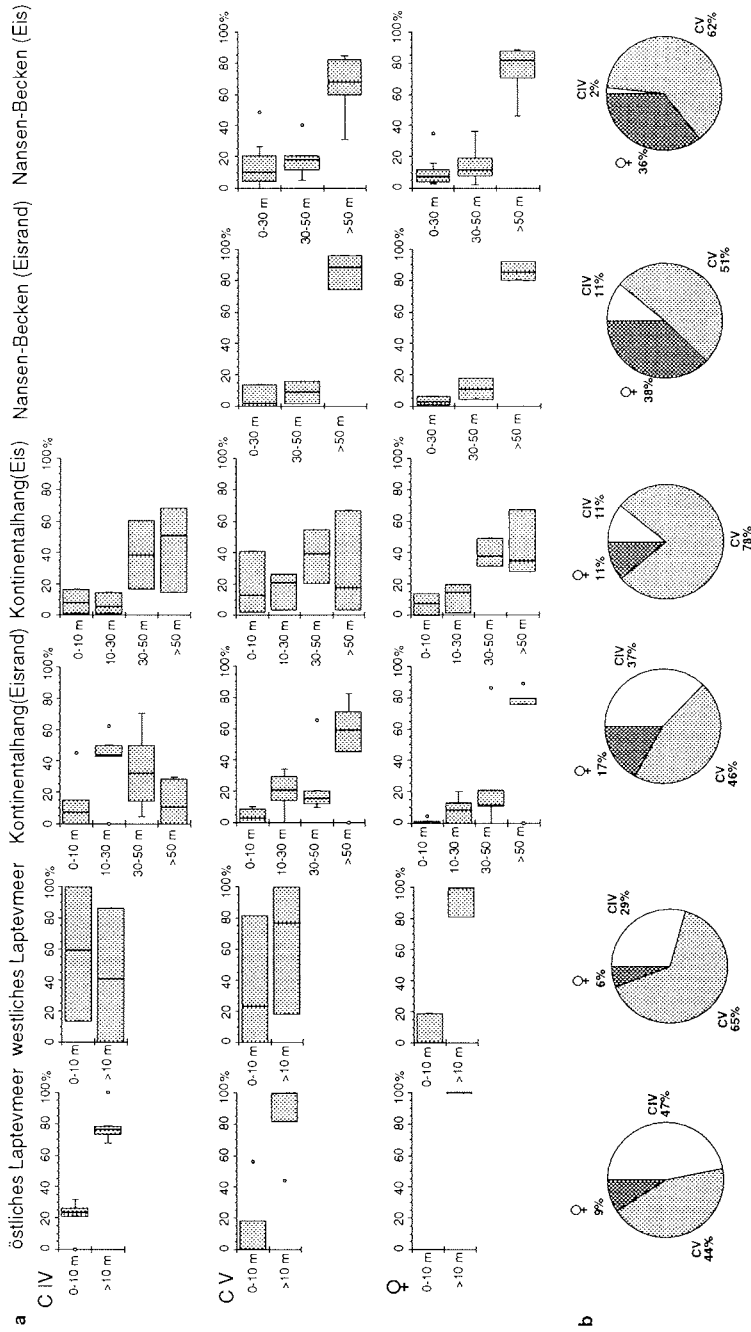


Abb. 4.29 *Calanus finmarchicus* CIV-VI, Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b); prozentuale Anteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für sechs regionale Gruppen (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

Bei der atlantischen Art *Calanus finmarchicus* CIV-VI lassen sich niedrige Abundanzen auf den Stationen des Laptevmeeres (20-300 Ind.\*m<sup>2</sup>) von höheren Werten (200-2.600 Ind.\*m<sup>2</sup>) über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken unterscheiden (Abb. 4.28). Die höchsten Individuenzahlen wurden über dem Kontinentalhang und auf den nördlichsten Stationen 53 und 54 im Nansen-Becken festgestellt. Es ist kein West-Ost-Gradient in der Abundanz und keine Abhängigkeit von der Eisbedeckung zu erkennen.

Von den *Calanus finmarchicus* CIV-VI dominierte CV (46-78%) auf den Stationen über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken (Abb. 4.29) CIV-Stadien waren auf den Hangstationen im Eisrandgebiet deutlich stärker vertreten (37%) als auf den eisbedeckten Hangstationen (11%). Im Nansen-Becken waren nur 5% der älteren Stadien CIV, dagegen hatten Weibchen mit 36% einen erheblich stärkeren Anteil als über dem Kontinentalhang (11-17%).

Die CIV-V und Weibchen von *Calanus finmarchicus* hielten sich auf den Stationen im östlichen Laptevmeer fast ausschließlich tiefer als 10 m auf (Abb. 4.29). Die Weibchen waren auch im westlichen Teil des Laptevmeeres unterhalb von 10 m konzentriert, während CIV und CV hier unterschiedlich auf die Tiefenintervalle verteilt waren. Über dem Hang im Eisrandgebiet hielten sich die meisten *C. finmarchicus* CIV in 10-50 m auf, bei starker Eisbedeckung wurde dagegen nur ein geringer Teil der CIV-Stadien oberhalb 30 m gefangen. Im Nansen-Becken waren *C. finmarchicus* CIV selten und zeigten kein klares Muster in ihrer Vertikalverteilung. *C. finmarchicus* CV und Weibchen kamen über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken, unabhängig von der Eisbedeckung, zum größten Teil unterhalb von 30 m vor. Im Nansen-Becken und auf den Hangstationen im Eisrandgebiet hielten sich die meisten CV und Weibchen tiefer als 50 m auf. Die Individuendichte von *C. finmarchicus* CIV-VI war auf den meisten Stationen in 30-50 m am höchsten (max. 115 Ind.\*m<sup>-3</sup>).

*Calanus glacialis* CIV-VI waren über dem Kontinentalhang am häufigsten (Abb. 4.30). Die nur teilweise eisbedeckten Hangstationen im Bereich des Eisrandes wiesen die größten Bestände auf (5.800 Ind.\*m<sup>2</sup>, St. 40, Transekt H). Wie bei den Copepoditen CI-III war die Abundanz auch bei *C. glacialis* CIV-VI auf Station T61 im Anabar-Khatanga-Trog ähnlich hoch wie über dem Kontinentalhang (2.900 Ind.\*m<sup>2</sup>). Im südöstlichen Laptevmeer war die Abundanz mit 130-370 Ind.\*m<sup>2</sup> am geringsten.

Die Populationsstruktur von *Calanus glacialis* CIV-VI war der von *C. finmarchicus* sehr ähnlich (Abb. 4.31). CV waren in allen Teilen des Untersuchungs-

gebiet das häufigste Stadium (51-72%). CIV hatten im Eisrandgebiet des Kontinentalhangs einen sehr viel höheren Anteil als auf den im Eis gelegenen Stationen. Weibchen waren auf den Stationen im Nansen-Becken deutlich stärker vertreten als im übrigen Untersuchungsgebiet. Im Laptevmeer unterschieden sich die westlichen Stationen von den östlichen durch einen höheren Anteil an CIV.

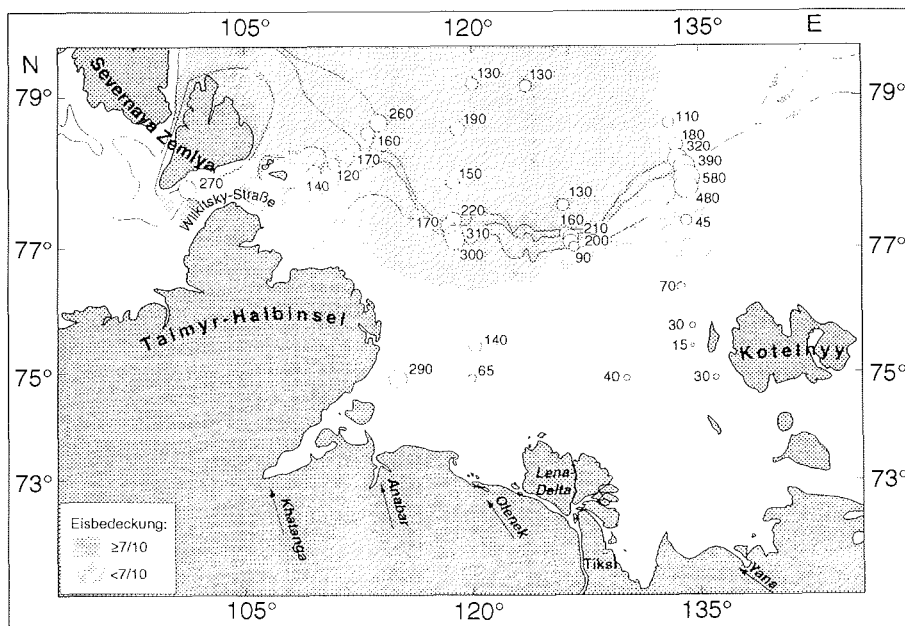


Abb. 4.30: *Calanus glacialis* CIV-VI. Individuenzahlen [10 Ind. \*m<sup>-2</sup>]

Bei *Calanus glacialis* waren im Laptevmeer, ähnlich wie bei *C. finmarchicus*, die meisten (im Mittel >60%) aller CIV, CV, Weibchen und Männchen unterhalb von 10 m gefangen worden (Abb. 4.31). Nur die CIV im westlichen Laptevmeer waren von Station zu Station unterschiedlich vertikal verteilt. Auch über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken war die Tiefenverteilung von *C. glacialis* der von *C. finmarchicus* CIV-VI ähnlich. Über dem Hang im Eisrandbereich konzentrierte sich *C. glacialis* in den oberen 30 m, auf den eisbedeckten Hangstationen dagegen in den tieferen Schichten. Im Nansen-Becken war die Vertikalverteilung der CIV ebenfalls je nach Eisbedeckung unterschiedlich: auf einigen eisfreien Stationen hielt sich ein großer

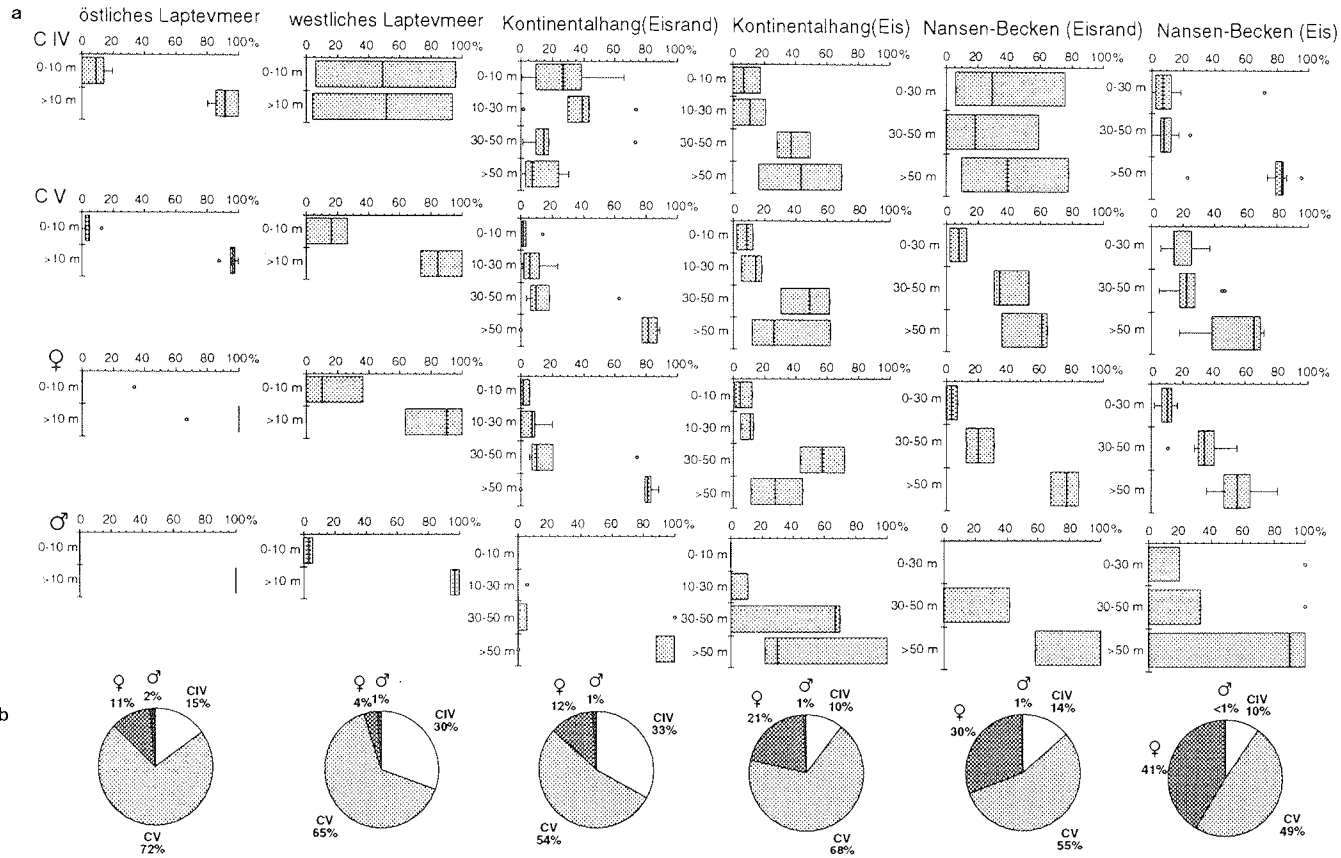


Abb. 4.31: *Calanus glacialis* CIV-VI, Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Anteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für sechs regionale Gruppen (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)



Teil in Oberflächennähe auf, während auf allen eisbedeckten Stationen die CIV tiefer als 50 m gefangen wurden. *C. glacialis* CV und Adulte hielten sich sowohl über dem Kontinentalhang als auch im Tiefseebecken zum größten Teil unterhalb 30 m auf. Die höchsten Individuenkonzentrationen wurden wie bei *C. finmarchicus* i. d. R. in 30-50 m erreicht und waren mit max.  $100 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$  auch ähnlich hoch.

*Calanus hyperboreus* wurde auf den Stationen im Laptevmeer nur vereinzelt gefangen. Über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken nahmen die Bestände kontinuierlich mit der Entfernung zum Schelf zu (Abb. 4.32). Die höchste Abundanz wurde auf Station 54 mit  $3.200 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$  gemessen. Die Individuenzahlen waren, unabhängig von der Eisbedeckung, auf allen Transekten etwa gleich groß.

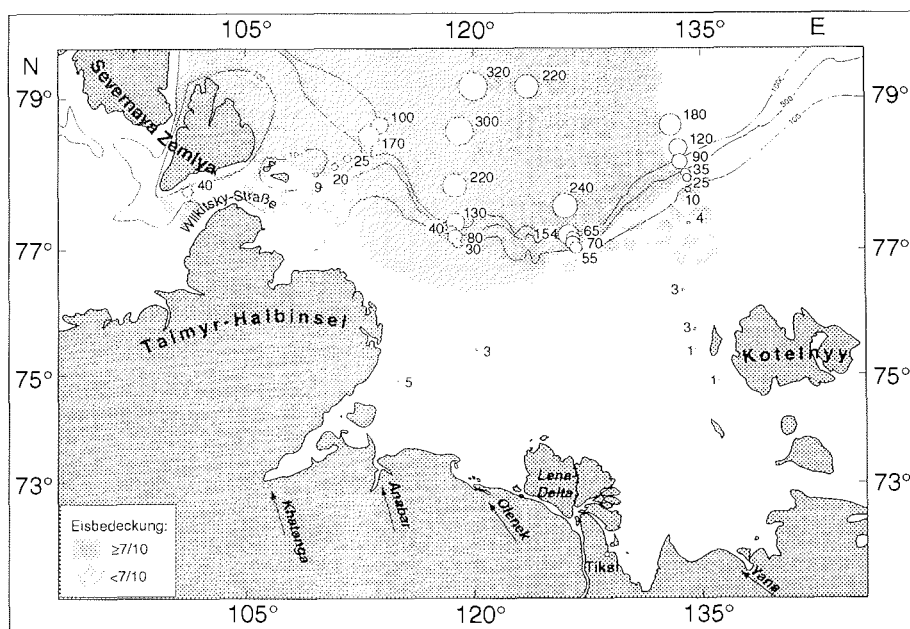
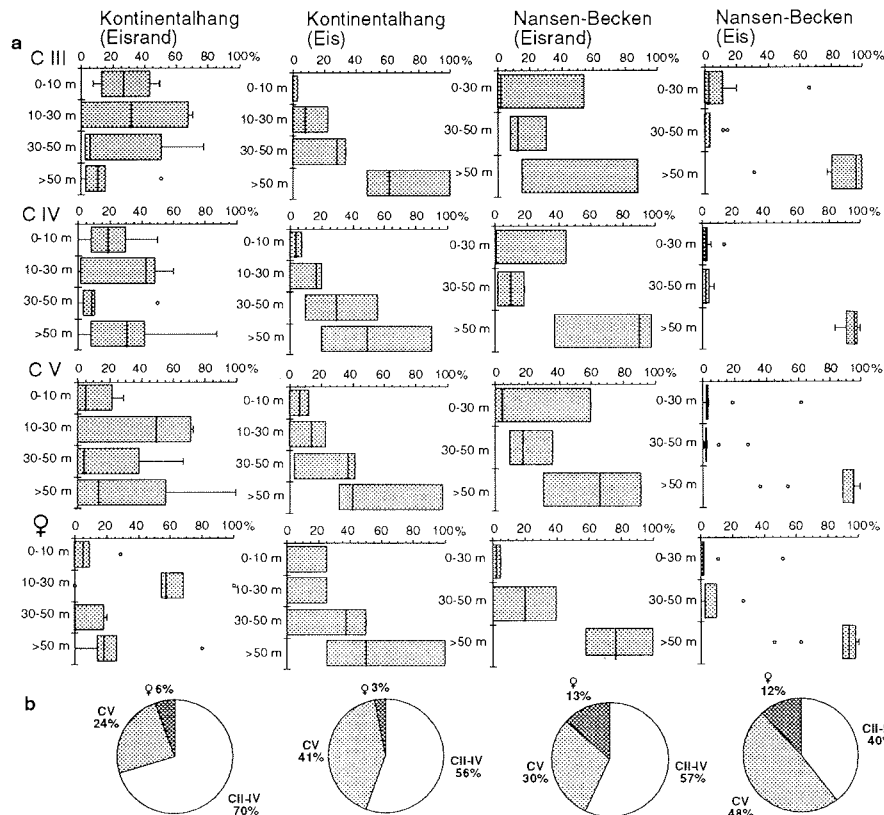


Abb. 4.32: *Calanus hyperboreus* CII-VI. Individuenzahlen [ $10 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

Bei *Calanus hyperboreus* überwogen auf den Hangstationen im Bereich des Eisrandes die jungen Stadien CII-IV (70%) gegenüber den weiter im Eis gelegenen Hangstationen (57%) (Abb. 4.33). Im Eisrandbereich war CIII (37%) das häufigste Stadium, im eisbedeckten Gebiet CIV (19%). Im Nansen-

#### 4 Ergebnisse

Becken hatten Weibchen mit 12% einen höheren Anteil als in den übrigen Gebieten. Wie über dem Kontinentalhang waren auch im Nansen-Becken die jüngeren Stadien CII-IV auf dem östlichen, eisfreien Schnitt H stärker vertreten (56%) als in den eisbedeckten Teilen des Nansen-Beckens (40%).



**Abb. 4.33:** *Calanus hyperboreus*. CIII-VI. Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Abteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für vier regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

Die wenigen im Untersuchungsgebiet gefangenen Copepodite CII von *Calanus hyperboreus* lassen kein Vertikalverteilungsmuster erkennen. Die Copepoditstadien CIII-V und Weibchen von *C. hyperboreus* waren über dem Hang, ähnlich den CIV der beiden anderen *Calanus*-Arten, bei geringer Eisbedeckung häufig in 10-30 m konzentriert, bei geschlossener Eisdecke dagegen tiefer als 50 m (Abb. 4.33). Im Nansen-Becken hielten sich CIII-V und

Weibchen unabhängig von der Eissituation im Mittel tiefer als 50 m auf. Das einzige *C. hyperboreus* Männchen wurde auf Station 38 in der Tiefenstufe von 500-950 m gefangen.

### *Metridia longa*

*Metridia longa* trat mit Ausnahme von drei flachen Schelfstationen überall auf (Abb. 4.34). Im Laptevmeer wurden nur einzelne Individuen von *M. longa* gefangen. Dagegen waren auf den meisten der mehr als 500 m tiefen Stationen über 10.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> vorhanden. Diese hohen Werte wurden auf allen Transekten unabhängig von der Eisbedeckung erreicht. Die Abundanz war mit 22.400 Ind.\*m<sup>-2</sup> auf Station 50 am höchsten.

*Metridia longa* CI-Stadien hatten auf den Stationen im Eisrandbereich des Kontinentalhangs und Nansen-Beckens einen sehr viel höheren Anteil an der Gesamtpopulation (bis zu 60%, St. 41) als auf den im Eis gelegenen Stationen (Abb. 4.35). Der CI-Anteil war besonders auf den fast eisfreien Stationen des Transektes H und auf Station 30 in der Wilkitzky-Straße hoch. Die ebenfalls in der Eisrandzone gelegenen aber eisbedeckten Hangstationen des Transektes G hatten dagegen einen ähnlich niedrigen Anteil an Copepoditen

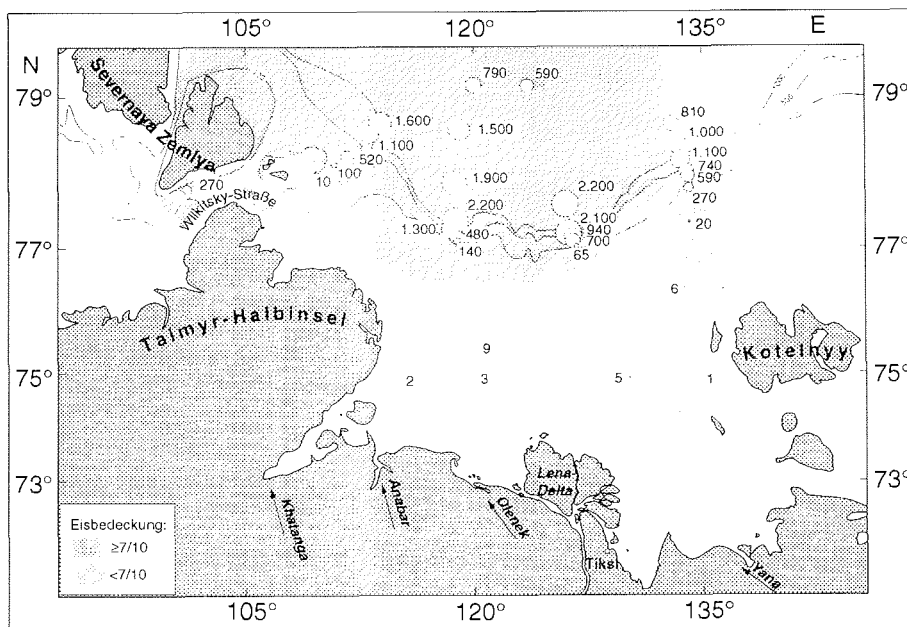
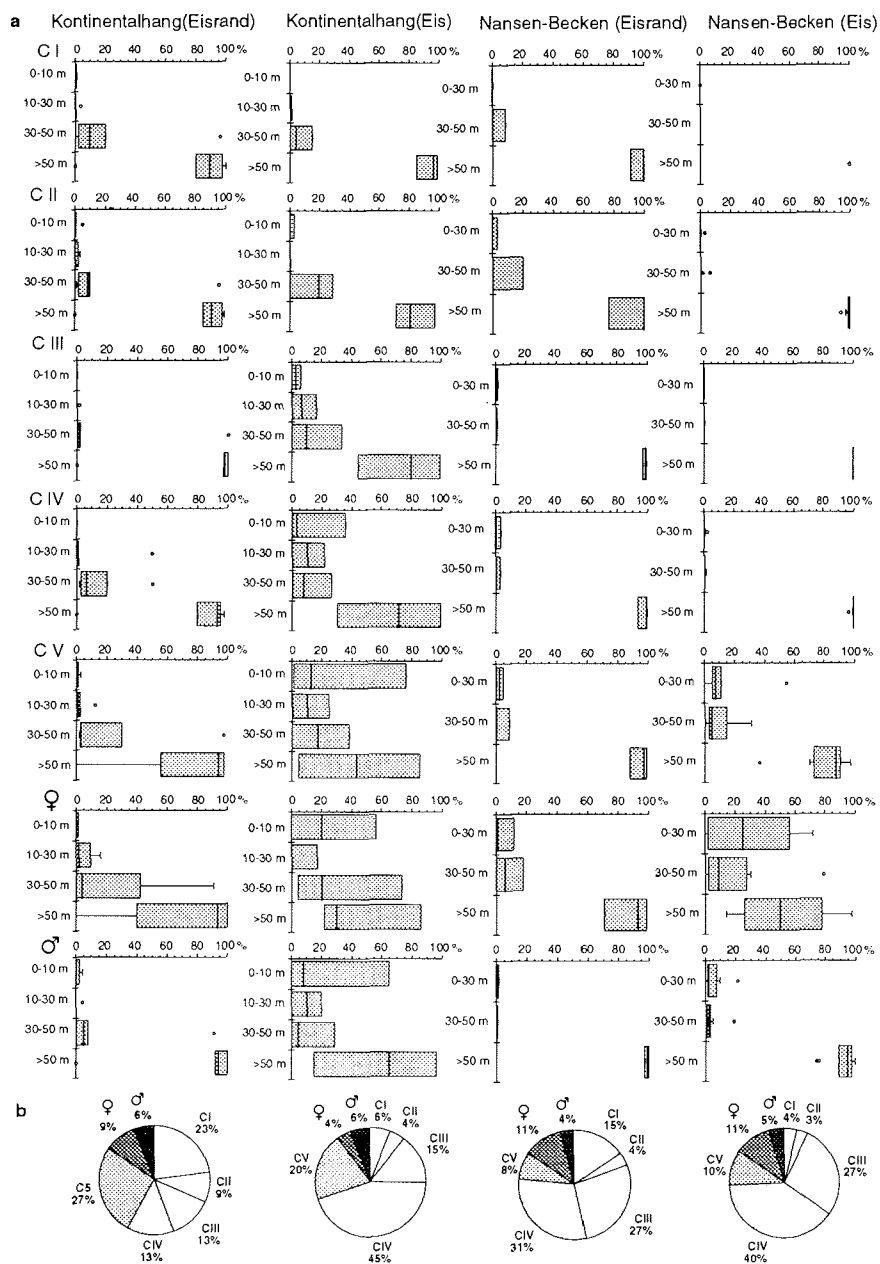


Abb. 4.34: *Metridia longa* CI-VI. Individuenzahlen [10 Ind.\*m<sup>-2</sup>]



**Abb. 4.35:** *Metridia longa* CI-VI. Vertikalverteilung (a) und Populationsstruktur (b): prozentuale Abteile der Gesamtpopulation in den Tiefenintervallen für vier regionale Gruppen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

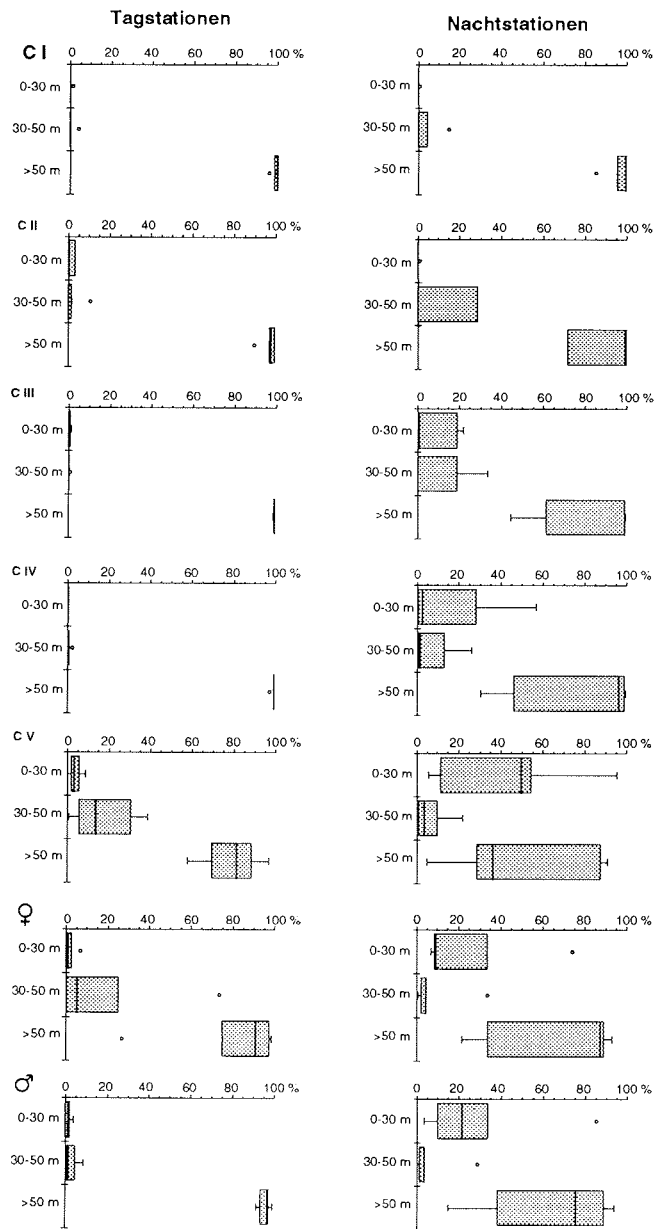


Abb. 4.36: *Metridia longa* Vertikalverteilung gemittelt für Tag- und Nachtstationen. (weitere Hinweise für die Box-Plots in Abb. 4.7)

CI wie die weit im Eis gelegenen Stationen (0-10%). CIV war das häufigste Entwicklungsstadium von *M. longa* im Nansen-Becken. Weibchen erreichten auf zwei Hangstationen und sechs Stationen im Nansen-Becken mehr als 20% der Gesamtpopulation. Im Mittel waren in den einzelnen Gebieten jedoch nicht mehr als 4-11% aller Individuen Weibchen. 4-6% aller *M. longa* waren adulte Männchen.

Im Eisrandgebiet über dem Hang sowie im Tiefseebecken hielten sich fast alle Copepoditstadien und Adulte von *Metridia longa* unterhalb von 50 m auf (Abb. 4.35). CI erreichten die höchsten Abundanzen in 50-200 m, CI-IV und adulte Männchen in 200-500 m. CV und Weibchen hielten sich dagegen wie die CI überwiegend in 50-200 m auf. *Metridia longa* war die einzige Art, bei der tagesrhythmische Vertikalwanderungen nachgewiesen werden konnten. Weibchen und Männchen wurden auf einigen eisbedeckten Hangstationen zum größten Teil in den oberen 30 m gefangen. Der Anteil der Individuen in den oberen 30 m war bei Adulten und Copepoditen CV nachts deutlich höher als am Tage (Abb. 4.36). Die jüngeren Entwicklungsstadien zeigten diese tageslichtabhängigen Unterschiede nur andeutungsweise.

#### Chaetognathen

Die Chaetognathenart *Sagitta elegans* wurde auf allen Stationen im Laptevmeer und über dem Kontinentalhang gefangen. Dagegen fehlte die Art auf den Stationen im Nansen-Becken (Abb. 4.37). *S. elegans* war auf den Stationen im Laptevmeer mit bis zu 840 Ind.\*m<sup>-2</sup> (St. T58) am häufigsten. Auf den Stationen im Bereich des Lena-Ausstroms war die Individuenzahl um etwa eine Größenordnung kleiner als im übrigen Laptevmeer. Auf den Hangstationen wurden die weitaus meisten Individuen in den oberen 50 m gefangen. Die Proben aus 50-200 m enthielten dagegen nur wenige *S. elegans*.

*Eukrohnia hamata* war in den Proben aller Stationen im Nansen-Becken und auf den Hangstationen enthalten, fehlte dagegen im Laptevmeer und in der Wilkitzky-Straße (Abb. 4.38). Auf den tiefen, eisbedeckten Stationen der Transekte E, F und G war diese Art mit bis zu 3.900 Ind.\*m<sup>-2</sup> (St. 70) am häufigsten. Die meisten, vorwiegend kleinen Individuen (<10 mm) hielten sich in 50-200 m auf. Große *E. hamata* wurden auf den meisten Stationen nur in geringer Zahl an der Oberfläche gefangen, auf einigen Stationen dagegen in größerer Zahl in großer Tiefe (500-1500 m).

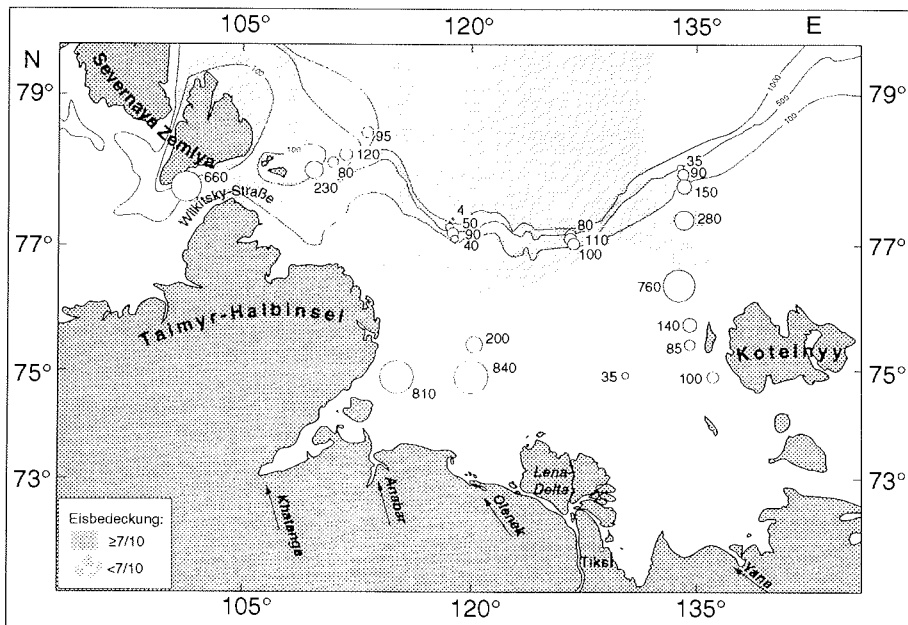


Abb. 4.37: *Sagitta elegans*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>2</sup>]

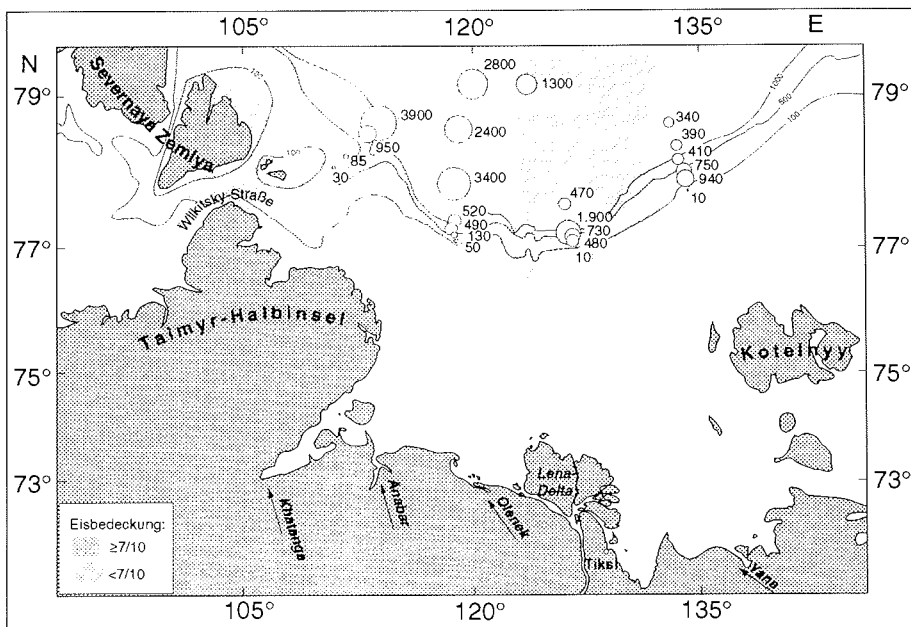


Abb. 4.38: *Eukrohnia hamata*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>2</sup>]

## Andere Taxa

Im folgenden werden die Verteilungsmuster ausgewählter Taxa dargestellt, die in bestimmten Teilen des Untersuchungsgebietes zu den charakteristischen Organismen gehörten, oder in einzelnen Proben hinsichtlich ihrer Biomasse von Bedeutung waren (siehe Tab. 4.3).

### Copepoda

Die größtenteils omnivoren Copepoden der Familie **Aetideidae** gehörten zu den charakteristischen Organismen der Planktongemeinschaften im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang. Innerhalb dieser Familie wurden neben CI-III ältere Entwicklungsstadien von acht Arten identifiziert. Aetideidae waren auf allen Stationen im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang mit ca. 100-1.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> vorhanden. Abgesehen von Einzelfängen auf zwei Stationen fehlten sechs der acht Arten im Laptevmeer. In der Wilkitzky-Straße (St. 30) wurde ebenfalls nur ein Individuum gefangen. Die Stadien CI-III waren innerhalb der Aetideidae die mit Abstand häufigste Kategorie mit bis zu 1.300 Ind.\*m<sup>-2</sup>. Die Gattung *Aetideopsis* war auf allen Stationen im Nansen-Becken vertreten, über dem Hang dagegen nur auf vier Stationen mit einzelnen Copepoditen CIV-VI. *Aetideopsis multiserrata* war mit maximal 30 Ind.\*m<sup>-2</sup> selten im Vergleich zu *A. rostrata*, die auf vier Stationen 100 Ind.\*m<sup>-2</sup> erreichte. Von *Chiridius armatus* wurde nur ein einziges Weibchen auf Station 48 gefangen, *Chiridius obtusifrons* und *Gaidius tenuispinus* CIV-VI dagegen auf allen Schnitten mit Individuenzahlen von 50-300 Ind.\*m<sup>-2</sup>. Diese beiden Arten waren über dem Kontinentalhang mit ähnlichen Abundanzen wie im Nansen-Becken vertreten. Von *Gaidius brevispinus* CIV-VI waren auf den Hangstationen und im Nansen-Becken nur einzelne Individuen in den Proben vorhanden. Abweichend von den oben genannten Arten traten *Jaschnovia johnsoni* und *J. tolli* nur im Laptevmeer und über dem Hang mit i. d. R. wenigen Individuen auf.

Über die Vertikalverteilung der Aetideidae können wegen der geringen Individuenzahlen nur grobe Aussagen getroffen werden. Die jungen Copepoditstadien hielten sich im wesentlichen unterhalb von 200 m auf. Die Stadien CIV-VI von *Aetideopsis* spp. wurden fast ausschließlich tiefer als 500 m gefangen, *Gaidius brevispinus* war in Tiefen unterhalb 200 m zu finden, *Gaidius tenuispinus* sowie *Chiridius obtusifrons* konzentrierten sich dagegen in 50-500 m.



Carnivore Copepoda der Gattung *Paraeuchaeta* waren auf allen Stationen des Nansen-Beckens mit 300-750 Ind.\*m<sup>-2</sup> vertreten. Über dem Hang nahmen die Individuenzahlen zum Schelf hin auf weniger als 100 Ind.\*m<sup>-2</sup> ab. Im Laptevmeer wurden mit Ausnahme eines CIV keine *Paraeuchaeta* gefangen. Die meisten Individuen dieser Gattung gehörten zu den nicht nach Arten getrennten Copepoditstadien CI-V. Bei den adulten *Paraeuchaeta* wurden vier Arten bestimmt. Von *P. barbata* und *P. polaris* wurde nur jeweils ein Individuum in 500-1.500 m gefangen. *P. glacialis* und *P. norvegica* waren auf fast allen Stationen im Nansen-Becken und über dem Hang vertreten. Die Copepodite CI-V hielten sich zum größten Teil in 50-200 m auf. Adulte *Paraeuchaeta glacialis* und *P. norvegica* waren in Proben aus allen Tiefenstufen bis 500 m enthalten, konzentrierten sich aber wie die CI-V auf 50-200 m.

Die Gattung *Heterorhabdus* war im Untersuchungsgebiet über dem Kontinentalhang und im Nansen-Becken mit den Arten *H. compactus* und *H. norvegicus* vertreten. *Heterorhabdus compactus* war auf elf Stationen mit geringen Abundanzen (<50 Ind.\*m<sup>-2</sup>) vorhanden. Adulte Tiere wurden ausschließlich in 500-1.500 m gefangen. Die Copepoditstadien hielten sich ebenfalls vorwiegend tiefer als 500 m auf, waren aber auch in den Proben aus 200-500 m enthalten. Die häufigere Art *Heterorhabdus norvegicus* war auf 19 Stationen mit ca. 10-500 Ind.\*m<sup>-2</sup> vertreten, zum größten Teil in 50-500 m.

#### Andere Crustacea

**Ostracoden** fanden sich in den Proben aller Stationen im Bereich des Tiefseebeckens und Kontinentalhanges. Sie konzentrierten sich auf das Nansen-Becken mit 100-400 Ind.\*m<sup>-2</sup>. Über dem Kontinentalhang nahmen die Individuenzahlen zum Schelf hin ab. Die höchsten Abundanzen traten mit bis zu 850 Ind.\*100 m<sup>-3</sup> in 50-200 m auf. Die meisten Individuen wurden jedoch tiefer als 200 m gefangen. Über dem Kontinentalhang standen die meisten Ostracoden jeweils im untersten Tiefenintervall.

Im Gebiet des Kontinentalhanges und im Nansen-Becken wurden auf 15 Stationen **Euphausiaceen** in verschiedenen Tiefen gefangen. Die Individuenzahlen waren mit weniger als 20 Ind.\*m<sup>-2</sup> klein und nur auf den Stationen am Kontinentalhang 40, 47, 48 und 49 mit 30-90 Ind.\*m<sup>-2</sup> höher. Die häufigste Art, *Thysanoessa longicaudata*, war über dem Hang auf allen Transekten und im Nansen-Becken auf insgesamt 13 Stationen vertreten. *Thysanoessa iner-*

*mis* und *T. raschii* kamen dagegen nur in den Proben von jeweils zwei Hangstationen vor. Jüngere Larven (Furcilliae), die nicht nach Arten getrennt werden konnten, fanden sich nur auf den eisfreien Stationen des östlichen Schnittes H in der Nähe des Eisrandes.

**Amphipoden** waren mit einer Ausnahme (St. T50) in den Proben aller Stationen mit bis zu 140 Ind.\*m<sup>-2</sup> (St. 54, Nansen-Becken) vorhanden, vorzugsweise aber über dem Hang und im Tiefseebecken, und zwar unterhalb von 50 m. Eine Trennung nach Arten wurde bei den Amphipoden nur in den von mir sortierten Proben (Kontinentalhang und Laptevmeer) durchgeführt. Die Hyperiiida *Themisto abyssorum* und *T. libellula* dominierten. Im Nansen-Becken handelte es sich bei den meisten Individuen ebenfalls um die Gattung *Themisto* (Kosobokova, pers. Mitteilung). *Themisto libellula* war im Gegensatz zu *T. abyssorum* bis in das Laptevmeer verbreitet und kam dort auf den östlichen Stationen mit bis zu 40 Ind.\*m<sup>-2</sup> vor. Über dem Kontinentalhang waren beide Arten auf allen Transekten mit bis zu 90 Ind.\*m<sup>-2</sup> vertreten. Gammaride Amphipoden traten nur vereinzelt auf.

#### Hydromedusen

Hydromedusen waren in den Proben aller Stationen enthalten. Die Abundanz dieser Gruppe war mit weniger als 300 Ind.\*m<sup>-2</sup> auf den meisten Stationen gering. Nur in der Wilkitzky-Straße und auf drei Stationen im Laptevmeer waren deutlich mehr Hydromedusen vorhanden. Auf Station 31 im nordöstlichen Teil des Laptevmeeres erreichten die Medusen mit einem Massenvorkommen von *Aeginopsis laurentii* die höchste Abundanz von 2.200 Ind.\*m<sup>-2</sup>. *A. laurentii* trat neben *Aglantha digitale* in allen Teilen des Untersuchungsgebietes auf. In der Regel konzentrierten sich beide Arten auf den Kontinentalhang und das Nansen-Becken. *Homoeonema platygonon* wurde ebenfalls nur auf Hangstationen und im Nansen-Becken angetroffen. Eine Reihe von Medusenarten wurde ausschließlich im Laptevmeer gefangen: *Eumedusa birulai*, *Euphysa flammea*, *Halitholus yoldia-arcticae*, *Obelia* sp., *Plotocnide borealis* und *Sarsia princeps*. *Botrynema ellinorae* und *Yakovia polinae* kamen nur auf den tiefen Stationen des Nansen-Beckens vor. Im flachen Laptevmeer und über dem Kontinentalhang konzentrierten sich die Hydromedusen in unterschiedlichen Tiefen. Auf den vom Schelf weit entfernten Stationen hielten sich diese Organismen bevorzugt tiefer als 500 m auf.

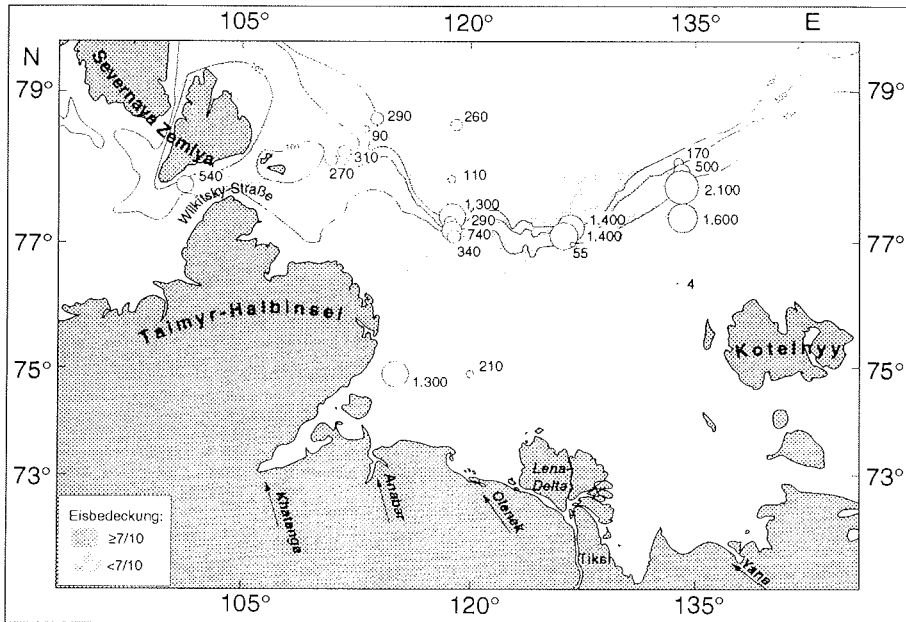


Abb. 4.39: *Fritillaria sp.*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>-2</sup>]

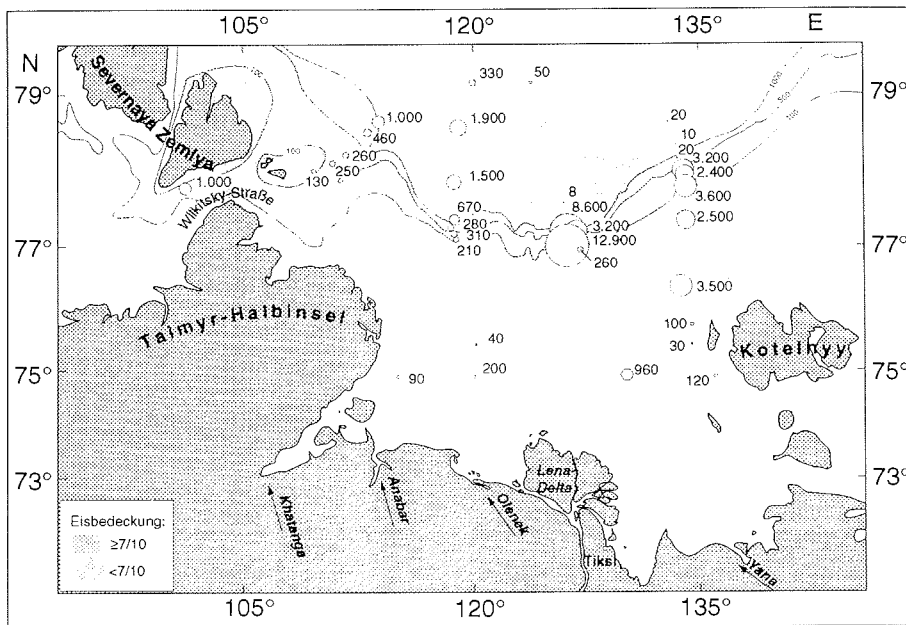


Abb. 4.40: *Oikopleura sp.*. Individuenzahlen [Ind.\*m<sup>-2</sup>]

##### Appendicularien

Die Appendicularie *Fritillaria sp.* konzentrierte sich auf den Kontinentalhang und Station T61 im Anabar-Khatanga-Trog im westlichen Laptevmeer (Abb. 4.39). Auf den Hangstationen der Transekte F, G und H sowie auf Station T61 war die Abundanz mit bis zu 2.100 Ind.\*m<sup>-2</sup> (St. 41) am höchsten. Die *Fritillaria*-Bestände auf den Hangstationen des Transektes E, in der Wilkitzky-Straße (St. 30) sowie auf zwei weiteren Stationen im Laptevmeer (T58, 31) und drei Stationen im Nansen-Becken (56, 58, 70) waren um ein bis zwei Größenordnungen kleiner. In den Proben der übrigen Stationen im Laptevmeer und im Nansen-Becken waren keine *Fritillaria* vorhanden.

Der größte Teil der Individuen auf den eisbedeckten Stationen der Transekte E und F stand unterhalb von 50 m, im Nansen-Becken sogar tiefer als 200 m. Dagegen wurden die meisten Individuen in der Nähe des Eisrandes auf den Transekten G und H, sowie in der Wilkitzky-Straße in den oberen 50 m gefangen. Auf Station 49 waren mehr als 80% in der Oberflächenprobe (0-10 m) enthalten.

Die zweite in den Proben identifizierte Appendicularienart *Oikopleura sp.* war auf allen Stationen vertreten (Abb. 4.40). Die Individuenzahlen über dem Kontinentalhang im Bereich des Eisrandes (Transekte G und H) waren deutlich höher als im übrigen Untersuchungsgebiet. Auf der Hangstation 49 war die Abundanz mit 12.900 Ind.\*m<sup>-2</sup> am höchsten.

In der Vertikalverteilung dieser Art gab es deutliche Unterschiede zwischen den tiefen Stationen, wo die meisten Individuen unterhalb 500 m gefangen wurden und den Hangstationen, auf denen sich der überwiegende Teil der *Oikopleura* in den oberen 50 m befand. Im Eisrandbereich über dem Kontinentalhang (Transekt G und H) konzentrierte sich mehr als die Hälfte der Individuen in 0-10 m, auf den Hangstationen im Eis dagegen in 10-50 m. Im Laptevmeer war die Vertikalverteilung ohne erkennbares Muster.

##### Meroplanktische Larven

In den Proben aus dem flachen Laptevmeer und den Hangstationen waren verschiedene meroplanktische Larven enthalten. Echinodermata waren auf den Schelf- und Hangstationen aller vier Schnitte mit Pluteuslarven und juvenilen Asteroidea und Ophiurida (Metamorphose abgeschlossen) vertreten. Die Individuenzahlen der Plutei waren auf den äußeren Schelf- und den Hangsta-

tionen des Transektes H mit 5.000-11.000 Ind.\*m<sup>-2</sup> um zwei Größenordnungen höher als auf den übrigen Schnitten (10-500 Ind.\*m<sup>-2</sup>). Im Mittel befanden sich über dem Kontinentalhang mehr als 70% der Pluteuslarven in 30-50 m. Auf einigen Stationen im Eisrandbereich war der Anteil in den oberen 30 m jedoch auf bis zu 40% erhöht. Die juvenilen Individuen waren auf zwei Stationen am Hang mit 400 bzw. 900 Ind.\*m<sup>-2</sup> stärker vertreten als auf elf weiteren Stationen mit 10-160 Ind.\*m<sup>-2</sup>. Pilidium-Larven der Nemertini wurden nur auf Station 43 im östlichen Laptevmeer gefangen (60 Ind.\*m<sup>-2</sup>). Auf Transekt E sowie in der Wilkitzky-Straße traten Veliger-Larven von Muscheln auf (10-300 Ind.\*m<sup>-2</sup>). Auf sechs Stationen im Laptevmeer, sowie in der Wilkitzky-Straße (Station 30) wurden hauptsächlich Nauplien und Cyprislarven der Cirripedia (Crustacea) gefangen (10-500 Ind.\*m<sup>-2</sup>).

#### 4.2 Freßexperimente an *Pseudocalanus* spp.

Im Sommer und Herbst 1994 wurden Freßraten von *Pseudocalanus acuspes* Weibchen aus dem Kongsfjord, Spitzbergen untersucht. Weitere Versuche konnten im Herbst 1994 und 1995 an *P. minutus* Copepoditen CIV und CV aus dem Kongsfjord und dem Laptevmeer durchgeführt werden. Es wurden Filtrations- und Ingestionsraten bei unterschiedlich hohem Nahrungsangebot gemessen. Die Algenkonzentrationen variierten in den Versuchen von 1-380 µg C\*I<sup>-1</sup> (Weibchen) bzw. 6-130 µg C\*I<sup>-1</sup> und 7-185 µg C\*I<sup>-1</sup> bei CIV und CV.

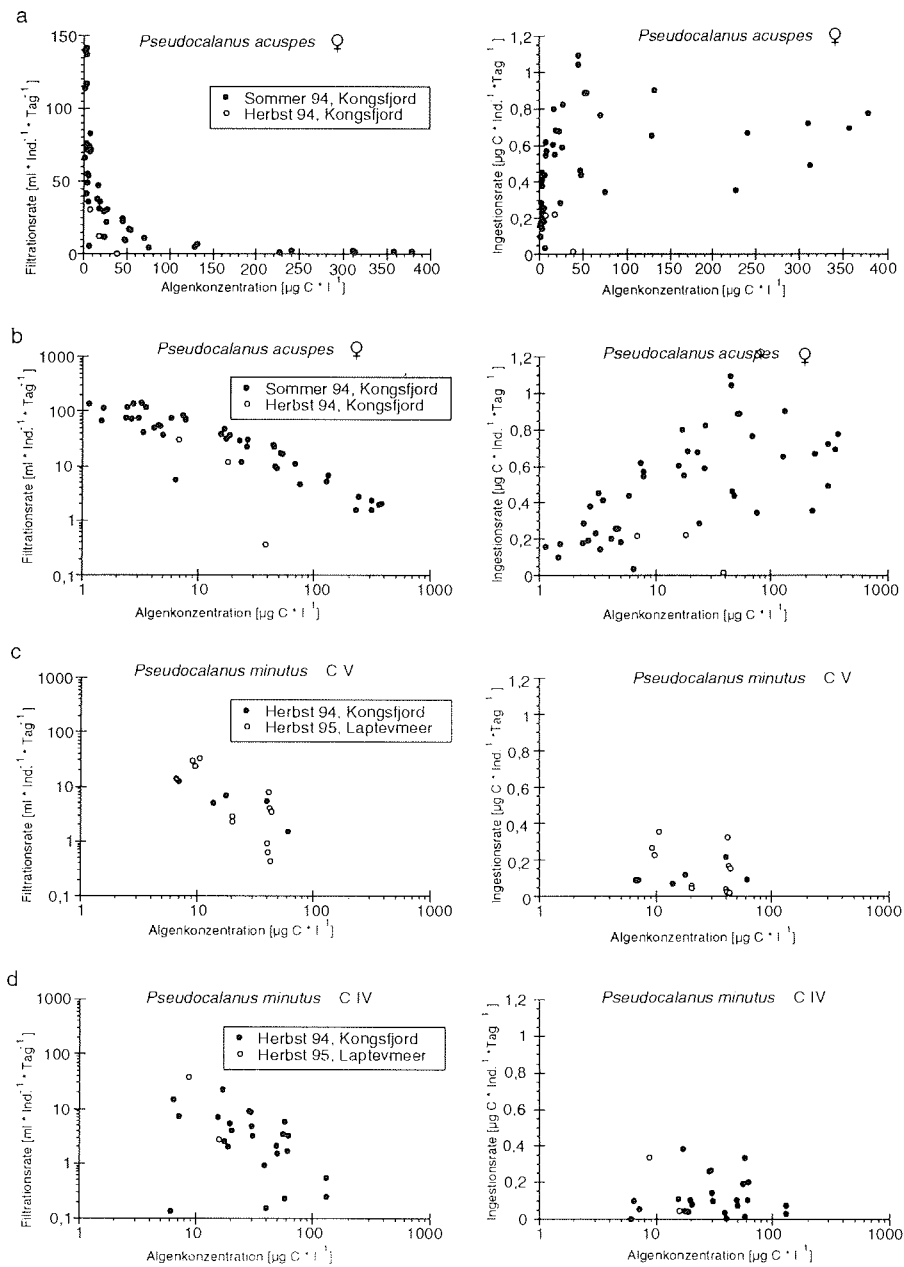
Hohe Filtrationsraten von mehr als 100 ml\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> zeigten die *Pseudocalanus acuspes* Weibchen bei geringen Nahrungskonzentrationen (Abb. 4.41a,b). Die höchste gemessene Filtrationsrate betrug 141 ml\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei 3,2 µg C\*I<sup>-1</sup>. Die Werte fielen mit steigender Algenkonzentration exponentiell ab. In den Versuchen mit hohen Algenkonzentrationen ab ca. 200 µg C\*I<sup>-1</sup> lagen die Filtrationsraten auf einem niedrigen Niveau von ca. 2 ml\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup>. Die Ingestionsraten der *P. acuspes* Weibchen stiegen von weniger als 0,2 µg C\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei Algenkonzentrationen unter 7 µg C\*I<sup>-1</sup> steil auf Werte um 0,8 µg C\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei ca. 20 µg C\*I<sup>-1</sup> an (Abb. 4.41a,b). Die höchste Ingestionsrate betrug 1,1 µg C\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei einem Nahrungsangebot von 45 µg C\*I<sup>-1</sup>. Dies entspricht einer täglichen Aufnahme von 21% des Körperkohlenstoffgehaltes bei *P. acuspes* Weibchen. Die Ergebnisse von zwei der drei im Herbst durchgeführten Versuche mit *Pseudocalanus acuspes* Weibchen liegen sowohl bei den Filtrationsraten als auch bei den Ingestionsraten am unteren

Rand der Meßwerte der Sommersversuche. In dem dritten Herbstversuch war die Freßaktivität noch sehr viel niedriger.

*Pseudocalanus minutus* Copepodite CIV und CV zeigten ebenfalls eine exponentielle Abnahme der Filtrationsrate mit steigender Nahrungskonzentration (Abb. 4.41c,d). Die höchsten Meßwerte wurden mit  $33 \text{ ml} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$  bei  $11 \mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$  für Copepodite CV und  $38 \text{ ml} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$  bei  $9 \mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$  für das Stadium CIV gemessen.

Die Filtrationsraten der Copepodite waren niedriger als die der Weibchen: In allen Versuchen mit einer Algenkonzentration von mehr als  $20 \mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$  filtrierte die Copepodite weniger als  $10 \text{ ml} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$ . Dagegen lagen die Filtrationsraten der Weibchen bei einem Nahrungsangebot zwischen  $20$  und  $100 \mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$  in 9 von 12 Versuchen deutlich über  $10 \text{ ml} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$ .

Die Ingestionsraten der Copepodite streuten so stark, daß keine Tendenz in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot erkennbar ist (Abb. 4.c,d). Im gesamten Meßbereich von  $6$ - $185 \mu\text{g C} \cdot \text{l}^{-1}$  waren die Ingestionsraten der Copepodite niedriger als  $0,4 \mu\text{g C} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$ . Das entspricht einer täglichen Aufnahme von  $14\%$  des Körperkohlenstoffs bei *Pseudocalanus minutus* CIV und  $8\%$  bei den CV. Ein Vergleich mit den Ingestionsraten der Weibchen zeigt eine deutlich niedrigere Nahrungsaufnahme bei den Copepoditen. In 19 der 24 Versuche, die mit Weibchen bei diesen Algenkonzentrationen durchgeführt wurden, waren die Raten durchschnittlich deutlich höher als  $0,4 \mu\text{g C} \cdot \text{Ind.}^{-1} \cdot \text{Tag}^{-1}$ . Die Versuchsergebnisse lassen keine Unterschiede im Freßverhalten zwischen *P. minutus* Copepoditen aus dem Kongsfjord und dem Laptevmeer erkennen.



**Abb. 4.41:** *Pseudocalanus* spp. Filtrationsraten und Ingestionsraten. *P. acuspes* ♀ aus dem Kongsfjord, Spitzbergen (a, b): Freßraten im Sommer und Herbst 1994. *P. minutus* CIV (c) und *P. minutus* CIV (d): Freßraten im Herbst von Tieren aus dem Kongsfjord (Herbst 1994) und von Individuen aus dem Laptevmeer (Herbst 1995)

## 5 Diskussion

### 5.1 Methodenkritik

In diesem Kapitel wird auf einige generelle methodische Einschränkungen in der Planktologie besonders in Polarmeeren hingewiesen, sowie auf spezielle Probleme, die während der Erhebung der Daten für diese Untersuchung auftraten.

#### Zeitlicher Rahmen der Probennahme

Bei interdisziplinären meereskundlichen Untersuchungen sind zwischen den Arbeitsgruppen Kompromisse hinsichtlich der Fahrtroute und Stationszahl notwendig. Die ohnehin begrenzte Expeditionsdauer sollte im Interesse einer synoptischen Aufnahme möglichst kurz sein. Dem steht die Notwendigkeit gegenüber, ein möglichst dichtes Stationsnetz zu beproben, um regionale Unterschiede besser erfassen zu können. Zusätzlich werden Fahrtroute und Geschwindigkeit in den Polarmeeren durch das Meereis eingeschränkt. Die zeitliche Ausdehnung der Probennahme führt dazu, daß neben regionalen Unterschieden in der Menge und Zusammensetzung des Planktons zeitliche Veränderungen als zusätzliche Variable auftreten. Dabei spielen sowohl Veränderungen im saisonalen Zyklus eine Rolle (z.B. saisonale Vertikalwanderungen, Eisschmelze und Eisbildung), als auch nicht vorhersagbare Ereignisse, z.B. die Veränderung der Eissituation aufgrund der sich ändernden Windlage mit Auswirkungen auf das Nahrungsangebot des Zooplanktons.

Der arbeitsteilige Einsatz von zwei Forschungsschiffen in dieser Untersuchung ermöglichte in sieben Wochen eine sehr viel schnellere Beprobung des großen Gebietes, als es mit nur einem Schiff möglich gewesen wäre. Außerdem wurde die Interpretation der Ergebnisse durch kontinuierliche Beobachtungen der Eisverhältnisse mit Hilfe satellitengestützter Fernerkundungsverfahren erleichtert (EICKEN et al. 1994, KOLATSCHKEK et al. 1995). Chlorophyllmessungen des Oberflächenwassers (KNICKMEIER, unveröff., SPRINGER 1994) und der oberen Sedimentschicht (BOETIUS & DAMM, eingereicht) ermöglichten es, die Planktonverteilung und -zusammensetzung in die Entwicklung der Eissituation und des Nahrungsangebotes vor und während der Expedition einzuordnen.



### "Patchiness"

Biologische und physikalische Prozesse führen zu einer fleckenhaften Verteilung des Planktons ("Patchiness") im mesoskaligen Bereich (Meter bis Kilometer), mit Unterschieden in der Gesamtabundanz von zum Teil mehr als einer Größenordnung (BARNES & MARSHALL 1951). Hierher gehören als biologische Ursache Schwarmbildung sowie als physikalische Prozesse Gezeitenströmungen, Wirbelbildung, Ausbildung von Grenzschichten und Langmuir-Zellen. Das grobe Netz der Beobachtungspunkte mit Entfernungen von bis zu 150 km erlaubte es nicht, mesoskalige "Patchiness" von großskaligen regionalen Unterschieden im Planktonvorkommen zu trennen. Regionale Muster in der Zooplanktonabundanz, -biomasse und -zusammensetzung waren dennoch klar erkennbar und konnten mit Daten zur Hydrographie, Eissituation und zum Nahrungsangebot erklärt werden.

### Größenspektrum und Fängigkeit

Wie in jeder Planktonstudie umfaßt das vorliegende Probenmaterial mit dem Mesozooplankton (0,2-20 mm; SIEBURTH et al. 1978) nur einen Ausschnitt aus dem gesamten Größenspektrum des Zooplanktons. Die verwendete Maschenweite begrenzt den Größenbereich der gefangenen Organismen nach unten (VANUCCI 1979). Jedoch ist auch mit zunehmender Körpergröße eine Abnahme der Fangbarkeit zu erwarten, da größere Tiere eher vor dem Netz fliehen können als kleine (ARON 1962). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist somit zu bedenken, daß sowohl die kleineren Organismen, vor allem junge Stadien (z.B. von *Microcalanus*, *Pseudocalanus*, *Oithona*), als auch große Zooplankter, wie z.B. Euphausiaceen, nicht quantitativ gefangen wurden.

### Unterschiedliche Maschenweiten

Ein besonderes Problem in dieser Untersuchung stellt die Verwendung unterschiedlicher Maschenweiten bei den Mehrfachschießnetzen dar, was zu Verzerrungen bei den Ergebnissen führt. Auf dem küstennah operierenden Schiff IVAN KIREYEV wurde mit 300 µm ein deutlich gröberes Netz eingesetzt als auf FS POLARSTERN (150 µm) über dem Hang und im Nansen-Becken. Dies ist um so bedauerlicher, da das Zooplankton in dem flachen Schelfmeer stark von kleinen Organismen dominiert wurde (*Pseudocalanus* spp., *Drepanopus bungei*). Andererseits gehören auch über dem Hang und im Nansen-Becken kleine Arten zu den häufigen Organismen in den Planktongemeinschaften

(*Oithona similis*, *Microcalanus* spp.). Eine Reihe von flachen Stationen im nördlichen Teil des Laptevmeeres, die mit dem 150 µm-Netz beprobt wurden (St. 31, 41, 43, 67), ermöglichen einen Vergleich mit den übrigen 300 µm-Proben aus dem Schelfmeer. Die Individuenzahlen kleiner Plankter, wie z.B. *Oithona similis* und *Pseudocalanus*, waren auf den 150 µm-Stationen im Laptevmeer und über dem Hang etwa gleich groß, mit dem 300 µm-Netz wurden dagegen erheblich weniger Individuen gefangen (Abb. 4.17 und 4.24).

### Biomasseberechnung

Die Zooplanktonbiomasse wurde für die einzelnen Taxa anhand von publizierten Länge-Masse-Beziehungen und mittleren Individualmassen aus den Abundanzwerten und Längenmessungen berechnet. Auf die Erstellung eigener Länge-Masse-Beziehungen und Durchschnittsmassen mußte aus Zeitgründen verzichtet werden. Außerdem ist die Biomassebestimmung aus formfixierten Proben wegen des schwer zu quantifizierenden Gewichtsverlustes der konservierten Tiere stark fehlerbehaftet (DURBIN & DURBIN 1978, WILLIAMS & ROBINS 1982, GIGUERE et al. 1989).

Die Verwendung von Länge-Masse-Beziehungen und durchschnittliche Individualmassen von Populationen anderer Regionen und aus anderen Jahren führt zu Unsicherheiten in der Biomasseabschätzung: Die Trockenmasse kann stark variieren (KATTNER et al. 1989) und selbst innerhalb einer Population oder bei Tieren aus verschiedenen Tiefen sehr unterschiedlich sein (BÄMSTEDT 1988, BÄMSTEDT et al. 1990).

Bei kleinen Arten ist die direkte Bestimmung wegen der geringen Massen oft schwierig. Länge-Masse-Beziehungen sind aus diesem Grund für viele Taxa nicht vorhanden. So wird häufig mit mittleren Individualmassen gerechnet (z.B. MUMM 1991, RICHTER 1994), die neben der ohnehin vorhandenen Variabilität innerhalb und zwischen Populationen stark mit der Populationsstruktur schwanken. Wenn kleine Organismen das Plankton zahlenmäßig dominieren, wie im Laptevmeer oder auch im Oberflächenplankton des Nansen-Bekens, führt dies zu großen Ungenauigkeiten in der Biomasseabschätzung. Daher wurde versucht, auf zwei Wegen zu einer besseren Abschätzung zu kommen: mit der Übertragung von Länge-Masse-Beziehungen größerer Arten gleicher Körperform (z.B. von *Calanus* auf *Pseudocalanus*) und mit Kohlenstoffmessungen an einigen der sehr häufigen kleinen Arten.

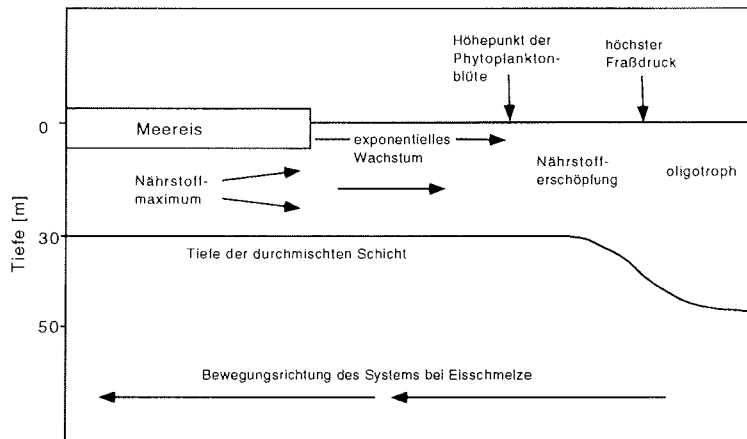
## 5.2 Abundanz

### Eisrandbereiche

Die höchsten Individuendichten von bis zu  $8.500 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-3}$  traten in der Nähe der Eiskante auf. Eisrandbereiche gelten als sehr produktive Regionen, sowohl im Arktischen (z.B. ALEXANDER 1980, REY & LOENG 1985) als auch im Antarktischen Ozean (SMITH & NELSON 1985). Eine stabile Schichtung und hohe Nährstoffkonzentrationen bilden die Grundlage für eine saisonal hohe Primärproduktion (SAKSHAUG & HOLM-HANSEN 1984). Die Kopplung zwischen Nahrungsangebot und Reproduktion ist z.B. für *Calanus glacialis* mehrfach in der Literatur beschrieben worden (z.B. SLAGSTAD & TANDE 1990, TOURANGEAU & RUNGE 1991). *C. glacialis*-Nauplien und junge Copepodite waren in der Eisrandzone wesentlich häufiger vertreten als bei starker Eisbedeckung. Bei zurückweichenden Eiskanten kann die Sukzession von Primärproduktion und Aufbau der Zooplanktonbestände durch "Grazing" und Reproduktion als räumliche Abfolge mit zunehmender Entfernung zur Eiskante beobachtet werden (SAKSHAUG 1990, Abb. 5.1). In der vorliegenden Untersuchung wurden die höchsten Bestandsdichten in unmittelbarer Nähe der Eiskante beobachtet, z.T. auch im Eis nahe der Eisgrenze. Diese Abweichung von dem klassischen zeitlich-räumlichen Schema mag dadurch zu erklären sein, daß sich die Eisgrenze nicht kontinuierlich nach Norden zurückzieht, sondern ihre Position mit den wechselnden Windlagen mehrfach verändern kann. So können diese eisbedeckten Stationen vor der Probennahme eisfrei gewesen sein. Außerdem wurde im eisfreien Bereich südlich der Eiskante die Abundanz durch das gröbere Netz unterschätzt.

### Neritisch-ozeanischer Gradient

Trotz der starken Unterschätzung der Abundanz kleiner Mesozooplankter lagen die Gesamtbestände im Laptevmeer mit  $7.000\text{-}31.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$  nur wenig unter denen der oberen 30 m auf den eisbedeckten tiefen Stationen und waren von kleinen Arten dominiert. Die Individuenzahlen waren jedoch wesentlich niedriger als im Eisrandbereich ( $45.000\text{-}125.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ ). In einer früheren Untersuchung wurden im eisfreien Barentsmeer höhere Bestandsdichten ( $20.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ ) festgestellt als in den eisbedeckten ozeanischen Gebieten ( $< 4.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ ) (HANSSSEN 1993). Im Barentsmeer wurden die höchsten Individuenzahlen weit südlich der Eisgrenze angetroffen. In der Framstraße stellte SMITH (1988) unmittelbar an der Eiskante maximale Abundanzen



**Abb. 5.1:** Schematische Darstellung einer zurückweichenden Eisrandzone, verändert nach Sakshaug (1990)

von *Calanus* und *Pseudocalanus* Weibchen fest und eine exponentielle Abnahme der Individuenzahlen in das eisbedeckte Gebiet hinein. Diese Angaben entsprechen dem Modell mit maximalen Zooplanktonbeständen in einiger Entfernung von der Eiskante (SAKSHAUG 1990). Auch HANSEN et al. (1996) geben, ebenfalls für das Barentsmeer, im Eisrandgebiet geringere Zooplanktonbestände (ca.  $200 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2}$ ) an als im offenen Wasser ( $400\text{-}500 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Allerdings waren die Bestände in dieser Studie auch bei Eisbeckung deutlich höher.

Im Laptevmeer hatte sich das Packeis 1993 zunächst aus dem östlichen, später dann auch aus dem westlichen Teil nach Norden zurückgezogen (EICKEN et al. im Druck). Entsprechend der zeitlich-räumlichen Sukzession wäre in unmittelbarer Nähe der Eiskante eine erhöhte Primärproduktion zu erwarten. Die Chlorophylldaten von SPRINGER (1994) entsprechen diesem Bild mit hohen Werten in der Wassersäule im Bereich der Eiskante über dem Hang und erhöhten Gehalten an Phaeopigmenten in den oberen Sedimentschichten auf den etwas weiter entfernten eisfreien Stationen. Erhöhte Bestände an herbivorem Zooplankton wären ebenfalls in einiger Entfernung von der Eisrandzone, also weiter südlich im Laptevmeer zu erwarten. Wegen der starken Unterschätzung der kleinen Zooplankter, die das Laptevmeerplankton dominierten, vor allem *Pseudocalanus* spp., müssen auf den meisten flachen Stationen erheblich höhere Abundanzen angenommen werden. Der Fehler läßt sich nicht quantifizieren. Die wesentlich geringeren Bestände von *Oithona similis* und den neritischen *Pseudocalanus* auf den mit dem  $300 \mu\text{m}$ -Netz be-

proben Stationen lassen aber vermuten, daß die Unterschätzung erheblich ist. Auch der höhere Anteil der größeren CIII innerhalb der *Pseudocalanus* CI-III in den 300 µm-Proben (70% gegenüber <45% in den 150 µm-Proben vom Hang) deutet darauf hin.

Die Eissituation, die Chlorophylldaten und die Unterschätzung der Zooplanktonabundanz im Laptevmeer lassen vermuten, daß die Individuenzahlen im Laptevmeer mindestens so hoch waren wie über dem Hang im Eisrandgebiet.

#### Süßwassereintrag

Die durch die großen Flüsse ausgesüßte und stark mit Sedimenten befrachtete Oberflächenschicht prägt neben der Eisbedeckung das Plankton des Laptevmeeres. Auf den drei stark vom Lena-Ausstrom beeinflussten Stationen waren die Zooplanktonbestände mit höchstens 100 Ind.\*m<sup>-3</sup> um etwa eine Größenordnung niedriger als im übrigen Laptevmeer.

Die ausgesüßten Gewässer im Bereich von Ästuaren sind in der Regel nicht so planktonarm, sondern im Gegenteil durch besonders hohe Produktivität und große Planktonbestände gekennzeichnet (SMETACEK 1986). Ein hoher Nährstoffeintrag und eine stabile Schichtung schaffen die Grundlage für eine hohe Primärproduktion in diesen Gebieten. Im Rhein-Maas-Ästuar wurden in unmittelbarer Umgebung der Flußmündungen mit 0,2 g\*m<sup>-3</sup> (Trockenmasse) etwa viermal so hohe Copepoden-Bestände angetroffen, wie in den benachbarten Schelfgebieten (FRANZ 1986). Die Zooplanktonabundanz im Ems-Ästuar sind unabhängig vom Salzgehalt mit ca. 3.000 Ind.\*m<sup>-3</sup> gleichmäßig (BARETTA & MALSCHAERT 1988), während sich die Diversität allerdings mit steigendem Salzgehalt erhöht. Der arktische Kongsfjord auf Spitzbergen ist im inneren Teil durch Gletscherabfluß ebenfalls stark ausgesüßt (WESLAWSKI et al. 1991). In diesem Bereich wurden die höchsten Individuendichten des Kongsfjordplanktons von mehr als 4.000 Ind.\*m<sup>-3</sup> ermittelt. Diese Werte liegen in der gleichen Größenordnung wie die Individuenkonzentrationen auf den Laptevmeerstationen außerhalb des direkten Lena-Ausstroms (ca. 350-5.000 Ind.\*m<sup>-3</sup>). Im Widerspruch zu den besonders niedrigen Planktonbeständen im östlichen Laptevmeer stehen die Spätsommer-Ergebnisse aus dem gleichen Gebiet von PAVSHTIKS (1990), der im südlichen, brackigen Bereich ebenfalls hohe Individuendichten von mehr als 7.600 Ind.\*m<sup>-3</sup> feststellte.

Der starke Süßwassereinstrom begrenzt offenbar die Verbreitung vieler Arten. Sehr niedrige Bestandsdichten im Lena-Ausstrom wurden bei vielen

Taxa festgestellt und waren besonders deutlich im Verbreitungsmuster der dominanten *Pseudocalanus* zu erkennen. Lediglich die typische Brackwasserart (BRODSKIY 1967) *Limnocalanus grimaldii* war hier ebenso stark vertreten wie im übrigen Laptevmeer. Als mögliche Ursachen für die niedrigen Planktonbestände im Ausfluß der Lena können neben dem geringen Salzgehalt die starke Trübung durch die hohe Sedimentfracht der sibirischen Flüsse und die relativ hohen Temperaturen in der salzarmen Deckschicht angeführt werden. Untersuchungen aus der kanadischen Arktis (McLAREN 1969, CARTER 1965) zeigen, daß *Pseudocalanus* in seiner Verbreitung und Vertikalverteilung durch niedrige Salzgehalte und hohe Temperaturen begrenzt ist.

### 5.3 Biomasse

#### Biomassebestimmung kleiner Copepoden

Um bei den kleinen Copepoden zu einer besseren Abschätzung der Biomasse zu kommen, wurden Länge-Masse-Beziehungen von größeren Arten ähnlicher Körperform übertragen und Kohlenstoffmessungen durchgeführt. Die auf diesem Wege ermittelten Werte sollen hier mit Literaturangaben verglichen werden und auch den oft verwendeten durchschnittlichen Individualmassen gegenübergestellt werden.

Tab. 5.1 faßt Literaturangaben zur Biomasse von *Pseudocalanus* zusammen. Die in dieser Arbeit mit Hilfe der *Calanus*-Länge-Masse-Beziehung berechneten Biomassen für die älteren Copepoditstadien und Weibchen von *P. acuspes* und *P. minutus* stimmen gut mit den meisten Literaturangaben überein. Einige dieser Angaben liegen jedoch deutlich höher. Für adulte Weibchen geben CORCKETT & McLAREN (1978) und OHMAN (1985) z.B. über 20 µg an. Auch die Kohlenstoffmessungen an *P. acuspes* und *P. minutus* aus dem Kongsfjord ergaben deutlich höhere Trockenmassen als die berechneten Werte.

Die höheren Werte aus der Literatur und für Individuen aus dem Kongsfjord können regionale und saisonale Unterschiede wiedergeben oder auch methodische Gründe haben. Für die Kohlenstoffwerte stellt der pauschale Umrechnungsfaktor von Kohlenstoff in Trockenmasse eine weitere Fehlerquelle dar. Saisonale Schwankungen in der Trockenmasse um den Faktor 2 sind z. B. für *P. acuspes* im nordnorwegischen Balsfjord beschrieben worden (NORRBIN et al. 1990). Außerdem kann die Übertragung einer Länge-Masse-Beziehung auf eine andere Art zu fehlerhaften Biomassewerten führen.

Tab. 5.1: Trockenmassedaten für *Pseudocalanus* spp. in  $\mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$ 

		CIII	CIV	CV	♀	CI-VI
aus dieser	LMB	3,2	3,8-5,0	5,4-12,0	13,1-14,6	
Arbeit	C-Messung (****)	8	13,4	31,4	13,4 (*)	
BÄMSTEDT et al. (1990)				7,0(**)-12,3	15,1	
CORCKETT & McLAREN (1978)					16-24	
CONOVER et al. (1988)						6,0-10,0 (***)
CONOVER & HUNTLEY (1991)		2,9	5,9	17,1	31,7	
MUMM (1991)						15,5
NORRBIN et al. (1990)				ca. 5-10		
OHMAN (1985)					8,9-25,9	
RICHTER (1994)						23,0 (***)

- (\*) seneszente Weibchen  
 (\*\*) Individuen aus größerer Tiefe  
 (\*\*\*) Mittelwert aus CIII-VI  
 (\*\*\*\*) Median

Bei *Microcalanus* entspricht die durchschnittliche Individualmasse mit  $7 \mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$  etwa der Masse eines CIII-CIV (Median) aus Kohlenstoffmessungen. Die durchschnittliche Individualmasse für *Oithona similis* kommt mit  $3 \mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$  dem von METZ (1996) angegebenen Wert von  $1,9 \mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$  für *O. similis* Weibchen in der Antarktis relativ nahe. Aus den Kohlenstoffmessungen ergibt sich jedoch ein erheblich höherer Wert von  $10,5 \mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$ , der auch in einem besseren Verhältnis zu den für *Pseudocalanus* und *Microcalanus* ermittelten Trockenmassen steht. Der in METZ (1996) angegebene Bereich von  $1,0-1,8 \mu\text{g}\cdot\text{Ind}^{-1}$  für CI-CVI würde eine lineare Entwicklung der Biomasse mit zunehmender Körperlänge bedeuten. Wahrscheinlicher ist eine erheblich stärkere Zunahme der Masse, wie sie bei anderen Arten bekannt ist. Die durchschnittliche Individualmasse von *Oithona similis* entspricht bei den aus C-Messungen ermittelten Individualmassen der Biomasse eines CIII-IV.

## 5 Diskussion

**Tab.5.2:** Zusammenstellung von Daten zur Zooplanktonbiomasse im Nordpolarmeer. Feuchtmasse und aschefreie Trockenmasse wurden in Trockenmasse umgerechnet:  $TM=0.13*FM$ ;  $TM=AFTM/0.9$  (Bärmstedt 1986)

Gebiet	Biomasse [g·m <sup>-2</sup> ]	Jahreszeit	Fangtiefe [m]	Maschenweite [µm]	Quelle
<b>I. zentrale Arktis</b>					
Eurasisches Becken	1.4	Sommer/Herbst	100	300	HANSEN 1993
Eurasisches Becken	2	Sommer/Herbst	50	200	AUEL 1995
Kanadisches Becken	0.5	Sommer	200	330	MINODA 1967
Kanadisches Becken	0.3	Winter	200	330	MINODA 1967
Kanadisches Becken	0.9	Sommer	100	180	KOSOBOKOVA 1982
Kanadisches Becken	0.3	Herbst	100	180	KOSOBOKOVA 1982
Nansen-Becken (ozeanisch)	1-2	Sommer	500	100	MUMM 1991
Nansen-Becken (Kontinentalhang)	4-6	Sommer	500	100	MUMM 1991
Kanadisches Becken	0.1	Sommer	100	75	HOPKINS 1969
Kanadisches Becken	0.1	Herbst	100	75	HOPKINS 1969
Kanadisches Becken	>>0.1	Winter	100	75	HOPKINS 1969
<b>II. Arktische Randmeere</b>					
nördliches Barentsmeer	10-15	Sommer	200	180	HASSEL 1986
Kanadisches Becken	<0.5-4.8	Sommer	100	200	WHEELER et al. 1996
nördliches Barentsmeer	8-12	Spätsommer	200	180	HASSEL 1986
südwestliches Barentsmeer	<26	Sommer (?)	100	?	ZENKEVITCH 1963
Barentsmeer und Westspitzbergenstrom	1.4	Sommer	100	200/300	HANSEN 1993
Laptevmeer	0.1-3.4	Spätsommer	?	?	PAVSHTIKS 1990
Westspitzbergenstrom	>6.5	Sommer	80	330	KNICKMEIER 1989
Grönlandsee	6	Frühsommer	100	150	RICHTER 1994
Grönlandsee	2	Spätsommer	100	150	RICHTER 1994
Grönlandsee	1.2	Winter	100	150	RICHTER 1994
Norwegensee	5.2	Frühsommer	100	?	WIBORG 1954
Norwegensee	1.4	Spätsommer	100	?	WIBORG 1954
Norwegensee	0.2	Winter	100	?	WIBORG 1954
<b>III. Subarktische und boreale Gebiete</b>					
Beringmeer	5	Sommer	80	?	HOOD 1983
Beringmeer	15	Jahresmittel	?	?	VINOGRADOV 1970
borealer Nordpazifik	3	Sommer	80	?	HOOD 1983
zentrale Nordsee	2.2	Frühjahr	45	50	FRANSZ et al. 1984
zentrale Nordsee	3.8	Sommer	45	50	FRANSZ et al. 1984
zentrale Nordsee	3.1	Herbst	45	50	FRANSZ et al. 1984
südliche Nordsee (küstennah)	2	Sommer	?	?	FRANSZ 1986
südliche Nordsee (offshore)	1	Sommer	?	?	FRANSZ 1986
<b>IV Antarktischer Ozean</b>					
Weddelmeer	0.8-2.3	Sommer	200/300	?	BOYSEN-ENNEN et al. 1991
Weddelmeer	0.8-1.6	Sommer	200	?	EL-SAYED & TAGUCHI 1981
Weddelmeer	1.1-1.3	Sommer	1'000	?	HOPKINS & TORRES 1988
McMurdo Sound	1.5-3.4	Sommer	800	?	HOPKINS 1987



Die Notwendigkeit, unterschiedliche Massen für die Entwicklungsstadien zu berücksichtigen, wird anhand dieser Vergleiche deutlich: nach den vorliegenden C-Messungen und Berechnungen aus Länge-Masse-Beziehungen entsprechen die mittleren Massen für *Pseudocalanus* aus MUMM (1991) und RICHTER (1994) etwa der Masse adulter Weibchen. Die Verwendung der durchschnittlichen Individualmasse würde zu einer Überschätzung der Biomasse dieser Gattung führen, da in dieser Untersuchung in manchen Proben die frühen leichten Stadien CI-III zwei Drittel der Individuen ausmachten.

Alle C-Messungen wurden an Tieren aus dem Kongsfjord durchgeführt, also an anderen Populationen. In Abschnitt 5.1 wurde bereits auf die Variabilität der Trockenmasse zwischen Populationen hingewiesen. Bei *Pseudocalanus* konnten außerdem nur zu zwei der drei *Pseudocalanus*-Arten C-Messungen durchgeführt werden, so daß die Kohlenstoffdaten bei keiner Art zur Biomassebestimmung herangezogen wurden und sich hier die Übertragung der *Calanus*-Länge-Masse-Beziehung als beste Lösung anbot. Bei *Microcalanus* spp. und *Oithona similis* wurden keine Copepoditstadien unterschieden, so daß aus diesem Grunde die Ergebnisse der C-Messungen nicht auf die Daten aus dem Laptevmeer angewendet werden konnten.

#### Biomasse des oberflächennahen Planktons im Arktischen Ozean

Die Biomasse als Maß für den Zooplanktonbestand ist im Vergleich zur Abundanz weniger empfindlich gegen unterschiedliche Maschenweiten oder Nichtberücksichtigung kleiner Taxa (z.B. HANSEN 1993, RICHTER 1994). Für den Vergleich von Planktonbeständen verschiedener Meeresgebiete aus unterschiedlichen Literaturquellen sind Biomassedaten daher gut geeignet. Durch die starke Gewichtung zugunsten großer biomassereicher Arten werden Unterschiede in der Zusammensetzung des Zooplanktons allerdings weniger deutlich.

Die Zooplanktonbiomasse der oberen 50 m über dem Hang und im Nansen-Becken war unabhängig von der Eisbedeckung mit einer Trockenmasse von rund 1,0-2,5 g\*m<sup>-2</sup> gleichmäßig hoch. Die Werte der meisten Laptevmeeresstationen waren mit bis zu 0,8 g\*m<sup>-2</sup> etwas geringer. Die Biomassewerte der ozeanischen Bereiche stimmen erstaunlich genau mit Werten aus AUER (1995) und HANSEN (1993) überein (Tab. 5.2). In diesen ebenfalls im Spätsommer durchgeführten Untersuchungen wurden für den Westspitzbergenstrom, das Barentsmeer und die zentrale Arktis rund 1,4 g\*m<sup>-2</sup> für die oberen 100 m ermittelt, wobei sich der weitaus größte Teil in 0-50 m befand. Auch für das

oberflächennahe Plankton der Grönlandsee (RICHTER 1994) und Norwegensee (WIBORG 1954) im August werden Trockenmassen von rund 1,4 bzw. 2,0 g\*m<sup>-2</sup> angegeben. Ein Vergleich mit Daten für den antarktischen Ozean zeigt Mesozooplanktonbiomassen in der gleichen Größenordnung für das Weddellmeer (0,8-2,3 g\*m<sup>-2</sup>, EL SAYED & TAGUCHI 1981, HOPKINS & TORRES 1988, BOYSEN-ENNEN et al. 1991) und den McMurdo Sound (1,5-3,4 g\*m<sup>-2</sup>, HOPKINS 1987).

Eine Reihe von Untersuchungen ergaben höhere Biomassen des oberflächennahen Zooplanktons in den arktischen Randmeeren als in den Tiefseebecken der Arktis. So stellte MUMM (1991) in den oberen 500 m des Nansen-Beckens auf den weit vom Hang entfernten Stationen deutlich niedrigere Planktonbestände fest (1-2 g\*m<sup>-2</sup>) als auf den meisten am Hang gelegenen Stationen (4-6 g\*m<sup>-2</sup>). Ähnlich hohe Werte für das Barentsmeer (HASSEL 1986, ZENKEWITCH 1963) und das Gebiet westlich Spitzbergens (KNICKMEIER 1989) deuten darauf hin, daß unter günstigen Bedingungen über dem Schelfrand und in tiefen Randmeeren zumindest lokal höhere Zooplanktonbiomassen erreicht werden als im Oberflächenplankton des ozeanischen Bereiches der Arktis. Die räumliche Begrenzung ("Patchiness") solcher Biomassemaxima wurde z.B. in HANSEN (1993) deutlich, wo im Barentsmeer auf einer von sechs Stationen die Biomasse mit 9 g\*m<sup>-2</sup> um etwa eine Größenordnung erhöht war. Ähnlich hohe lokale Biomasse-Maxima von ca. 12 g\*m<sup>-2</sup> bei Durchschnittswerten von 3-4 g\*m<sup>-2</sup> sind z.B. auch aus dem subpolaren Beringmeer bekannt (MINODA & MARUMO 1975).

Die Nordpolexpedition ARCTIC '91 hat gezeigt, daß die Eisdecke auch in den zentralen Teilen der Arktis zeitweise aufbricht. Neueste Berichte der Expedition ARK XII (1996) von großräumig geringer Eisbedeckung in hohen Breiten nördlich von 80°N (AUEL pers. Mitt.) geben Anlaß zu der Vermutung, daß die Vorstellung von einem permanent von einer dicken Schicht mehrjährigen Packeises bedeckten Arktischen Ozean revidiert werden muß. Eisrandzonen in der zentralen Arktis könnten auch dort eine hohe Primärproduktion und Zooplanktonbiomasse ermöglichen. In der vorliegenden Untersuchung war die Biomasse des Oberflächenplanktons im Nansen-Becken unabhängig von der Entfernung vom Schelf gleichmäßig hoch. Auf der russischen Eisdriftstation NP-22 im Kanadischen Becken wurden im Frühsommer mit ca. 0,9 g\*m<sup>-2</sup> in den oberen 100 m ebenfalls ähnlich hohe Zooplanktonbiomassen gemessen wie in dieser Arbeit in Nähe des Kontinentalhanges (KOSOBOKOVA 1982). WHEELER et al. (1996) stellten in Polnähe eine Zooplanktonbiomasse von etwa 5 g\*m<sup>-2</sup> fest, während die Werte weiter südlich deutlich geringer waren. Anscheinend sind die niedrigen Werte (0,1-0,5 g\*m<sup>-2</sup>) von MINODA (1967)

und HOPKINS (1969) aus dem Kanadischen Becken nicht typisch für den Arktischen Ozean und die Biomasse nimmt nicht, wie MUMM (1991) für das Nansen-Becken feststellte, nach Norden ab.

Laptevmeer und Nansen-Becken: Zooplanktonbiomasse entlang des neritisch-ozeanischen Gradienten

Randmeere sind die produktivsten Gebiete der Ozeane (PARSONS & TAKAHASHI 1973). Der Eintrag von Nährstoffen durch die Flüsse, eine enge benthopelagische Kopplung, sowie die Resuspension von sedimentiertem organischen Material und Nährstoffen in flachen Gewässern sind Voraussetzungen für diese hohe Produktion (SMETACEK 1986, SMETACEK et al. 1987). Die Erhöhung der Planktonproduktion in saisonal eisbedeckten Gebieten, die sich vor allem auf die Randmeere der Arktis erstrecken, wurde bereits diskutiert (Abschnitt 5.2). Die im Vergleich zu Literaturdaten höheren oder zumindest gleich hohen Biomassen der arktischen Randmeere im Verhältnis zu den zentralen Tiefseebecken erscheinen somit plausibel. Ein direkter Rückschluß von Produktivität auf Biomasse ist aber nicht zulässig, da z.B. höhere P/B-Verhältnisse bei kleineren Organismen zu berücksichtigen sind.

Trotz der hohen Biomassekonzentrationen in Oberflächennähe war im Nansen-Becken ein beträchtlicher Teil in den tieferen Schichten lokalisiert (siehe Abschnitt 5.4). Deshalb ist die über die gesamte Tiefe integrierte Biomasse auf den tiefen Stationen aufgrund der größeren Wassertiefe um eine Größenordnung höher als im flachen Laptevmeer. Betrachtet man dagegen nur das Oberflächenplankton in 0-50 m, liegen die Werte für beide Gebiete in der gleichen Größenordnung von etwa  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ . Bei einem Vergleich der Biomassen vom Schelf und dem Nansen-Becken muß, wie bei den Individuenzahlen, die unterschiedliche Zusammensetzung des Planktons in beiden Gebieten und das Problem der Maschenselektion bei kleinen Arten berücksichtigt werden.

Im ozeanischen Plankton der Arktis wird ein Großteil der Gesamtbiomasse von wenigen großen Arten gestellt (z.B. MUMM 1991, RICHTER 1994, HANSEN et al. 1996). Zu ihnen gehören die großen Calanoida *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus* und *Metridia longa* und der Chaetognath *Eukrohnia hamata*, die auch in dieser Studie mehr als zwei Drittel der Gesamtbiomasse ausmachten. Während im vergleichsweise tiefen Barentsmeer die großen Calanoida in ähnlicher Weise das Zooplankton dominieren (SLAGSTAD & TANDE 1990, HANSEN et al. 1996), tragen im flachen Laptevmeer kleine Calanoida wesentlich zur

Gesamtbiomasse bei. Die Individuen dieser Arten sind um ein bis zwei Größenordnungen leichter als die großen *Calanus*-Arten (z.B. HARRIS 1982, CONOVER & HUNTLEY 1991). Durch enorm hohe Individuendichten können sie jedoch ebenso hohe Biomassen erreichen wie die großen Calanoida. Beispielsweise erreichen cyclopoide und poikilostomatide Copepoden der Gattungen *Oithona* und *Oncaea* im antarktischen Bellingshausenmeer eine ähnlich hohe Biomasse wie die großen calanoiden Arten (METZ 1996).

Die Biomassen im Laptevmeer ( $<1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) sind niedrig im Vergleich zu den von PAVSHTIKS (1990) angegebenen Werten von bis zu  $3,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , ebenfalls für August/September, wobei Werte von  $>1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  vor allem im südlichen brackigen Bereich auftraten. In der vorliegenden Untersuchung wurden durch die starke methodische Unterschätzung der Abundanz kleiner Arten im Laptevmeer zu niedrige Gesamtbiomassen berechnet. Möglicherweise ist die Biomasse im Laptevmeer also genauso hoch wie im Oberflächenplankton des Nansen-Beckens ( $1,0\text{-}2,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

### 5.4 Vertikalverteilung

Während die höchsten Abundanzen stets in den oberen 30 m gemessen wurden, war die Biomasse in den oberen 50 m unterschiedlich verteilt. Da diese Schicht in den meisten anderen Untersuchungen aus der zentralen Arktis nicht weiter aufgelöst wurde, konnten zur Vertikalverteilung des Zooplanktons innerhalb des Polaren Oberflächenwassers keine Angaben gemacht werden (z.B. MINODA 1967, HOPKINS 1969, AUDEL 1995). Die hohe Individuendichte wurde immer von Organismen mit geringer Biomasse verursacht, die sich an der Oberfläche konzentrierten. Dabei handelte es sich um *Oithona similis*, calanoide Nauplien sowie junge *Calanus*- und *Pseudocalanus*-Copepodite. Bei hohen Individuenzahlen im gesamten Gebiet wechselte die taxonomische Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Eisbedeckung und der Entfernung vom Schelf. Die Biomasseverteilung wurde dagegen stark von der Tiefenverteilung der größeren Zooplankter bestimmt. Die regionalen Unterschiede in der Vertikalverteilung der großwüchsigen Arten werden von verschiedenen Faktoren verursacht, z.B. Tageslicht, Eisbedeckung, Phytoplanktonverteilung und Artenzusammensetzung. Zusätzlich wird die Biomasseverteilung durch die Populationsstruktur dieser Arten mitbestimmt, da die verschiedenen Entwicklungsstadien sich häufig in unterschiedlichen Tiefen aufhalten. Im folgenden soll diskutiert werden, wie das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren zu regional unterschiedlichen Vertikalverteilungen geführt haben kann.

Die Biomassekonzentration war auf allen Stationen in 30-50 m sehr hoch, im wesentlichen bedingt durch *Calanus glacialis* CV und Weibchen, die in dieser Schicht die höchsten Abundanzen erreichten. Eine andere Populationsstruktur mit einem großen Anteil an *C. glacialis* CIV, die sich im Eisrandbereich vorwiegend in 0-30 m aufhielten, führte zu einem Biomassemaximum in den oberen 30 m auf Station 39.

*Metridia longa* trug ebenfalls zur hohen Biomasse in den obersten Schichten bei. Diese Art führt eine ontogenetische Vertikalwanderung durch (DIEL 1991, SCHERZINGER 1995). Die Stadien CI-V wandern sukzessive in die Tiefe, und steigen als Adulte wieder in Oberflächennähe auf, um sich fortzupflanzen. Entsprechend hielten sich CII-IV tiefer (200-500 m) auf als CI und die großwüchsigen Adulten (50-200 m). Die ebenfalls in 50-200 m konzentrierten CV weisen darauf hin, daß *M. longa* im Spätsommer als CV aufsteigt und sich dann in Oberflächennähe zum Adultus häutet.

*Metridia longa* war die einzige Art, bei der tägliche Vertikalwanderungen festgestellt werden konnten. Die Weibchen und CV hielten sich auf den überwiegend nachts beprobten Stationen sehr viel häufiger direkt in Oberflächennähe (0-30 m) auf als auf den Tagesstationen, so daß auf den Nachtstationen die höchsten Biomassen direkt an der Oberfläche angetroffen wurden. Tagesperiodische Vertikalwanderungen wurden für *M. longa* in der Arktis z.B. auch von GROENDAHL & HERNROTH (1986) beschrieben. Für *Calanus* spp. stellten sie dagegen keine entsprechenden Bewegungen fest, ebenfalls in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. RUNGE & INGRAM (1991) beobachteten dagegen bei *Calanus glacialis* und *Pseudocalanus minutus* in der Kanadischen Arktis nächtliche Vertikalwanderungen direkt an die Unterseite des Eises. Bevor das Phytoplanktonwachstum im Pelagial eingesetzt hatte, nutzten die Tiere im Frühjahr bei einsetzender Eisschmelze austretende Eisalgen als Nahrungsquelle (CONOVER et al. 1986). Vermutlich sind diese Vertikalwanderungen auf eine kurze Zeit im Frühjahr und auf die oberen Meter beschränkt.

Auch die Chaetognathenart *Eukrohnia hamata* war mit bis zu 27% ebenfalls wesentlich an der hohen Oberflächenbiomasse im eisbedeckten Gebiet beteiligt, obwohl sich bei starker Eisbedeckung immer nur wenige große Individuen in Oberflächennähe aufhielten. Die meisten Individuen von *Eukrohnia* hielten sich im Nansen-Becken in 50-500 m auf. Da es sich dabei fast ausschließlich um kleine Individuen handelte, konnte kein intermediäres Biomassemaximum in 300-500 m festgestellt werden, wie es von RICHTER (1994) in der Grönlandsee beschrieben wurde. Das Auftreten von größeren *E. hamata* in der tiefsten

Fangstufe (500-1.500 m) einiger Stationen deutet daraufhin, daß sich die meisten großen Individuen unterhalb der maximalen Fangtiefe befanden. Nach DAWSON (1968) führt *E. hamata* im Nansen-Becken eine ontogenetische Vertikalwanderung bis in Tiefen von mehr als 3.000 m durch, wo sich die meisten großen Individuen aufhalten. Die Eier oder juvenilen Chaetognathen steigen in Oberflächennähe auf, wo kleine *E. hamata* im Sommer die höchsten Konzentrationen erreichen. Die unterschiedliche Tiefenverteilung von *E. hamata* in der Grönlandsee und dem Arktischen Ozean ist möglicherweise die Ursache für die ebenfalls unterschiedliche Ausdehnung der Vertikalwanderung bei *Calanus hyperboreus* in beiden Gebieten. In der Grönlandsee führt *C. hyperboreus* von den hinsichtlich der Biomasse dominanten Arten die ausgedehntesten Vertikalwanderungen durch. Während die Populationen sich im Sommer in Oberflächennähe aufhalten, steigen die überwinternden Individuen ins Bathypelagial (>1.000 m) ab (RICHTER 1994, HIRCHE & NIEHOFF 1996). In der zentralen Arktis überwintern die älteren Copepodite und adulten *C. hyperboreus* dagegen überwiegend in geringeren Tiefen von etwa 300-600 m (DAWSON 1978, RUDYAKOV 1983). Ein erheblicher Teil der Population der adulten Weibchen verbleibt sogar in den oberen 200 m. RICHTER (1994) führt die vertikale Ausdehnung saisonaler Wanderungen herbivorer Calanoida auf Meidung von Räubern zurück. Entsprechend kann man die Verteilungsmuster so interpretieren, daß *C. hyperboreus* in der Grönlandsee unterhalb und im Arktischen Ozean oberhalb des Hauptvorkommens von großen *Eukrohnia hamata*-Individuen überwintert.

Es ist anzunehmen, daß die in dieser Studie bestimmten spätsommerlichen Oberflächen-Biomassewerte nicht die Höchstwerte des Jahresganges darstellen. In der Norwegen- und Grönlandsee (WIBORG 1954, RICHTER 1994) wurden Höchstwerten im Frühsommer (Mai-Juni) festgestellt, die etwa viermal so hoch waren wie im Spätsommer. Entsprechende saisonale Veränderungen der Oberflächenbiomasse mit einem Frühsommermaximum sind auch aus der zentralen Arktis bekannt (HOPKINS 1969, MINODA 1967, KOSOBOKOVA 1982). Hierbei handelt es sich um eine Verschiebung der Oberflächenbiomasse in tiefere Schichten, während die Gesamtbiomasse in 0-1.000 m im Verhältnis zu den Änderungen im Oberflächenplankton relativ konstant bleibt.

Im Gegensatz zur Grönland- und Norwegensee ist die Biomassekonzentration in den oberen 500 m im zentralen Arktischen Ozean ganzjährig hoch (HOPKINS 1969, RICHTER 1994). Dieser regionale Unterschied wird durch eine andere Artenzusammensetzung der Zooplanktonbiomasse und ein anderes Vertikalwanderungsverhalten der großwüchsigen Arten verursacht. Im Arktischen

Ozean ersetzt *Calanus glacialis* *Calanus finmarchicus* als eine der dominanten Biomassearten. *C. glacialis* hält sich ganzjährig vorwiegend in den oberen 300 m auf (GRAINGER 1989) und steigt in den Sommermonaten in die Oberflächenschicht auf (CONOVER & HUNTLEY 1991). In der Norwegensee dagegen überwintert *C. finmarchicus* unterhalb von 600 m (ØSTVEDT 1955).

Die nicht so ausgedehnten Wanderungen von *C. hyperboreus* und *C. glacialis* führen in der zentralen Arktis so zu einem ganzjährig stabileren Biomassemaximum in den oberen 200 m.

#### Vertikalverteilung im Laptevmeer

Regionale Unterschiede in der Vertikalverteilung des Zooplanktons zeigen, wie schon die Gesamtabundanz und -biomasse, den Einfluß der ausgesüßten, warmen Deckschicht auf die Zooplanktonbestände im Laptevmeer.

Bei den nach Biomasse bzw. Abundanz dominanten Arten *Calanus glacialis* und bei *Pseudocalanus* spp. konnten regionale Unterschiede in der Vertikalverteilung festgestellt werden. Im östlichen Laptevmeer, wo durch den Lena-Ausstrom eine besonders stark ausgeprägte salzarme Deckschicht auftritt, war der Anteil am Gesamtbestand der Populationen in der Oberflächenschicht besonders gering. Untersuchungen in der Kanadischen Arktis im Ogac Lake (MCLAREN 1969) und im Tessiarsuk Lake (CARTER, 1965) zeigten, daß *Pseudocalanus minutus* die im Verlauf des Sommers ausgesüßte und sich erwärmende Oberflächenschicht meidet. Auch in der Ostsee sind *Pseudocalanus* im Sommer auf die kälteren und salzreicheren Wasserschichten unterhalb der Thermokline beschränkt (ACKEFORS 1966 und 1969). Aus diesen Untersuchungen ist nicht zu ersehen, ob Aussüßung oder Erwärmung die Meidung des Oberflächenwassers verursachen. In Abschnitt 5.2 wurde bereits darauf hingewiesen, daß sich brackige Flußmündungsbereiche in der Regel nicht durch Planktonarmut, sondern durch große Planktonbestände auszeichnen. Die Planktonverteilung in der Wilkitzky-Straße gibt einen Hinweis darauf, daß die niedrigen Bestände nicht auf den geringen Salzgehalt, sondern auf die hohe Temperatur zurückzuführen sind: In der warmen, salzarmen "Flußwasserschicht", die dort durch ebenfalls ausgesüßtes, aber kaltes Schmelzwasser überschichtet wurde, waren die Abundanzen bei *C. glacialis* und *Pseudocalanus* geringer, als in den Schichten darüber und darunter.

### 5.5 Zooplanktongemeinschaften

Die multivariate Ähnlichkeitsanalyse der Arten-Stations-Tabelle ergab verschiedene oberflächennahe Planktongemeinschaften. Auf einigen Stationen reichten die Oberflächengemeinschaften tiefer als 100 m. Diese Gemeinschaften konnten, wie schon die Gesamtabundanz und -biomasse, mit der Topographie, der Eisbedeckung und dem Nahrungsangebot sowie mit dem unterschiedlich starken Flußwassereinstrom korreliert werden. Auf den tiefen Stationen im Nansen-Becken ließen sich darüber hinaus unterschiedliche Gemeinschaften charakterisieren, die entsprechend den Wassermassen vertikal zониert waren.

#### Das Zooplankton des Laptevmeeres

Das neritische Zooplankton des flachen Laptevmeeres ist durch einen hohen Anteil kleiner herbivorer Calanoida mit *Pseudocalanus* als dominanter Gattung charakterisiert. Dies stimmt mit den Ergebnissen von JASCHNOV (1940) und ПАВШИТКИ (1990) überein, die für *Pseudocalanus* im östlichen Laptevmeer einen hohen Biomasse- und Individuenanteil von 14-50% bzw. 28-63% angeben. Aus ihren früheren Untersuchungen im Gebiet der Neusibirischen Inseln ist auch bekannt, daß sich die Planktonzusammensetzung im vollmarinen Teil des Laptevmeeres von den küstennahen, stark ausgesüßten Gebieten deutlich unterschieden. In den durch Flußwassereintrag geprägten Gebieten gehörten *Drepanopus bungei* und *Limnocalanus grimaldii* zu den typischen und dominanten Copepoden. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde dieser Bereich nur mit wenigen Stationen im östlichen, vom Lena-Ausstrom geprägten Bereich erfaßt. Dort gehörten *Drepanopus* und *Limnocalanus* zu den häufigsten Planktonorganismen mit Biomassen von >10% der Gesamttrockenmasse. In weiteren Proben aus dem küstennahen Bereich, die zur Zeit im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht werden, gehörten sie ebenfalls neben *Pseudocalanus major* zu den dominanten Arten (LISCHKA, pers. Mitt.).

Die im Hinblick auf die Individuenzahl dominanten *Pseudocalanus* waren im Laptevmeer mit drei Arten vertreten, die entlang des neritisch-ozeanischen Gradienten eine unterschiedliche Verbreitung aufwiesen. *P. major* und *P. acuspes* wurden vorwiegend in Küstennähe gefangen. *P. minutus* war sowohl auf den flachen Stationen als auch in den Proben des Nansen-Beckens vorhanden. Der Anteil dieser Art am gesamten *Pseudocalanus*-Bestand war auf den tiefen Stationen am höchsten.



Die auf den flachen Schelf konzentrierten Arten *Pseudocalanus acuspes* und *P. major* sind auch von FROST (1989) für das Laptevmeer beschrieben und gelten als typisch neritisch. *P. acuspes* hält sich z.B. im inneren Bereich des nordnorwegischen Balsfjord auf (NORRBIN 1991), *P. major* kommt nach FROST (1989) hauptsächlich in unmittelbarer Küstennähe und häufig in brackigen Gewässern vor. Dagegen ist *P. minutus* eher eine ozeanische Art, die beispielsweise in der Norwegen- und Grönlandsee angetroffen wird (WIBORG 1954, RICHTER 1994). *P. minutus* wurde zwar bisher nicht aus dem Laptevmeer beschrieben, ist aber aus den übrigen angrenzenden Randmeeren und dem Nansen-Becken bekannt (FROST 1989). In der vorliegenden Untersuchung erreichte *P. minutus* hohe Individuendichten nur über dem Hang. Auf den weiter vom Schelf entfernten Stationen kam diese Art dagegen nur vereinzelt vor. Auch MUMM (1991) stellte die höchsten Abundanzen für *Pseudocalanus* (c.f. *P. minutus*) am nördlichen Kontinentalhang des Barentsmeeres fest, während die Individuendichten im südlichen Nansen-Becken deutlich geringer waren. In einigen Untersuchungen in den zentralen arktischen Becken wurde *Pseudocalanus* überhaupt nicht gefangen (z.B. MINODA 1967) und gilt nach HARDING (1966, zitiert in CORKETT & MCLAREN 1978) als verdriftete Art aus den angrenzenden Randmeeren. *Pseudocalanus minutus* scheint im Arktischen Ozean somit keine wirklich ozeanische Verbreitung aufzuweisen, sondern vielmehr eine Art des Kontinentalhangs zu sein.

Die *Pseudocalanus*-Arten unterschieden sich neben den Verbreitungsmustern im Geschlechterverhältnis der älteren Copepodite CIV und CV. Männliche CIV-V herrschten bei *P. acuspes*, weibliche CIV-V bei *P. minutus* vor und bei *P. major* schließlich waren weibliche CIV und männliche CV in der Überzahl. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen stellte NORRBIN (1994) bei *P. acuspes* im nordnorwegischen Balsfjord im Herbst ein Vorherrschen männlicher Individuen bei CIV-V fest. Dieses Verhältnis war zum Ende des Winters ausgeglichen. Als Ursache für dieses Phänomen wird eine längere Entwicklungszeit der Männchen und ihr hoher Energiebedarf diskutiert, damit sie als Adulte ohne Nahrungsaufnahme ausreichend lange überleben können, um sich fortzupflanzen. Bei *P. minutus* im Balsfjord, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, herrschten im Herbst weibliche Copepodite vor (NORRBIN, pers. Mitt.). NORRBIN (1991) weist weiter darauf hin, daß sich *P. acuspes* gegenüber *P. minutus* durch einen späteren Beginn und ein späteres Ende der Überwinterungsphase auszeichnete. Die artspezifischen Unterschiede im Geschlechterverhältnis und im zeitlichen Ablauf deuten darauf hin, daß sich die *Pseudocalanus*-Arten nicht nur in ihrer räumlichen Verteilung, sondern auch im Le-

benszyklus unterscheiden. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Verhältnisse im subpolaren und atlantisch beeinflussten Balsfjord, wo *Pseudocalanus* zwei Generationszyklen pro Jahr durchläuft (NORRBIN 1991), nicht ohne weiteres auf ein arktisches Randmeer übertragen werden können: Beispielsweise werden für *Pseudocalanus* in arktischen Gebieten Generationszeiten von einem oder zwei Jahren angegeben (z.B. CAIRNS 1967, McLAREN 1969).

Ein wesentlicher Unterschied der Planktonzusammensetzung im Laptevmeer gegenüber den tieferen Randmeeren, insbesondere dem Barentsmeer, ist der geringe *Calanus*-Anteil am Gesamtbestand. Im Barentsmeer wird das Zooplankton von den größeren *C. finmarchicus* und *C. glacialis* dominiert (TANDE 1989). *C. glacialis* war im Laptevmeerplankton in ähnlicher Konzentration und Populationsstruktur enthalten wie im Oberflächenplankton der tieferen Hangstationen. Die sehr hohen Individuenkonzentrationen (ca. 100 Ind.\*m<sup>-3</sup>) von *C. glacialis* CIV-VI im Anabar-Kathanga-Trog (St. T61) deuteten darauf hin, daß diese Art hauptsächlich über die trogartigen Vertiefungen auf den Schelf vordringen. Auch die an der Oberfläche stark ausgesüßten Stationen des östlichen Transektes H wiesen unterhalb von 20 m höhere Abundanz von *C. glacialis* auf. Weibchen und ältere Copepodite hielten sich auf den Hangstationen überwiegend unterhalb von 30 m auf und waren im flachen Laptevmeer entsprechend selten. So kann vermutet werden, daß *C. glacialis* sich im Laptevmeer nur in den tieferen Einschnitten fortpflanzen kann und die jungen Copepodite an der Oberfläche vom Hang oder den Einschnitten auf den flachen Schelf verdriftet werden. Die Verbreitung dieser Art im Laptevmeer ist offenbar durch die geringe Wassertiefe eingeschränkt.

Die häufigsten carnivoren Organismen des Laptevmeerplanktons waren *Sagitta elegans*, deren Bestände lokal bis zu einem Viertel der Gesamtbiomasse ausmachten. Die Individuenzahlen dieser typisch neritischen Chaetognathenart (DAWSON 1968) waren auf dem flachen Schelf um eine Größenordnung höher als über dem Hang. Nach ZENKEVITCH (1963) stellen Chaetognathen im Laptevmeer rund 10-20% aller Individuen und sind damit die wichtigsten carnivoren Räuber des Zooplanktons im Laptevmeer. Auch PAVSHTIKS (1990) weist auf hohe Individuendichten junger Chaetognathen im östlichen Laptevmeer hin.

### Das oberflächennahe Zooplankton des Nansen-Beckens

Das oberflächennahe Zooplankton im Nansen-Becken und über dem Kontinentalhang unterschied sich vom Laptevmeerplankton durch die starke Dominanz der cyclopoiden *Oithona similis*. Dagegen waren kleine herbivore Calanoida von deutlich geringerer Bedeutung als auf dem flachen Schelf. Die kosmopolitische Art *Oithona similis* gilt als einer der häufigsten Zooplankter im Nordpolarmeer (z.B. GROENDAHL & HERNROTH 1986, BOGOROV 1946, PAVSHTIKS 1971) und auch im Antarktischen Ozean (METZ 1996). *O. similis* kommt sowohl in den arktischen Tiefseebecken als auch auf dem Schelf vor (CONOVER & HUNTLEY 1991), ist also keine ozeanische Art. Auch in der Antarktis wurde *O. similis* in hohen Abundanzen im flachen Wasser (<10 m) nahe der Küste gefangen (TANIMURA et al. 1986). Der totale Einbruch der Individuenzahlen von *O. similis* und der ebenfalls kleinen Pluteus-Larven vom Hang zum flachen Schelf (diese Untersuchung) ist zumindest zum Teil ein methodisch bedingtes Artefakt (siehe 5.1). Die größere Bedeutung der kleinen und somit in den Schelfgewässern ebenfalls unterschätzten Calanoida und Nauplien rechtfertigt dennoch die Abgrenzung der Laptevmeergemeinschaft vom ozeanischen Oberflächenplankton.

Innerhalb der Oberflächenschicht des Nansen-Beckens und der angrenzenden Hangbereiche zeichnete sich das Zooplankton durch einen sehr hohen Anteil an calanoiden Nauplien und jungen *Pseudocalanus*-Copepoditen in den Eisrandbereichen aus. Dieser Unterschied zu den eisbedeckten Gebieten ist auf die hohe Produktivität der Eisrandzonen zurückzuführen und wurde im Zusammenhang mit der Gesamtabundanz bereits diskutiert (siehe Abschnitt 5.2).

### Vertikale Schichtung der Zooplanktongemeinschaften im Nansen-Becken

AUEL (1995) gibt einen Überblick über wichtige Arbeiten zur Verteilung des Zooplanktons im Arktischen Ozean (z.B. GRICE 1962, ZENKEVITCH 1963, GRAINGER 1965 und 1989), sowie der gemeinschaftsanalytischen Arbeiten neueren Datums. Sie zeigen, daß innerhalb der arktischen Tiefseebecken die regionalen Unterschiede in der Planktonzusammensetzung gegenüber dem neritisch-ozeanischen Gradienten und der vertikalen Zonierung vergleichsweise gering sind.

Die vertikale Zonierung der Planktongemeinschaften des östlichen Nansen-Beckens stimmt erstaunlich genau mit den Ergebnissen von AUEL (1995) über-

ein, die Stationen aus dem Nansen-, Amundsen- und Makarov-Becken umfassen. In beiden Arbeiten lassen sich Gemeinschaften des Polaren Oberflächenwassers, der Halokline, eine obere und untere Gemeinschaft des Atlantischen Zwischenwassers und schließlich das Zooplankton des Polaren Tiefenwassers unterscheiden. Auch GRAINGER (1989) teilt die arktischen Zooplankter in Formen des Oberflächenwassers und der Atlantischen Schicht ein. Die Zonierung des Mesozooplanktons im Arktischen Ozean entspricht also der Schichtung der Wassermassen.

*Microcalanus* spp., *Oncaea* spp. und *Metridia longa* waren in allen Gemeinschaften unterhalb des Oberflächenplanktons die dominanten Taxa ( $\geq 51\%$ ). Die Halokline bildet hydrographisch die Übergangszone vom Polaren Oberflächenwasser zum Atlantischen Zwischenwasser (AGAARD et al. 1981) und vereinte in der Zusammensetzung des Zooplanktons Merkmale der Oberflächengemeinschaft mit denen der tieferen Schichten. Wie im Polaren Oberflächenwasser war *Oithona similis* eine der dominanten Arten (33%). Der Anteil von *Metridia longa* am Gesamtbestand war mit 10% deutlich geringer als in den Schichten unterhalb der Halokline (22-26%). *Microcalanus* und *Oncaea* machten wie in den tieferen Schichten den überwiegenden Teil des restlichen Zooplanktons aus. Im Atlantischen Zwischenwassers (200-1000 m) hatten Appendicularien (ca. 1%) und aetideide Copepoden (1-2%) einen höheren Anteil an der Gesamtabundanz als in den anderen Schichten.

Im Gegensatz zum Oberflächenplankton, daß durch herbivore Zooplankter charakterisiert ist, sind omnivore und carnivore Arten typisch für die tieferen Planktongemeinschaften (MUMM 1991). Dazu zählen neben den carnivoren Chaetognathen und Copepoden der Gattung *Paraeuchaeta* die omnivoren Ostracoda sowie Copepoden aus der Familie der Aetideidae und der Gattung *Heterorhabdus*. Das Nahrungsspektrum der omnivoren Organismen ist wenig spezialisiert und umfaßt einen weiten Bereich von Detritus und Aas bis zu lebender Beute (z.B. HARDING 1974, HOPKINS 1985). Anstelle einer Spezialisierung im Nahrungsspektrum haben sich z.B. aetideide Arten in verschiedenen Tiefen eingenischt (RAYMONT 1983, GRICE & HÜLSEMANN 1965, RICHTER 1995). Die beiden *Aetideopsis*-Arten wurden ausschließlich unterhalb von 500 m gefangen, *Gaidius brevispinus* überwiegend zwischen 200 und 500 m, *G. tenuispinus* und *Chiridius obtusifrons* konzentrierten sich in 50-500 m. Eine ähnliche vertikale Trennung der Arten in Tiefenstufen gilt möglicherweise auch für die nach PARK (1994) bathypelagische Gattung *Paraeuchaeta*. Übereinstimmend mit PARK (1994) wurden adulte *P. polaris* nur unterhalb von 500 m gefangen, *P. glacialis* und *P. norvegica* dagegen in den oberen 200 m.

Die ebenfalls in der Arktis vorkommende Art *P. barbata*, die in den vorliegenden Proben nicht enthalten war, kommt in 175-300 m vor.

#### Atlantischer Einfluß

Am Kontinentalhang des Barentsmeeres ist der Einstrom atlantischen Wassers durch die Framstraße auch an der Planktonzusammensetzung deutlich zu erkennen. Die atlantische Art *Calanus finmarchicus* (GRAINGER 1963) wird mit dem einströmenden atlantischen Wasser in den Arktischen Ozean verdriftet und kann hier das Mesozooplankton dominieren (HIRCHE & MUMM 1992). Weiter nördlich überwog dagegen die arktische Schwesterart *C. glacialis*. Am Rande des rund 90 Längengrade weiter östlich gelegenen Laptevmeeres ist der Einstrom atlantischen Wassers anhand der hydrographischen Charakteristika noch deutlich als ca. 200 km breiter Randstrom zu erkennen (SCHAUER et al. 1996). *C. finmarchicus* stellte trotz der weit östlichen Lage immer noch rund die Hälfte der *C. finmarchicus/glacialis* CIV-VI. Während diese Art im Kanadischen Becken nur vereinzelt auftritt (JOHNSON 1963, MINODA 1967), stellt sie auch im östlichen Teil des Eurasischen Beckens noch einen erheblichen Teil des Zooplanktons. Nach JASCHNOV (1966) ist *C. finmarchicus* auf die Randzonen des Eurasischen Beckens beschränkt. Durch fortschreitende Vermischung mit umgebenden Wassermassen dehnte sich der Randstrom sehr weit in das Nansen-Becken aus. Erstaunlich ist der hohe Anteil von *C. finmarchicus* trotz dieses Verdünnungseffektes, und obwohl angenommen wird, daß die Art sich im Arktischen Ozean nicht fortpflanzen kann (TANDE et al. 1985). Während der Expedition ARK IX-4 in das Barentsmeer und Laptevmeer legten *C. finmarchicus* keine Eier, wohl aber *C. glacialis* (KOSOBOKOVA 1994).

Neben *C. finmarchicus* war mit *Oithona atlantica* noch eine weitere typisch atlantische Art im Plankton des östlichen Nansen-Beckens vertreten. Ihr Vorkommen als Indikatorart für atlantisches Wasser im Randbereich des Nansen-Beckens ist bekannt (KLEKOWSKI & WESLAWSKI 1991, AUJEL 1995). Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden keine typisch pazifischen Arten identifiziert. SARS (1900) stellte bereits die enge Beziehung zwischen der atlantischen und arktischen Planktonfauna fest. Ein Austausch mit dem Pazifischen Ozean kann nur über die flache und enge Beringstraße erfolgen und ist dementsprechend gering (AAGAARD & CARMACK 1989). Durch die Transpolare Drift und den Beaufort-Wirbel als wichtigste Elemente der oberflächennahen Zirkulation im Arktischen Ozean (AAGAARD 1989) werden durch die Beringstraße eingeschwemmte Zooplankter vermutlich nach Norden oder in das Kanadische Becken transportiert.

### Artenzahl und Diversität

Die Diversität des arktischen Zooplanktons ist im Vergleich zu temperierten oder tropischen Gewässern gering (MARGALEF 1977, HEMPEL 1985). Durch die gleichmäßige Verteilung der Bestände auf die Arten ist die Diversität gemessen an der Artenzahl relativ hoch. Die in dieser Arbeit ermittelten Diversitätswerte können nicht direkt mit anderen Arbeiten verglichen werden, da sie nicht als Artendiversität im strengen Sinne berechnet wurden. Vielmehr gingen neben Arten auch Taxa höherer Ordnung in die Berechnung ein. Daher werden nur Trends innerhalb des vorliegenden Datensatzes solchen aus anderen Arbeiten gegenübergestellt.

Im neritischen Plankton des Laptevmeeres war die Diversität etwa so hoch wie in den Gemeinschaften der tieferen Schichten im Nansen-Becken. Dagegen wurden im oberflächennahen Plankton des Kontinentalhanges und Nansen-Beckens deutlich niedrigere Werte ermittelt. Die Gleichverteilung der Arten ("Evenness") folgte dem gleichen Muster. Das Diversitätsminimum im ozeanischen Oberflächenplankton wurde von der überragenden Dominanz durch *Oithona similis* verursacht. Die Artenzahl war im brackigen Laptevmeer am niedrigsten, entsprechend dem von REMANE (1934) postulierten Artenminimum in brackigen Gewässern. Es wurde eine Zunahme der Artenzahl mit der Tiefe festgestellt, die aber besonders im Nansen-Becken nicht besonders ausgeprägt war. Die Unterschiede in der Diversität wurden überwiegend von Änderungen der Evenness bestimmt. MUMM (1991) stellte im südlichen Nansen-Becken ebenfalls einen Anstieg der Diversität fest: einerseits regional mit zunehmender Entfernung vom Schelf und andererseits vertikal mit der Tiefe. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit war der vertikale Diversitätsanstieg im Nansen-Becken aber in erster Linie auf eine Zunahme der Artenzahl zurückzuführen. Dagegen waren die regionalen Unterschiede in der Diversität sowohl bei MUMM (1991) als auch bei HANSEN (1993) von beiden Parametern, Artenzahl und Evenness, abhängig.

### 5.6 Freßexperimente an *Pseudocalanus* spp.

Das Laptevmeer gehört als Randmeer im Vergleich zu den zentralen Becken vermutlich zu den produktiveren Gebieten des Arktischen Ozeans. Sowohl der hohe Nährstoffeintrag, die stabile Schichtung der Wassermassen im Sommer, als auch die geringe Wassertiefe tragen dazu bei, auch wenn starke Aussüßung und hohe Sedimentfracht (durch erhöhte Attenuation) die Primärproduktion lokal einschränken mögen. In diesem Randmeer sind *Pseudocala-*

*nus* als die dominanten Herbivoren wesentlich für den Transfer der Primärproduktion in das weitere Nahrungsnetz verantwortlich. *P. acuspes* wird als die möglicherweise häufigste und produktivste Copepodenart in arktischen Gewässern bezeichnet (CONOVER & HUNTLEY 1991).

Ein Vergleich des Freßverhaltens von *Pseudocalanus minutus* und *Calanus pacificus* im borealen Pazifik (HARRIS 1982) zeigte, daß beide Arten trotz sehr unterschiedlicher Größe über einen weiten Bereich Partikel derselben Größe fressen. Dieser Befund steht der Hypothese von einer engen Beziehung zwischen Körpergröße und Partikelgröße der Nahrung (MALY & MALY 1974) entgegen. In dem flachen Laptevmeer ersetzt *Pseudocalanus* die in tieferen Gewässern dominanten großen herbivoren Calanoida nicht nur im Hinblick auf die Abundanz. Sie fressen auch Nahrungspartikel derselben Größe, können also im Nahrungsnetz an die Stelle der großen *Calanus*-Arten treten.

**Tab. 5.3:** *Pseudocalanus* und *Acartia*: maximale Filtrationsraten (nach PAFFENHÖFER & HARRIS (1976) und SAIZ et al. (1992))

Art	Filtrationsrate [ml*Ind. <sup>-1</sup> *Tag <sup>-1</sup> ]	Quelle
<i>P. elongatus</i>	8,5	GAULD 1951
<i>P. elongatus</i>	12	MARSHALL & ORR 1966
<i>P. elongatus</i>	40	ANRAKU 1964
<i>P. elongatus</i>	31	ANRAKU 1964
<i>P. elongatus</i>	80-150	PAFFENHÖFER & HARRIS 1976
<i>P. elongatus</i>	50-80	PAFFENHÖFER & HARRIS 1976
<i>P. minutus</i>	12,5	HARGRAVE & GREEN 1970
<i>P. acuspes</i>	141	diese Arbeit
<i>Acartia tonsa</i>	ca. 150-200	SAIZ et al. 1992

Die maximalen Filtrationsraten von mehr als 100 ml\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei geringen Nahrungskonzentrationen liegen weit über den maximalen Werten einiger anderer Arbeiten zu Freßraten von *Pseudocalanus* (Tab. 5.3). PAFFENHÖFER & HARRIS (1976) ermittelten jedoch vergleichbar hohe Raten für *Pseudocalanus elongatus* und SAIZ et al. (1992) zeigten für *Acartia tonsa*, einer Copepodenart ähnlicher Größe, ebenfalls maximale Filtrationsraten von 150-200 ml\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup>.

**Tab. 5.4:** *Pseudocalanus*: Ingestionsraten in % des Körperkohlenstoffs pro Tag nach PAFFENHÖFER & HARRIS (1976) im Vergleich mit den Werten aus dieser Arbeit. \* maximale Ingestionsrate

Art	Ingestionsrate [% Ind. C*Tag <sup>-1</sup> ]	Nahrungskonz. [µg C*l <sup>-1</sup> ]	Quelle
<i>Pseudocalanus</i> sp.	40	?	EVANS, P. M. (zitiert in FROST 1972)
<i>P. elongatus</i>	100	?	PETIPA 1965
<i>P. minutus</i>	35	?	HARGRAVE & GREEN 1970
<i>P. minutus</i>	55	658	POULET (1973, 1974)
<i>P. minutus</i>	5,4-12,5	154-285	POULET (1973, 1974)
<i>P. minutus</i>	4-45	81-760	PARSONS et al. 1967
<i>P. acuspes</i> *	21	45	diese Arbeit

Die Ingestionsraten von knapp 1 µg C\*Ind.<sup>-1</sup>\*Tag<sup>-1</sup> bei einem Nahrungsangebot von 10-380 µg C\*l<sup>-1</sup>, entsprechend einer täglichen Kohlenstoffaufnahme von 21% des Körperkohlenstoffs, stimmen mit anderen Arbeiten überein: 5,4-12,5% POULET (1973, 1974), 4-45% PARSONS et al. (1967) für *Pseudocalanus minutus*. Andere Autoren geben wesentlich höhere Ingestionswerte von bis zu 100% des Körperkohlenstoffs pro Tag an (z.B. PETIPA 1965). Erstaunlich ist, daß in den vorliegenden Versuchen hohe Ingestionsraten bereits bei geringen Nahrungskonzentrationen von 45 µg C\*l<sup>-1</sup> auftreten.

Die massespezifischen Freßraten sind bei kleinen Copepoden i.d.R. größer als bei großen Individuen. Das heißt, daß jüngere Stadien im Verhältnis zu ihrer Masse mehr fressen als ältere, oder kleinere Arten mehr als großwüchsige (PAFFENHÖFER 1971). Der geringeren Freßleistung pro Individuum bei kleinen calanoiden Copepoden stehen somit höhere massespezifische Freßraten sowie enorm hohe Abundanzen in den Schelfmeeren gegenüber. So sind z.B. von *Pseudocalanus* aus dem Weißen Meer Individuendichten von 10.000 Ind.\*m<sup>-3</sup> bekannt (CORKETT & McLAREN 1978).

Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen bei den im Herbst durchgeführten Versuchen etwas geringere Filtrationsraten als im Sommer. Dies gilt sowohl für die wenigen im Herbst mit *P. acuspes* Weibchen durchgeführten Versuche als auch für die Experimente mit *P. minutus* CIV und CV. Bei den Copepoditen waren niedrigere Werte und eine steilere Abnahme der Filtrationsrate mit steigendem Nahrungsangebot zu beobachten. ØSTVEDT (1955)



zeigte, daß *Pseudocalanus* in der Norwegensee hauptsächlich als CIV und CV überwintern. Weibchen überleben den Winter dagegen nicht (NORRBIN 1991). Im Balsfjord weisen die meisten *P. acuspes* Weibchen bereits im August reduzierte Gonaden auf (NORRBIN 1994) und im Oktober sind sie aus dem Plankton verschwunden. Aufgrund der geringen Zahl der Herbstversuche kann nur vermutet werden, daß es sich bei den geringeren Freßraten der Weibchen um Anzeichen von Seneszenz handelt. Der Vergleich der Herbstversuche bei CIV-V mit den Sommerversuchen an Weibchen ist ebenfalls problematisch, da größenabhängig unterschiedliche Werte bei den Stadien zu erwarten sind. Möglicherweise handelt es sich aber bei den Copepoditen um eine herabgesetzte Freßaktivität im Übergang zur Winterruhe. Auch im Balsfjord gab es bei *P. acuspes* Anzeichen für eine herabgesetzte Freßaktivität im Herbst (NORRBIN 1994). Allerdings verbringen *Pseudocalanus* im Gegensatz zu den großen *Calanus*-Arten den Winter nicht in Diapause. Sie fressen auch während des Winters und zeigen eine entsprechende Zusammensetzung der gespeicherten Lipide, die derjenigen bei ebenfalls ganzjährig aktiven Omnivoren wie *Metridia longa* gleicht (NORRBIN 1994).

## Literaturverzeichnis

- AAGAARD, K., COACHMAN, L.K. & CARMACK, E.C. (1981) On the halocline of the Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.* **28A**: 529-545
- AAGAARD, K. (1989) A synthesis of the Arctic Ocean circulation. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* **188**: 11-22
- AAGAARD, K. & CARMACK, E.C. (1989) The role of sea ice and other fresh water in the Arctic circulation. *J. Geophys. Res.* **94**: 14485-14498
- ACKEFORS, H. (1966) Plankton and hydrography of the Landsort Deep. *Veröffentlichungen des Institutes für Meeresforschung in Bremerhaven Sonderbd.* **2**: 381-385
- ACKEFORS, H. (1969) Ecological zooplankton investigations in the Baltic proper, 1963-1965. *Series Biology* **18**. Institute of Marine Research Lysekil: 1-139
- ALEXANDER, V. (1980) Interrelationship between the seasonal sea ice and biological regimes. *Cold Regions Sci. Technol.* **2**: 157-178
- ALVARIÑO, A. (1965) Chaetognaths. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **3**: 115-194
- ANDERSON, L.G. & CARLSSON, M.L. (1991) Swedish Arctic Research Programme 1991. International Arctic Ocean Expedition 1991: Icebreaker Oden - A Cruise Report. Swedish Polar Research Secretariat, Stockholm, 128 Seiten
- ANDERSON, L.G., BJÖRK, G., HOLBY, O., JONES, E.P., KATTNER, G., KOLTERMANN, K.P., LILJEBLAD, B., LINDEGREN, R., RUDELS, B. & SWIFT, J. (1994) Water masses and circulation in the Eurasian Basin: Results from the *Oden 91* expedition. *J. Geophys. Res.* **99**: 3273-3283
- ANRAKU, M. (1964) Influence of the Cape Cod Canal on the hydrography and on the copepods in Buzzards Bay and Cape Cod Bay, Massachusetts. II. Respiration and feeding. *Limnol. Oceanogr.* **9**: 195-206
- ARON, W. (1962) Some aspects of sampling the macroplankton. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* **153**: 29-38
- AUEL, H. (1995) Die horizontale und vertikale Verbreitung des Mesozooplanktons im europäischen Sektor des Nordpolarmeeres - Übersicht und neue Daten. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 97 Seiten
- BALTIC MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMISSION (1988) Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage, Part D. Biological Determinands. *Baltic Sea Environment Proceedings* **27D**, Helsinki, 161 Seiten
- BAMSTEDT, U. (1974) Biochemical studies on the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway - methodology and sample design. *Sarsia* **56**: 71-86
- BAMSTEDT, U. (1981) Water and organic content of boreal macrozooplankton and their significance for the energy content. *Sarsia* **66**: 59-66
- BAMSTEDT, U. (1986) Chemical composition and energy content. In: *The biological chemistry of marine copepods* (CORNER, E.D.S. & O'HARA, S.C.M., Hrsg.). Clarendon, Oxford: 1-58
- BAMSTEDT, U. (1988) Ecological significance of individual variability in copepod bioenergetics. In: *Biology of Copepods* (BOXSHALL, G.A. & SCHMINCKE, H.K., Hrsg.). *Hydrobiol.* **167/168**: 43-59
- BAMSTEDT, U., HAKANSON, J.L., BRENNER-LARSEN, J., BJÖRNSEN, P.K., GJEERTZ-HANSEN, O. & TISELIUS, P. (1990) Copepod nutritional condition and pelagic production during autumn in Kosterfjorden, western Sweden. *Mar. Biol.* **104**: 197-208
- BARETTA, J.W. & MALSCHAERT, J.F.P. (1988) Distribution and abundance of the zooplankton of the Ems estuary (North Sea). *Netherl. J. Sea Res.* **22**: 69-81

- BARNES, H. & MARSHALL, S.M. (1951) On the variability of replicate plankton samples and some applications of 'contagious' series to the statistical distribution of catches over restricted periods. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* **30**: 233-263
- BARTHEL, K.G. (1990) Relationships of food uptake and body components of *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* to particulate matter and water characteristics in Fram Strait. *Polar Biol.* **10**: 343-350
- BHATTACHARYA, C.G. (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* **23**: 115-135
- BOETIUS, A. & DAMM, E. (eingereicht) Benthic oxygen uptake and microbial hydrolytic potentials reflecting supply of labile carbon at the Arctic continental slope. *Deep-Sea Res.*
- BOGOROV, V. (1946) Zooplankton collected by the "Sedov" Expedition 1937-1939. *Trudy* **3**: 356-370 (russisch)
- BOISVERT, W. (1970) Major currents along the coast of Norway and the USSR to the Kurils. Technical Report. Naval Oceanographic Office, 22 Seiten
- BOYSEN-ENNEN, E., HAGEN, W., HUBOLD, G. & PIATKOWSKI, U. (1991) Zooplankton biomass in the ice-covered Weddell Sea, Antarctica. *Mar. Biol.* **111**: 227-235
- BRODSKIY, K.A. (1967) Calanoida of the far eastern seas and Polar Basin of the USSR. In: Keys to the Fauna of the USSR (PAVLOVSKII, E.N., Hrsg.). *Israel Progr. Sci. Transl.* **35**, Jerusalem, 440 Seiten
- BRODSKIY, K.A., VISHKVARTSEVA, N.V., KOS, M.S. & MARKASHEVA, E.L. (1983) Calanoid Copepods from the Seas of the USSR and adjacent Waters, **1**, Nauka, Leningrad, 356 Seiten (russisch)
- BÜCKMANN, A. (1949) Appendicularia I-III. *Fich. Ident. Zoopl.* **7**: 1-8
- BÜCKMANN, A. (1970) Die Verbreitung der Kaltwasser- und der Warmwasserfauna der Appendicularien im nördlichen Nordatlantischen Ozean im Spätwinter und Spätsommer 1958. *Mar. Biol.* **5**: 35-56
- CAIRNS, A.A. (1967) The zooplankton of Tanquary Fjord, Ellesmere Island, with special reference to the calanoid copepods. *J. Fish. Res. Bd. Canada* **24**: 555-568
- CARTER, J.C.H. (1965) The Ecology of the calanoid copepod *Pseudocalanus minutus* Krøyer in Tessiarsuk, a coastal meromictic lake of Northern Labrador. *Limnol. Oceanogr.* **10**: 345-353
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. (1994) Change in Marine Communities - An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144 Seiten
- CONOVER, R.J., HERMANN, A.W., PRINSEBERG, S.J. & HARRIS, L.R. (1986) Distribution of and feeding by the copepod *Pseudocalanus* under fast ice during the Arctic spring. *Science* **232**: 1245-1247
- CONOVER, R.J., BEDO, A.W., HERMAN, A.W., HEAD, E.J.H., HARRIS, L.R. & HORNE, E.P.W. (1988) Never trust a copepod - some observations on their behavior in the Canadian Arctic. *Bull. Mar. Sci.* **43**: 650-662
- CONOVER, R.J., HARRIS, L.R. & BEDO, A.W. (1991) Copepods in cold oligotrophic waters - how do they cope? *Proceedings of the Fourth International Conference on Copepoda*, *Bull. Plankton Soc. Japan*, **Spec. Vol.**: 177-199
- CONOVER, R.J. & 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
- CORKETT, C.J. & MCLAREN, I.A. (1978) The biology of *Pseudocalanus*. *Adv. Mar. Biol.* **15**: 1-231
- DAWSON, J.K. (1968) Chaetognaths from the Arctic Basin, including the description of a new species of *Heterokrohnia*. *Bull. So. Calif. Acad. Sci.* **67**: 112-122

## Literatur

---

- DAWSON, J.K. (1978) Vertical distribution of *Calanus hyperboreus* in the central Arctic Ocean. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 950-957
- DE BAKER, A.C., BODEN, B.P. & BRINTON, E. (1990) A Practical Guide to the Euphausiids of the World. Natural History Museum Publications, London, 96 Seiten
- DIEL, S. (1991) On the life history of dominant copepod species (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in the Fram Strait. *Rep. Polar Res.* **88**, 113 Seiten
- DRITS, A.V., PASTERNAK, A.F. & KOSOBOKOVA, K.N. (1993) Feeding, metabolism and body composition of the Antarctic copepod *Calanus propinquus* Brady with special reference to its life cycle. *Polar Biol.* **13**: 13-21
- DURBIN, E.G. & DURBIN, A.G. (1978) Length and weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, R.I. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 958-969
- EDLER, L. (1979) Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea: Phytoplankton and Chlorophyll. *Baltic Marine Biologists* **5**: 1-38
- EICKEN, H., MARTIN, T. & REIMNITZ, E. (1994) Sea ice studies and sampling. In: The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK IX/4 of RV "Polarstern" (FÜTTERER, D.K., Hrsg.). *Ber. Polarforsch.* **149**: 42-47
- EICKEN, H., REIMNITZ, E., ALEXANDROV, V., MARTIN, T., CASSENS, H. & VIEHOFF, T. (im Druck) Sea ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment transport. *Cont. Shelf Res.*
- EINARSSON, H. (1945) Euphausiacea: 1. Northern Atlantic Species. Dana-Report **27**. Carlsberg Foundation, Copenhagen, 175 Seiten
- EL-SAYED, S.Z. & TAGUCHI, S. (1981) Primary production and standing crop of phytoplankton along the ice-edge in the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* **28**: 1017-1032
- EVANS, C.A., O'REILLY, J.E. & THOMAS, J.P. (1987) A Handbook for the Measurement of Chlorophyll a and Primary Production. SCAR Biomass Res. Ser. **8**, 114 Seiten
- FARRAN, G.P. (1948a) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Metridiidae, genus: *Metridia*. *Fich. Ident. Zool.* **14**: 1-4
- FARRAN, G.P. (1948b) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Heterorhabdidae, genus: *Heterorhabdus*. *Fich. Ident. Zool.* **16**: 1-4
- FIELD, J.G., CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. (1982) A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **8**: 37-52
- FLEMINGER, A. & HÜLSEMANN, K. (1977) Geographical range and taxonomic divergence in North Atlantic *Calanus* (*C. helgolandicus*, *C. finmarchicus* and *C. glacialis*). *Mar. Biol.* **40**: 233-248
- FRANSZ, H.G., MIQUEL, J.C. & GONZALEZ, S.R. (1984) Mesozooplankton composition, biomass and vertical distribution, and copepod production in the stratified central North Sea. *Neth. J. Sea Res.* **18**: 82-96
- FRANSZ, H.G. (1986) Effects of fresh water inflow on the distribution, composition and production of plankton in the Dutch coastal waters of the North Sea. In: The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems (SKRESLET, S., Hrsg.). Series G: Ecological Sciences 7. Springer-Verlag, Berlin: 241-249
- FROST, B.W. (1972) Feeding processes at lower trophic levels in pelagic communities. In: The Biology of the Oceanic Pacific (MILLER, C.B., Hrsg.). 33rd Annual Biology Colloquium. Oregon State University Press, Corvallis: 59-77
- FROST, B.W. (1989) A taxonomy of the marine calanoid copepod genus *Pseudocalanus*. *Can. J. Zool.* **67**: 525-551
- FÜTTERER, D.K. (1992) ARCTIC '91: The Expedition ARK-VIII/3 of RV "Polarstern" in 1991. *Ber. Polarforsch.* **107**, 267 Seiten

- FÜTTERER, D.K. (1994) The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK-IX/4 of RV "Polarstern" 1993. Ber. Polarforsch. **149**, 244 Seiten
- GAULD, D.T. (1951) The grazing rate of planktonic copepods. J. Mar. Biol. Ass. U.K. **29**: 695-706
- GEYNIKH, A.K., KOSOBOKOVA, K.N. & RUDYAKOV, Y.A. (1983) Seasonal variations in the vertical distribution of some prolific copepods of the Arctic Basin. Can. Transl. Fish. Aquat. Sci. **4925**: 1-22
- GIGUERE, L.A., ST-PIERRE, J.F., BERNIER, B., VENZINA, A. & RONDEAU, J.G. (1989) Can we estimate the true weight of zooplankton samples after chemical preservation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **46**: 522-527
- GORDEEV, V.V. & SIDOROV, I.S. (1993) Concentrations of major elements and their outflow into the Laptev Sea by the Lena River. Mar. Chem. **43**: 33-45
- 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, E.H. (1963) Copepods of the genus *Calanus* as indicators of eastern Canadian waters. In: Marine Distributions (DUNBAR, M.J., Hrsg.). Univ. Toronto Press, Toronto: 68-94
- GRAINGER, E.H. (1965) Zooplankton from the Arctic Ocean and adjacent Canadian waters. J. Fish. Res. Bd. Canada **22**: 543-564
- GRAINGER, E.H. (1989) Vertical distribution of zooplankton in the central Arctic Ocean. Proc. 6th Conf. Comité Arctique Int. 1985 (REY, L. & ALEXANDER, V., Hrsg.): 48-60
- GRICE, G.D. (1962) Copepods collected by the nuclear submarine Seadragon on a cruise to and from the North Pole, with remarks on their geographic distribution. J. Mar. Res. **20**: 97-108
- GRICE, G.D. & HÜLSEMANN, K. (1965) Abundance, vertical distribution and taxonomy of calanoid copepods at selected stations in the northeast Atlantic. J. Zool. **146**: 213-262
- GROENDAHL, F. & HERNROTH, L. (1986) Vertical distribution of copepods in the Eurasian part of the Nansen Basin, Arctic Ocean. Syllogeus **58**: 311-320
- HABERSTROH, D. (1985) Die Vertikalverteilung von planktonischen Crustaceen auf einem Schnitt in der nördlichen Framstraße. Diplomarbeit, Universität Würzburg, 140 Seiten
- HAGEN, W. (1988) Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton. Ber. Polarforsch. **49**, 129 Seiten
- HANSEN, B., CHRISTIANSEN, S. & PEDERSEN, G. (1996) Plankton dynamics in the marginal ice zone of the central Barents Sea during spring: carbon flow and structure of the grazer food chain. Polar Biol. **16**: 115-128
- HANSSEN, H. (1993) Zur Verteilung des oberflächennahen Zooplanktons im europäischen Nordpolarmeer. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 97 Seiten
- HARDING, G.C.H. (1966) Zooplankton distribution in the Arctic Ocean with notes on life cycles. M. Sc.-thesis, McGill University
- HARDING, G.C.H. (1974) The food of deep-sea copepods. J. Mar. Biol. Ass. U.K. **54**: 141-155
- HARGRAVE, B.T. & GREEN, G.H. (1970) Effects of copepod grazing on two phytoplankton populations. J. Fish. Res. Bd. Canada **27**: 1395-1403
- HARRIS, R.P. (1982) Comparison of the feeding behaviour of *Calanus* and *Pseudocalanus* in two experimentally manipulated enclosed ecosystems. J. Mar. Biol. Ass. U.K. **62**: 71-91
- HASSEL, A. (1986) Seasonal changes in zooplankton composition in the Barents Sea, with special attention to *Calanus* spp. (Copepoda). J. Plankton Res. **8**: 329-339
- HEMPEL, G. (1985) On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms (GRAY, J.S. & CHRISTIANSEN, M.E., Hrsg.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester: 3-33

## Literatur

---

- HIRCHE, H.J. (1990) Egg production of *Calanus finmarchicus* at low temperature. *Mar. Biol.* **106**: 53-58
- HIRCHE, H.J. & MUMM, N. (1992) Distribution of dominant copepods in the Nansen Basin, Arctic Ocean, in summer. *Deep-Sea Res.* **39**: S485-S505
- HIRCHE, H.J., HAGEN, W., MUMM, N. & RICHTER, C. (1994) The Northeast Water Polynya, Greenland Sea - III. Meso- and macrozooplankton distribution and production of dominant herbivorous copepods during spring. *Polar Biol.* **14**: 491-503
- HIRCHE, H.J. (1995) Überwinterungs- und Fortpflanzungsstrategien arktischer Copepoden. In: *Biologie der Polarmeere* (HEMPEL, I. & HEMPEL, G., Hrsg.). Gustav-Fischer-Verlag, Jena: 156-165
- HIRCHE, H.J. & NIEHOFF, B. (1996) Reproduction of the Arctic copepod *Calanus hyperboreus* in the Greenland Sea - field and laboratory observations. *Polar Biol.* **16**: 209-219
- HOLMES, M. & CREAGER, J. (1974) Holocene history of the Laptev Sea continental shelf. In: *Marine Geology and Oceanography of the Arctic Sea* (HERMAN, Y., Hrsg.). Springer-Verlag, New York: 211-229
- HOOD, D.W. (1983) The Bering Sea. In: *Estuaries and Enclosed Seas* (KECHUM, B.H., Hrsg.). *Ecosystems of the World* **26**: 337-373
- HOPKINS, T.L. (1969) Zooplankton standing crop in the Arctic Basin. *Limnol. Oceanogr.* **14**: 80-85
- HOPKINS, T.L. (1985) Food web of an Antarctic midwater ecosystem. *Mar. Biol.* **89**: 197-212
- HOPKINS, T.L. (1987) Midwater food web in McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica. *Mar. Biol.* **96**: 93-106
- HOPKINS, T.L. & TORRES, J.J. (1988) The zooplankton community in the vicinity of the ice edge, western Weddell Sea, March 1986. *Polar Biol.* **9**: 79-87
- HUNTLEY, M.E., BARTHEL, K.G. & STAR, J.L. (1983) Particle rejection by *Calanus pacificus*: discrimination between similarly sized particles. *Mar. Biol.* **74**: 151-160
- JASCHNOV, V.A. (1940) Plankton productivity of the northern seas of the USSR. *Moskovskoe Obchsestvo Ispytatelei Prirody Press, Moskau*, 35 Seiten (russisch)
- JASCHNOV, V.A. (1966) Water masses and plankton. *Oceanology* **6**: 404-412
- JOHNSON, M.W. (1963) Zooplankton collections from the high polar basin with special reference to the copepoda. *Limnol. Oceanogr.* **8**: 89-102
- KASSENS, H. & KARPIY, V.Y. (1994) Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. *Ber. Polarforsch.* **151**, 168 Seiten
- KATTNER, G., HIRCHE, H.J. & KRAUSE, M. (1989) Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, the Arctic. *Mar. Biol.* **102**: 473-480
- KATTNER, G. & HAGEN, W. (1995) Polar herbivorous copepods - different pathways in lipid biosynthesis. *ICES J. Mar. Sci.* **52**: 329-335
- KING, M. (1995) *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Blackwell Science Ltd., Oxford: 307-311
- KLEKOWSKI, R.Z. & WESLAWSKI, J.M. (1991) Invertebrates, Part 1. Atlas of the Marine Fauna of Southern Spitsbergen **2**. Polish Academy of Sciences, Institute of Oceanology, Gdansk, 550 Seiten
- KNICKMEIER, K. (1989) Bestimmung der Freßrate arktischer Copepoden mittels der Magen-fluoreszenz-Methode. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 82 Seiten

- KOLATSCHEK, J., VIEHOFF, T., EICKEN, H., NÄGELSBACH, E. & ALEXANDROV, V. (1995) Ice dynamics in the south-western Laptev Sea as derived from ERS-1 SAR images. In: Russian-German Cooperation: Laptev Sea System (KASSENS, H., PIEPENBURG, D., THIEDE, J., TIMOKHOV, L., HUBBERTEN, H. & PRIAMIKOV, S.M., Hrsg.). Ber. Polarforsch. **176**: 20-24
- KOSOBOKOVA, K.N. (1980) Caloric value of some zooplankton representatives from the central Arctic Basin and the White Sea. *Oceanology* **22**: 744-750
- KOSOBOKOVA, K.N. (1982) Composition and distribution of the biomass of zooplankton in the central Arctic Ocean. *Oceanology* **22**: 744-750
- KOSOBOKOVA, K.N. (1994) Egg production of dominant copepod species. In: The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK IX/4 of RV "Polarstern" (FÜTTERER, D.K., Hrsg.). Ber. Polarforsch. **149**: 90-94
- KRAMP, P.L. (1959) The Hydromedusae of the Atlantic Ocean and Adjacent Waters. Dana-Report **46 (8)**. Carlsberg Foundation, Kopenhagen, 284 Seiten
- LEGENDRE, L., ACKLEY, S.F., DIECKMANN, G.S., GULLIKSEN, B., HORNER, R., HOSHIAI, T., MELNIKOV, I.A., REEBURGH, W.S., SPINDLER, M. & SULLIVAN, C.W. (1992) Ecology of sea ice biota - 2. Global significance. *Polar Biol.* **12**: 429-444
- LINDEMANN, F. (1994) Sonographische und sedimentologische Untersuchungen in der Laptevsee, sibirische Arktis. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 62 Seiten
- LINKO, A.K. (1913) Zooplankton of the Siberian ice ocean after collections of the Russian Polar Expedition 1900-1903. *Zap. Imp. Akad. nauk. S. Pb.* **29**: 1-54 (russisch)
- LONGHURST, A.R. & SEIBERT, D.L.R. (1967) Skill in the use of Folsom's plankton sample splitter. *Limnol. Oceanogr.* **12**: 334-335
- LOZÁN, J.L. (1992) Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. Pareys Studentexte **74**. Paul Parey, Berlin, 237 Seiten
- MALY, E.J. & MALY, M.P. (1974) Dietary differences between two co-occurring calanoid copepod species. *Oecologia* **17**: 325-333
- MARGALEF, R. (1977) Ecosystem Diversity Differences: Poles and tropics. In: Polar Oceans (DUNBAR, M.J., Hrsg.). *Arct. Inst. N. Am., Calgary*: 367-376
- MARKASHEVA, E.L. (1980) Calanoida of the genus *Jaschnovia*, Nom. n. (*Derjuginia*, nom. praeocc.) (Calanoida, Aetideidae). *New Taxa of Marine Invertebrates* **25**: 63-88 (russisch)
- MARKASHEVA, E.L. (1984) Aetideidae copepods (Copepoda, Calanoida) of the eastern sector of the central Arctic Basin. *Oceanology* **24**: 391-393
- MARSHALL, S.M. & ORR, A.P. (1966) Respiration and feeding in some small copepods. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **46**: 513-530
- MCLAREN, I.A. (1969) Population and production ecology of zooplankton in Ogac Lake, a land-locked fjord on Baffin Island. *J. Fish. Res. Bd. Canada* **26**: 1485-1559
- METZ, C. (1996) Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeiidae (Poikilostomatida, Copepoda) im Bellingshausenmeer. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 122 Seiten
- MINODA, T. (1967) Seasonal distribution of copepoda in the Arctic Ocean from June to December, 1964. *Records of Oceanographic Works in Japan* **9**: 162-168
- MINODA, T. & MARUMO, R. (1975) Regional characteristics of distribution of phyto- and zooplankton in the Eastern Bering Sea and Chukchi Sea in June-July 1972. In: *Bering Sea Oceanography: An Update Rep. 75-2*. *Inst. Mar. Sci., Univ. Alaska*: 83-95
- MIZDALSKI, E. (1988) Weight and lengths data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (ANT V/3). *Ber. Polarforsch.* **55**, 72 Seiten
- MORTON, J.E. (1958) Opisthobranchia, order: Gymnosomata, family: Clionidae. *Fich. Ident. Zoopl.* **80**: 1-4

## Literatur

---

- MUMM, N. (1991) Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen Basin, Nordpolarmeer. Rep. Polar Res. **92**, 173 Seiten
- NORRBIN, M.F. & BAMSTEDT, U. (1984) Energy contents in benthic and planktonic invertebrates of Kosterfjorden, Sweden. - A comparison of energetic strategies in marine organism groups. *Ophelia* **23**: 47-64
- NORRBIN, M.F., OLSEN, R.E. & TANDE, K.S. (1990) Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition on two small copepods in Balsfjorden, northern Norway. *Mar. Biol.* **105**: 205-211
- NORRBIN, M.F. (1991) Gonad maturation as an indication of seasonal cycles for several species of small copepods in the Barents Sea. *Polar Res.* **10**: 421-432
- NORRBIN, M.F. (1994) Seasonal patterns in gonad maturation, sex ratio and size in some small, high-latitude copepods: implications for overwintering tactics. *J. Plankton Res.* **16**: 115-131
- OHMAN, M.D. (1985) Resource-satiated population growth of the copepod *Pseudocalanus* sp. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* **21**: 15-32
- ØSTVEDT, O. (1955) Zooplankton Investigations from Weather Ship M in the Norwegian Sea, 1948-49. In: Scientific Results of Marine Biological Research (UNIVERSITETETS BIOLOGISKE LABORATORIUM & STATENS INSTITUTT FOR HVALFORSKNING, Hrsg.), **40**. Hos Jacob Dybwad: 1-89
- PAFFENHÖFER, G. (1971) Grazing and ingestion rates of nauplii, copepodids and adults of the marine planktonic copepod *Calanus helgolandicus*. *Mar. Biol.* **11**: 286-298
- PAFFENHÖFER, G. & HARRIS, R.P. (1976) Feeding, growth and reproduction of the marine planktonic copepod *Pseudocalanus elongatus* Boeck. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **56**: 327-344
- PARK, T. (1994) Geographic distribution of the bathypelagic genus *Paraeuchaeta* (Copepoda, Calanoida). *Hydrobiol.* **292/293**: 317-332
- PARSONS, T.R., LEBRASSEUR, R.J., FULTON, J.D. & KENNEDY, O.D. (1967) Production studies in the Strait of Georgia. II. Secondary production under the Fraser River Plume, February to May, 1967. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **3**: 39-50
- PARSONS, T.R. & TAKAHASHI, M. (1973) *Biological Oceanographic Processes*. Pergamon Press, Oxford, 186 Seiten
- PAVSHTIKS, E.A. (1971) Seasonal variations in the number of zooplankton in the region of the North Pole. *Dokl. Akad. Nauk SSSR Biol. Sci.* **196**: 59-62
- PAVSHTIKS, E.A. (1983) Some patterns in the life of the plankton of the central Arctic Basin. *Can. Transl. Fish. Aquat. Sci.* **4917**: 1-24
- PAVSHTIKS, E.A. (1990) Composition and quantitative distribution of the zooplankton near New Siberian islands. In: *Ecosystems of the New Siberian shoal and the Fauna of the Laptev Sea* (GOLIKOV, A.N., Hrsg.). *Explorations of the fauna of the seas* **37 (45)**: 89-104 (russisch)
- PETIPA, T.S. (1965) The daily consumption of phytoplankton in the Black Sea by the copepod *Calanus helgolandicus* (Claus). *Zoologicheskii zhurnal* **44**: 844-854
- PIATKOWSKI, U. (1987) Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton. *Ber. Polarforsch.* **34**, 150 Seiten
- PIELOU, E.C. (1966) Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and disuse. *Am. Nat.* **100**: 463-465
- PIEPENBURG, D. (1988) Zur Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Framstraße. *Ber. Polarforsch.* **52**, 118 Seiten
- PIEPENBURG, D. & PIATKOWSKI, U. (1992) A program for computer-aided analyses of ecological field data. *CABIOS* **8**: 587-590
- POULET, S.A. (1973) Grazing of *Pseudocalanus minutus* on naturally occurring particulate matter. *Limnol. Oceanogr.* **18**: 564-572



- POULET, S.A. (1974) Seasonal grazing of *Pseudocalanus* on particles. *Mar. Biol.* **25**: 109-123
- REIMNITZ, E., DEHTLEFF, D. & NÜRNBERG, D. (1994) Contrasts in Arctic shelf sea-ice regimes and some implications: Beaufort Sea versus Laptev Sea. *Mar. Geol.* **119**: 215-225
- REMANE, A. (1934) Die Brackwasserfauna. *Verh. Dt. Zool. Ges.* **36**: 34-74
- REY, F. & LOENG, H. (1985) The influence of ice and hydrographic conditions on the development of phytoplankton in the Barents Sea. In: *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms* (GRAY, J.S. & CHRISTIANSEN, M.E., Hrsg.). John Wiley and Sons, New York: 49-63
- RICHTER, C. (1994) Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea. *Ber. Polarforsch.* **154**, 87 Seiten
- RICHTER, C. (1995) Seasonal changes in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea Gyre (75°N): distribution strategies of calanoid copepods. *ICES J. mar. Sci.* **52**: 533-539
- ROMESBURG, C.H. (1984) *Cluster Analysis for Researchers*. Wadsworth, Belmont, 334 Seiten
- RUDELS, B., LARSSON, A. & SEHLSTEDT, P. (1991) Stratification and water mass formation in the Arctic Ocean: some implications for the nutrient distribution. *Polar Res.* **10**: 19-31
- RUDELS, B. & QUADFASEL, D. (1991) Convection and deep water formation in the Arctic Ocean-Greenland Sea system. *J. Mar. Syst.* **2**: 435-450
- RUDELS, B., JONES, E.P., ANDERSON, L.G. & KATTNER, G. (1994) On the intermediate depth waters of the Arctic Ocean. In: *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment* (JOHANNESSEN, O., MUENCH, R.D. & OVERLAND, J.E., Hrsg.). American Geophys. Union, Washington: 33-46
- RUDYAKOV, Y.A. (1983) Vertical distribution of *Calanus hyperboreus* (Copepoda) in the central Arctic Ocean. *Oceanology* **23**: 249-254
- RUNGE, J.A. & INGRAM, R.G. (1991) Under-ice feeding and diel migration by the planktonic copepods *Calanus glacialis* and *Pseudocalanus minutus* in relation to the ice algal production cycle in southeastern Hudson Bay, Canada. *Mar. Biol.* **108**: 217-225
- SAIZ, E., ALCARAZ, M. & PAFFENHÖFER, G. (1992) Effects of small-scale turbulence on feeding rate and gross-growth efficiency of three *Acartia* species (Copepoda: Calanoida). *J. Plankton Res.* **14**: 1085-1097
- SAKSHAUG, E. & HOLM-HANSEN, O. (1984) Faktors governing pelagic production in polar oceans. In: *Marine Phytoplankton and Productivity* (HOLM-HANSEN, O., BOLIS, L. & GILLES, R., Hrsg.). *Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies* **8**. Springer-Verlag, Berlin: 1-18
- SAKSHAUG, E. (1990) Arctic planktonic ecosystems. In: *Polar Marine Diatoms* (MEDLIN, L.K. & PIDDLE, J., Hrsg.). British Antarctic Survey, Cambridge: 47-51
- SARGENT, J.R. & FALK-PETERSEN, S. (1988) The lipid biochemistry of calanoid copepods. *Hydrobiol.* **167/168**: 101-114
- SARS, G.O. (1900) Crustacea. In: *Norwegian North Polar Expedition 1893-1896* (NANSEN, F., Hrsg.). *Scient. Res.* **1** (5): 1-137
- SARS, G.O. (1903) Copepoda Calanoida - With short descriptions and figures of all the species. In: *Scient. Res. An Account of the Crustacea of Norway* **4**. Bergen Museum, 171 Seiten
- SCHAUER, U., MUENCH, R. & RUDELS, B. (im Druck) The impact of eastern Arctic shelf waters on the Nansen Basin intermediate layers. *J. Geophys Res.*
- SCHERZINGER, T. (1995) Zum Lebenszyklus des calanoiden Copepoden *Metridia longa* (Lubbock) in der zentralen Grönlandsee. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, 95 Seiten
- SCHNEPPENHEIM, R. & WEIGMANN-HAASS, R. (1986) Morphological and electrophoretic studies of the genus *Themisto* (Amphipoda: Hyperiidea) from the South and North Atlantic. *Polar Biol.* **6**: 215-225

## Literatur

---

- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. (1963) The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, 117 Seiten
- SHERMAN, K., GREEN, J. & COHEN, E. (1976) Variation in subsampling of zooplankton from the ICNAF area. Annual Meeting - June 1976, ICNAF Res.Doc. **76/VI/81** Serial No. 3893
- SIEBURTH, J.M., SMETACEK, V. & LENZ, J. (1978) Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 1256-1263
- SLAGSTAD, D. & TANDE, K.S. (1990) Growth and production dynamics of *Calanus glacialis* in an arctic pelagic food web. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **63**: 189-199
- SMETACEK, V.S. (1986) Impact of fresh water discharge on production and transfer of materials in the marine environment. In: The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems (SKRESLET, S., Hrsg.). NATO ASI Series G, **Vol. 7**. Springer-Verlag, Berlin: 85-106
- SMETACEK, V., VON BODUNGEN, B., v. BRÖCKEL, K., KNOPPERS, B., MARTENS, P., PEINERT, R., POLLEHNE, F., STEGMANN, P. & ZEITSCHHEL, B. (1987) The pelagic system. In: Seawater-Sediment Interactions in Coastal Waters (RUMOHR, J., WALGER, E. & ZEITSCHHEL, B., Hrsg.). Springer-Verlag, Berlin: 32-68
- SMITH, S.L. (1988) Copepods in Fram Strait in summer: distribution, feeding and metabolism. *J. Mar. Res.* **46**: 145-181
- SMITH, W.O. & NELSON, D.M. (1985) Phytoplankton bloom produced by a receding ice edge in the Ross Sea: spatial coherence with density field. *Science* **227**: 163-166
- SPRINGER, K. (1994) Phytoplankton and particle flux. In: The Expedition ARCTIC '93 Leg ARK IX/4 of RV "Polarstern" (FÜTTERER, D.K., Hrsg.). *Ber. Polarforsch.* **149**: 79-83
- STOSCH, H.A. & DREBES, G. (1964) Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentralen Diatomeen IV. Die Planktondiatomee *Stephanopyxis turris*, ihre Behandlung und Entwicklungsgeschichte. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* **11**: 209-257
- SUSLOV, S.P. (1961) Physical Geography of Asiatic Russia. Freeman & Co., San Francisco, 594 Seiten
- TANDE, K.S., HASSEL, A. & SLAGSTAD, D. (1985) Gonad maturation and possible life cycle strategies in *Calanus finmarchicus* and *Calanus glacialis* in the northwestern part of the Barents Sea. In: Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms (GRAY, F.S. & CHRISTIANSEN, M.E., Hrsg.). Wiley & Sons, Chichester: 141-155
- TANDE, K.S. & HENDERSON, R.J. (1988) Lipid composition of copepodite stages and adult females of *Calanus glacialis* in Arctic waters of the Barents Sea. *Polar Biol.* **8**: 333-339
- TANDE, K.S. (1989) *Calanus* in North Norwegian fjords and in the Barents Sea. *Polar Res.* **10**: 389-407
- TANIMURA, A., FUKUCHI, M. & HOSHIAI, T. (1986) Seasonal change in the abundance of zooplankton and species composition of copepods in the ice-covered sea near Syowa Station, Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec. Issue* **40**: 212-220
- TESCH, J.J. (1949) Pteropoda: Thecosomata. *Fich. Ident. Zoopl.* **8**: 1-6
- TIMOKHOV, L.A. (1994) Regional characteristics of the Laptev and the East Siberian Seas: climate, topography, ice phases, thermohaline regime, circulation. In: Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea (KASSENS, H., HUBBERTEN, H.W., PRYAMIKOV, S.M. & STEIN, R., Hrsg.). *Ber. Polarforsch.* **144**: 15-31
- TOURANGEAU, S. & RUNGE, J.A. (1991) Reproduction of *Calanus glacialis* under ice in spring in southeastern Hudson Bay, Canada. *Mar. Biol.* **108**: 227-233
- UNSTAD, K.H. & TANDE, K.S. (1991) Depth distribution of *Calanus finmarchicus* and *C. glacialis* in relation to environmental conditions in the Barents Sea. *Polar Res.* **10**: 409-420

- UTERMÖHL, H. (1931a) Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. **5**: 567-596
- UTERMÖHL, H. (1931b) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol. **9**: 1-38
- VAN DER SPOEL, S. (1972) Pteropoda: Thecosomata. Fich. Ident. Zoopl. **140-142**: 1-12
- VANNUCCI, M. (1979) Loss of organisms through the meshes. In: Oceanogr. Methodol. . UNESCO Monogr. **2**: 27-56
- VERVOORT, W. (1952a) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Aetideidae. Key to the genera and references. Fich. Ident. Zoopl. **41**: 1-4
- VERVOORT, W. (1952b) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Aetideidae, genera: Aetideus, Euaetideus, Aetideopsis. Fich. Ident. Zoopl. **42**: 1-4
- VERVOORT, W. (1952c) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Aetideidae, genera: Chiridius, Pseud-aetideus, Chiridiella. Fich. Ident. Zoopl. **44**: 1-4
- VERVOORT, W. (1952d) Copepoda, suborder: Calanoida, family: Aetideidae, genus: Gaidius. Fich. Ident. Zoopl. **45**: 1-4
- VINOGRADOV, M.E. (1970) Vertical distribution of the oceanic zooplankton. In: Israel Progr. Sci. Transl. . Israel Progr. Sci. Transl., Jerusalem, 339 Seiten
- WESLAWSKI, J.M., JANKOWSKI, A., KWASNIEWSKI, S., SWERPEL, S. & RYG, M. (1991) Summer hydrology and zooplankton in two Svalbard fjords. Polish Polar Res. **12**: 445-460
- WHEELER, P.A., GOSSELIN, M., SHERR, E., THIBAUT, D., KIRCHMAN, D.L., BENNER, R. & WHITLEDGE, T.E. (1996) Active cycling of organic carbon in the central Arctic Ocean. Nature **380**: 697-699
- WIBORG, K.F. (1954) Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters off western and northwestern Norway. Rep. Nor. Fish. Invest. **11**: 1-246
- WILLIAMS, R. & ROBINS, D.B. (1982) Effects of preservation on wet weight, dry weight, nitrogen and carbon contents of *Calanus helgolandicus* (Crustacea: Copepoda). Mar. Biol. **71**: 271-281
- ZENKEVITCH, L. (1963) Biology of the Seas of the USSR. Allen & Unwin, London, 955 Seiten

Anhang B

**Anhang A:** Stationsdaten der Expedition ARCTIC '93: POLARSTERN-Stationen (#) und IVAN KIREYEV-Stationen (T#), \*Lichtverhältnisse: T=Tageslicht, D=Dämmerung, N=Nacht

	Station	Datum	Breite [N]	Länge [E]	Tiefe [m]	Eis [%]	Licht *
Transekt H	32	02. 09. 93	78° 43'	132° 21'	2975	0	T
	35	04. 09. 93	78° 23'	133° 04'	2062	0	D
	38	05. 09. 93	78° 10'	133° 25'	982	0-10	T
	39	05. 09. 93	78° 06'	133° 31'	514	0	D-N
	40	05. 09. 93	78° 04'	133° 33'	243	0	T
	41	06. 09. 93	77° 54'	133° 34'	72	0-10	T
	43	06. 09. 93	77° 24'	133° 35'	53	30-50	N
	31	01. 09. 93	76° 30'	133° 20'	38	0	T
	T-73A	02. 09. 93	75° 50'	134° 34'	46	0	T
	T-73	09. 09. 93	75° 21'	135° 10'	43	0	T
T-50	03. 09. 93	75° 00'	136° 01'	30	0	D	
Transekt G	53	12. 09. 93	79° 15'	122° 53'	3244	90-100	T
	50	10. 09. 93	77° 44'	125° 46'	1990	90	T
	47	08. 09. 93	77° 11'	126° 14'	990	90	N
	48	09. 09. 93	77° 08'	126° 23'	544	70-80	T
	49	09. 09. 93	77° 06'	126° 19'	200	90	N
	44	07. 09. 93	77° 02'	126° 24'	93	60	T
	T-53	04. 09. 93	74° 58'	129° 46'	40	0	D
Transekt F	54	13. 09. 93	79° 11'	119° 54'	3071	70-80	D
	56	14. 09. 93	78° 40'	118° 44'	2618	90-100	N
	58	15. 09. 93	78° 00'	118° 34'	1930	80-90	D
	60	16. 09. 93	77° 34'	118° 26'	1181	90	T
	62	17. 09. 93	77° 24'	118° 11'	554	80-90	N
	64	18. 09. 93	77° 16'	118° 32'	230	80	T
	65	18. 09. 93	77° 11'	118° 44'	106	80-90	N
	T-65	06. 09. 93	75° 28'	119° 57'	43	0	N
	T-58	05. 09. 93	75° 01'	119° 52'	33	0	N
	T-61	10. 08. 93	75° 00'	114° 33'	42	0	D
Transekt E	70	21. 09. 93	78° 45'	112° 42'	1141	100	N
	69	21. 09. 93	78° 42'	112° 32'	518	100	T
	71	22. 09. 93	78° 35'	111° 22'	235	100	T
	68	20. 09. 93	78° 28'	110° 49'	101	90-100	N
	67	20. 09. 93	78° 16'	109° 15'	51	70	T
	30	27. 08. 93	77° 53'	101° 42'	140	30-50	T

**Anhang B:** Biomasse-Berechnung: verwendete Länge-Masse-Beziehungen und mittlere Individualmassen. Quellen: 1= BÄMSTEDT 1981, 2=BÄMSTEDT ET AL. 1990, 3=CONOVER & HUNTLEY 1991, 4=HAGEN unveröff., 5=HANSEN unveröff., 6=HIRCHE et al. 1994, 7=KOSOBOKOVA 1980, 8=MIZDALSKI 1988, 9 MUMM 1991, 10 NORRIN & BÄMSTEDT 1984, 11=RICHTER 1994, 12= RICHTER unveröff. Quellenangaben erfolgen in Klammern, wenn die Literaturangaben auf Arten mit ähnlicher Körperform übertragen wurden.

Art	Stadium	L-M-Beziehung ( $DM=a \cdot l^b$ )			mittlere Indiv.-masse		übertragen von
		a	b	Quelle	[mg]	Quelle	
Acartia sp.	C V-W				0.0069	(5)	Pseudoc. min. C IVw
Aetideidae	C I				0.0030	(12)	Chiridius obtusifrons C I
Aetideidae	C II				0.0100	(12)	Chiridius obtusifrons C II
Aetideidae	C III				0.0200	(12)	Chiridius obtusifrons C III
Aetideidae	M				0.1650	(12)	Chiridius obtusifrons M
Aetideopsis multiserrata	C IV				0.0420	12	
Aetideopsis multiserrata	C V				0.1070	12	
Aetideopsis multiserrata	M				0.1070	12	
Aetideopsis multiserrata	W				0.2310	12	
Aetideopsis rostrata	C IV				0.0830	12	
Aetideopsis rostrata	C V				0.2370	12	
Aetideopsis rostrata	M				0.2370	12	
Aetideopsis rostrata	W				0.4270	12	
Augaptilus glacialis	C IV				0.1730	(12)	Gaidius brevispinus C IV
Augaptilus glacialis	C V				0.4010	(12)	Gaidius brevispinus C V
Augaptilus glacialis	M				0.4450	(12)	Gaidius brevispinus M
Augaptilus glacialis	W				0.8000	(12)	Gaidius brevispinus W
Calanus spp.	C I	0.0093	3.4333	9	0.0052	5	
Calanus finmarchicus/glacialis	C II	0.0093	3.4333	9	0.0174	5	
Calanus finmarchicus/glacialis	C III	0.0093	3.4333	9	0.0590	5	
Calanus finmarchicus	C IV	0.0093	3.4333	9	0.1149	5	
Calanus finmarchicus	C V	0.0093	3.4333	9	0.1949	5	
Calanus finmarchicus	W	0.0093	3.4333	9	0.3250	5	
Calanus glacialis	C IV	0.0093	3.4333	9	0.1893	5	
Calanus glacialis	C V	0.0093	3.4333	9	0.6042	5	
Calanus glacialis	M	0.0093	3.4333	9	0.7884	5	
Calanus glacialis	W	0.0093	3.4333	9	0.8182	5	
Calanus hyperboreus	C II	0.0029	3.3620	9	0.0161	5	
Calanus hyperboreus	C III	0.0029	3.3620	9	0.0506	5	
Calanus hyperboreus	C IV				0.2060	4,6	
Calanus hyperboreus	C V				1.0210	4,6	
Calanus hyperboreus	M				1.2540	3,7	
Calanus hyperboreus	W				2.3500	4,6	
Chiridius armatus	C V				0.1650	(12)	Chiridius obtusifrons C V
Chiridius obtusifrons	C IV				0.0670	12	
Chiridius obtusifrons	C V				0.1650	12	
Chiridius obtusifrons	M				0.1650	12	
Chiridius obtusifrons	W				0.4160	12	
Drepanopus bungei	C I-III				0.0006	(5)	Pseudoc. C I
Drepanopus bungei	C IV				0.0015	(5)	Pseudoc. C II
Drepanopus bungei	C V				0.0032	(5)	Pseudoc. C III
Drepanopus bungei	M				0.0069	(5)	Pseudoc. min. C IVw
Drepanopus bungei	W				0.0069	(5)	Pseudoc. min. C IVw
Gaidius brevispinus	C IV				0.1730	12	
Gaidius brevispinus	C V				0.4010	12	
Gaidius brevispinus	M				0.4450	12	
Gaidius brevispinus	W				0.8000	12	
Gaidius tenuispinus	C IV				0.0750	12	
Gaidius tenuispinus	C V				0.1580	12	

Anhang B

Art	Stadium	(DM=a*I^b)			Indiv.-masse		übertragen von
		a	b	Quelle	[mg]	Quelle	
Gaidius tenuispinus	M				0.1580	12	
Gaidius tenuispinus	W				0.4050	12	
Haloptilus acutifrons	C III				0.0200	(12)	Aetideopsis multiserrata C III
Haloptilus acutifrons	C IV				0.0420	(12)	Aetideopsis multiserrata C IV
Haloptilus acutifrons	C V				0.1070	(12)	Aetideopsis multiserrata C V
Haloptilus acutifrons	W				0.2310	(12)	Aetideopsis multiserrata W
Heterorhabdus norvegicus	C II				0.0050	12	
Heterorhabdus norvegicus	C III				0.0120	12	
Heterorhabdus norvegicus	C IV				0.0240	12	
Heterorhabdus norvegicus	C V				0.1050	12	
Heterorhabdus norvegicus	M				0.2730	12	
Heterorhabdus norvegicus	W				0.3010	12	
Jaschnovia johnsoni	C III				0.0032	(5)	Pseudoc. C III
Jaschnovia johnsoni	C IV				0.0138	(5)	Pseudoc. maj. C IVw
Jaschnovia johnsoni	C V				0.0252	(5)	Pseudoc. maj. C Vw
Jaschnovia johnsoni	W				0.0341	(5)	Pseudoc. maj. W
Jaschnovia tolli	C III				0.0032	(5)	Pseudoc. C III
Jaschnovia tolli	C IV				0.0138	(5)	Pseudoc. maj. C IVw
Jaschnovia tolli	C V				0.0252	(5)	Pseudoc. maj. C Vw
Jaschnovia tolli	W				0.0341	(5)	Pseudoc. maj. W
Limnocalanus grimaldii	C I				0.0030	(12)	Metridia longa C I
Limnocalanus grimaldii	C II				0.0070	(12)	Metridia longa C II
Limnocalanus grimaldii	C III				0.0160	(12)	Metridia longa C III
Limnocalanus grimaldii	C IV				0.0340	(3,4,7)	Metridia longa C IV
Limnocalanus grimaldii	C V				0.1200	(3,4,7)	Metridia longa C V
Limnocalanus grimaldii	M				0.1370	(2,3,4,7)	Metridia longa M
Limnocalanus grimaldii	W				0.2870	(4)	Metridia longa W
Metridia longa	C I				0.0030	12	
Metridia longa	C II				0.0070	12	
Metridia longa	C III				0.0160	12	
Metridia longa	C IV				0.0340	3,4,7	
Metridia longa	C V				0.1200	3,4,7	
Metridia longa	M				0.1370	2,3,4,7	
Metridia longa	W				0.2870	4	
Microcalanus sp.					0.0070	11	
Pachytilus pacificus	C III				0.1210	(11)	Pareuchaeta spp. C III
Pachytilus pacificus	C IV				0.3770	(4)	Pareuchaeta spp. C IV
Pachytilus pacificus	C V				1.6810	(4)	Pareuchaeta spp. C V
Pachytilus pacificus	W				4.6720	(1,4,10)	Pareuchaeta norvegica W
Pareuchaeta barbata	W				9.0560	4	
Pareuchaeta glacialis	M				3.3480	4	
Pareuchaeta glacialis	W				5.9070	4	
Pareuchaeta norvegica	M				1.7890	1,4,10	
Pareuchaeta norvegica	W				4.6720	1,4,10	
Pareuchaeta polaris	W				5.9070	(4)	Pareuchaeta glacialis W
Pareuchaeta spp.	C I				0.0380	11	
Pareuchaeta spp.	C II				0.0480	11	
Pareuchaeta spp.	C III				0.1210	11	
Pareuchaeta spp.	C IV				0.3770	4	
Pareuchaeta spp.	C V				1.6810	4	
Pseudaugaptilus polaris	C III				0.1210	(11)	Pareuchaeta spp. C III
Pseudaugaptilus polaris	C IV				0.3770	(4)	Pareuchaeta spp. C IV
Pseudaugaptilus polaris	C V				1.6810	(4)	Pareuchaeta spp. C V
Pseudaugaptilus polaris	W				4.6720	(1,4,10)	Pareuchaeta norvegica W
Pseudocalanus spp.	C I	0.0093	3.4333	(9)	0.0006	(5)	Calanus linm./glac.
Pseudocalanus spp.	C II	0.0093	3.4333	(9)	0.0015	(5)	Calanus linm./glac.
Pseudocalanus spp.	C III	0.0093	3.4333	(9)	0.0032	(5)	Calanus linm./glac.
Pseudocalanus acuspes	C IV-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0035	(5)	Calanus linm./glac.
Pseudocalanus acuspes	C IV-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0040	(5)	Calanus linm./glac.

## Anhang B

Art	Stadium	(DM=a*I <sup>b</sup> )			Indiv.-masse		übertragen von
		a	b	Quelle	[mg]	Quelle	
Pseudocalanus acuspes	C V-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0053	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus acuspes	C V-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0056	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus acuspes	W	0.0093	3.4333	(9)	0.0131	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus major	C IV-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0136	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus major	C IV-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0138	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus major	C V-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0228	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus major	C V-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0252	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus major	W	0.0093	3.4333	(9)	0.0341	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus minutus	C IV-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0058	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus minutus	C IV-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0069	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus minutus	C V-M	0.0093	3.4333	(9)	0.0105	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus minutus	C V-W	0.0093	3.4333	(9)	0.0130	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus minutus	W	0.0093	3.4333	(9)	0.0146	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudocalanus spp.	M	0.0093	3.4333	(9)	0.0120	(5)	Calanus finm./glac.
Pseudochirella elongata	C III				0.1210	(11)	Pareuchaeta spp. C III
Pseudochirella elongata	C IV				0.3770	(4)	Pareuchaeta spp. C IV
Pseudochirella elongata	C V				1.6810	(4)	Pareuchaeta spp. C V
Pseudochirella elongata	W				4.6720	(1,4,10)	Pareuchaeta norvegica W
Scaphocalanus brevicornis					0.0350	12	
Scaphocalanus magnus	C II-V-C V				0.0350	12	
Scaphocalanus magnus	M				0.6350	4	
Scaphocalanus magnus	W				0.7220	4	
Scolecithricella minor					0.0240	8	
Spinocalanus spp.					0.0130	8	
Temorites brevis	C III				0.0032	(5)	Pseudoc. C III
Temorites brevis	C IV				0.0138	(5)	Pseudoc. maj. C IVw
Temorites brevis	C V				0.0252	(5)	Pseudoc. maj. C Vw
Temorites brevis	W				0.0341	(5)	Pseudoc. maj. W
Undinella longa	C V				0.1070	(12)	Aetideopsis multiserrata C V
Undinella longa	M				0.1070	(12)	Aetideopsis multiserrata M
Undinella longa	W				0.2310	(12)	Aetideopsis multiserrata W
Xantocalanus borealis	C V				1.6810	(4)	Pareuchaeta spp. C V
Xantocalanus borealis	M				1.7890	(1,4,10)	Pareuchaeta norvegica M
Xantocalanus borealis	W				4.6720	(1,4,10)	Pareuchaeta norvegica W
Xantocalanus groenlandicus	C V				0.0257	(5)	Pseudoc. maj. C Vw
Xantocalanus groenlandicus	M				0.0337	(5)	Pseudoc. maj. W
Xantocalanus groenlandicus	W				0.0337	(5)	Pseudoc. maj. W
Xantocalanus profundus	C V				0.0257	(5)	Pseudoc. maj. C Vw
Xantocalanus profundus	W				0.0337	(5)	Pseudoc. maj. W
Xantocalanus spp.	C IV				0.0138	(5)	Pseudoc. maj. C IVw
Nauplien					0.0010	11	
Oithona spp.					0.0030	2,9	
Oncae spp.					0.0020	11	
Ostracoda		0.0253	2.3698	9			
Euphausiacea		0.0174	1.8477	9			
Decapoda		0.0174	1.8477	(9)			Thysanoessa longicaudata
Mysidacea		0.0174	1.8477	(9)			Thysanoessa longicaudata
Amphipoda indet.		0.0081	2.4074	9			
Themisto abyssorum		0.0081	2.4074	9			
Themisto libellula		0.0081	2.4074	9			
Cumacea		0.0174	1.8477	(9)			Thysanoessa longicaudata
Eukrohnia hamata		0.0001	3.0773	9			
Sagitta spp.		0.0002	2.6924	9			

