

**Lebensstrategien dominanter antarktischer
Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und
Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im
Bellingshausenmeer**

**Life strategies of dominant Antarctic
Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) and
Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) in
the Bellingshausen Sea**

Cornelia Metz

**Ber. Polarforsch. 207 (1996)
ISSN 0176 - 5027**

Cornelia Metz
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Postfach 120 161
27 515 Bremerhaven

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Verbreitung	III
Vertikalverteilung	IV
Ernährung von <i>Oncaea curvata</i>	IV
Lebenszyklen	V
Summary	VI
Distribution	VII
Vertical Distribution	VII
Feeding of <i>Oncaea curvata</i>	VIII
Life Cycles	VIII
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	4
2.1 Planktonproben	4
2.1.1 Probennahme	4
2.1.2 Bearbeitung	7
2.1.3 Auswertung	8
Verbreitung und Abundanz	8
Populationsstruktur	8
Fortpflanzung	9
Biomasseabschätzung	9
2.2 Experimente	11
2.2.1 Fang und Vorbereitung	11
2.2.2 Herbivore Ernährung	11
Durchführung	11
Auswertung	12
2.2.3 Carnivore Ernährung	13
Durchführung	13
2.3 Proben zur Kohlenstoff-Analyse	13
Probennahme	13
Messung	14
Auswertung	14
2.4 Proben für Lipidanalysen	14
2.5 Fortpflanzung	14
3 Das Untersuchungsgebiet	15
3.1 Topographie	15
3.2 Zirkulation	15
3.3 Hydrographie	17
3.4 Eisbedeckung	19
3.5 Phytoplankton	20
4. Ergebnisse	21
4.1 Oithonidae	21
4.1.1 <i>Oithona similis</i>	22
Verbreitung	22
Vertikalverteilung	24
Populationsstruktur	28
Fortpflanzung	30
Zusammenfassung	32
4.1.2 <i>Oithona frigida</i>	34
Verbreitung	34

Vertikalverteilung	36
Populationsstruktur	40
Fortpflanzung	42
Zusammenfassung	42
4.2 Oncaeidae	43
4.2.1 <i>Oncaea curvata</i>	44
Verbreitung	44
Vertikalverteilung	46
Populationsstruktur	50
Fortpflanzung	52
Zusammenfassung	53
4.2.2 <i>Oncaea antarctica</i>	54
Verbreitung	54
Vertikalverteilung	56
Populationsstruktur	60
Fortpflanzung	61
Zusammenfassung	63
4.2.3 <i>Oncaea parila</i>	63
Verbreitung	63
Vertikalverteilung	65
Populationsstruktur	69
Fortpflanzung	70
Zusammenfassung	71
4.3 Ernährung von <i>Oncaea curvata</i>	72
4.3.1 Kohlenstoffmessung	72
4.3.2 Herbivore Ernährung	72
Diatomeen	72
Flagellaten	76
<i>Phaeocystis</i> -Blüte	80
4.3.3 Carnivore Ernährung	82
4.3.4 Lipidzusammensetzung von <i>Oncaea curvata</i>	84
4.3.5 Zusammenfassung	85
5 Diskussion	86
5.1 Abundanz und Biomasse	86
5.1.1 Oithonidae	86
5.1.2 Oncaeidae	88
5.2 Verbreitung	89
5.3 Vertikalverteilung	91
5.3.1 Oithonidae	91
5.3.2 Oncaeidae	94
5.4 Ernährung von <i>Oncaea curvata</i>	97
5.5 Lebenszyklen und Fortpflanzung	100
5.5.1 Oithonidae	102
<i>Oithona similis</i>	102
<i>Oithona frigida</i>	106
5.5.2 Oncaeidae	109
<i>Oncaea curvata</i>	109
<i>Oncaea antarctica</i>	113
<i>Oncaea parila</i>	114
5.5.3 Schlußfolgerungen	115
Danksagung	116
Literaturverzeichnis	117

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Lebensstrategien der dominanten Oithonidae und Oncaeidae der Antarktis. Dabei wird besonders auf ihre Verbreitung und Häufigkeit, ihre Ernährung und ihre Lebenszyklen und Fortpflanzungsstrategien eingegangen.

Das Material wurde während zwei Antarktis-Expeditionen im Südsommer (Februar 1994) und Südherbst (April 1995) mit FS "Polarstern" im Bellingshausenmeer gesammelt. Mit dem Multinetz (55 µm Maschenweite) wurden jeweils auf einem Schnitt vom Ozean zum Schelf tiefenstratifizierte Proben von 1000 m oder vom Meeresboden bis zur Oberfläche genommen. Zusätzlich standen Proben des British Antarctic Survey vom Südfrühjahr (November/Dezember 1992) aus den oberen 100 m bzw. 250 m der Wassersäule von einem WP2-Netz-Schnitt aus dem gleichen Gebiet zur Verfügung. Die Proben wurden hinsichtlich der Abundanzen ($n \text{ m}^{-3}$), Individuenbestände ($n \text{ m}^{-2}$), Biomasse der Population, Populationsstruktur und Fortpflanzung der dominanten Oithonidae und Oncaeidae untersucht. Zur Ernährung der dominanten Art *Oncaea curvata* wurden an Bord FS "Polarstern" Experimente durchgeführt. Herbivorie wurde mit 24stündigen Inkubationen von *O. curvata* Weibchen und Phytoplankton-Kulturen auf einem langsam rotierenden Ferris-Wheel bei 0°C getestet. Als Nahrung wurden eine Reinkultur der Diatomee *Porosira pseudodenticulata*, eine Eisalgen-Kultur (vor allem pennate Diatomeen), eine Reinkultur des Dinoflagellaten *Prorocentrum redfieldii* oder des Prymnesiophyten *Phaeocystis* cf. *pouchetii* oder eine Kultur einer natürlichen *Phaeocystis*-Blüte angeboten. Carnivorie wurde durch gemeinsame Hälterung von *O. curvata* Weibchen mit verschiedenen Stadien calanoider Copepoden (Nauplien, juvenile Copepodite und Adulte) untersucht.

Verbreitung

Im südlichen Bellingshausenmeer waren in den oberen 1000 m der Wassersäule die beiden Oithonidae *Oithona similis* und *O. frigida* und die Oncaeidae *Oncaea curvata*, *O. antarctica* und *O. parila* dominant. Es zeigte sich, daß diese kleinwüchsigen Arten um Größenordnungen höhere Abundanzen als die calanoiden Arten aufwiesen und vergleichbare Populations-Biomassen wie diese erreichten. Von den Oithonidae dominierte die epipelagische *O. similis* deutlich auf jeder Station. *O. curvata* war bezüglich der Abundanzen und Individuenbestände die dominante Oncaeidae. Über dem antarktischen Schelf dominierte sie auch in Hinblick auf Biomasse den gesamten Copepodenbestand. Dort hatte

von den untersuchten Arten nur *O. curvata* große Bestände. Weiter im Norden machte die vergleichsweise große *O. antarctica* den größten Anteil an der Biomasse der Oncaeidae aus. Alle untersuchten Arten, außer *O. curvata*, waren im vom Antarktischen Zirkumpolarstrom beeinflussten Norden des Untersuchungsgebietes wesentlich häufiger und erreichten dort höhere Populations-Biomassen als in der Ostwinddrift im Süden. Die Verbreitung der Oithonidae und Oncaeidae im südlichen Bellingshausenmeer wird hauptsächlich durch das Strömungssystem bestimmt.

Vertikalverteilung

Die Oithonidae und die Oncaeidae wiesen stufenförmige Vertikalverteilungen auf, die vermutlich der Konkurrenzvermeidung zwischen ähnlichen Arten dienen. So ist *O. similis* epipelagisch und *O. frigida* mesopelagisch. Obwohl *O. similis* wesentlich höhere Bestände auf jeder Station hatte, war *O. frigida* unterhalb der Thermokline häufiger. Wo sich die Vertikalverteilung beider Arten überschneidet, kamen in der Regel juvenile *O. frigida* zusammen mit adulten *O. similis* vor. Von den Oncaeidae lebte *O. curvata* in geringsten Tiefen, gefolgt von *O. antarctica*. *O. parila* lebte am tiefsten. Auf dem Schelf wurden von dieser ozeanischen Art hauptsächlich verdriftete Juvenile gefunden.

Alle untersuchten Arten führten ontogenetische Vertikalwanderungen durch. Weibchen mit Eiern wurden in tiefen Wasserschichten angetroffen, was der Vermeidung von Räubern oder dem Aufsuchen wärmerer Wasserschichten zur schnelleren Entwicklung der Eier dienen könnte. Die Juvenilen wanderten im Laufe ihrer Entwicklung nach oben. In der Regel lebten die mittleren Copepoditstadien in Oberflächennähe, wo sie das größte Nahrungsangebot vorfanden. Die älteren Copepoditstadien und Adulten hielten sich wieder in tieferen Wasserschichten auf. Besonders deutlich wurde diese Wanderung bei *O. frigida* und *O. curvata* nachgewiesen.

Ernährung von *Oncaea curvata*

Die Experimente zeigten, daß *O. curvata* Weibchen nicht räuberisch sind und bewegliche Nahrung (Copepoden oder Flagellaten) nicht fressen. Diatomeen bildeten dagegen eine akzeptable Nahrung. Die tägliche Kohlenstoffaufnahme betrug bei natürlichen Chlorophyll *a*-Konzentrationen etwa 2%-26% ihres Körper-Kohlenstoffs. Von der *Phaeocystis* cf. *pouchetii*-Kultur wurden bei natürlichen Chlorophyll *a*-Konzentrationen bis zu 18% des Körper-Kohlenstoffs und von der *Phaeocystis*-Blüte, mit teilweise von Diatomeen oder anderen Flagellaten besiedelten gelatinösen Kolonien, bis zu 35% des Körper-Kohlenstoffs täglich aufgenommen. Bei einer Ernährung mit *Phaeocystis*-Blüte

wurden bei hohen Konzentrationen auch die höchsten Ingestionsraten von etwa 300% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag gemessen. *O. curvata* bevorzugt große, unbewegliche Nahrungspartikel, wie z. B. Aggregate, und ist nicht auf Phytoplankton angewiesen. Lipidanalysen bestätigten, daß sich diese Art vermutlich von Detritus ernährt.

Lebenszyklen

Die Generationszeiten der Oithonidae und Oncaidae waren im Bellingshausenmeer etwa so lang wie die calanoider Copepoden. Die Populationsstrukturen wiesen auf etwa einjährige Lebenszyklen im Antarktischen Zirkumpolarstrom und auf ein- bis zweijährige Lebenszyklen in der Ostwinddrift hin. Für alle Arten lassen sich für den Zeitraum zwischen Frühjahr bzw. Sommer und Herbst Entwicklungszeiten für Nauplien von etwa 6-10 Tagen und für Copepodite von etwa 14-28 Tagen abschätzen.

Typisch für die Oithonidae und Oncaidae ist eine lange Fortpflanzungs-Saison. Möglicherweise fand Eiproduktion in geringem Maße ganzjährig statt. Alle Stadien kamen das ganze Jahr über nebeneinander vor. Dadurch sind keine klar abgegrenzten Kohorten in der Population zu erkennen. Anhand der Populationsstrukturen läßt sich jedoch jeweils eine mehr oder weniger deutliche Phase verstärkter Fortpflanzung zu bestimmten Jahreszeiten bestimmen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, daß *Oithona similis* bereits vor dem Einsetzen der Frühjahrsblüte Eier legt. Im Antarktischen Zirkumpolarstrom entwickelt sich die neue Generation bis zum Sommer zu Adulten, die möglicherweise schon im gleichen Jahr mit der Eiproduktion beginnen. Damit hätte *O. similis* von allen untersuchten Arten die kürzeste Generationszeit (weniger als 1 Jahr). In der Ostwinddrift ist die Entwicklung verzögert und kann aufgrund der kürzeren Sommer-Bedingungen nicht so weit fortschreiten.

Im Antarktischen Zirkumpolarstrom liegt die Haupt-Fortpflanzungszeit von *Oithona frigida* vermutlich erst im Frühjahr. Die neue Generation erreicht bis zum Herbst das letzte Copepoditstadium, so daß der gesamte Lebenszyklus wahrscheinlich ein Jahr dauert. In der Ostwinddrift findet der Großteil der Eiproduktion erst im Sommer statt, was die Entwicklung der Population verzögert. Möglicherweise leben die Weibchen dieser Art besonders lange und pflanzen sich zwei Jahre lang fort.

Oncaea curvata scheint sich im Antarktischen Zirkumpolarstrom wie *O. similis* schon vor der Frühjahrsblüte fortzupflanzen. Die Adulten der neuen Generation treten verstärkt im Herbst auf, was auf einen einjährigen Lebenszyklus hindeutet. In der Ostwinddrift scheint der Lebenszyklus dieser Art dagegen 1,5-2 Jahre zu dauern. Aufgrund stark überlappender Generationen liegt eine sehr gleichmäßige

Stadienverteilung vor. Auch bei *O. curvata* ist die Entwicklung in diesem Strömungssystem wahrscheinlich verzögert.

Oncaea antarctica weicht in ihrem Entwicklungsmuster stärker von den anderen Arten ab. Vermutlich liegt ihre Haupt-Fortpflanzungszeit im Antarktischen Zirkumpolarstrom im Herbst, so daß bei einer langsamen Entwicklung der Juvenilen die jungen Copepodite im Frühjahr auftreten. Das würde einem einjährigen Lebenszyklus entsprechen. In der Ostwinddrift deutet die Populationsstruktur auf eine verstärkte Fortpflanzung im Frühjahr hin.

Die Ergebnisse für *Oncaea parila* sind nicht deutlich genug, um einen Lebenszyklus abzuleiten. Die Adulten scheinen jedoch besonders langlebig zu sein.

Obwohl sich die Oithonidae und die Oncaeidae nicht rein herbivor ernähren, scheinen ihre Lebenszyklen doch an die Saisonalität des Phytoplanktons in ihrem Habitat angepaßt zu sein. Die Juvenilen sind während der Zeit hoher Phytoplankton-Konzentrationen besonders häufig. Es ist nicht bekannt, ob sie in dieser Zeit vor allem das Phytoplankton als Nahrung nutzen oder ob Detritus einen großen Teil ihrer Nahrung ausmacht.

Summary

The present study deals with the life cycle strategies of the dominant Antarctic oithonids and oncaeids. It focuses on their distribution and abundance, their feeding and their life cycles and reproduction strategies.

The material was collected during two expeditions to the Bellingshausen Sea, Antarctica, in austral summer (February 1994) and austral autumn (April 1995) with RV "Polarstern". Depth stratified samples were taken on transects from the open ocean onto the shelf with the Multinet (mesh size 55 µm) from 1000 m depth or the sea bed to the surface. Additionally, the British Antarctic Survey provided samples taken on a transect in the same area with a WP-2 net in austral spring (November/December 1992) in the upper 100 m or 250 m, respectively. The samples were analysed with regard to abundance ($n\ m^{-3}$), stock of individuals ($n\ m^{-2}$), biomass of the population, population structure and reproduction of the dominant oithonids and oncaeids. Concerning the feeding of the dominant species *Oncaea curvata*, experiments were conducted aboard RV "Polarstern". Herbivory was tested in 24 hour incubations of *O. curvata* females with phytoplankton cultures on a slowly rotating ferris wheel at 0°C. Cultures of the diatom *Porosira pseudodenticulata*, of ice algae (consisting

mainly of pennate diatoms), of the dinoflagellate *Prorocentrum redfieldii*, of the prymnesiophyte *Phaeocystis* cf. *pouchetii*, or of a natural *Phaeocystis*-bloom were offered as food. Carnivory of *O. curvata* females was investigated with various stages of calanoid copepods (nauplii, juveniles and adults) as food.

Distribution

The two oithonids *Oithona similis* and *O. frigida*, and the oncaeids *Oncaea curvata*, *O. antarctica* and *O. parila* dominated the upper 1000 m of the water column in the southern Bellingshausen Sea. These small species were orders of magnitude more abundant than calanoid species and their population biomasses were similar to those of calanoids. The epipelagic *Oithona similis* was the dominant oithonid on every station. *Oncaea curvata* dominated the oncaeids in terms of numbers. Over the Antarctic shelf this species dominated the whole copepod community in terms of biomass. Of all investigated species, only *O. curvata* had a high stock of individuals in this area. Further north the larger *O. antarctica* comprised most of the oncaeid biomass. All investigated species, with the exception of *O. curvata*, were much more abundant and reached higher biomass in the north of the investigation area, influenced by the Antarctic Circumpolar Current, than in the Eastwind Drift in the south. The distribution of the oithonids and oncaeids in the southern Bellingshausen Sea is mainly influenced by the currents.

Vertical Distribution

The oithonid and oncaeid species differed in vertical distribution, which possibly reduces competition between similar species. Accordingly, *O. similis* was epipelagic and *O. frigida* mesopelagic. Although *O. similis* had higher stocks on every station, *O. frigida* dominated below the thermocline. Where there was an overlap in the vertical distribution of the two species, generally juvenile *O. frigida* were found together with adult *O. similis*. Of the oncaeids *O. curvata* lived nearest the surface and *O. parila* deepest. *O. antarctica* occupied an intermediate position. Only advected juveniles of *O. parila* were found over the shelf.

All investigated species conducted ontogenetic migrations. Females with egg sacks were caught deepest, which might serve as predator avoidance or to bring the eggs into warmer water to speed their development. The juveniles ascended during their development. Generally, the middle copepodid stages were found closest to the surface, where most food was available. Older copepodites and adults were located progressively deeper. This migration was most clearly evident for *O. frigida* and *O. curvata*.

Feeding of *Oncaea curvata*

The experiments show that *O. curvata* females are not carnivorous and do not feed on motile food (copepods or flagellates). Diatoms were acceptable food. The daily carbon uptake amounted to 2%-26% of their body carbon at natural Chlorophyll *a* concentrations. Up to 18% of their body carbon were ingested daily from the *Phaeocystis* cf. *pouchetii*-culture at natural concentrations, and up to 35% from the *Phaeocystis*-bloom, which consisted of gelatinous colonies with diatoms and other flagellates. The highest ingestion rates of about 300% of their body carbon per day were also measured with a diet of *Phaeocystis*-bloom at higher than ambient concentrations. *O. curvata* prefers large, non-motile food particles such as aggregates, and is not restricted to phytoplankton. Lipid analyses confirm that this species probably feeds on detritus.

Life Cycles

The generation times of oithonids and oncaeids in the Bellingshausen Sea were about as long as those of calanoid species. The population structures indicated one-year life cycles in the Antarctic Circumpolar Current and one- to two-year life cycles in the East Wind Drift. For all species developmental times of 6-10 days for nauplii and 14-28 days for copepodites could be estimated from the age structures between spring or summer, respectively, and autumn.

Typical for oithonids and oncaeids is a prolonged reproduction time. Possibly, eggs were produced at low rates during the whole year. All stages were found during the 3 study periods. Therefore no clear cohorts were obvious in the populations. According to the population structures a more or less distinct phase of increased reproduction was recognizable for the species.

This study suggests that *Oithona similis* is a pre-bloom spawner. In the Antarctic Circumpolar Current the new generation develops until summer to adults, which might reproduce already within the first year. Therefore, *O. similis* has the shortest life cycle of all investigated species (<1 year). In the East Wind Drift the development is delayed and cannot proceed as far, because of the shorter summer conditions.

In the Antarctic Circumpolar Current the main reproduction time of *Oithona frigida* is probably in spring. The new generation reaches the last copepodid stage in autumn, so that the whole life cycle takes a year to complete. In the East Wind Drift most of the eggs are not produced until summer, which delays the development of the population. Possibly, the females of this species reproduce during for years.

Oncaea curvata seems to be a pre-bloom spawner in the Antarctic Circumpolar Current like *Oithona similis*. The adults of the new generation appear mainly in

autumn, which indicates a one-year life cycle. However the life cycle of this species seems to take 1.5-2 years in the East Wind Drift. The strongly overlapping generations result in a homogenous stage distribution. The population development of *O. curvata* is probably also delayed in this region.

Oncaea antarctica differs from the other species in its population development from the other species. In the Antarctic Circumpolar Current the main reproduction probably takes place in autumn. Slow development of the juveniles during winter might be the reason for a peak of young copepodites in spring. A one-year life cycle is most likely. The population structure indicates an increased reproduction in spring in the East Wind Drift.

The results for *Oncaea parila* are not clear enough to derive its life cycle. However, the adults seem to be very long lived.

Although the oithonids and oncaeids are not purely herbivorous, their life cycles seem to be coupled to seasonality of the phytoplankton in their habitat. The juveniles are most abundant during times of high phytoplankton concentrations. It is unknown whether they utilize mainly phytoplankton as food during this time or whether detritus comprises a large part of their diet.

1 Einleitung

Die Copepoden der Gattungen *Oithona* (Cyclopoida, Copepoda) und *Oncaea* (Poecilostomatoida, Copepoda) kommen weltweit in hohen Abundanzen vor. Sie leben im Ozean von den Tropen bis zu den Polargebieten und in den verschiedensten Lebensräumen vom Flachwasser bis in die Tiefsee (z. B. Turner und Dagg 1983, Nishida 1985, Schnack et al. 1985, Böttger-Schnack 1990, Paffenhöfer 1993). Oithonidae findet man darüber hinaus auch im Brackwasser und im Süßwasser (Wellershaus und Soltanpour-Gargani 1991). Sehr oft dominieren sie zahlenmäßig das Metazooplankton. Trotzdem wurden diese Tiere bei der bisherigen Untersuchung des ozeanischen Planktons vernachlässigt. Es gibt nur wenige Arbeiten, die sich mit den Oithonidae, und noch weniger, die sich mit den Oncaeidae beschäftigen. Meist werden sie zusammengefaßt am Rande als "cyclopoide Copepoden" erwähnt. Dies hat zum einen seinen Grund in der Probennahme, die sich häufig auf das Epipelagial beschränkt, wo auch andere Planktongruppen häufig sind, zum anderen in der geringen Größe der Oithonidae und Oncaeidae. In der Regel sind diese Tiere als Adulte nur etwa 1 mm lang, viele Arten sogar bedeutend kleiner. Durch den Einsatz von Planktonnetzen mit Maschenweiten von mehr als 100 µm werden sie oft nicht quantitativ gefangen und ihre Abundanzen dementsprechend unterschätzt (Böttger 1987).

Gerade ihre geringe Größe und hohe Abundanz weist ihnen vermutlich eine bedeutende Rolle im Nahrungsgefüge der planktischen Lebensgemeinschaften zu. Sie sind eine ideale Beute für Fischlarven (Kellermann 1987) und andere planktische Räuber, wie z. B. die calanoiden Copepoden *Euchaeta* sp. (Øresland und Ward 1993) und Chaetognathen (Øresland 1990). Auch kleine, fakultativ carnivore oder omnivore Organismen nutzen die Oithonidae und Oncaeidae (Metz und Schnack-Schiel 1995).

Es gibt bisher nur wenige experimentelle Untersuchungen, die sich mit der Lebensweise dieser Gattungen beschäftigen. Die Oithonidae gelten danach als carnivor (Lampitt 1978) oder aufgrund von Magen- und Kotballenuntersuchungen als herbivor (Turner 1986, Hopkins und Torres 1988). Sie sind möglicherweise in der Lage, ein weites Nahrungsspektrum von kleinen Algen (<10 µm) bis zu großen Copepodennauplien (300 µm) aufzunehmen (Lampitt and Gamble 1982).

Ihre Eiproduktion ist der von eitragenden Calanoida vergleichbar (Paffenhöfer 1993, Sabatini und Kiørboe 1994). Die Fortpflanzung scheint über einen längeren Zeitraum als die der Calanoida stattzufinden (Paffenhöfer 1993) oder

sogar ganzjährig zu erfolgen (Sabatini und Kiørboe 1994), was der Grund für eine stabile Populationsstruktur und ein weites Stadienspektrum sein könnte. Die ontogenetische Entwicklung der Oithonidae verläuft sehr langsam. Fransz (1988) gibt eine mittlere Stadiendauer von sieben Tagen für *Oithona similis*-Nauplien und von 33 bis 100 Tagen für *Oithona similis*-Copepodite im Weddellmeer an. Die Oncaeidae sind noch weniger untersucht als die Oithonidae. Hinsichtlich ihrer Ernährung fanden Hopkins und Torres (1988) Diatomeenreste in den Mägen, und Turner (1986) schließt aus Kotballenuntersuchungen auf eine omnivore Ernährung. Wickstead (1962) beschreibt für *Oncaea* eine greifende Ernährungsweise, entweder als Räuber oder als Semiparasit/Ektoparasit auf größeren Zooplanktern. Experimentell hat bis jetzt nur Paffenhöfer (1993) mit *Oncaea* gearbeitet. Seine Daten lassen auf eine omnivore Ernährung schließen. Böttger-Schnack et al. (1989) berichten aus dem Roten Meer von einer ganzjährigen Fortpflanzung von *Oncaea*. Sie vermuten anhand unterschiedlicher Geschlechter-Verhältnisse und Eiproduktionsraten bei verschiedenen Arten der Oncaeidae, je nach Größe der Art, unterschiedliche Fortpflanzungsstrategien. Die Entwicklung von *Oncaea curvata* verläuft im Weddellmeer nach Angaben von Fransz (1988) noch langsamer als die von *Oithona similis*.

Auch in der Antarktis wurden bisher hauptsächlich calanoide Copepoden untersucht, obwohl der zahlenmäßige Anteil der Oithonidae und Oncaeidae an der Copepodenpopulation mit 40% bis 80% sehr hoch ist (Schnack et al. 1985). Es gibt nur wenige Arbeiten aus dem Südpolarmeer über die Verteilung, Ernährung und Fortpflanzung dieser Gattungen. Sie betreffen vor allem die weltweit verbreitete Art *Oithona similis* (Hopkins 1985, 1987, Fransz 1988).

Mit der vorliegenden Arbeit soll die Lebensweise der Oithonidae, *Oithona similis* und *O. frigida*, und der dominanten Oncaeidae der Antarktis, *Oncaea curvata*, *O. antarctica* und *O. parila*, untersucht werden. Dabei stehen folgende Fragenkomplexe im Vordergrund:

Wie ist die horizontale und vertikale Verbreitung der Arten in der Hochantarktis zu verschiedenen Jahreszeiten? Wie häufig sind sie, und wie groß ist die Biomasse der Populationen im Untersuchungsgebiet? Welche Umweltfaktoren beeinflussen die Verbreitung?

Wie sehen die Lebenszyklen der verschiedenen Arten aus, und durch welche Faktoren werden sie beeinflusst? Welche Populationsstruktur haben die Arten? Wie verändert sie sich im Laufe des Jahres? Wann findet die Fortpflanzung statt? Wie lange dauert sie, und wie hoch ist die Eiproduktionsrate?

Welche Nahrung nutzt die endemische Art *Oncaea curvata*? Wie hoch ist ihre Freßrate unter verschiedenen Bedingungen?

Die Beantwortung dieser Fragen bildet die Grundlage für eine Diskussion der Stellung der Oithonidae und Oncaeidae im pelagischen Ökosystem der Antarktis und ihrer Anpassungen an die starke Saisonalität des Nahrungsangebotes. Die Analyse der Ernährungsweise und der Reproduktionsraten der dominanten Oithonidae und Oncaeidae ist dafür besonders wichtig, da Copepoden vielfach den größten Anteil an der Sekundärproduktion in antarktischen Gewässern haben.

2 Material und Methoden

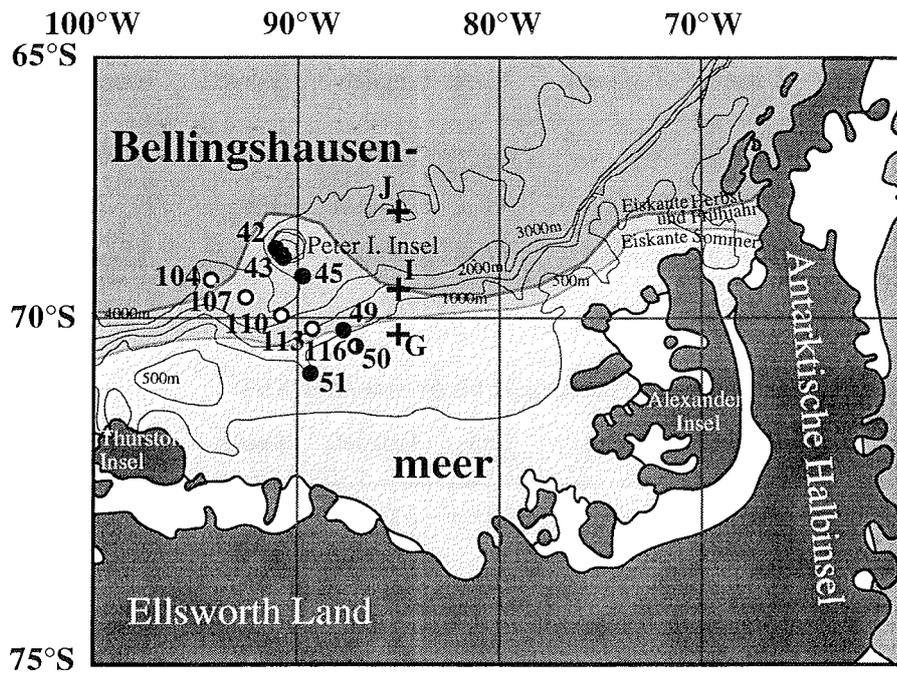
2.1 Planktonproben

2.1.1 Probennahme

Während der Sommer-Expedition ANT XI/3 mit FS "Polarstern" wurde im Februar 1994 ein Schnitt mit sechs Stationen im südlichen Bellingshausenmeer gemacht. Er reichte vom Schelf der Peter I.-Insel bis auf den Schelf des antarktischen Kontinents. Die Proben wurden mit dem Multinetz (Maschenweite 55 μm , Hievgeschwindigkeit 0,5 ms^{-1}) genommen. Im antarktischen Herbst (April) 1995 wurden das Multinetz während ANT XII/4 mit FS "Polarstern" eingesetzt. Die Proben wurden auf einem Schnitt mit fünf Stationen im Gebiet südwestlich bis südlich der Peter I.-Insel gesammelt und decken das Gebiet vom Ozean bis auf den antarktischen Schelf ab (Abb. 2.1).

Pro Station wurden mit einem Hol fünf tiefenstratifizierte Proben von 1000 m Tiefe bzw. vom Meeresboden bis zur Oberfläche gewonnen (Tabelle 2.1 b+c). Für alle Hols wird eine Filtereffizienz von 100% angenommen. Die filtrierte Volumina der einzelnen Proben wurden durch Multiplikation der Netzöffnung (0,25 m^2) mit dem Fangtiefen-Intervall des jeweiligen Netzes berechnet.

Zusätzlich wurden von A. Atkinson (British Antarctic Survey) Planktonproben aus dem antarktischen Frühjahr (November/Dezember) 1992 für die Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Sie wurden im Bellingshausenmeer auf einem Schnitt auf 85°W vom Schelf bis in den offenen Ozean mit einem WP2-Netz (Netzöffnung 0,196 m^2 , Maschenweite 50 μm) genommen (Abb. 2.1). Diese Proben stammen nur aus den oberen 100 m bzw. 250 m (Tabelle 2.1 a) und wurden nur für die Untersuchung von *Oithona similis* herangezogen. Die Populationen der anderen untersuchten Arten wurden mit der Probennahme nicht vollständig erfaßt. Das filtrierte Volumen wurde jeweils durch Multiplikation der Netzöffnung mit der Fangtiefe errechnet.



Stationen:

● Sommer ○ Herbst + Frühjahr

90-100% Eisbedeckung:

□ Sommer □ Herbst und Frühjahr



Abb. 2.1: Das Untersuchungsgebiet südliches Bellingshausenmeer mit Lage der Stationen (Frühjahr: G-J, Sommer: 42-51, Herbst: 104-116) und der jeweiligen Eisbedeckung. Die 500 m-, 1000 m-, 2000 m-, 3000 m- und 4000 m-Isobathen sind eingetragen (nach H. Grobe, AWI).

Tabelle 2.1 a: WP2-Netz-Stationen G, I und J von JCR 02

Station geogr. Breite	Datum	Tageszeit	Tiefe	Fangtiefe	Gebiet	Bemerkungen
G 70°16,4'S	18.11.92	Tag	623 m	250-0 m	Schelf	9/10 Eis
I 69°34,7'S	02.12.92	Tag	1390 m	100-0 m	Hang	Eisschollen
J 68°15,8'S	04.12.92	Nacht	3770 m	100-0 m	Ozean	offenes Wasser

Tabelle 2.1 b: Multinetz-Stationen 42 bis 51 von ANT XI/3

Station geogr. Breite	Datum	Tageszeit	Tiefe	Fangtiefe	Gebiet	Bemerkungen
42 68°51,1'S	15.02.94	Tag	270 m	200- 150 m 150- 100 m 100- 50 m 50- 20 m 20- 0 m	Schelf Peter I. Insel	Eisberge, offenes Wasser
43 68°59,3'S	16.02.94	Nacht	1700 m	1000- 500 m 500- 300 m 300- 200 m 200- 50 m 50- 0 m	Hang Peter I. Insel	Eisberge, offenes Wasser
45 69°20,3'S	16.02.94	Tag	3780 m	1000- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Ozean	Eisberge, offenes Wasser
49 70°16,1'S	17.02.94	Nacht	1240 m	1000- 500 m 500- 300 m 300- 200 m 200- 50 m 50- 0 m	Hang antarkt. Kontinent	7/10 Eisbedeckung
50 70°51,5'S	18.02.94	Morgen- dämmerung	670 m	600- 400 m 400- 300 m 300- 200 m 200- 50 m 50- 0 m	Schelf antarkt. Kontinent	7/10 Eisbedeckung
51 70°56,6'S	18.02.94	Tag	550 m	500- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Schelf antarkt. Kontinent	9/10 Eisbedeckung Neueis

Tabelle 2.1 c: Multinetz-Stationen 104 bis 106 von ANF XII/4

Station geogr. Breite	Datum	Tageszeit	Tiefe	Fangtiefe	Gebiet	Bemerkungen
104 69°24,6'S	12.04.95	Tag	3672 m	1000- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Ozean	einzelne Eisschollen und Eisberge
107 69°40,5'S	12.04.95	Nacht	3874 m	1000- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Ozean	5/10 Eisbedeckung Eisfelder
110 69°57,7'S	13.04.95	Nacht	3743 m	1000- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Ozean	10/10 Eisbedeckung
113 70°12,9'S	13.04.95	Nacht	2233 m	1000- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 50 m 50- 0 m	Hang antarkt. Kontinent	10/10 Eisbedeckung
116 70°30,5'S	13.04.95	Tag	666 m	600- 400 m 400- 300 m 300- 200 m 200- 100 m 100- 0 m	Schelf antarkt. Kontinent	6/10 Eisbedeckung Eisfelder

2.1.2 Bearbeitung

Die Planktonproben wurden mit Borax-gepuffertem 4%igem Formol fixiert. Im AWI wurden die Proben oder Unterproben (1/2 bis 1/64) unter einem Wild M10-Stereomikroskop bei Vergrößerungen von 25x bis 80x nach Arten und Entwicklungsstadien (Copepodite I bis V, sowie Weibchen und Männchen) sortiert und ausgezählt. Die Bestimmung der Arten erfolgte nach Nishida (1985) und Rosendorn (1917) für die Oithonidae und nach Heron (1977) für die Oncaeidae. Mindestens 50 Individuen eines jeden Stadiums jeder Art wurden in den Proben oder Unterproben gezählt und die Zahl der Weibchen mit angehefteten Spermatothecen oder Eisäcken als Maß für die Fortpflanzungsaktivität festgestellt. War ein Entwicklungsstadium sehr selten, wurden ausnahmsweise weniger Individuen bearbeitet. Dies traf immer auf die Männchen

der Oithonidae zu. Arten der Oncaeidae, die ihr Hauptverbreitungsgebiet unterhalb 1000 m Tiefe haben, und seltene Arten wurden nicht bearbeitet.

An Individuen aller Arten und ihrer Stadien von der Herbst-Station 104 wurden die Prosoma-Längen bei 40facher Vergrößerung mit einer Skaleneinteilung von 25,4 µm gemessen. Die Individuen stammten aus verschiedenen Tiefen ihres jeweiligen Hauptvorkommens und wurden zufallsmäßig aus den Proben entnommen.

2.1.3 Auswertung

Verbreitung und Abundanz

Die Individuenzahlen pro Probe für die Arten und ihre einzelnen Entwicklungsstadien wurden in Abundanzen ($n \text{ m}^{-3}$) umgerechnet, um eine Vergleichbarkeit der Proben zu gewährleisten. Desgleichen wurden die Individuenbestände ($n \text{ m}^{-2}$) der Stationen aus den Individuenzahlen pro Hol ermittelt. Um die Tiefenverteilung der Arten und ihrer Altersstadien leichter vergleichen zu können, wurde die jeweilige mittlere Tiefe der Verteilung (D) nach Roe et al. (1984) berechnet:

$$D = (\sum n_i d_i) (\sum n_i)^{-1}$$

wobei d_i die mittlere Tiefe der Probe i und n_i die Anzahl der Tiere in Probe i ist. Außerdem wurde die relative Häufigkeit (%) der Stadien jeder Art in den verschiedenen Tiefen der einzelnen Stationen berechnet.

Populationsstruktur

Die prozentualen Anteile einzelner Entwicklungsstadien an den Populationen der Arten ergaben sich aus den berechneten Abundanzen der einzelnen Tiefen und den Individuenbeständen der gesamten Stationen. Das mittlere Populationsstadium S für die einzelnen Stationen wurde wie folgt berechnet (Marín 1987):

$$S = (1cI+2cII+3cIII+4cIV+5cV+6cVI) N^{-1}$$

wobei cI, cII, \dots, cVI die Abundanzen der jeweiligen Copepoditstadien einer Art pro Station sind und N die Gesamt-Abundanz der jeweiligen Art pro Station ist.

Fortpflanzung

Die Abundanzen der Weibchen mit angehefteten Spermatophoren oder Eisäcken ($n\ m^{-3}$) wurden aus ihrer Häufigkeit pro Probe, sowie ihre Individuenbestände ($n\ m^{-2}$) aus ihrer Häufigkeit pro Hol berechnet. Daraus und aus den Abundanzen der Weibchen konnte der prozentuale Anteil sich fortpflanzender Weibchen an der Gesamtzahl der Weibchen ermittelt werden. Die Eier pro Eisack wurden gezählt (außer bei *Oncaea antarctica*, deren Eisäcke sehr dicht und dunkel sind und aus vergleichsweise vielen Eiern bestehen) und die mittlere Eizahl pro Weibchen berechnet.

Biomasseabschätzung

Nassogne (1972 in Franz 1988) fand folgende Längen-Gewichtsbeziehungen für *Oithona similis* (*O. helgolandica*) und *Oncaea* sp. aus dem Mittelmeer:

$$Oithona\ similis: \quad TG = 0,43 L^{0,9}$$

$$Oncaea\ sp.: \quad TG = 0,11 L^{3,11}$$

Dabei ist TG das Trockengewicht in μg und L die jeweilige Prosoma-Länge in 100 μm -Einheiten. Diese Beziehungen wurden für eine grobe Biomasseabschätzung in der vorliegenden Arbeit übernommen. Zur Berechnung der mittleren Trockengewichte der einzelnen Stadien jeder Art wurden die jeweiligen mittleren Prosoma-Längen aus Längenmessungen herangezogen (Tabelle 2.2). Die Multiplikation mit den entsprechenden Individuenzahlen und die Addition der einzelnen Stadien-Biomassen ergab die Biomassen der einzelnen Arten auf den jeweiligen Stationen.

Tabelle 2.2: Prosoma-Längen (μm) für verschiedene Arten und Stadien. Angegeben sind Mittelwert (\bar{x}), Standardabweichung (s) und Stichprobengröße (n). Die Trockengewichte (TG Ind.⁻¹) wurden berechnet nach Nassogne (1972 in Franz 1988).

Art	Copepodit- stadium	Prosoma- Länge / μm			TG Ind. ⁻¹ / μg
		\bar{x}	s	n	
<i>Oithona similis</i>	I	249,4	$\pm 12,7$	22	1,0
	II	301,5	$\pm 20,7$	23	1,2
	III	336,2	$\pm 30,0$	21	1,3
	IV	391,2	$\pm 24,6$	30	1,5
	V	461,0	$\pm 28,9$	20	1,7
	VI-Weibchen	513,9	$\pm 40,9$	30	1,9
	VI-Männchen	491,8	$\pm 23,5$	11	1,8

Tabelle 2.2: Prosoma-Längen (Fortsetzung)

Art	Copepodit- stadium	Prosoma- Länge / μm			TG Ind. ⁻¹ / μg
		\bar{x}	s	n	
<i>Oithona frigida</i>	I	290,7	$\pm 18,5$	9	1,1
	II	338,0	$\pm 23,6$	26	1,3
	III	397,2	$\pm 18,5$	22	1,5
	IV	464,0	$\pm 27,4$	30	1,7
	V	522,4	$\pm 28,0$	30	1,9
	VI-Weibchen	650,6	$\pm 21,6$	26	2,3
	VI-Männchen	466,4	$\pm 28,4$	11	1,7
<i>Oncaea curvata</i>	I	195,4	$\pm 16,0$	13	0,9
	II	211,7	$\pm 14,7$	21	1,1
	III	248,1	$\pm 11,1$	13	1,9
	IV	332,3	$\pm 17,0$	12	4,6
	V-Weibchen	353,1	$\pm 8,0$	10	5,6
	VI-Weibchen	376,8	$\pm 24,1$	30	6,8
	V-Männchen	335,3	$\pm 11,4$	5	4,7
	VI-Männchen	324,3	$\pm 23,8$	30	4,3
<i>Oncaea antarctica</i>	I	189,3	$\pm 17,5$	11	0,8
	II	254,0	-	1	2,0
	III	304,8	$\pm 20,7$	4	3,5
	IV	431,8	$\pm 25,4$	15	10,4
	V-Weibchen	586,7	$\pm 21,6$	20	27,0
	VI-Weibchen	779,8	$\pm 36,0$	20	65,4
	V-Männchen	388,6	$\pm 24,9$	20	7,5
	VI-Männchen	435,6	$\pm 20,6$	20	10,7
<i>Oncaea parila</i>	I	163,3	$\pm 13,0$	14	0,5
	II	190,5	$\pm 18,0$	10	0,8
	III	249,8	$\pm 25,0$	6	1,9
	IV	309,9	$\pm 22,7$	20	3,7
	V-Weibchen	375,6	$\pm 20,4$	14	6,7
	VI-Weibchen	436,9	$\pm 21,2$	20	10,8
	V-Männchen	313,7	$\pm 18,9$	20	3,9
	VI-Männchen	326,4	$\pm 14,9$	20	4,4

2.2 Experimente

2.2.1 Fang und Vorbereitung

Lebende Tiere für Experimente wurden auf beiden Expeditionen im Bellingshausenmeer südlich der Polarfront mit dem Bongo-Netz (Maschenweite 100 μm , Netzöffnung 60 cm Durchmesser) gefangen. *Oncaea curvata*-Weibchen und -Männchen wurden so schnell wie möglich unter einem Wild M3 Stereomikroskop aus dem Fang aussortiert und in 2 l-Gläser mit filtriertem Seewasser und verschiedenen Algenkulturen überführt. Eine Lage Plastikfolie auf der Wasseroberfläche sorgte für ein luftblasenfreies und wasserdichtes Verschießen der Hälterungsgefäße beim Verschrauben der Deckel. Zur Gewöhnung der Tiere an Laborbedingungen mit 0°C und Dauer-Dämmerlicht wurden die Flaschen mit den Tieren auf einem Planktonrad ("Ferris Wheel") befestigt und das Rad mindestens drei Tage bei 0,5 U min^{-1} gedreht, bevor Experimente angesetzt wurden. Die langsame Rotation simuliert Micro-Turbulenzen im Meer und verhindert das Absinken der Algen und Tiere auf den Boden der Gläser. Während der Gewöhnungszeit wurden die Tiere mit den jeweiligen Nahrungsorganismen der späteren Experimente gefüttert.

2.2.2 Herbivore Ernährung

Durchführung

Während ANT XI/3 wurden Versuche mit Reinkulturen der Diatomee *Porosira pseudodenticulata* (Kultur von M. Baumann, AWI), die vor allem in einzelnen Zellen oder als zweizellige Kette vorkommt, und dem Flagellaten *Prorocentrum redfieldii* (Kultur von M. Elbrächter, BAH) durchgeführt. Für weitere Versuche wurden zwei Kulturen aus Wasserproben *in situ* herangezogen. Die Kultur "Eisalgen" wurde von verschiedenen pennaten Diatomeen aus dem Eis beherrscht, die Kultur "Phaeocystis-Blüte" von den gelatinösen Kolonien von *Phaeocystis* sp. Außerdem kamen vor allem große Diatomeenarten in dieser Kultur vor. Während der Herbst-Expedition ANT XII/4 wurde eine Reinkultur von *Phaeocystis* cf. *pouchetii* (Kultur von Linda Medlin, AWI) als Nahrung getestet. Die Phytoplankter wurden an Bord im Kühllabor bei 0°C, bzw. (*Prorocentrum redfieldii*) in einem Inkubations-Kühlschrank bei 5°C, gehältert und bei Dauerlicht in den Nährmedien Drebes (für Diatomeen) und f/2 (für Flagellaten) zu hohen Dichten kultiviert. Um die Algen in der Wachstumsphase zu halten, wurden die Kulturen alle 3-7 Tage mit neuem Medium verdünnt.

Für die Freßversuche mit *Oncaea curvata* Weibchen wurden 0,5 l-Gläser mit Algensuspensionen gefüllt, eine abgezählte Menge Tiere (je nach Algenkonzentration 5-80) zugegeben und, wie oben beschrieben, abgedichtet. Die Versuchsansätze wurden unter Laborbedingungen 24 h auf dem Planktonrad inkubiert. Damit wurde ein Einfluß von tagesperiodischen Schwankungen in der Freßrate auf die Versuche vermieden. Zu Beginn und am Ende jedes Versuches wurden die Phytoplankton-Konzentrationen anhand von Chlorophyll *a*-Messungen mit einem Turner Fluorometer (Evans und O'Reilly, 1983) festgestellt. Die Chlorophyll-Proben wurden dazu auf Whatman GF/C Filter gezogen. Während ANT XI/3 erfolgte die Messung sofort nach dem Versuch an Bord, die Proben von ANT XII/4 wurden bei -20°C eingefroren und 2 Monate später im Labor gemessen. Die Versuche wurden bei Chlorophyll *a*-Konzentrationen von 0,1 bis 25 µg l⁻¹ durchgeführt, um den in verschiedenen Habitaten der Antarktis vorkommenden Konzentrationsbereich abzudecken.

Auswertung

Die Berechnung der mittleren Nahrungskonzentration der Versuchsansätze, Klärungsraten (VSC = "volume swept clear") und Ingestionsraten (I) erfolgte nach den Gleichungen von Frost (1972). Der Begriff Klärungsrate (VSC) bezeichnet das Wasservolumen, aus dem ein Tier pro Tag alle Nahrungspartikel entfernt. I wurde in Kohlenstoff-Einheiten (µg C Weibchen⁻¹ Tag⁻¹) angegeben. Zur Umrechnung von Chlorophyll *a* in Kohlenstoff wurde ein Umrechnungsfaktor von 40 eingesetzt (Lenz 1974). VSC und I wurden in Abhängigkeit von der mittleren Nahrungskonzentration aufgetragen. Für (0,5 µg Chl *a* l⁻¹)-Klassen wurden mittlere VSC und I sowie deren mittlere absolute Abweichung vom Mittelwert (MA) berechnet. MA ist als Dispersionsmaß für Mittelwerte aus wenigen Daten geeigneter als die Standardabweichung (Sachs 1992) und berechnet sich nach folgender Formel:

$$MA = \sum |x_i - \bar{x}| n^{-1}$$

wobei x_i für die einzelnen Meßwerte, \bar{x} für den Mittelwert und n für die Zahl der Werte steht. Die tägliche Kohlenstoffaufnahme in % des Körper-Kohlenstoffgehalts der Weibchen wurde aus der Ingestionsrate und dem gemessenen mittleren Kohlenstoffgehalt der Weibchen von Station 104 (siehe Kapitel 2.3 und Tabelle 4.13) berechnet.

2.2.3 Carnivore Ernährung

Durchführung

Versuche zur carnivoren Ernährungsweise wurden mit calanoiden Copepoden während der Sommer-Expedition durchgeführt. Aus den Bongonetz-Fängen wurden Calanoida-Nauplien sowie Copepodite und Adulte von *Calanus propinquus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas* und *Metridia gerlachei* isoliert und in Bechergläsern mit Algensuspensionen bei 0°C gehältert. Für die Versuche wurde eine bestimmte Anzahl der *Oncaea curvata* Weibchen in 200 ml-Abdampfschalen überführt, die abgezählte calanoide Nauplien oder abgezählte Juvenile oder Adulte der oben angeführten Calanoida in filtriertem Seewasser enthielten (Tabelle 4.14). Die Zahl der Tiere zu Beginn und am Ende der 24stündigen Versuche wurde festgestellt und das Verhalten der Tiere beobachtet. Bei den Versuchen mit calanoiden Copepoditen und Adulten wurden die Versuchsgefäße zusätzlich alle drei Stunden kontrolliert und die Tiere gezählt.

Während des Aussortierens der lebenden Tiere aus den Fängen wurde auf ihr Verhalten bezüglich anderer Organismen in den Proben geachtet. Eine statistische Auswertung der Daten erübrigte sich aufgrund der Homogenität der Ergebnisse.

2.3 Proben zur Kohlenstoff-Analyse

Probennahme

Während der beiden Expeditionen wurde im Bellingshausenmeer südlich der Polarfront ein Bongo-Netz (Maschenweite 100 µm, Netzöffnung 60 cm Durchmesser) eingesetzt, um lebende Tiere in gutem Zustand in großen Mengen zu fangen.

Während der Herbst-Expedition ANT XII/4 konnten von Station 69 (08.04.95, 63°26,7'S, 97°59,8'W, südlich der Polarfront) und Station 104 für die Analyse des Kohlenstoff-Gehalts der Tiere 16 Proben *Oncaea curvata*-Weibchen und 5 Proben *Oncaea curvata*-Männchen gewonnen werden (Tabelle 4.13). Es wurden jeweils 7 bis 20 Tiere pro Probe aus Bongonetz-Fängen aussortiert, zur Reinigung über Nacht in filtriertem Seewasser gehältert und am nächsten Tag mit feinen Pinzetten in kleine Silber-Kapseln überführt. Die Proben wurden an Bord bei -80°C eingefroren.

Messung

Die Messung wurde mit dem EasyQuant Carbon Analyser EQ 92 von H.-J. Hirche am AWI durchgeführt. Das Gerät verbrennt den Kohlenstoff in der Probe und mißt das entstehende CO₂ in einer Meßküvette mit einem hochempfindlichen Zweistrahl-Infrarot-Photometer. Die Eichung des Gerätes erfolgte mit Oxalsäure-Lösungen verschiedener Konzentration.

Auswertung

Die Meßergebnisse wurden mit Hilfe der Eichgerade in Kohlenstoffmengen und diese in Kohlenstoffgehalte pro Tier umgerechnet (Tabelle 4.13). Für die Berechnung der Freßraten wurde nur der Kohlenstoffgehalt der Weibchen von Station 104 herangezogen, da die regionalen Unterschiede gravierend waren und nur diese Tiere aus dem im folgenden behandelten Untersuchungsgebiet stammten.

2.4 Proben für Lipidanalysen

Für die Analyse des Lipidgehalts von *Oncaea curvata* wurde eine Probe mit 200 Tieren während der Sommer-Expedition ANT XI/3 (Station 76, 8.03.94, 69°29,7' S, 92° 42,3' W, 500-0 m) und drei Proben mit je 200 Tieren während der Herbst-Expedition ANT XII/4 (Station 138, 20.04.95, 68°04,2' S, 92°33,4' W, nördlich Peter I. Insel, 500-0 m) gesammelt. Die Tiere wurden vorsichtig aus dem Fang in filtriertes Seewasser überführt, in dem sie für eine Nacht verblieben. Dann wurden die Tiere mit möglichst wenig Wasser mit einer feinen Pasteurpipette in ein Chloroform/Methanol-gespültes, lipidfreies Glasröhrchen mit Schraubverschluß transferiert und bei -80°C eingefroren. Die Analyse und Auswertung der Lipidproben wurde von C. Albers, Arbeitsgruppe G. Kattner, am AWI übernommen.

2.5 Fortpflanzung

Zur experimentellen Bestimmung der Fortpflanzungsrate von *Oncaea curvata* wurden während der Expeditionen Weibchen gehältert. Die Versuche konnten aufgrund der extrem geringen Eiproduktionsrate nicht ausgewertet werden, jedoch wurden Daten zur Fortpflanzung aus den fixierten Multinetz-Proben durch Zählung der eiträgenden Weibchen und ihrer Eizahl erarbeitet (siehe Kapitel 2.1).

3 Das Untersuchungsgebiet

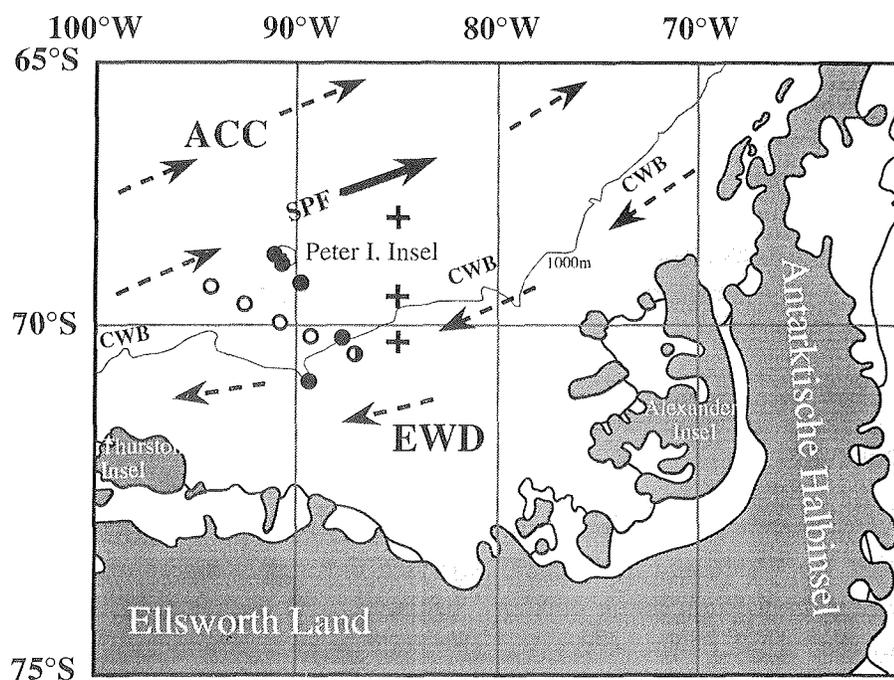
3.1 Topographie

Das Bellingshausenmeer wird im Osten von der Antarktischen Halbinsel und der Alexander-Insel und im Süden vom Antarktischen Kontinent (Gebiet von Ellsworth-Land) begrenzt. Es gibt keine natürliche nördliche oder westliche Grenze. Vom westlich gelegenen Amundsenmeer wird das Bellingshausenmeer auf der Länge der Thurston-Insel bei ungefähr 95°W abgetrennt. Es umfaßt eine Fläche von etwa 774 000 km², ist also fast doppelt so groß wie die Ostsee mit 390 000 km² (Dietrich et al. 1975). Anders als an den meisten anderen Küsten der Antarktis ist der Kontinentalschelf im Bereich des Bellingshausenmeeres mit etwa 150-400 km sehr breit. Er weist eine für den antarktischen Schelf typische Wassertiefe von etwa 500 m auf. Im südlichen Bellingshausenmeer, etwa 200 km nördlich des Kontinentalabhangs, liegt Peter I.-Insel. Das Hauptarbeitsgebiet umfaßte den Nahbereich der Insel, offenen Ozean und Kontinentalschelf-Bereiche (Abb. 2.1).

3.2 Zirkulation

Der "Antarktische Zirkumpolarstrom" (ACC), eine geostrophische Ostströmung, die von der Westwinddrift verstärkt wird und den gesamten Antarktischen Kontinent im Uhrzeigersinn umkreist, beeinflußt das Strömungssystem im Bellingshausenmeer. Dort hat der ACC eine breite Nord-Süd-Ausdehnung (Orsi et al. 1995) von 55°S bis nahe der Schelfkante bei 70°S (Read et al. 1995). Im östlichen Bellingshausenmeer wird er durch die Antarktische Halbinsel nach Norden abgelenkt und in der Drake-Passage auf ein schmales Band mit starken Strömungen komprimiert. In der Südflanke des ACC findet man eine Zone mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten, die bei Orsi et al. (1995) als "südliche ACC-Front" und bei Read et al. (1995) als "südliche Polarfront" (SPF) bezeichnet wird. Im folgenden wird die letzte Bezeichnung übernommen. Diese Front liegt im südlichen Bellingshausenmeer auf der Länge von 84° W bei 67,2°S (Read et al. 1995). Wie in Abb. 3.1 dargestellt, wird sie weiter westlich südlicher angetroffen (88°W: 67,5°S). Südlich der Front ist die ostwärts gerichtete Strömung wesentlich schwächer. An der Front bilden sich wahrscheinlich zyklonische Wirbel, die nach Süden in diese Zone schwacher Strömungen hineingetragen werden (Pollard et al. 1995).

Direkt am Kontinentalabhang und im Bereich des Schelfs wird eine westliche Gegenströmung beobachtet (Hofmann et al. 1992), die sich bis in das südliche Bellingshausenmeer fortsetzt (Abb. 3.1). Solche westlich gerichteten Strömungen südlich 65°S, mit typischen Geschwindigkeiten von 5-10 cm s⁻¹, sind auch von anderen antarktischen Küsten bekannt und werden als "Ostwinddrift" (EWD) bezeichnet (Hellmer und Bersch 1985). Von der ACC wird diese Zone durch eine weitere Front (Read et al. 1995), die "Kontinentale Wassergrenze" (CWB) abgegrenzt (siehe Kapitel 3.3).



Bellingshausenmeer

Stationen:

● Sommer ○ Herbst + Frühjahr



Abb. 3.1: Schema der Zirkulation und Wassermassen im südlichen Bellingshausenmeer. Die 1000 m Isobathe ist eingezeichnet. ACC: Antarktischer Zirkumpolarstrom, CWB: Kontinentale Wassergrenze, EWD: Ostwinddrift, SPF: südliche Polarfront, gestrichelte Pfeile: unsicherer Strömungsverlauf. (nach: U.S. Navy Hydrographic Office 1957, verändert nach Angaben von Read et al. 1995 und Pollard et al. 1995)

Während der Probennahme im Frühjahr lagen die Stationen I und J im Bereich des ACC, jedoch südlich der SPF. Die Station G war von der EWD beeinflusst. Im Sommer lagen die drei nördlichen Stationen des Untersuchungsgebietes bei Peter I.-Insel in der südlichen Flanke des ACC. Es gab Hinweise darauf, daß sie von der Südflanke der SPF beeinflusst waren. Anhand der Ergebnisse der Frühjahrs-Expedition (Read et al. 1995, Pollard et al. 1995) würde man die Front jedoch weiter nördlich erwarten. Die CWB wurde zwischen den Stationen 45 und 49 angetroffen, so daß die drei südlichen Stationen über Kontinentalabhang und Schelf in der EWD lagen. Im Herbst lag die Grenze zwischen ACC und EWD wahrscheinlich zwischen den Stationen 107 und 110 (Abb. 3.1). Eine genaue Festlegung ist jedoch nicht möglich, da für diesen Schnitt nur Temperaturdaten vorliegen. Diese deuten jedoch auf eine Grenze knapp südlich von Station 107 hin (siehe Kapitel 3.3).

3.3 Hydrographie

Die Wassertemperaturen des Antarktischen Ozeans liegen zwischen $-1,8^{\circ}\text{C}$ und $2,5^{\circ}\text{C}$. Die Salzgehalte schwanken zwischen 34,2 in der Oberflächenschicht, dem "Winterwasser" (WW), und 34,8 in tieferen Wasserschichten wie z. B. dem "Zirkumpolaren Tiefenwasser" (CDW). Eine Ausnahme bilden Bereiche mit einer stabilen sommerlichen Deckschicht, wo durch die Eisschmelze stark ausgesüßte Bereiche mit Salinitäten von 32 entstehen können. Für Definitionen der Wassermassen siehe auch Hellmer und Bersch (1985).

Die beiden Fronten im Untersuchungsgebiet trennen Gebiete mit unterschiedlichen hydrographischen Strukturen. Der "Antarktische Zirkumpolarstrom" (ACC) nördlich der "südlichen Polarfront" (SPF) hat eine 100-200 m dicke Oberflächenschicht von WW (Abb. 3.2). Sie ist durch eine starke Thermokline vom CDW nach unten abgegrenzt, die mit einem starken Salzgehaltsgradienten zusammenfällt. Die dadurch gebildete Pycnocline ist im Bellingshausenmeer besonders stabil (Jacobs und Comiso 1993), da das CDW hier eine größere Salinität als in anderen Meeresgebieten besitzt. Es wird bei Hellmer und Bersch (1985) auch als Südostpazifisches Tiefenwasser (SPDW) bezeichnet. Im Bereich der SPF und knapp nördlich davon ist das WW von einer stabilen ausgesüßten Deckschicht überlagert, die möglicherweise durch Advektion von Westen eingetragen wird (Pollard et al. 1995).

Auf der Sommerstation 45 wurde z.B. eine Salinität $<32,75$ psu festgestellt, die dort und auf den Stationen 42 und 43 mit einer Erwärmung der Oberfläche

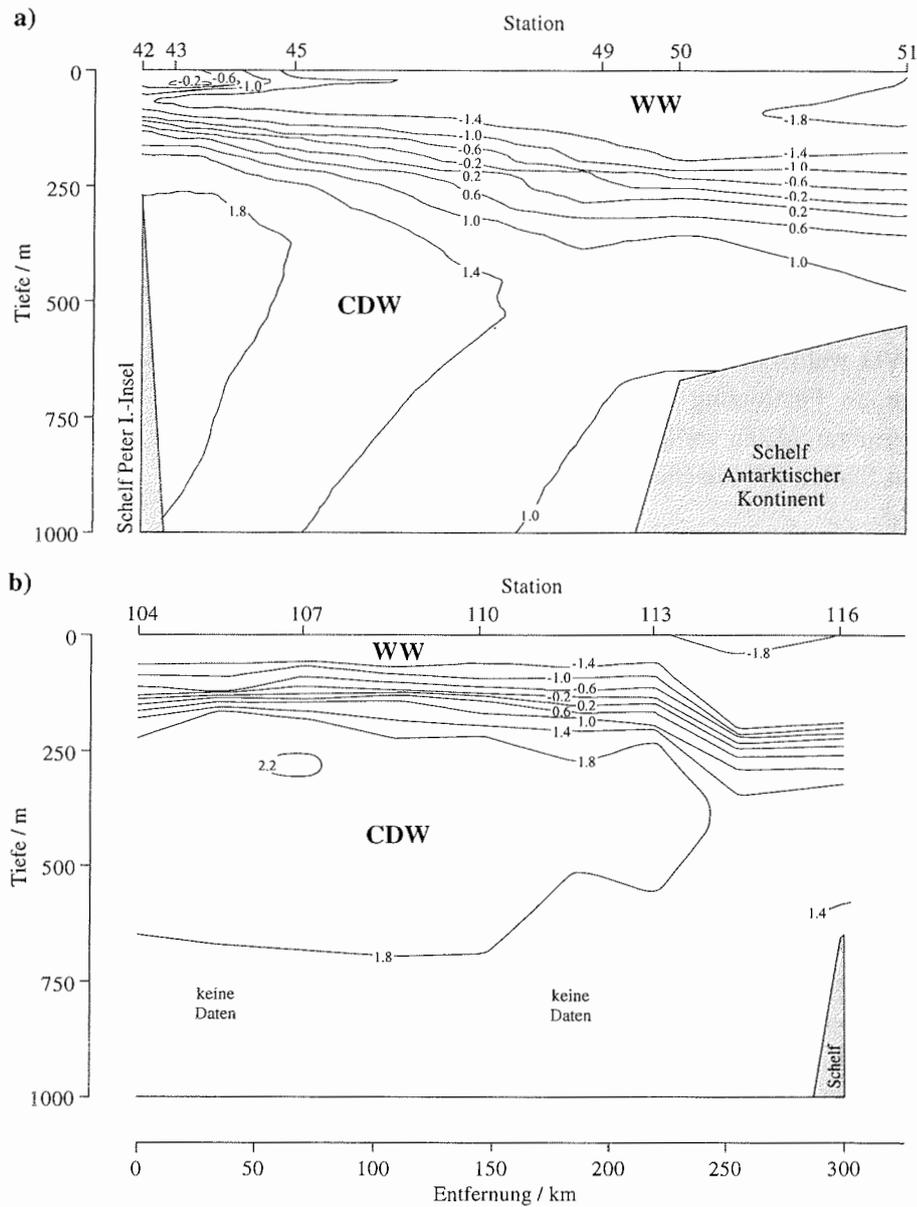


Abb. 3.2: Isothermenverlauf (Angaben in °C) im Untersuchungsgebiet auf den Schnitten im a) Sommer (nach J. Bülden, AWI; erweitert) und b) Herbst (Daten von J. Sildam, AWI). Dargestellt sind die oberen 1000 m der Wassersäule. CDW: Zirkumpolares Tiefenwasser, WW: Winterwasser

einhergingen (Abb. 3.2), was möglicherweise auf eine Beeinflussung dieser Stationen durch die SPF hindeutet. Südlich davon stiegen die Oberflächensalinitäten an. Dies ist typisch für die Zone des ACC südlich der Front. In diesem Gebiet steigt das salzige, sauerstoffarme und nährstoffreiche CDW in höhere Wasserschichten auf und vermischt sich mit dem Oberflächenwasser. Diese Bedingungen herrschten im Frühjahr auf den Stationen I und J (Read et al. 1995). Im Herbst wurden bis auf Station 104 keine Salinitätsmessungen durchgeführt. Dort wurde in 50 m Tiefe eine recht niedrige Salinität von 33,5 psu gemessen. Darum lag diese Station möglicherweise nahe der SPF.

Die CWB bildet die Südgrenze des ACC (Orsi et al. 1995). Südlich davon gibt es kein CDW mehr, was sich am Fehlen des Temperaturmaximums von $>2^{\circ}\text{C}$ in der Tiefe bemerkbar macht. Dies deutet im Herbst darauf hin, daß die CWB knapp südlich der Station 107 liegen müßte (Abb. 3.1). Weitere Indikatoren für die "Ostwinddrift" (EWD) sind nach Süden zunehmend salziges und kälteres Oberflächenwasser (auf den südlichsten Stationen im Sommer und Herbst mit $<-1,8^{\circ}\text{C}$ nahe dem Gefrierpunkt) sowie nach Süden absinkende Isothermen (Abb. 3.2). Demnach liegen die Frühjahrsstation G und die Sommerstationen 49 bis 51 in der EWD. Auf Station G wurde tatsächlich eine westwärtsgerichtete Oberflächenströmung von 6 cm s^{-1} gemessen.

3.4 Eisbedeckung

Weite Teile des Bellingshausenmeeres sind im Sommer wie im Winter eisbedeckt. Besonders der Schelfbereich im Süden ist davon betroffen (Abb 2.1). Dieses Meeresgebiet zählt zu den Regionen mit den geringsten jahreszeitlichen Schwankungen der Packeisbedeckung in der Antarktis (Hellmer und Bersch 1985). Die maximale Ausdehnung des Eises findet man im Juli.

Während der Arbeiten im Februar 1994, in der Zeit der geringsten Eisausdehnung, lag die Eiskante im Untersuchungsgebiet bei etwa 70°S . Das entspricht einer typischen sommerlichen Eissituation (Jacobs und Comiso 1993). Im Arbeitsgebiet wurden einzelne Eisberge angetroffen; nur auf den beiden südlichsten Stationen war das Meer zu 7/10-9/10 eisbedeckt. Im November/Dezember 1992 und im April 1995, bei der Neueisbildung, befand sich die Eiskante dagegen bei 68°S . Im Frühjahr 1992 lag die mittlere Station des Schnitts an der Eiskante, im Herbst 1995 waren alle Stationen, mit Ausnahme der nördlichsten, vom Meereis bedeckt.

3.5 Phytoplankton

Im Frühjahr wurden unter dem Eis nur sehr geringe Chlorophyll *a*-Konzentrationen ($\approx 0,05 \mu\text{g l}^{-1}$) gemessen (Station G), die nach Norden kontinuierlich zunahm (0,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ auf Station I, 0,6 $\mu\text{g l}^{-1}$ auf Station J). Ein Maximum mit $>3 \mu\text{g l}^{-1}$ in den oberen 50 m wurde bei 67° 30' S festgestellt (Robins et al. 1995). Integrierte Chlorophyll *a*-Konzentrationen für die oberen 100 m der Wassersäule sind Tabelle 3.1 (nach Robins et al. 1995) zu entnehmen. Das Untereis-Phytoplankton wurde von Flagellaten dominiert. Nach Norden wurden die Diatomeen zunehmend wichtiger und dominierten auf den eisfreien Stationen. An der Eiskante wurde keine Phytoplanktonblüte angetroffen.

Tabelle 3.1: Integrierte Chlorophyll *a*-Konzentrationen (Chl *a*) der oberen 100 m (Frühjahr: Robins et al. 1995; Sommer: A. Bracher, pers. Mitteilung; Herbst: U. V. Bathmann, pers. Mitteilung).

Frühjahr-Station	J		I		G	
Chl <i>a</i> / mg m⁻²	67,5		20,5		5,1	
Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
Chl <i>a</i> / mg m⁻²	24,1	20,3	21,0	11,1	16,2	10,7
Herbst-Station	104					
Chl <i>a</i> / mg m⁻²	11,8					

Während der Untersuchung im Sommer gab es in der Deckschicht bei Peter I.-Insel die höchsten Chlorophyll *a*-Konzentrationen von 0,26-0,4 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Stationen 42-45). Dort wurde eine Diatomeen-Gemeinschaft vor allem aus *Thalassiosira* sp., *Rhizosolenia* sp. und *Nitzschia* sp. beobachtet (Stambler et al. 1996). Im Süden waren die Chlorophyll *a*-Konzentrationen gering (0,14-0,23 $\mu\text{g l}^{-1}$), in der Tiefe lagen sie im ganzen Untersuchungsgebiet nur bei 0,12-0,15 $\mu\text{g l}^{-1}$. Integrierte Chlorophyll *a*-Konzentrationen für die oberen 100 m der Wassersäule sind Tabelle 3.1 (nach A. Bracher, AWI, pers. Mitteilung) zu entnehmen.

Für den Herbst liegt nur für Station 104 der integrierte Chlorophyllgehalt für die oberen 100 m vor (Tabelle 3.1, nach U. V. Bathmann, AWI, pers. Mitteilung). Die höchste gemessene Chlorophyll *a*-Konzentration betrug auf dieser Station 0,23 $\mu\text{g l}^{-1}$ in 20 m Tiefe und die Konzentration nahe der Oberfläche (8 m Tiefe) 0,18 $\mu\text{g l}^{-1}$. Die Oberflächenkonzentration nahm zum Süden des Untersuchungsgebietes auf etwa ein Drittel ab (Bathmann, pers. Mitteilung).

4 Ergebnisse

4.1 Oithonidae

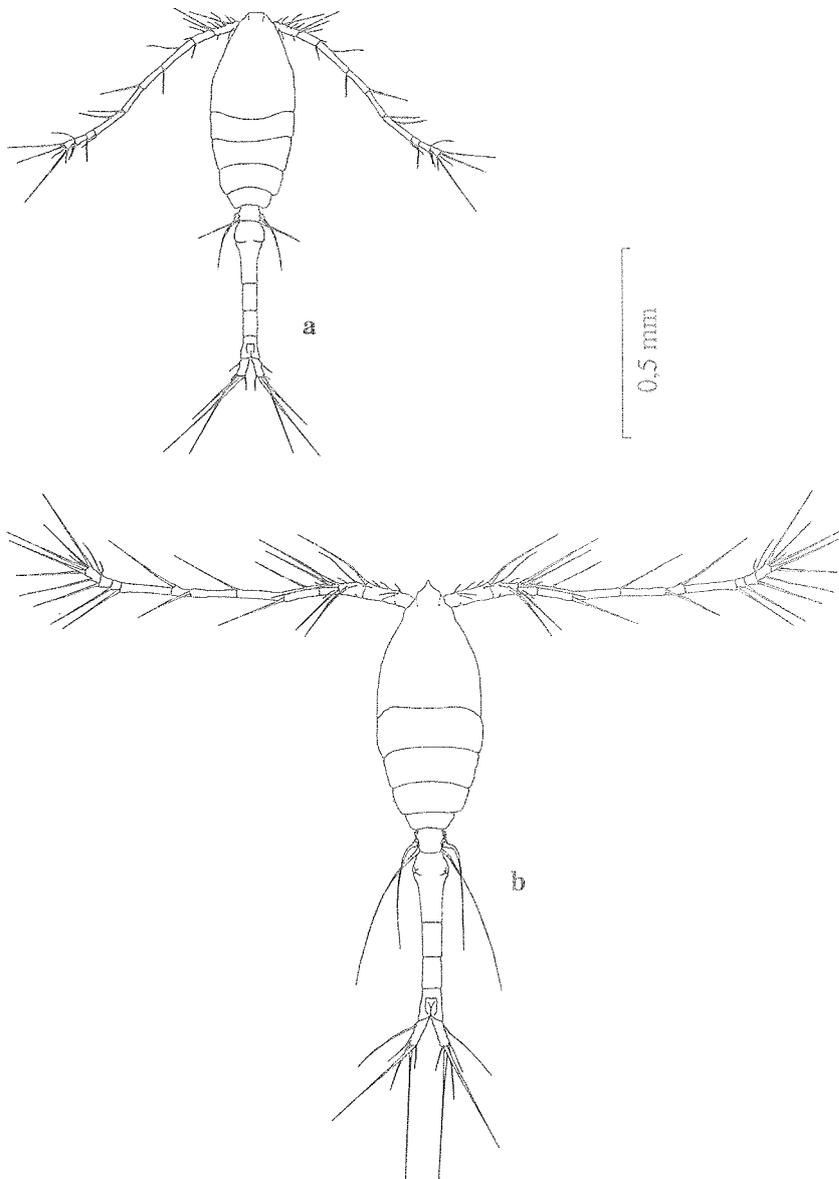


Abb. 4.1: Habitus der Oithonidae. Weibchen von a) *Oithona similis* und b) *Oithona frigida* (nach Nishida 1985).

In der Antarktis kommen nur zwei Arten der Oithonidae vor: die Kaltwasserart *Oithona similis* (Abb. 4.1a), die weltweit vorkommt und besonders in den Polargebieten in hohen Abundanzen gefunden wird (Nishida und Marumo 1982), und *Oithona frigida* (Abb. 4.1b), die für die Antarktis endemisch ist und nur südlich des Polarkreises vorkommt (Nishida 1985). *O. similis* dominierte im gesamten Untersuchungsgebiet im Sommer und im Herbst über *O. frigida*. Sie stellte etwa 82-92% der Oithoniden-Biomasse im Sommer und etwa 54-89% im Herbst. Zu diesem Zeitpunkt war die Dominanz im südlichen Untersuchungsgebiet (Station 110 bis 116) nicht stark ausgeprägt, wohl aber im Norden. Im folgenden werden die horizontale und vertikale Verteilung, die Populationsstruktur und die Fortpflanzungsaktivität dieser Arten im Bellingshausenmeer für verschiedene Jahreszeiten beschrieben.

4.1.1 *Oithona similis*

Verbreitung

Oithona similis kam im Untersuchungsgebiet in allen Jahreszeiten auf allen Stationen vor. Abb. 4.2 zeigt jedoch deutliche regionale Unterschiede in der Verbreitung. Die höchste Biomasse der Art (Trockengewicht: TG) wurde in allen Jahreszeiten im Norden des Untersuchungsgebietes gefunden. Im Frühjahr wurde auf Station J ein Maximalwert von 76,2 mg TG m⁻² erreicht, auf Station 43 im Sommer 488,6 mg TG m⁻² und im Herbst 570,4 mg TG m⁻² auf Station 107. Die Individuenzahlen (Tabelle 4.1) waren ebenfalls deutlich höher auf den nördlichen, vom ACC beeinflussten Stationen als auf den südlicheren Stationen. Die nördlichen Stationen 42-45 hatten mittlere Bestände von rund 201 000 Ind. m⁻² im Sommer und die Stationen 104 und 107 im Herbst mittlere Bestände von 376 000 Ind. m⁻². Die Stationen 49-51 im Süden wiesen mittlere Individuenbestände von 40 000 Ind. m⁻² im Sommer auf; die Stationen 110-116 im Herbst von 31 000 Ind. m⁻². Die Bestände waren demnach im Süden im Sommer um den Faktor 5 geringer als im Norden, im Herbst sogar um den Faktor 12. Unterschiede im Individuenbestand zwischen Sommer und Herbst waren nicht signifikant. Auch im Frühjahr waren die Individuenbestände im Norden höher als im Süden (Tabelle 4.1). Die Unterschiede sind jedoch nicht so gravierend und lassen sich möglicherweise auf die zeitlichen Abstände der Probennahme (3 Wochen) zurückführen. Insgesamt waren die Bestände zu dieser Jahreszeit geringer als später im Jahr. Auf der nördlichsten Station J ist der Bestand jedoch möglicherweise unterschätzt, da das Netz durch Phytoplankton verstopft war, was die Filtereffizienz des Netzes herabgesetzt hat.

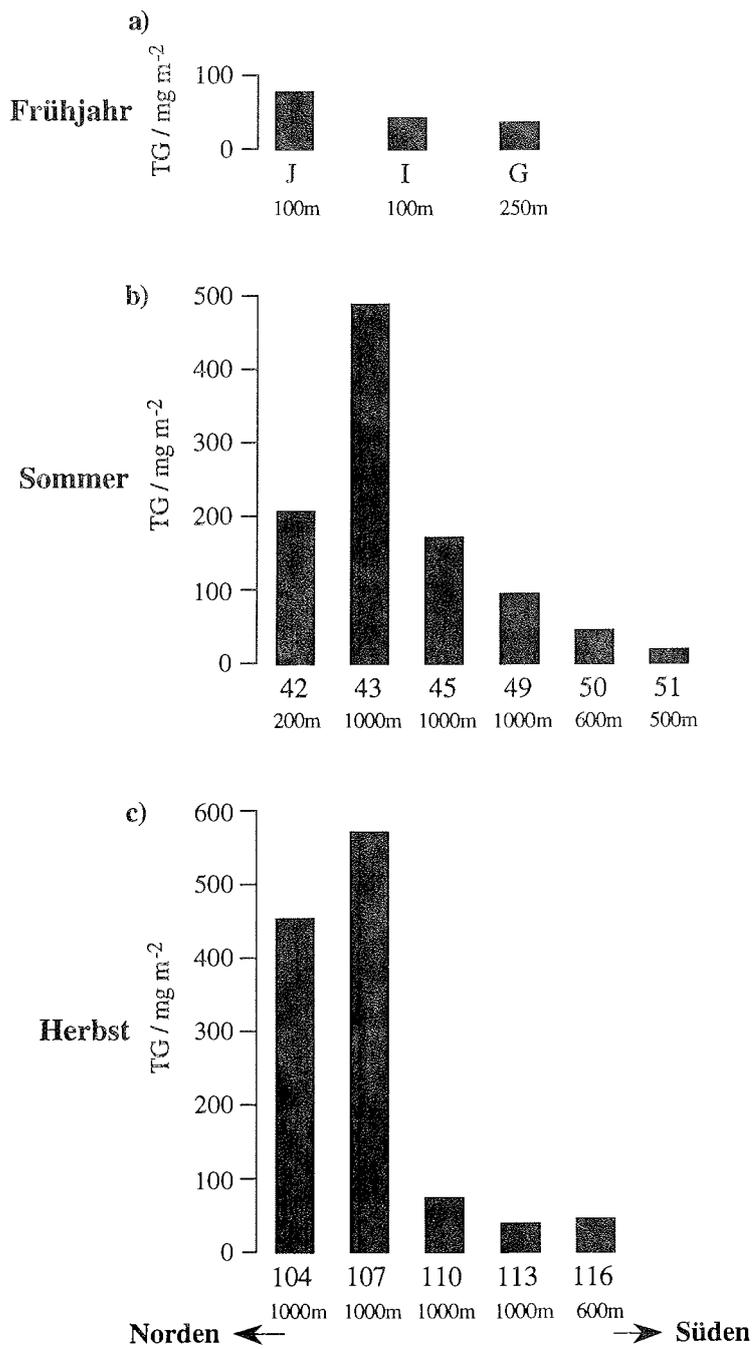


Abb. 4.2: Biomasse (Trockengewicht: TG) des *Oithona similis*-Bestands auf allen Stationen im a) Frühjahr (nur obere 100 m bzw. 250 m), b) Sommer und c) Herbst. Unter den Säulen sind die Stationsnummern und die Fangtiefen angegeben.

Tabelle 4.1: Individuenbestand ($n\ m^{-2}$) der *Oithona similis*-Population auf allen Stationen. Summe aller Copepoditstadien.

Frühjahr-Station	J		I		G	
Fangtiefe	100 m		100 m		250 m	
$n\ m^{-2}$	54 857		25 704		21 140	
Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
Fangtiefe	200 m	1000 m	1000 m	1000 m	600 m	500 m
$n\ m^{-2}$	145 184	340 224	119 080	73 376	32 468	13 740
Fangtiefe	100 m	200 m	100 m	200 m	200 m	200 m
$n\ m^{-2}$	123 488	322 656	76 448	72 272	31 857	13 344
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
Fangtiefe	1000m	1000m	1000m	1000m	600m	
$n\ m^{-2}$	337 488	414 688	41 104	24 832	28 296	
Fangtiefe	100 m	100 m	100 m	200 m	200 m	
$n\ m^{-2}$	303 808	358 528	32 000	21 808	25 152	

Vertikalverteilung

Oithona similis ist eine epipelagische Art. Ihr Vorkommen beschränkt sich hauptsächlich auf das WW (Abb. 4.3). Die mittlere Tiefe D des Vorkommens von *O. similis* lag zwischen 36 m und 119 m, wobei der höhere Wert vermutlich durch ein großes Probennahme-Intervall zur Tiefe hin verzerrt ist. Die höchsten Abundanzen wurden in der Regel an der Oberfläche gefunden (Abb. 4.3). Eine Ausnahme machen die Stationen 42 bis 45, wo die höchsten Dichten gerade unterhalb der stabilen sommerlichen Deckschicht auftraten. Maximal-Werte wurden im Sommer (Abb. 4.3a) auf Station 42 zwischen 50 und 20 m angetroffen ($2095\ m^{-3}$), auf Station 43 zwischen 200 und 50 m ($2028\ m^{-3}$). Der letzte Wert ist wahrscheinlich deutlich unterschätzt, da das beprobte Tiefenintervall sehr groß ist und die Tiere sich vermutlich hauptsächlich in seinem oberen Teil aufhielten. Im Herbst (Abb. 4.3b) gab es die größten Dichten zwischen 50 m Tiefe und der Oberfläche auf Station 104 ($3820\ m^{-3}$) und Station 107 ($5944\ m^{-3}$). Im Süden lagen die maximalen Abundanzen zu beiden Jahreszeiten in der Oberfläche zwischen $200\ m^{-3}$ und $400\ m^{-3}$. Im Frühjahr waren die Abundanzen geringer und schwankten zwischen $85\ m^{-3}$ und $549\ m^{-3}$. Die Tiefenintervalle sind jedoch größer und die Probennahme erfolgte nicht stratifiziert, so daß die Werte nicht direkt vergleichbar sind.

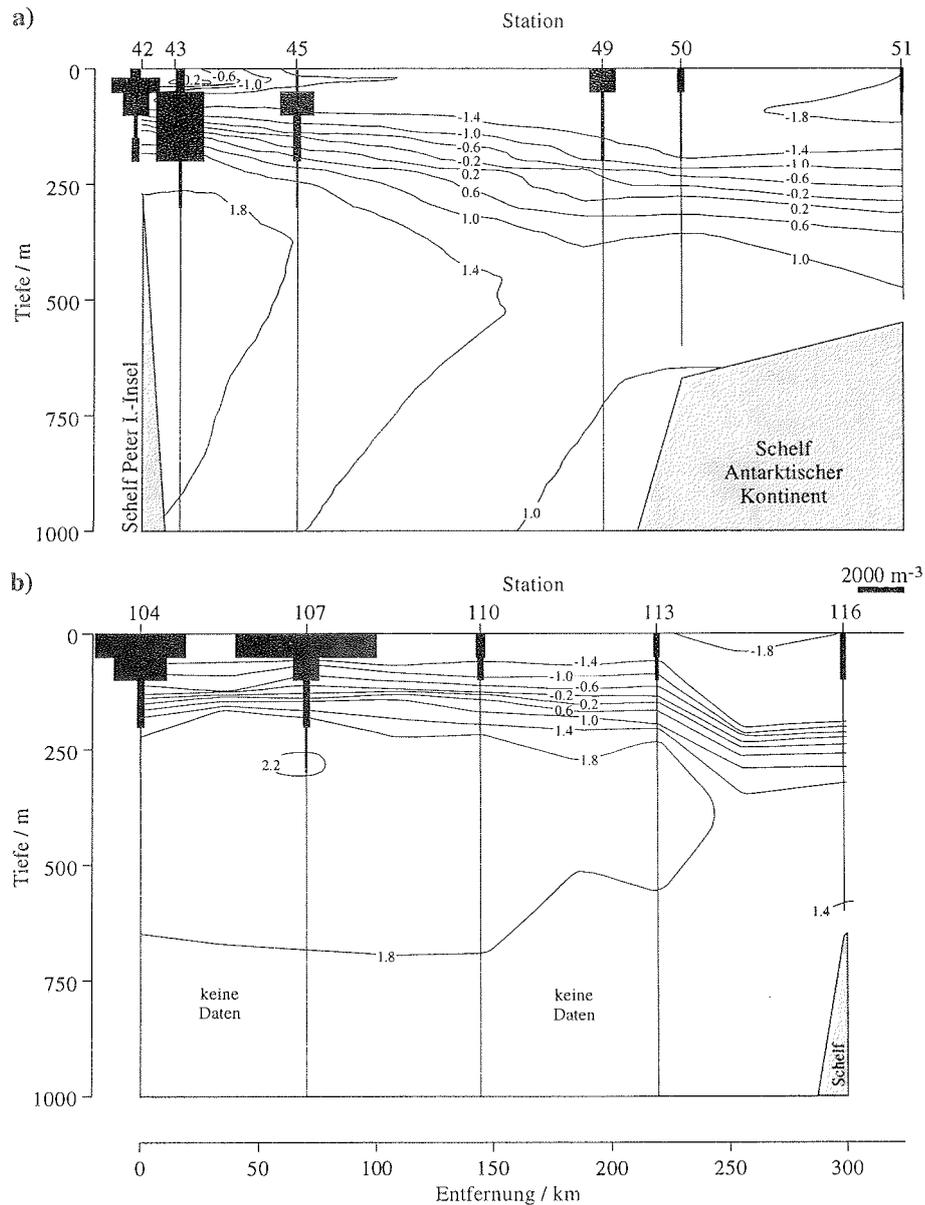


Abb. 4.3: Vertikalverteilung von *Oithona similis* im a) Sommer und b) Herbst. Die Breite der Balken gibt die Abundanz entsprechend dem Maßstab zwischen den Graphiken, die Höhe der Balken das Tiefenintervall der jeweiligen Probe an. Der Verlauf der Isothermen (Angaben in °C) und die Topographie sind angegeben.

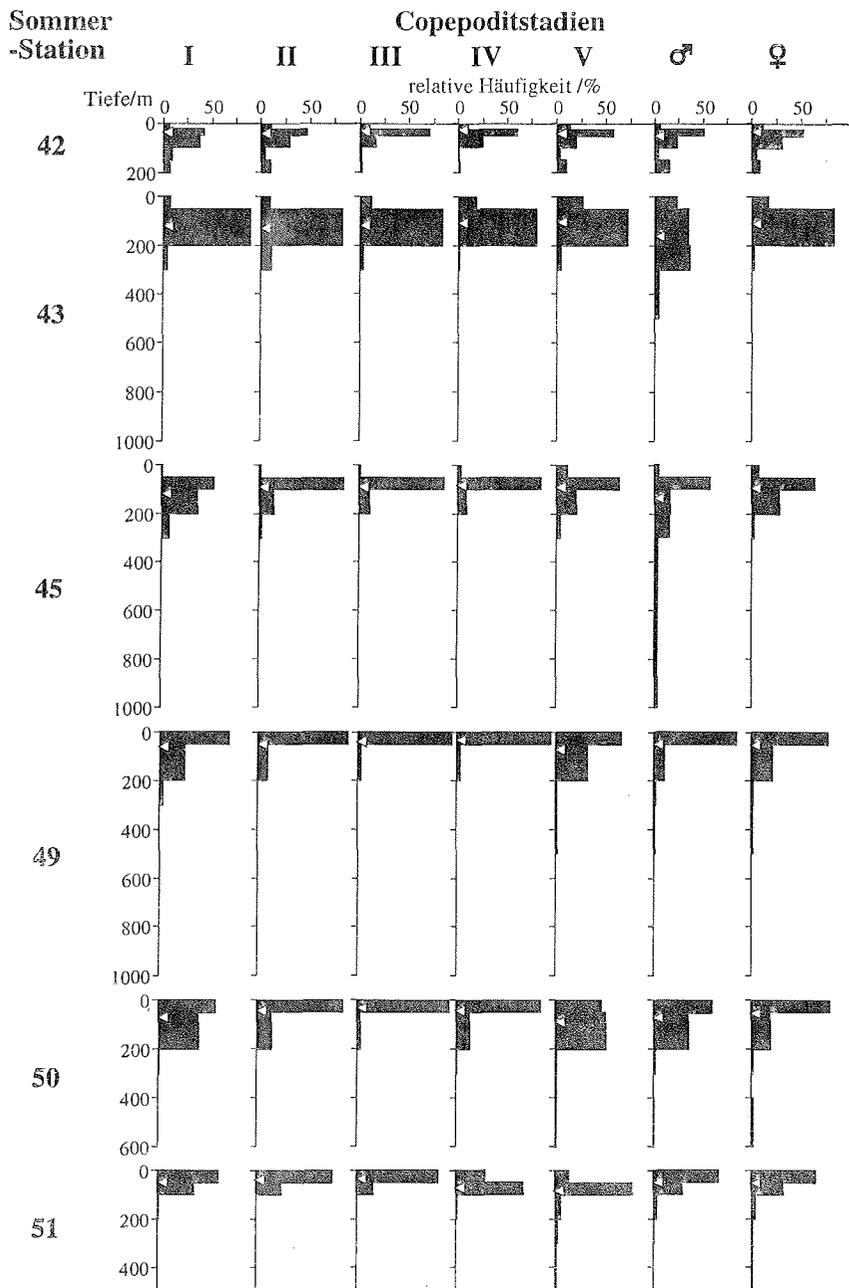


Abb. 4.4: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oithona similis* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Sommer (Dreiecke: mittlere Tiefe D).



Abb. 4.4: Fortsetzung: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oithona similis* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Herbst (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

Generell schienen sich die Copepoditstadien II bis IV konzentriert in geringen Tiefen bis 100 m aufzuhalten (Abb. 4.4). Copepodite I und die älteren Stadien kamen in einem größeren Tiefenbereich vor und waren auch in bis zu 400 m Tiefe recht häufig anzutreffen. Der Verteilungsschwerpunkt lag jedoch für alle Stadien oberflächennah. Weibchen trugen in der Oberfläche und im Bereich der Thermokline und tiefer (200-400 m) besonders häufig Eisäcke.

Populationsstruktur

Der Anteil der Männchen an der Population von *Oithona similis* lag bei durchschnittlich 3,0% im Frühjahr, 3,3% im Sommer und 2,8% im Herbst. Geringe Männchenanteile sind typisch für Oithonidae (Böttger-Schnack et al. 1989). Das Verhältnis von Männchen zu Weibchen war generell sehr niedrig. Im Frühjahr variierte es von 0,10 unter dem Eis (Station G) über 0,13 an der Eiskante (Station I) zu 0,12 auf der eisfreien Station J. Im Sommer war das Verhältnis mit durchschnittlich 0,07 im Süden noch niedriger als im Frühjahr. Auf den beiden nördlichen Stationen waren die Werte mit 0,11 und 0,36 jedoch verhältnismäßig hoch. Im Herbst waren auf den Stationen im Norden das Verhältnis von Männchen zu Weibchen mit nur 0,06 besonders gering. Auf den Stationen 110 bis 116 wurden Verhältnisse von $\geq 0,1$ gefunden.

Im Frühjahr unterschied sich die Stadienzusammensetzung der Population von *Oithona similis* auf den verschiedenen Stationen deutlich (Abb. 4.5a). Im offenen Wasser der nördlichen Station J, wo eine Phytoplanktonblüte angetroffen wurde, bestand die Population zu 52% aus Copepoditen I und II, 32% waren Weibchen. Alle anderen Stadien hatten nur geringe Anteile. Auf den beiden anderen Stationen an der Eiskante (Station J) und unter dem Eis (Station G) wurde die Population von den Copepoditstadien IV und V (zusammen jeweils 61%) sowie den Weibchen (22-24%) dominiert. Copepodite I waren extrem selten ($\leq 0,5\%$). Im Sommer gab es keine so gravierenden regionalen Unterschiede (Abb. 4.5b). Im Bereich von Peter I.-Insel im Norden (Stationen 42/43) sowie auf der Schelfstation 51 im Süden lag eine bimodale Stadienverteilung vor. Copepodite I dominierten mit 24-26%, Weibchen stellten 18-24% der Population und Copepodite V 18-19%. Die anderen Stadien kamen nur selten vor. Auf der ozeanischen Station 45 waren dagegen alle Stadien mit 13-21% fast gleichmäßig vertreten. Nach Süden nahm die Bedeutung jüngerer Stadien wieder zu.

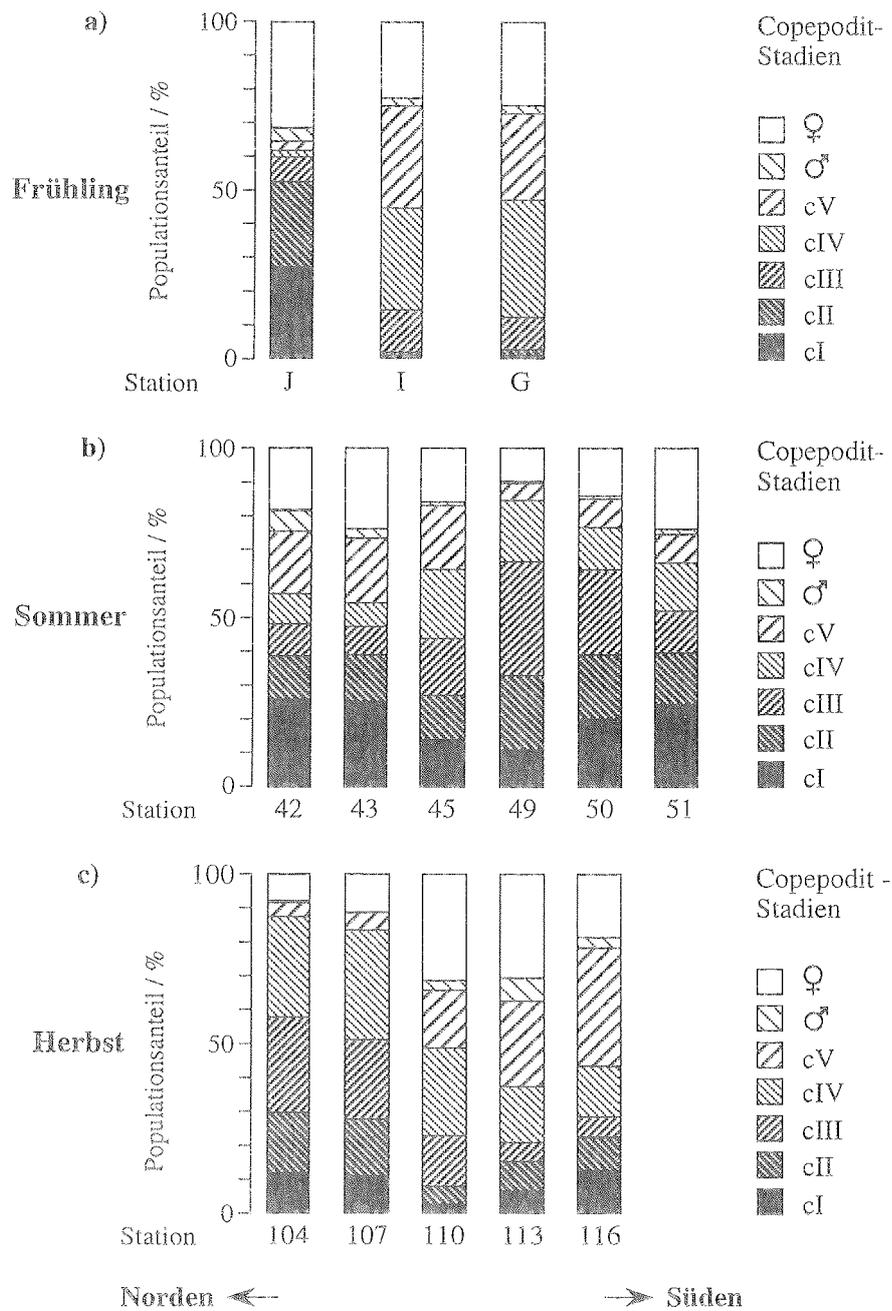


Abb. 4.5: Populationsstruktur von *Oithona similis* im a) Frühjahr, b) Sommer und c) Herbst. Der prozentuale Anteil der einzelnen Copepoditstadien an der Population ist für jede Station dargestellt.

Im Herbst war der Anteil der beiden jüngsten Stadien mit 2-18% generell geringer als im Sommer (Abb. 4.5c). Es dominierten im Norden auf den Stationen 104/107 die Stadien III und IV (24-32%) und im Süden die Weibchen (Stationen 110/113: jeweils 31%, Station 116: 19%) und Copepodite V (17-35%).

Die geschilderten Verhältnisse spiegeln sich auch in der Entwicklung der mittleren Populationsstadien für die verschiedenen Stationen wider (Tabelle 4.2): Im Frühjahr sank das mittlere Populationsstadium mit dem Fortschreiten der Saison von 4,6 (Station G) und 4,7 (Station I) auf 3,4 (Station J). Im Sommer schwankten die ermittelten Werte zwischen 3,2 und 3,7. Im Herbst war das mittlere Populationsstadium im Norden etwa so hoch wie im Sommer, die Population im Süden war jedoch um ein Copepoditstadium älter als im Sommer.

Tabelle 4.2: Mittlere Populationsstadien S von *Oithona similis* auf allen Stationen.

Frühjahrs-Station	J		I		G	
S	3,4		4,7		4,6	
Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
S	3,6	3,6	3,7	3,2	3,2	3,4
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
S	3,2	3,4	4,5	4,6	4,2	

Fortpflanzung

Der Individuenbestand und der prozentuale Anteil von *Oithona similis*-Weibchen mit Eiern war überall geringer als der von Weibchen mit Spermatophoren, außer auf den beiden südlichsten Stationen im Herbst (Abb 4.6). Weibchen mit Spermatophoren wurden hauptsächlich im Verbreitungsschwerpunkt der Weibchen angetroffen. Weibchen mit Eisäcken hielten sich entweder ebenfalls nahe der Oberfläche oder in bzw. unterhalb der Thermokline auf. Sie trugen durchschnittlich 15 Eier und maximal 35 Eier.

Im Frühjahr trugen auf der nördlichsten eisfreien Station J etwa 1/3 der Weibchen Spermatophoren (Abb. 4.6a). Auf den Stationen an der Eiskante (I) und im Eis (G) waren sowohl die Abundanz als auch der Anteil der begatteten Weibchen wesentlich geringer. Eitragende Weibchen kamen hingegen im Norden nicht und im Süden, auf Station G, in extrem geringen Abundanzen vor (Abb. 4.6d).

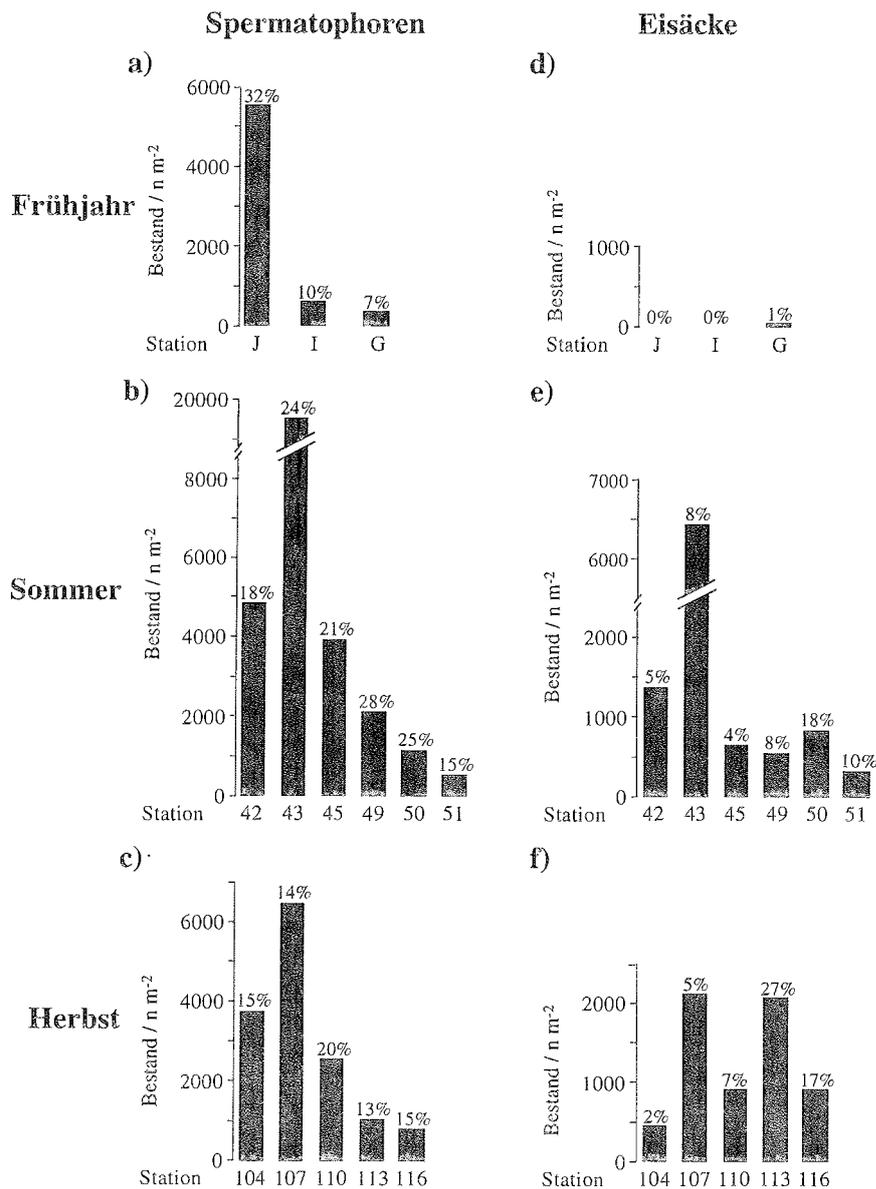


Abb. 4.6: Fortpflanzung von *Oithona similis*. Bestand der Weibchen mit Spermatophoren im a) Frühjahr, b) Sommer und c) Herbst und Bestand der Weibchen mit Eisäcken im d) Frühjahr, e) Sommer und f) Herbst. Über den Säulen sind die prozentualen Anteile der jeweiligen Weibchen an der Gesamtzahl der Weibchen angegeben.

Im Sommer waren die jeweiligen Abundanzen der *O. similis*-Weibchen mit Spermatophoren und Eiern im Norden am höchsten (Abb. 4.6b+e). Maximale Werte wurden auf Station 43 (19 552 Weibchen m⁻² mit Spermatophoren und 6432 Weibchen m⁻² mit Eisäcken) angetroffen. Die prozentualen Anteile der Weibchen mit Spermatophoren waren hingegen auf den Stationen 42 und 51, also im Norden und Süden, am geringsten. Auf den dazwischenliegenden Stationen waren 21-28% der Weibchen begattet. Der prozentuale Anteil der Weibchen mit Eisäcken war im Süden mit 10-18% höher als auf den nördlichen Stationen mit 4-8%.

Auch im Herbst kamen im Norden wesentlich mehr Weibchen mit Spermatophoren vor (Station 107: 6464 m⁻²) als im Süden (Abb. 4.6c). Ihr prozentualer Anteil lag im gesamten Untersuchungsgebiet zwischen 13% und 20%. Der Anteil von Weibchen mit Eiern (Abb. 4.5f) war im Süden (17-27%) deutlich höher als im Norden (2-7%), die Abundanzen zeigten jedoch keinen Trend.

Insgesamt war die Eiproduktion pro Weibchen in allen Jahreszeiten im ganzen Untersuchungsgebiet gering (Tabelle 4.3). Im Süden des Untersuchungsgebiets sind die Eiproduktionsraten generell etwas höher als im Norden, und vom Sommer zum Herbst nehmen sie im Norden ab und im Süden zu.

Tabelle 4.3: Durchschnittliche Eizahl pro *Oithona similis*-Weibchen auf allen Stationen. (\sum Eier / \sum Weibchen)

Frühjahr-Station	J		I		G	
Eier/Weibchen	0,00		0,00		0,06	
Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
Eier/Weibchen	0,67	1,44	0,24	1,22	3,25	1,69
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
Eier/Weibchen	0,29	0,52	0,75	5,31	2,37	

Zusammenfassung

Oithona similis ist eine epipelagische Art, die in ihrer Verbreitung vor allem auf das Winterwasser beschränkt ist. Im Untersuchungsgebiet wurden entsprechend der Hydrographie zwei Regionen - der Antarktische Zirkumpolarstrom und die Ostwinddrift - abgegrenzt, in denen sich die Populationen der Art hinsichtlich ihrer Abundanz und Entwicklung unterschieden. Im Norden, dem Bereich des Zirkumpolarstroms, war der Bestand der Art das ganze Jahr über größer als im Süden, jedoch waren die Unterschiede im Frühjahr nicht so stark ausgeprägt wie später im Jahr.

Im Norden setzte die Fortpflanzung von *Oithona similis* wesentlich früher ein als im Süden, was sich in der Populationsstruktur mit einem großen Anteil der beiden jüngsten Copepoditstadien sowie von Weibchen mit Spermatophoren widerspiegelte. Allerdings wurden zu diesem Zeitpunkt keine Weibchen mit Eisäcken gefunden. Zum Sommer nahm der Anteil älterer Copepoditstadien im Norden leicht zu, jedoch dominierten immer noch die Copepodite I und die Weibchen. Die absolute Zahl der Weibchen mit Spermatophoren und Eisäcken stieg, jedoch nahm der Anteil der begatteten Weibchen ab, was auf ein Nachlassen der Fortpflanzungsaktivität hindeutet. Zum Herbst hatte sich die Populationsstruktur verändert. Der Anteil der Copepoditstadien I und II hatte abgenommen und stattdessen dominierten die Stadien III und IV. Die Fortpflanzungsaktivität ließ sowohl absolut, als auch relativ nach.

Der Süden war im Frühjahr noch eisbedeckt. Dementsprechend lag die dortige Population in der Entwicklung hinter der Nord-Population zurück. Es dominierten die Stadien IV und V sowie Weibchen. Fortpflanzungsaktivitäten waren gering. Im Sommer hatten die jungen Copepoditstadien I und II im Süden einen dominierenden Anteil an der Population. Die absolute Zahl der sich fortpflanzenden Weibchen war gering, der prozentuale Anteil jedoch höher als in der Nord-Population. Im Herbst war die Süd-Population unter dem Neueis älter als die im Norden, im Bereich der Eiskante (Station 107). Weibchen und Copepodite V dominierten, und die Stadien I und II waren wie im Norden wesentlich seltener als im Sommer. Es wurden immer noch relativ viele Weibchen mit Eiern oder Spermatophoren angetroffen.

4.1.2 *Oithona frigida*

Verbreitung

Die endemische Art *Oithona frigida* kam wie *Oithona similis* im Sommer und im Herbst auf allen Stationen vor und war ebenfalls im Norden des Untersuchungsgebietes am häufigsten (Tabelle 4.4). Ihre Individuenbestände waren jedoch relativ klein. Im Sommer traten im Norden mittlere Bestände von 25 000 Ind. m⁻² auf, wobei der höchste Wert auf Station 43 mit 49 648 Ind. m⁻² deutlich herausragt. Im Süden lagen die Individuenbestände bei 4200 Ind. m⁻². Im Herbst waren die Bestände generell höher. Besonders deutlich war dies im Süden, wo sie mit durchschnittlich 15 000 Ind. m⁻² mehr als dreimal so hoch waren wie im Sommer. Im Norden betrug der mittlere Bestand im Herbst 36 000 Ind. m⁻².

Tabelle 4.4: Individuenbestand (n m⁻²) der *Oithona frigida*-Population im Sommer und Herbst. Summe aller Copepoditstadien.

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
Fangtiefe	200m	1000m	1000m	1000m	600m	500m
n m⁻²	14 656	49 648	12 048	4 036	5 276	3 288
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
Fangtiefe	1000m	1000m	1000m	1000m	600m	
n m⁻²	33 136	39 456	18 968	20 376	6 328	

Diese Verhältnisse spiegeln sich auch in der Biomasseverteilung der Art wider (Abb. 4.7). Die *O. frigida* Biomasse erreichte im Sommer einen Maximalwert von 82,8 mg TG m⁻² auf Station 43 und lag auf den anderen Stationen bei 5,8 bis 24 mg TG m⁻². Im Herbst wurden dagegen Biomassen von 10,9 bis 71 mg TG m⁻² gefunden.

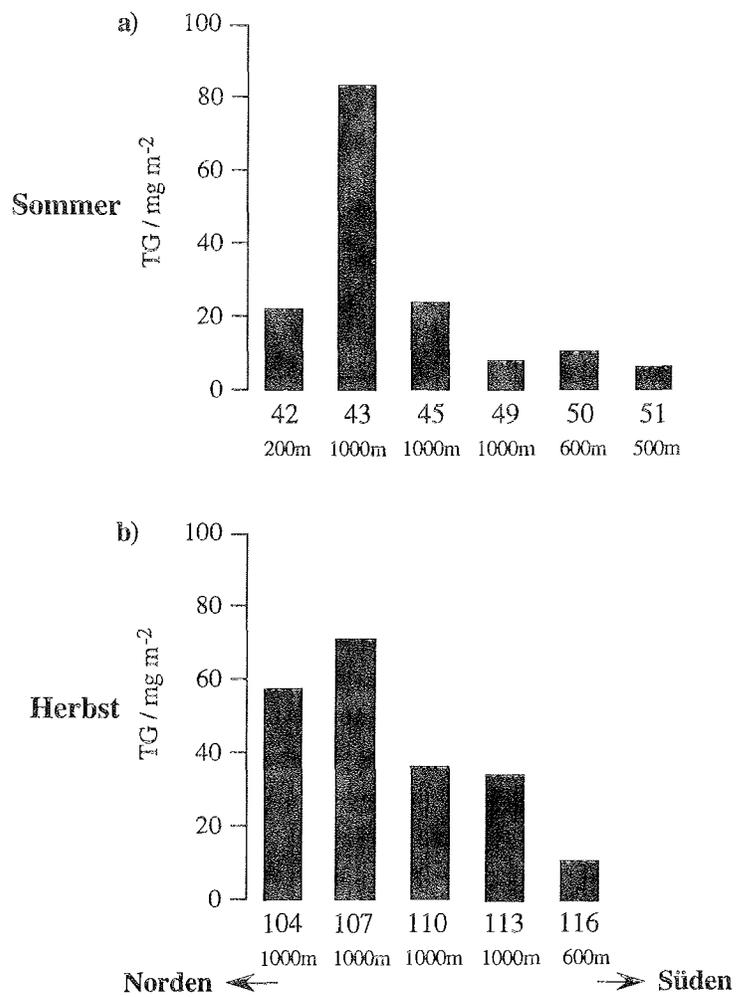


Abb. 4.7: Biomasse (Trockengewicht: TG) des *Oithona frigida*-Bestands auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst. Unter den Säulen sind die Stationsnummern und die Fangtiefen angegeben.

Vertikalverteilung

O. frigida ist mesopelagisch. Diese Art hatte den Schwerpunkt ihrer Vertikalverteilung in mittleren Tiefen (D) zwischen 118 m und 311 m und damit deutlich tiefer als *Oithona similis*. Unterhalb 200 m kam sie meist in höheren Abundanzen vor als die insgesamt häufigere epipelagische *O. similis*.

O. frigida war vor allem im unteren Bereich der Thermokline anzutreffen (Abb. 4.8), mit Ausnahme der südlichen Stationen (49-51) im Sommer, wo sie den oberen Bereich der Thermokline und das WW bevorzugte. Zu dieser Zeit wurden im Norden maximale Abundanzen von 200 m^{-3} in 150-200m Tiefe auf Station 42 und in 200-300 m Tiefe auf Station 43 gefunden. Im Herbst gab es zusätzlich zu dem Maximum im unteren Bereich der Thermokline auf den beiden nördlichen Stationen 104/107 ein zweites Abundanzmaximum an der Oberfläche, das, wie unten näher beschrieben, von Juvenilen gebildet wurde. Auf Station 104 traten höchste Individuendichten zwischen 0-50 m (138 m^{-3}) und 100-200 m (115 m^{-3}) auf.

Offensichtlich gab es bei *O. frigida* eine altersspezifische Tiefenverteilung (Abb. 4.9). Im Sommer kamen im Norden die Copepoditstadien II bis IV in den geringsten Wassertiefen vor, im Süden dagegen die Stadien I bis III. Die Weibchen und Männchen hielten sich deutlich tiefer auf. Im Herbst kamen hingegen im Norden hauptsächlich die Copepodite I in den geringsten Tiefen vor, sogar schwerpunktmäßig in den oberen 50 m der Wassersäule (Abb. 4.9). Im Süden wurden vor allem Copepodite III und IV oberflächennah gefunden. Wie im Sommer bildeten die Adulten das Stadium mit dem tiefsten Verteilungsschwerpunkt. Diese Unterschiede waren auf den ozeanischen Stationen am deutlichsten ausgeprägt.

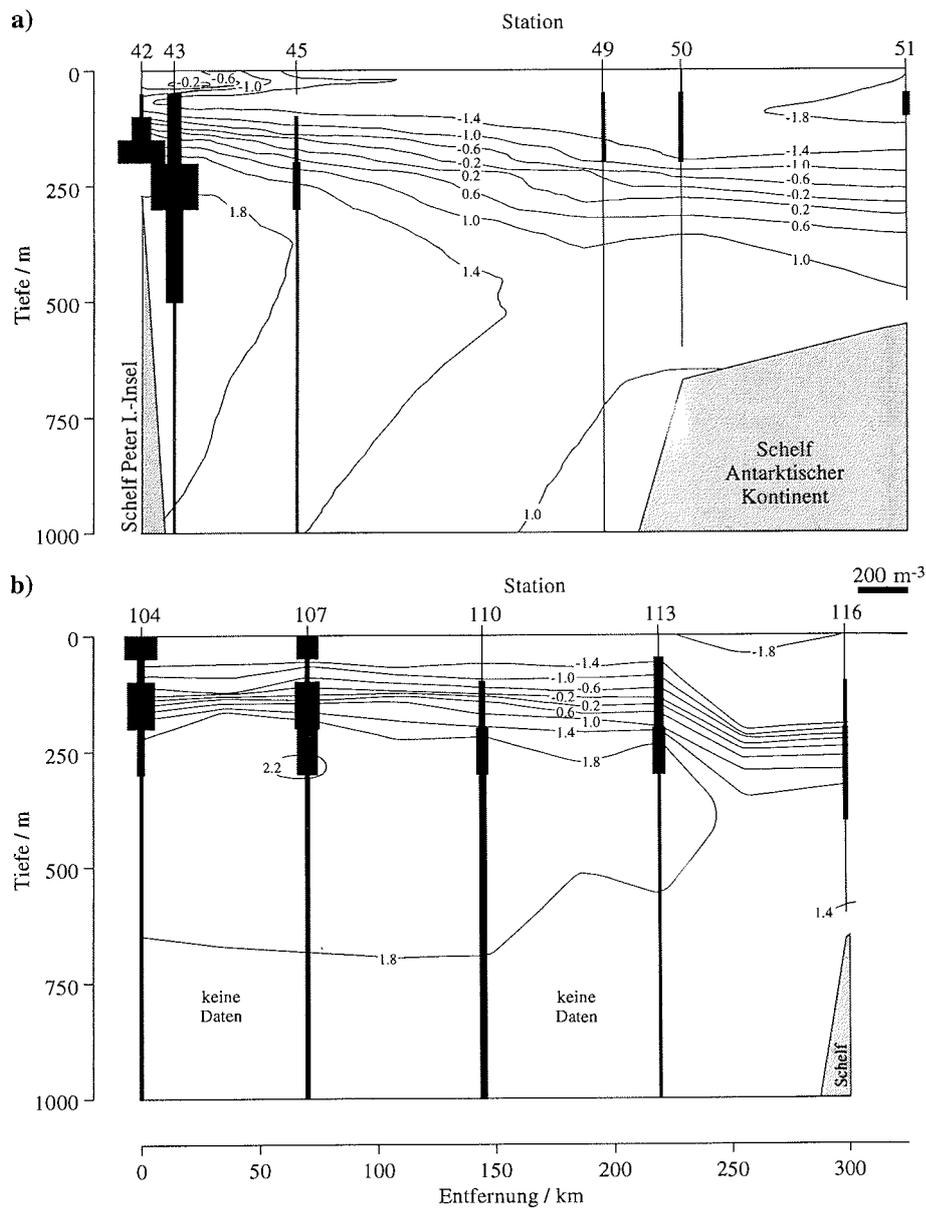


Abb. 4.8: Vertikalverteilung von *Oithona frigida* im a) Sommer und b) Herbst. Die Breite der Balken gibt die Abundanz entsprechend dem Maßstab zwischen den Graphiken, die Höhe der Balken als Tiefenintervall der jeweiligen Probe an. Der Verlauf der Isothermen (Angaben in °C) und die Topographie sind angegeben.

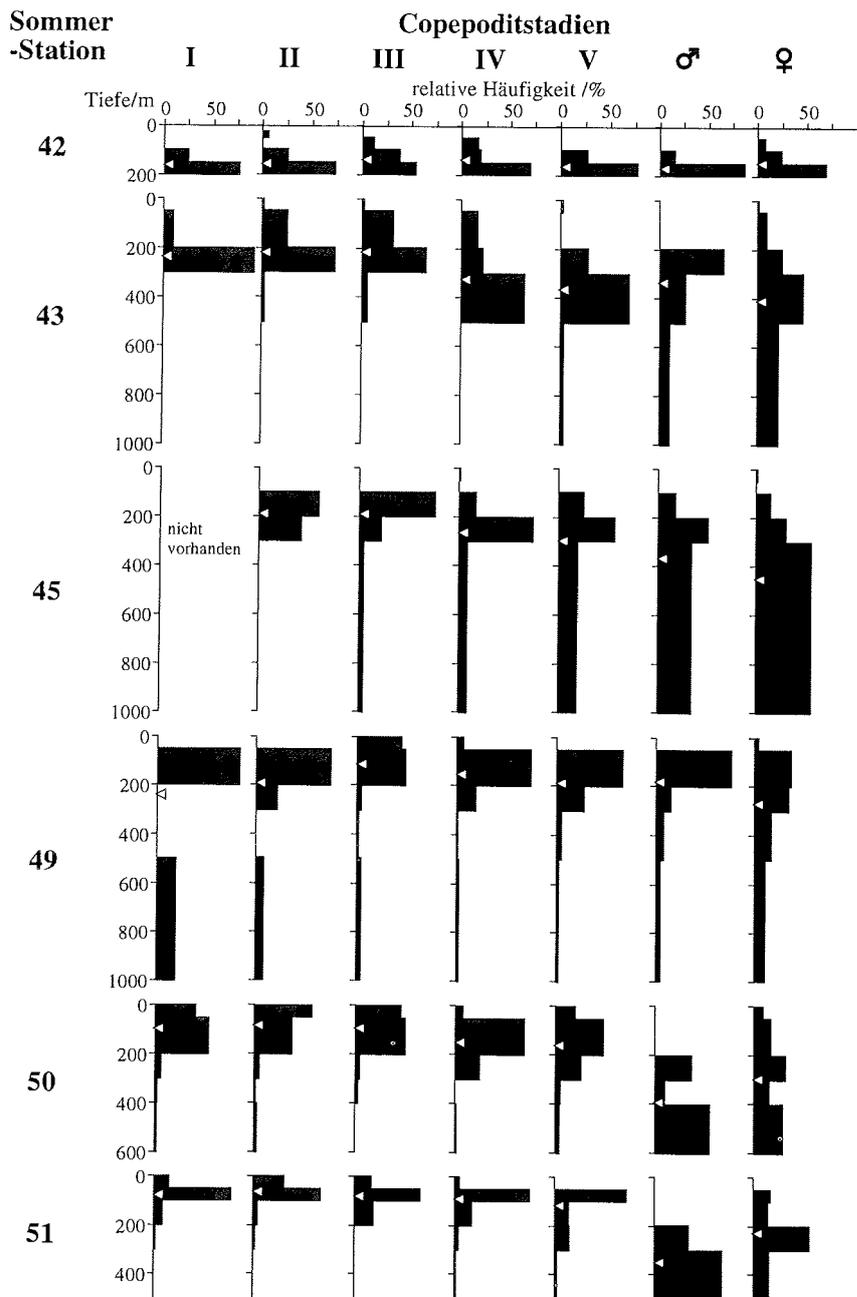


Abb. 4.9: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oithona frigida* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Sommer (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

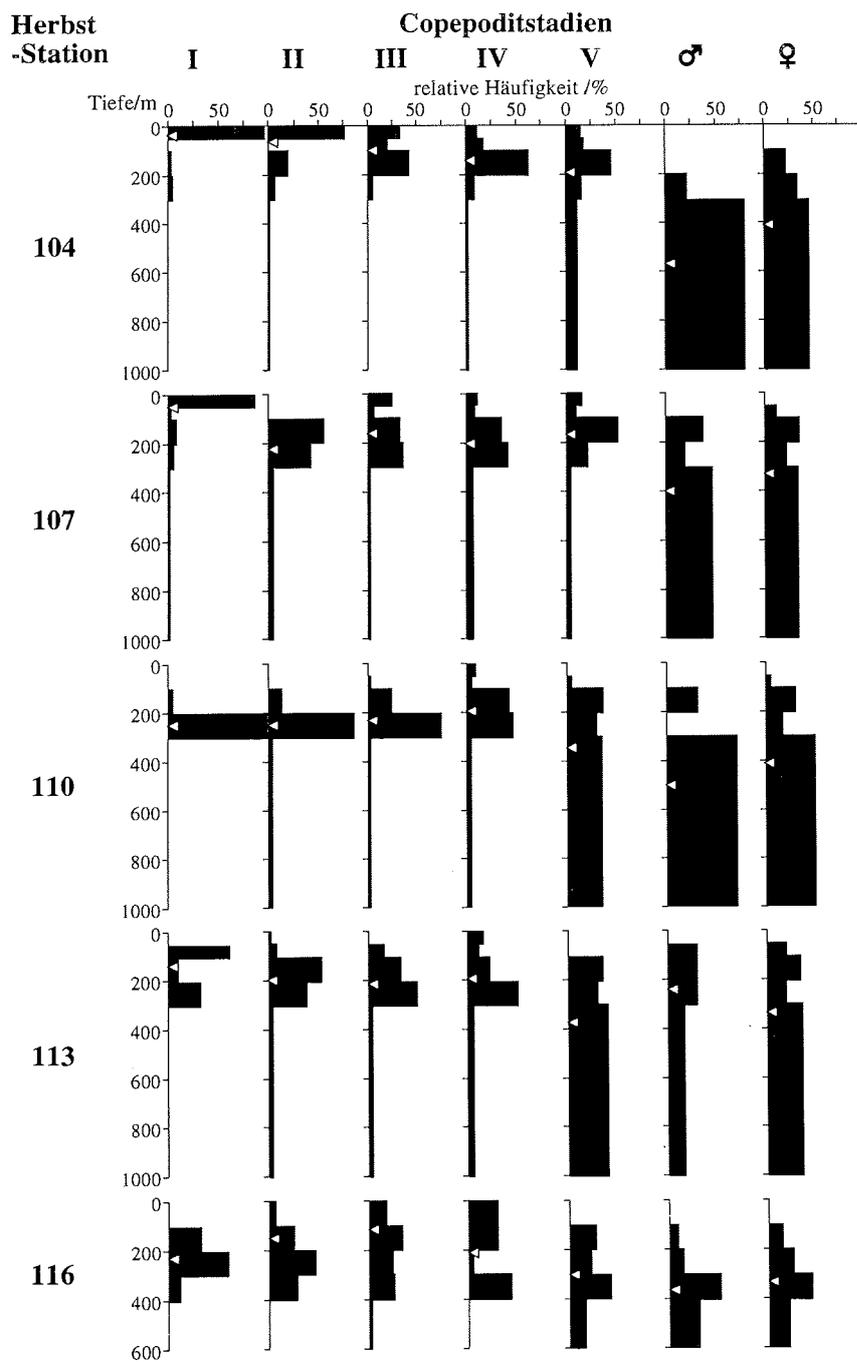


Abb. 4.9: Fortsetzung: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oithona frigida* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Herbst (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

Populationsstruktur

Die *Oithona frigida*-Population hatte einen geringeren Anteil von Männchen als die von *Oithona similis*. Im Sommer betrug er nur 1,5% und im Herbst 2%. Das Verhältnis von Männchen zu Weibchen war immer $\leq 0,09$ mit Ausnahme der Schelf-Station 116 im Herbst, wo ein Verhältnis von 0,13 angetroffen wurde. Davon abgesehen, war eine leichte Abnahme des Männchenbestands im Vergleich zum Bestand der Weibchen von Norden nach Süden zu beobachten. Adulte Tiere stellten fast überall einen hohen Anteil an der Population von *O. frigida* (Abb. 4.10).

Im Sommer ließen sich hinsichtlich der Populationsstruktur von *O. frigida* drei Regionen deutlich unterscheiden (Abb. 4.10a). Auf den beiden nördlichen Stationen, auf dem Schelf und Hang der Peter I.-Insel, machten die drei jüngsten Copepoditstadien 73% bzw. 54% der Population aus. Auf den Stationen 45 und 49 waren dagegen die Weibchen mit durchschnittlich 44% dominant. Der Anteil der Stadien I bis III war sehr gering (insgesamt 7% bzw. 13%). Auf Station 45 fehlten die Copepodite I. Die südlichen Schelf-Stationen 50 und 51 waren ebenfalls von Weibchen dominiert (31%). Auch Copepodite IV und V waren häufig (zusammen 44% bzw. 35%). Die jüngeren Copepodite waren jedoch häufiger als auf den Stationen 45 und 49. Auf Station 51 war der Anteil des Stadiums I mit 20% besonders hoch. Diese regionalen Unterschiede werden auch im Vergleich der mittleren Populationsstadien S deutlich (Tabelle 4.5). Die ältesten Populationen findet man demnach auf den Stationen 45 und 49.

Auch im Herbst war die Population im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes (Stationen 107/110) älter als im Norden und Süden (Tabelle 4.5). Jedoch war die Populationsstruktur entgegengesetzt zur Sommersituation (Abb. 4.10b): Im Norden, auf Station 104, war die Stadienverteilung ausgeglichen mit Anteilen von 10-26% pro Copepoditstadium. Im Süden, auf den Stationen 113 und 116, herrschte eine bimodale Stadienverteilung mit zusammen durchschnittlich 39% der Copepodite I und II und 29% Weibchen. Die zentrale Station 110 hatte mit 46% einen sehr hohen Anteil an Weibchen. Ein wichtiger Unterschied zur Sommersituation war der höhere Anteil von jungen Copepoditstadien im Herbst. So betrug der mittlere Anteil des Stadiums I im Sommer 8,5% und im Herbst 11,7%.

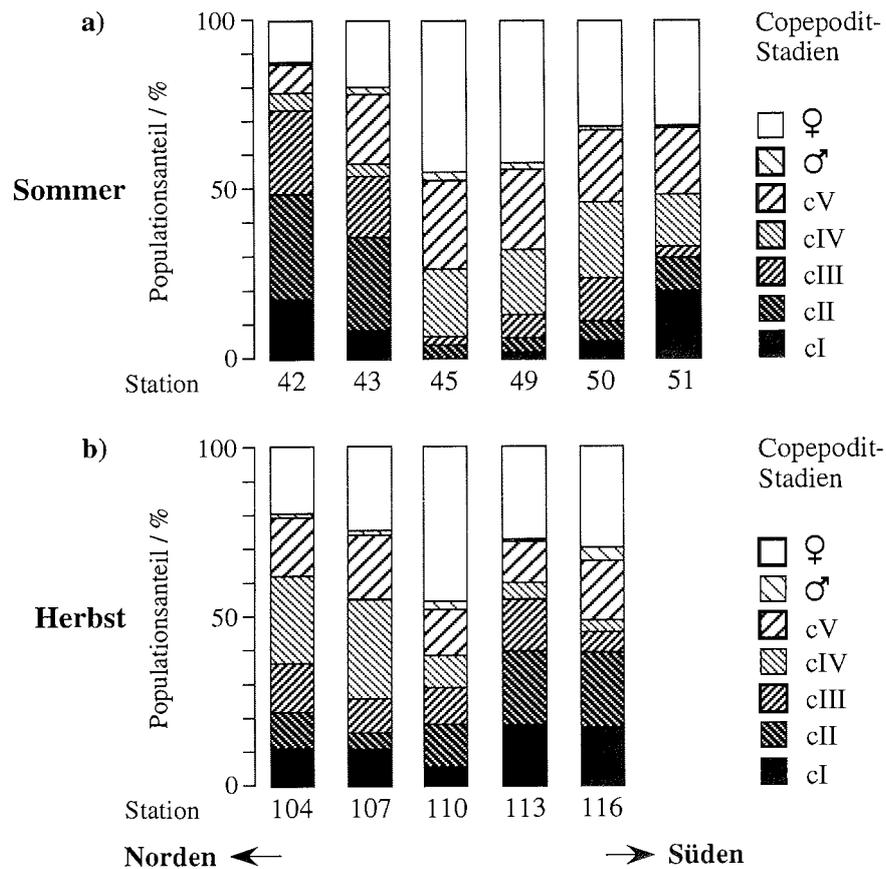


Abb. 4.10: Populationsstruktur von *Oithona frigida* im a) Sommer und b) Herbst. Der prozentuale Anteil der einzelnen Copepoditstadien an der Population ist für jede Station dargestellt.

Tabelle 4.5: Mittlere Populationsstadien S von *Oithona frigida* im Sommer und Herbst.

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
S	3,0	3,7	5,1	4,9	4,5	4,0
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
S	3,9	4,2	4,6	3,6	3,9	

Fortpflanzung

Im Sommer wurden auf keiner Station *Oithona frigida*-Weibchen mit Eisäcken angetroffen und im Herbst wurde nur auf Station 113 eine sehr geringe Eiproduktion festgestellt. Dort trugen 0,1% der Weibchen Eisäcke. Das entspricht einem Bestand von 10 m⁻². Es wurden 12 Eier pro eitragendem Weibchen gezählt. Auch die Anzahl der Weibchen mit Spermatophoren, als Maß für die Kopulationsaktivität, war nur gering. Im Sommer wurde lediglich auf Station 45 ein Individuenbestand von 72 m⁻² (1,3% der Weibchen) und auf Station 50 ein Bestand von 8 m⁻² (0,5% der Weibchen) festgestellt. Im Herbst war die Aktivität mit je 0,4% der Weibchen auf Station 110 (30 m⁻²) und 116 (6 m⁻²) noch geringer. Die wenigen Weibchen, die mit Spermatophoren oder Eisäcken angetroffen wurden, kamen zu beiden Jahreszeiten im Verbreitungsschwerpunkt der Weibchen in tiefen Wasserschichten vor.

Zusammenfassung

Oithona frigida hat im Untersuchungsgebiet wesentlich kleinere Bestände als *Oithona similis*. Sie hält sich als mesopelagische Art vor allem im unteren Bereich der Thermokline auf. Dort, und in tieferem Wasser, ist sie häufiger als die insgesamt dominierende epipelagische Art. Die Vertikalverteilung ist deutlich altersabhängig. Wie *O. similis* kommt auch *O. frigida* im Norden, dem Gebiet der ACC, häufiger vor als im Süden, dem Gebiet der EWD. Generell hat die Art einen sehr großen Anteil adulter Tiere an der Population.

Im Norden wurde im Sommer eine relativ junge Population angetroffen, die von den Copepoditstadien II und III dominiert wurde. Es gab keine Anzeichen für Fortpflanzung bei den Weibchen, sie trugen weder Spermatophoren noch Eisäcke. Im Herbst war die Population älter als im Sommer. Alle Stadien kamen zu etwa gleichen Teilen vor. Der Anteil der Weibchen hatte zugenommen, es wurden jedoch weiterhin keine Anzeichen für Fortpflanzung festgestellt.

Im Übergangsbereich zwischen den Wassermassen, der die Stationen 45/49 im Sommer und 110 im Herbst umfaßt, war die Population im Sommer und im Herbst wesentlich älter als in den anderen Gebieten. Weibchen dominierten sehr stark. Im Sommer waren auch die Copepodite IV und V häufig, im Herbst dagegen die Copepodite I bis III.

Im Süden dominierten im Sommer die Weibchen, die Stadienverteilung war jedoch ziemlich gleichmäßig. Wenige Weibchen trugen Spermatophoren, und Eiproduktion konnte nicht beobachtet werden. Zum Herbst war diese Population jünger geworden. Neben den Weibchen dominierten nun Copepodite I und II. Nur zu dieser Zeit und in diesem Gebiet wurden Weibchen mit Eisäcken gefangen.

4.2 Oncaeidae

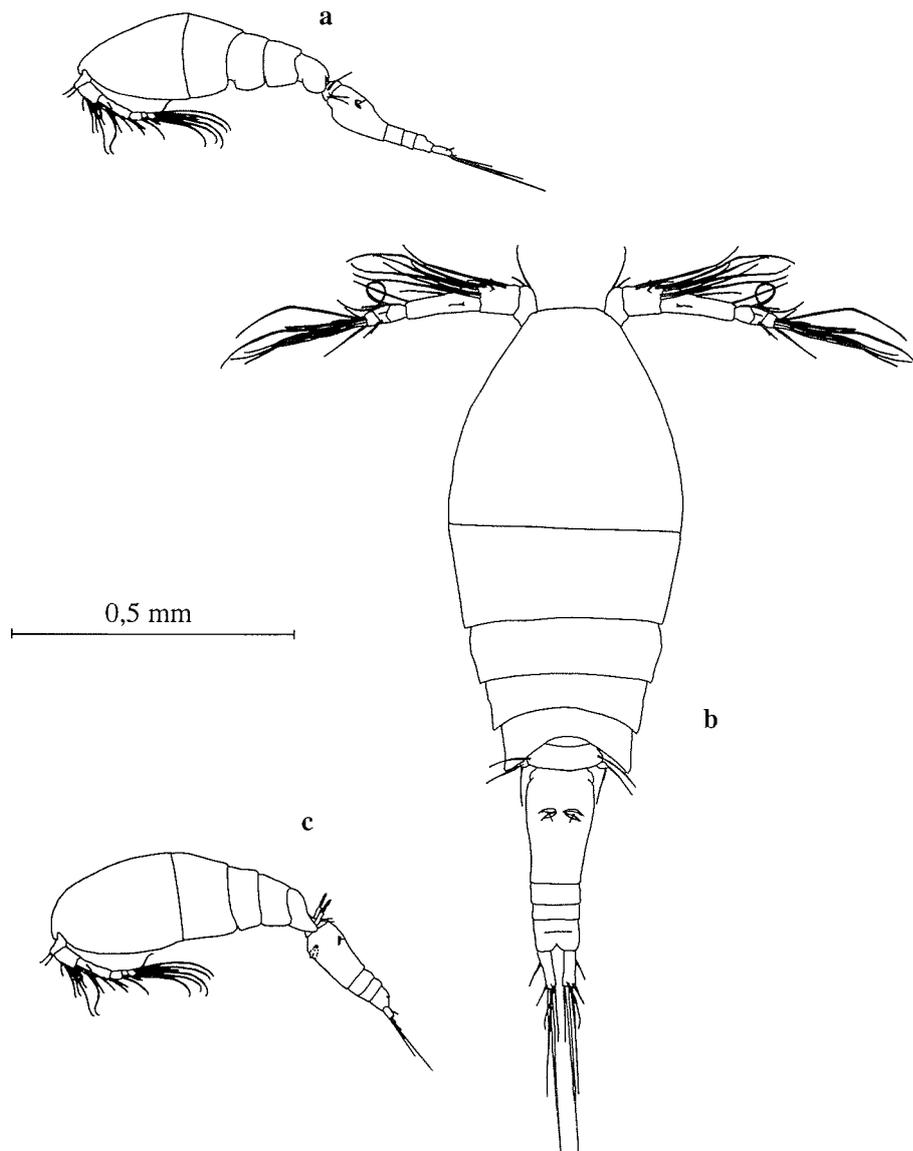


Abb. 4.11: Habitus der Oncaeidae. Weibchen von a) *Oncaea curvata*, b) *Oncaea antarctica* und c) *Oncaea parila* (nach Heron 1977).

Die Populationen der drei Oncaeidae *Oncaea curvata*, *Oncaea antarctica* und *Oncaea parila* (Abb. 4.11) waren im Untersuchungsgebiet auf die oberen 1000 m

der Wassersäule beschränkt, so daß eine quantitative Untersuchung möglich war. *Oncaea englishi*, die ebenfalls in dem untersuchten Gebiet vorkam, war so selten, daß von einer Bearbeitung abgesehen wurde. Des weiteren traten zwei oder drei sehr kleine *Oncaea*-Arten (Länge der Adulten etwa 400 µm) sehr häufig auf, die aber offensichtlich mit einem Teil ihrer Population unterhalb 1000 m vorkamen, so daß eine Untersuchung dieser Arten mit dem vorliegenden Probenmaterial nicht sinnvoll erschien.

Die endemische *Oncaea curvata* war von den drei untersuchten Arten zahlenmäßig überall dominant. Nur im Bereich der Schelfe und Kontinentalabhänge machte sie auch einen Großteil der Biomasse (54-87%) aus. Auf den ozeanischen Stationen stellte die wesentlich größere *Oncaea antarctica* die größte Biomasse (44-58%). Der Anteil von *Oncaea parila* an der Biomasse belief sich auf 2-13% im Schelf- und Hangbereich und 17-28% auf ozeanischen Stationen.

4.2.1 *Oncaea curvata*

Verbreitung

Oncaea curvata kam im Sommer und im Herbst auf jeder Station vor (Abb. 4.12). Die Biomasse dieser Art war im Sommer und im Herbst im Norden und Süden des Untersuchungsgebietes jeweils etwas höher als im zentralen Teil. Die höchste Biomasse wurde im Sommer (Abb. 4.12a) über dem Schelfhang der Peter I.-Insel (Station 43) gefunden (608,5 mg TG m⁻²). Auf den Schelfen erreichte die Biomasse 243,4 mg TG m⁻² im Norden und 177,6 mg TG m⁻² im Süden. Die ozeanische Station 45 hatte dagegen nur 118,5 mg TG m⁻² aufzuweisen. Im Herbst war die Biomasse von *O. curvata* etwas niedriger als im Sommer (Abb. 4.12b). Die südliche Schelfstation 116 wies eine Biomasse von 162,7 mg TG m⁻² auf und die Station an der Eiskante (Station 107) 371 mg TG m⁻². Der niedrigste Wert lag bei 86,6 mg TG m⁻² auf der ozeanischen Station 110.

Auch im Hinblick auf die Individuenbestände (Tabelle 4.6) fallen die Stationen 43 im Sommer und 107 im Herbst mit besonders hohen Werten auf. Die mittlere Größe des Bestands lag im Sommer bei 50 000 m⁻² (ohne den Extremwert bei Station 43) und bei 35 000 m⁻² im Herbst (ebenfalls ohne den Extremwert).

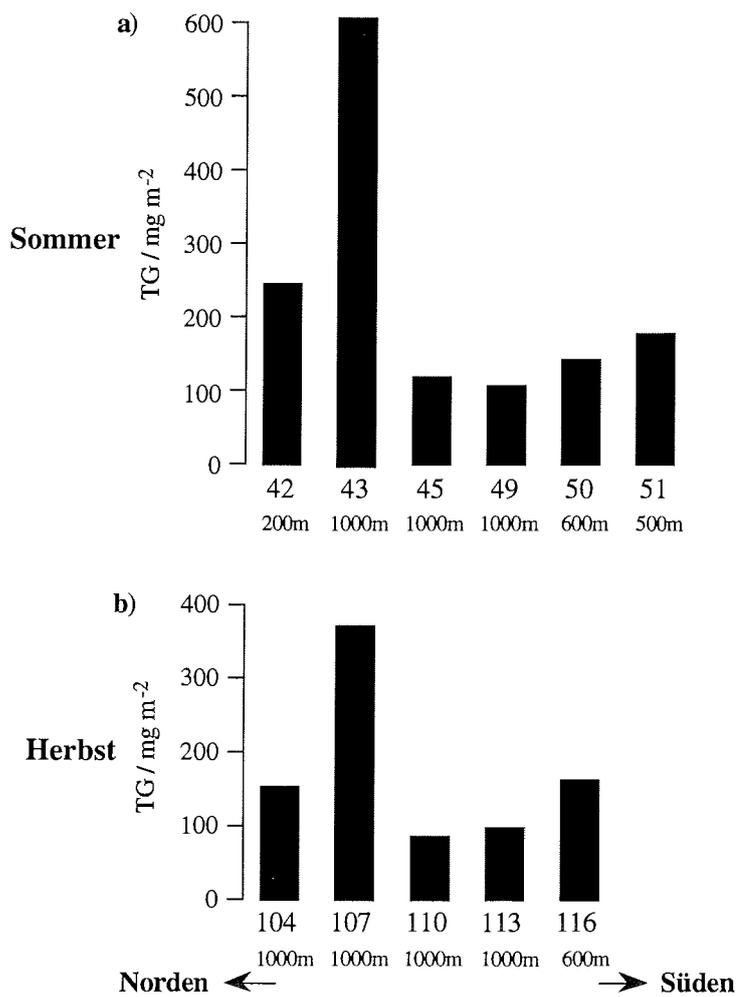


Abb. 4.12: Biomasse (Trockengewicht: TG) des *Oncaea curvata*-Bestandes auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst. Unter den Säulen sind die Stationsnummern und die Fangtiefen angegeben.

Tabelle 4.6: Individuenbestand ($n\ m^{-2}$) der *Oncaea curvata*-Population im Sommer und Herbst. Summe aller Copepoditstadien.

Station	42	43	45	49	50	51
Fangtiefe	200m	1000m	1000m	1000m	600m	500m
$n\ m^{-2}$	65 200	153 712	45 776	42 472	57 720	39 172

Station	104	107	110	113	116
Fangtiefe	1000m	1000m	1000m	1000m	600m
$n\ m^{-2}$	34 784	80 064	20 408	31 760	53 712

Vertikalverteilung

O. curvata hält sich bevorzugt an der Grenze zwischen Epi- und Mesopelagial in mittleren Tiefen D von 43 m (auf dem Schelf Peter I.-Insel) bis 158 m schwerpunktmäßig auf. Im Sommer war die mittlere Tiefe auf den ozeanischen Stationen sehr ähnlich (151-158 m). Im Sommer und im Herbst kam diese Art im Norden des Untersuchungsgebietes vor allem im oberen Bereich der Thermokline mit höchsten Abundanzen zwischen 50 und 200 m vor (Abb. 4.13). Im Sommer waren die Abundanzen generell höher als im Herbst. Maximalwerte wurden mit 800 Ind. m⁻³ auf Station 43 und 764 Ind. m⁻³ auf Station 42, beide bei Peter I.-Insel im Norden, gefunden (Abb. 4.13a). Die höchste Abundanz im Herbst trat auf Station 107 mit 317 Ind. m⁻³ auf (Abb. 4.13b). Im Süden wurden die höchsten Abundanzen in beiden Jahreszeiten in den oberen 50 bis 100 m, oberhalb der Thermokline im WW gefunden.

Auch bei *O. curvata* kamen die Adulten, besonders die Weibchen, in der Regel tiefer vor als die Juvenilen, und Copepodite I wurden tiefer angetroffen als die älteren Stadien (Abb. 4.14). Im Herbst war diese altersabhängige Vertikalverteilung besonders stark ausgeprägt. Deutlich war auch der Unterschied zwischen Weibchen mit Spermatophoren, die sich vor allem in geringen Wassertiefen aufhielten, und Weibchen mit Eiern, die in der Tiefe angetroffen wurden.

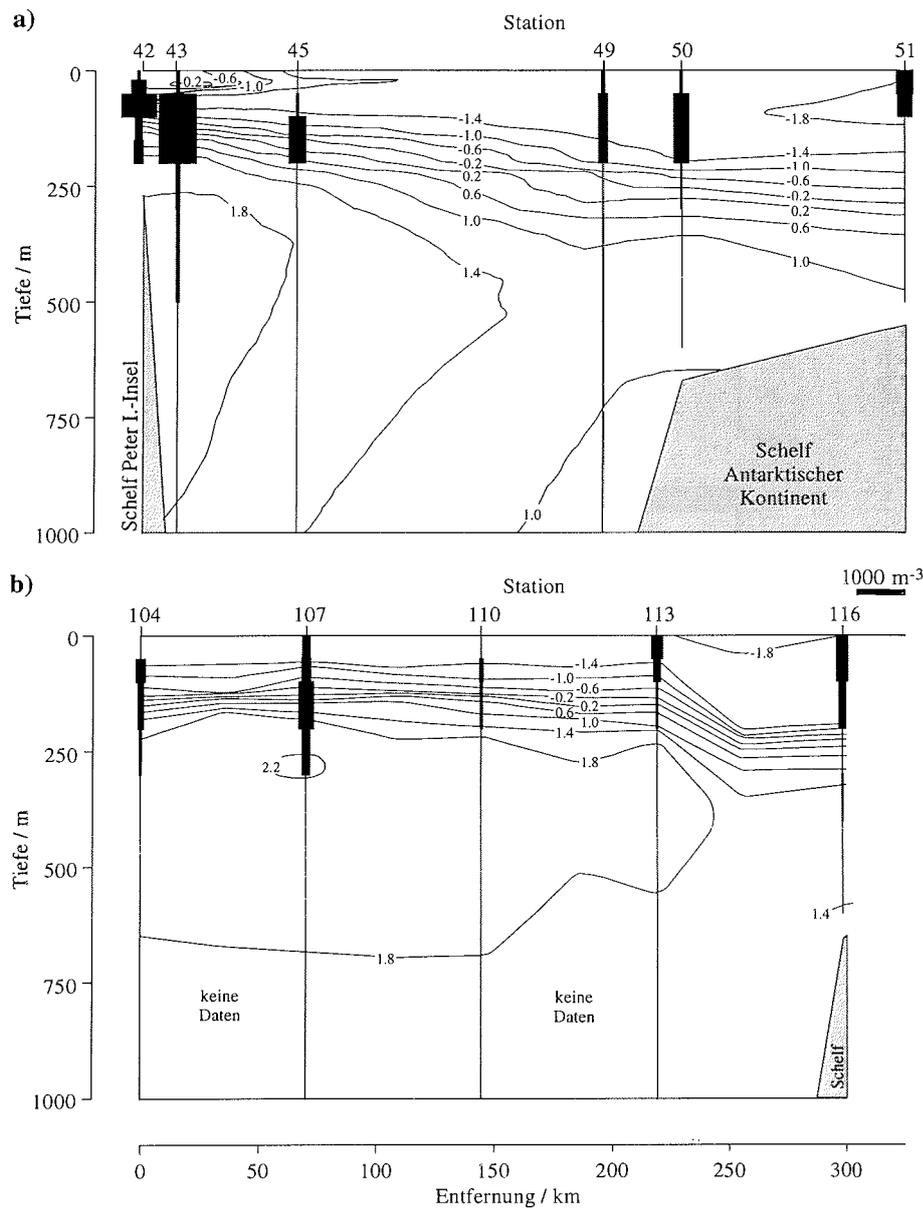


Abb. 4.13: Vertikalverteilung von *Oncaea curvata* im a) Sommer und b) Herbst. Die Breite der Balken gibt die Abundanz entsprechend dem Maßstab zwischen den Graphiken, die Höhe der Balken das Tiefenintervall der jeweiligen Probe an. Der Verlauf der Isothermen (Angaben in °C) und die Topographie sind angegeben.

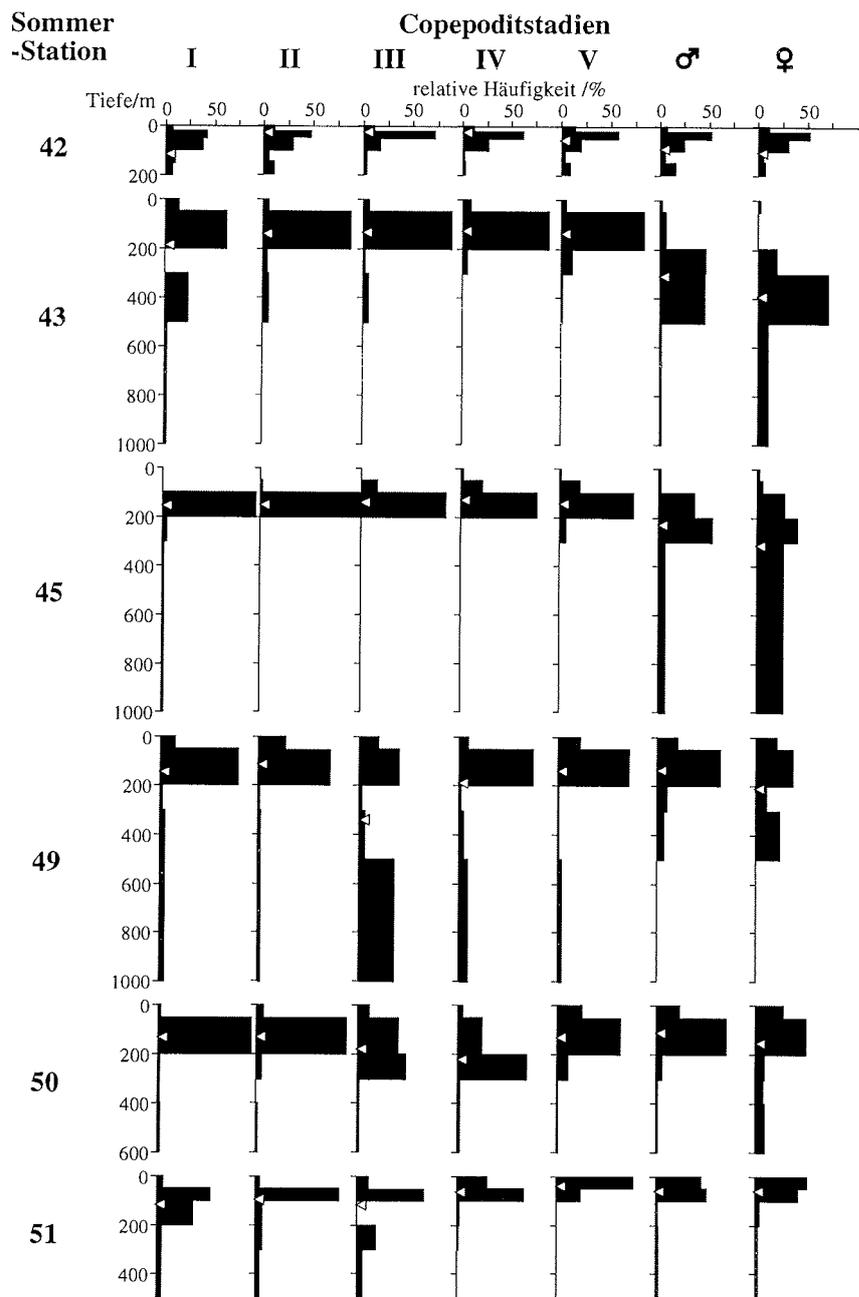


Abb. 4.14: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea curvata* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Sommer (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

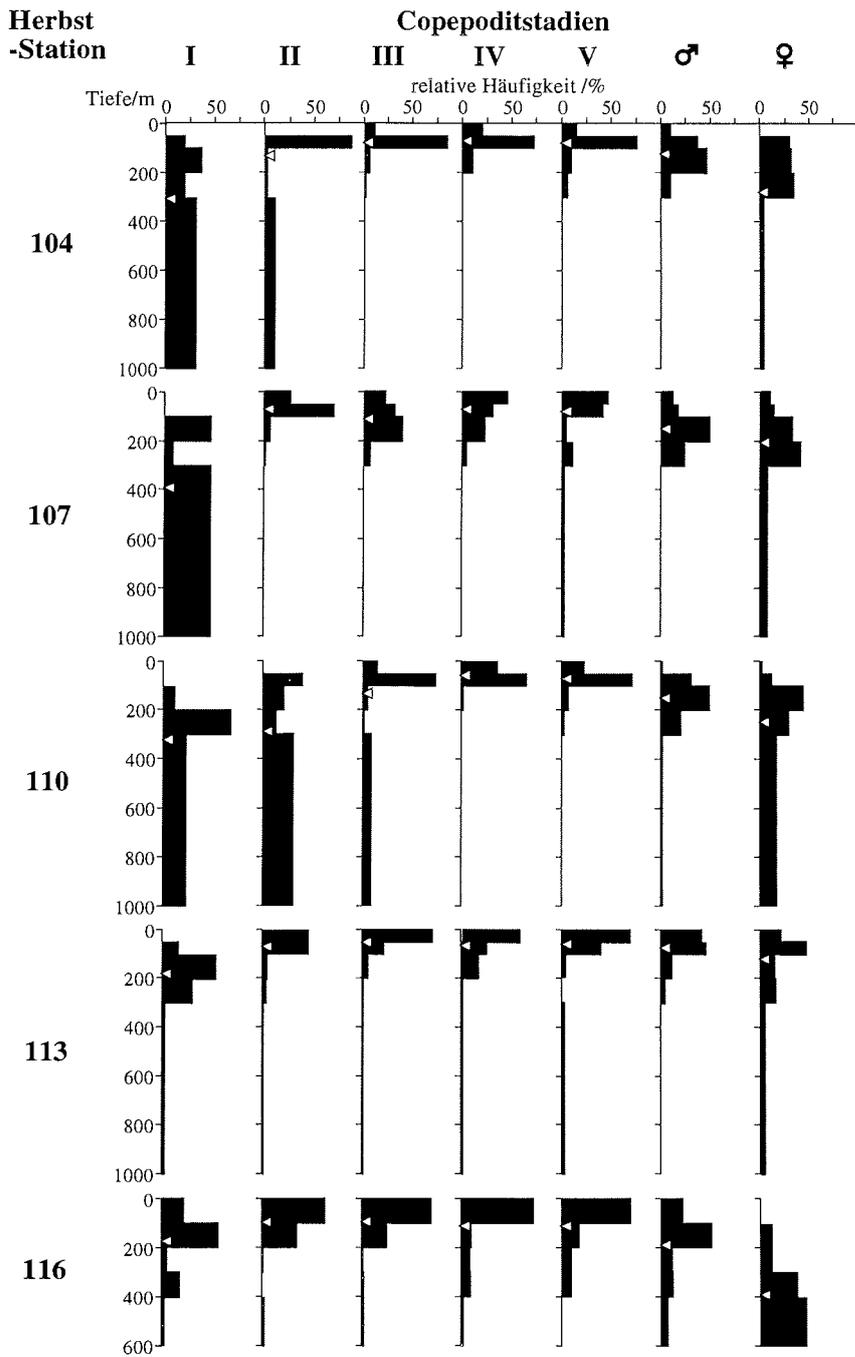


Abb. 4.14: Fortsetzung: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea curvata* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Herbst (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

Populationsstruktur

Bei *Oncaea curvata* war der Populationsanteil der Männchen auf allen untersuchten Stationen höher als der der Weibchen. Das Verhältnis von Männchen zu Weibchen schwankte zwischen 1,1 und 2,6. Die sommerliche Schelf-Station 42 bildete mit einem Verhältnis von 4,8 eine Ausnahme.

Tabelle 4.7: Mittlere Populationsstadien S von *Oncaea curvata* im Sommer und Herbst.

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
S	4,1	4,1	3,2	3,1	3,1	5,3
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
S	5,0	5,4	4,8	3,8	3,7	

Anhand des mittleren Populationsstadiums S von *O. curvata* lassen sich im Sommer drei Gebiete voneinander abgrenzen (Tabelle 4.7). Im Bereich des Schelfs und Hangs der Peter I.-Insel (Stationen 42/43) war das mittlere Stadium 4,1. Südlich davon war die Population um 1 Stadium jünger, auf der südlichsten Station 51 wiederum 2 bzw. 1 Stadium älter. Der Schelfbereich von Peter I. Insel wurde von Copepoditen IV dominiert, die Stadien III bis V machten zusammen 74% der Population aus (Abb. 4.15a). Auf den Stationen 45-50 hatten die drei jüngsten Copepoditstadien einen mittleren Gesamtanteil von 67%. Das Stadium II war dominant. Nach Süden wurde der Anteil der Copepodite I und II auf diesen Stationen zunehmend wichtiger. Die Schelfstation 51 war deutlich von Adulten dominiert, die zusammen mit den Copepoditen V 65% der Population stellten.

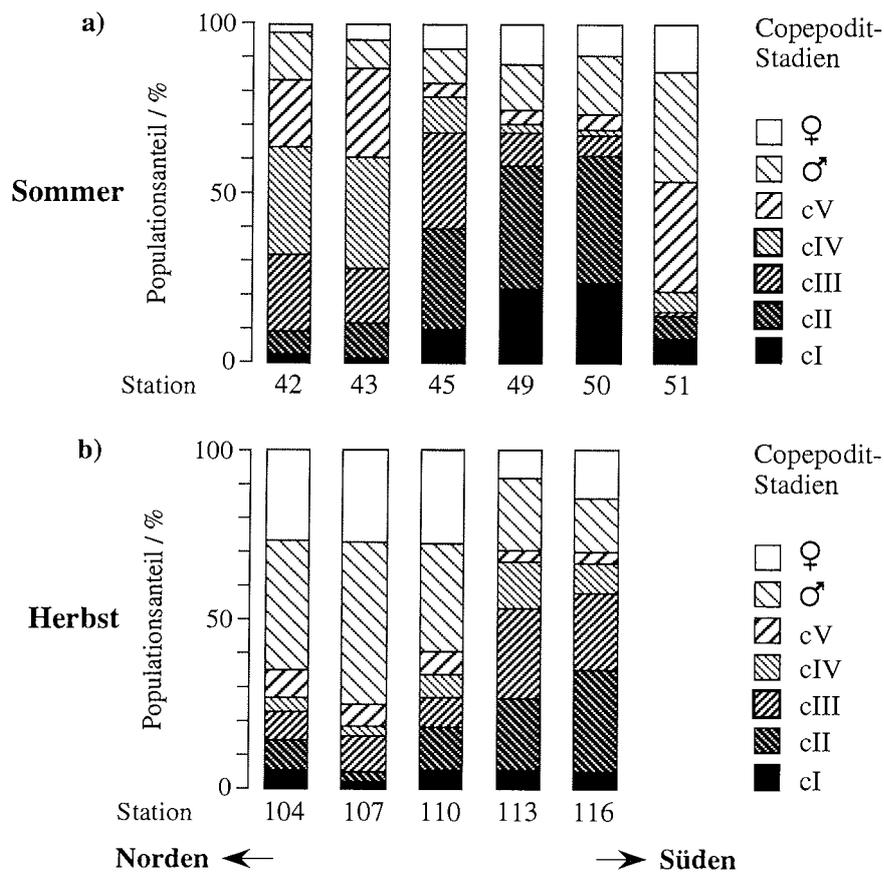


Abb. 4.15: Populationsstruktur von *Oncaea curvata* im a) Sommer und b) Herbst. Der prozentuale Anteil der einzelnen Copepoditstadien an der Population ist für jede Station dargestellt.

Im Herbst war das mittlere Populationsstadium im Norden etwa 1 Stadium älter als im Sommer. Zum Süden war das mittlere Populationsstadium jünger (Tabelle 4.7). Auf den Stationen 104 bis 110 im Norden dominierten sehr stark die Adulten, die 60% bzw. 75% der Population stellten (Abb. 4.15b). Die Stationen 113/116 hatten dagegen nur einen Anteil von 30% Adulten. Dafür waren die Copepodite II und III mit zusammen durchschnittlich 50% in der Population vertreten.

Fortpflanzung

Oncaea curvata-Weibchen mit Spermatophoren kamen im Sommer auf allen Stationen vor (Abb. 4.16a). Sie wurden vor allem im oberen Bereich der Wassersäule gefunden. Ihre Zahl nahm von Norden (256 m^{-2}) nach Süden (2048 m^{-2}) zu, mit Ausnahme der Station 45, die nur einen Bestand von 120 m^{-2} aufwies. Auch der prozentuale Anteil der begatteten Weibchen war im Süden sehr hoch. Der Bestand der Weibchen mit Eisäcken war wesentlich niedriger als der mit Spermatophoren (Abb. 4.16c).

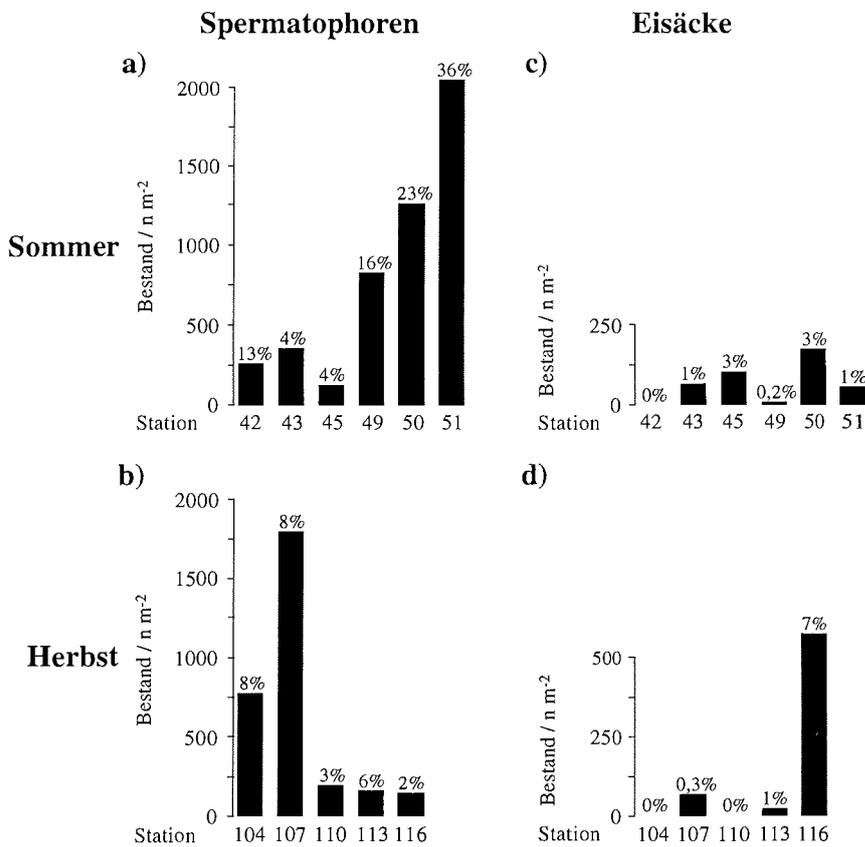


Abb. 4.16: Fortpflanzung von *Oncaea curvata*. Bestand der Weibchen mit Spermatophoren im a) Sommer und b) Herbst und Bestand der Weibchen mit Eisäcken im c) Sommer und d) Herbst. Über den Säulen sind die prozentualen Anteile der jeweiligen Weibchen an der Gesamtzahl der Weibchen angegeben.

Die Weibchen mit Eisäcken kamen zum größten Teil in den tieferen Wasserschichten vor als Weibchen mit Spermatophoren, so daß eine Vertikalwanderung

der befruchteten Weibchen angenommen werden kann. Die Weibchen mit Eisäcken trugen durchschnittlich 15 Eier und maximal 28 Eier. Auf Station 42, im Norden, wurden keine Weibchen mit Eisäcken gefunden. Auf den anderen Stationen schwankte der Bestand zwischen 8 und 172 Weibchen m⁻² mit Eiern. Der prozentuale Anteil am gesamten Weibchenbestand war auf allen Stationen nur gering. Die Eiproduktion war insgesamt sehr niedrig (Tabelle 4.8).

Im Herbst kamen wesentlich mehr Weibchen mit Spermatophoren auf den nördlichen Stationen 104 und 107 (770 m⁻² und 1792 m⁻²) vor als auf den südlichen Stationen, wo durchschnittlich 165 m⁻² begattete Weibchen gefunden wurden (Abb. 4.16b). Der prozentuale Anteil am gesamten Weibchenbestand war jedoch im Norden nur geringfügig höher. Weibchen mit Eiern waren im Herbst (Abb. 4.16d) noch seltener als im Sommer, mit Ausnahme der Schelf-Station 116, wo 570 Weibchen m⁻² mit Eisäcken auftraten. Dort war die Eiproduktion (Tabelle 4.8) mit Abstand am höchsten von allen untersuchten Stationen, lag jedoch auch hier nur knapp über einem Ei pro Weibchen.

Tabelle 4.8: Durchschnittliche Eizahl pro *Oncaea curvata*-Weibchen im Sommer und Herbst. ($\sum \text{Eier} / \sum \text{Weibchen}$)

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
Eier/Weibchen	0,00	0,06	0,39	0,04	0,59	0,14
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
Eier/Weibchen	0,00	0,03	0,00	0,12	1,16	

Zusammenfassung

Oncaea curvata hält sich schwerpunktmäßig in bzw. oberhalb der Thermokline auf. Die Vertikalverteilung ist stark altersabhängig. Ihr Individuenbestand ist im südlichen Schelfbereich des Untersuchungsgebietes etwas geringer als im Norden. Die herausragenden Extremwerte in Biomasse und Individuenbestand dieser Art lassen sich nicht anhand der vorliegenden Umweltdaten erklären.

Die Population von *O. curvata* wurde im Sommer im ozeanischen Bereich des Untersuchungsgebietes und im Hangbereich des antarktischen Schelfes von den drei jüngsten Copepoditstadien dominiert. Auch Anzeichen für Paarung und Eiablage wurden gefunden, jedoch war die Fortpflanzungsaktivität gering. Im Herbst waren die Juvenilen im offenen Ozean nur noch in sehr geringen Mengen zu finden, und Adulte dominierten die Population. Auch zu diesem Zeitpunkt wurden begattete Weibchen angetroffen. Ihr prozentualer Anteil war jedoch noch niedriger als im Sommer. Die Eiproduktion hatte ebenfalls nachgelassen.

Im Schelfbereich von Peter I.-Insel hatte sich die Population offensichtlich schneller entwickelt als im oben beschriebenen ozeanischen Bereich. Hier war die Population im Sommer schon deutlich älter, und die Fortpflanzungsaktivität hatte stärker nachgelassen.

Im Gegensatz dazu war die Entwicklung der Population auf dem Schelf des antarktischen Kontinents verzögert. Die Population war im Sommer stellenweise von Adulten dominiert und ein sehr großer Prozentsatz der Weibchen war begattet. Im Herbst wurden in der südlichen Region weiterhin viele Adulte gefunden. Die Paarung hatte nachgelassen, Weibchen mit Eisäcken kamen jedoch recht häufig vor. Vor allem junge Copepodite wurden gefunden.

4.2.2 *Oncaea antarctica*

Verbreitung

Auch *Oncaea antarctica* kam auf allen Stationen im Untersuchungsgebiet vor. Abb. 4.17 zeigt eine deutliche Abnahme der Biomasse von Norden nach Süden im Sommer und Herbst mit Ausnahme der nördlichsten Stationen 42 (Schelf von Peter I.-Insel) und 104. Die größte Biomasse erreichte die Art im Sommer (Abb. 4.17a) auf Station 43 mit 376,9 mg TG m⁻² und im Herbst (Abb. 4.17b) auf Station 107 mit 444,5 TG m⁻². Die Herbstwerte waren im gesamten Gebiet etwas höher als im Sommer.

Auch die Individuenbestände (Tabelle 4.9) stiegen vom Sommer zum Herbst leicht an (von durchschnittlich 14 000 m⁻² auf 16 000 m⁻²). Die jahreszeitlichen Unterschiede waren jedoch nur gering.

Tabelle 4.9: Individuenbestand (n m⁻²) der *Oncaea antarctica* Population im Sommer und Herbst. Summe aller Copepoditstadien.

Station	42	43	45	49	50	51
Fangtiefe	200m	1000m	1000m	1000m	600m	500m
n m⁻²	13 696	32 208	20 112	11 448	6 768	2 684
Station	104	107	110	113	116	
Fangtiefe	1000m	1000m	1000m	1000m	600m	
n m⁻²	18 336	20 192	18 688	13 984	6 608	

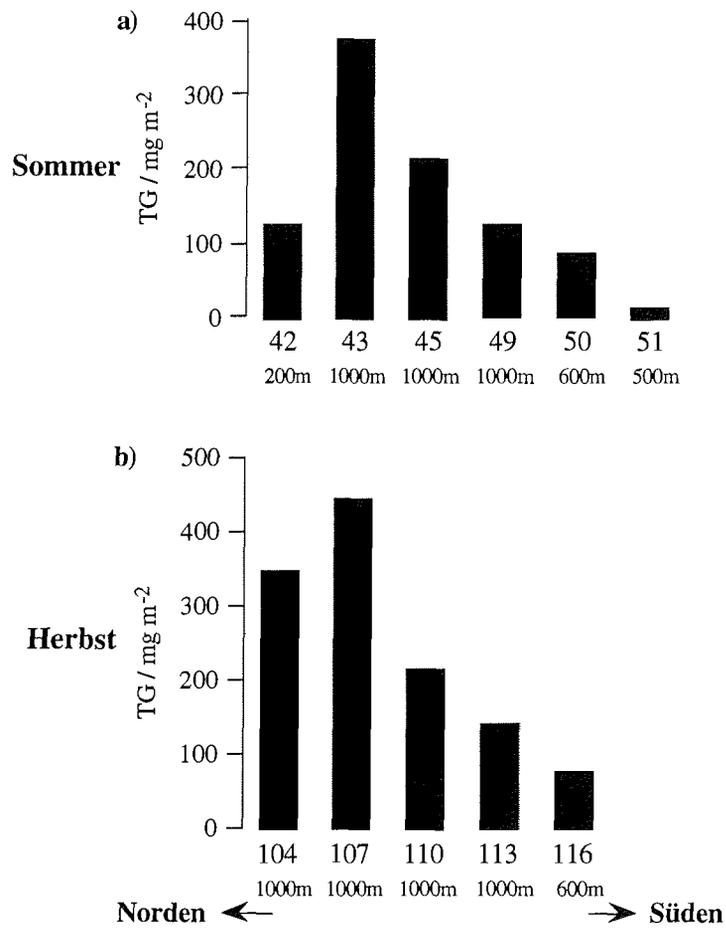


Abb. 4.17: Biomasse (Trockengewicht: TG) des *Oncaea antarctica*-Bestandes auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst. Unter den Säulen sind die Stationsnummern und die Fangtiefen angegeben.

Vertikalverteilung

Wie aus Abb. 4.18 ersichtlich, ist *Oncaea antarctica* mesopelagisch. Der Verteilungsschwerpunkt lag bei mittleren Tiefen von 226-289 m im Sommer (außer auf den Schelfen, wo mittlere Tiefen von 119-160 m berechnet wurden) und zwischen 199 m und 357 m im Herbst. Damit kam diese Art im Mittel etwa 100 m tiefer vor als *Oncaea curvata* (siehe auch Abb. 5.2). Ihre höchsten Abundanzen traten im unteren Bereich der Thermokline und darunter auf. Eine Ausnahme bildeten die südlichen Stationen 49-51 im Sommer (Abb. 4.18a), wo der Großteil der Population im oberen Teil der Thermokline zu finden war. Die Sommer-Maxima beliefen sich auf 150 m^{-3} auf Station 42 zwischen 150 m und 200 m Tiefe und 114 m^{-3} auf Station 43 (200-300 m). Im Herbst waren die Maxima auf allen Stationen ähnlich (Abb. 4.18b). Sie lagen zwischen 33 m^{-3} (Station 110) und 52 m^{-3} (Station 104), außer auf Station 116, wo geringere Abundanzen auftraten.

O. antarctica zeigt wie *O. curvata* eine altersspezifische Tiefenverteilung (Abb. 4.19). Im Sommer und im Herbst kamen vor allem die Adulten in den tiefsten Wasserschichten vor, während die Copepoditstadien III und IV näher der Oberfläche lebten. Die jüngsten Copepoditstadien schienen ihren Verteilungsschwerpunkt oft in ähnlichen Tiefen zu haben wie die Adulten.

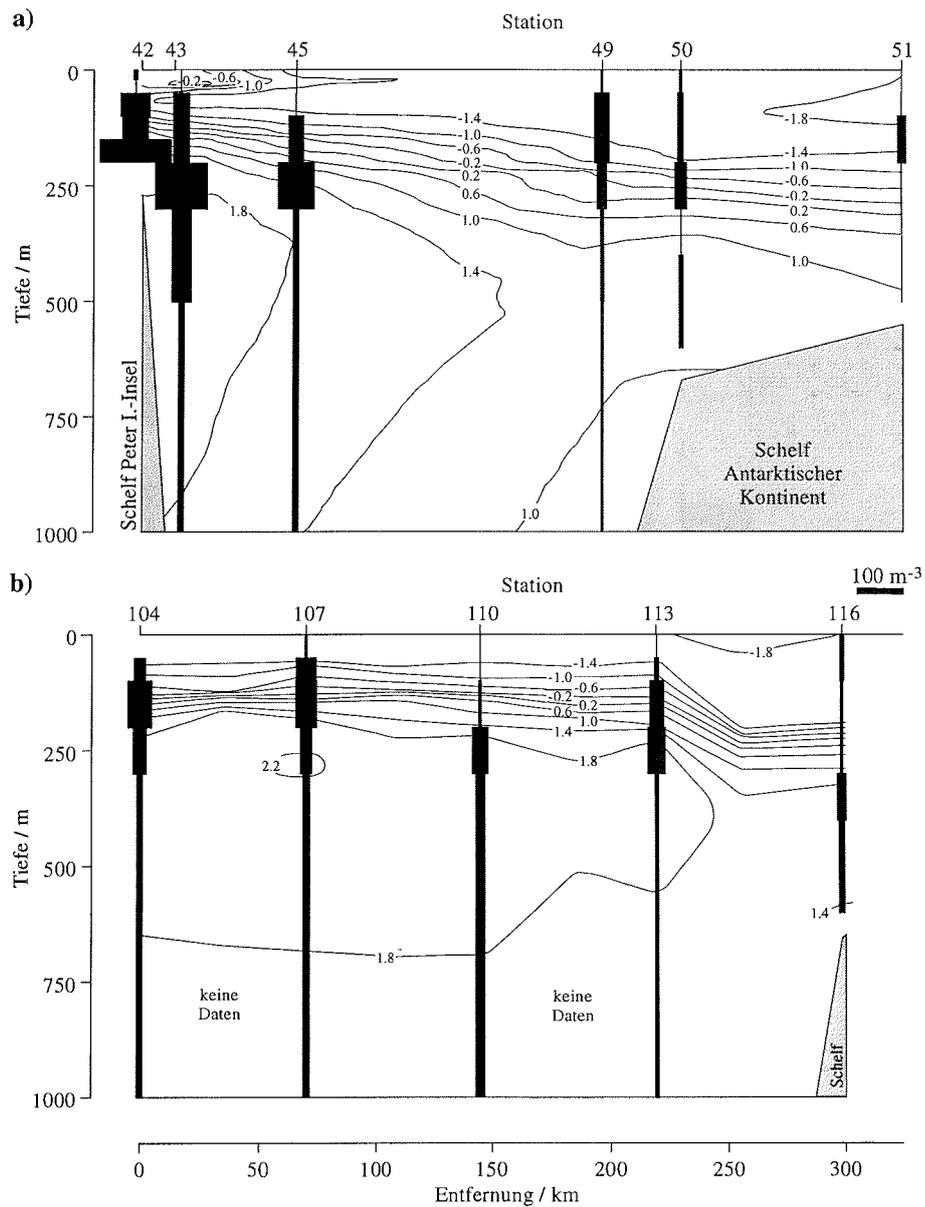


Abb. 4.18: Vertikalverteilung von *Oncaea antarctica* im a) Sommer und b) Herbst. Die Breite der Balken gibt die Abundanz entsprechend dem Maßstab zwischen den Graphiken, die Höhe der Balken das Tiefenintervall der jeweiligen Probe an. Der Verlauf der Isothermen (Angaben in °C) und die Topographie sind angegeben.

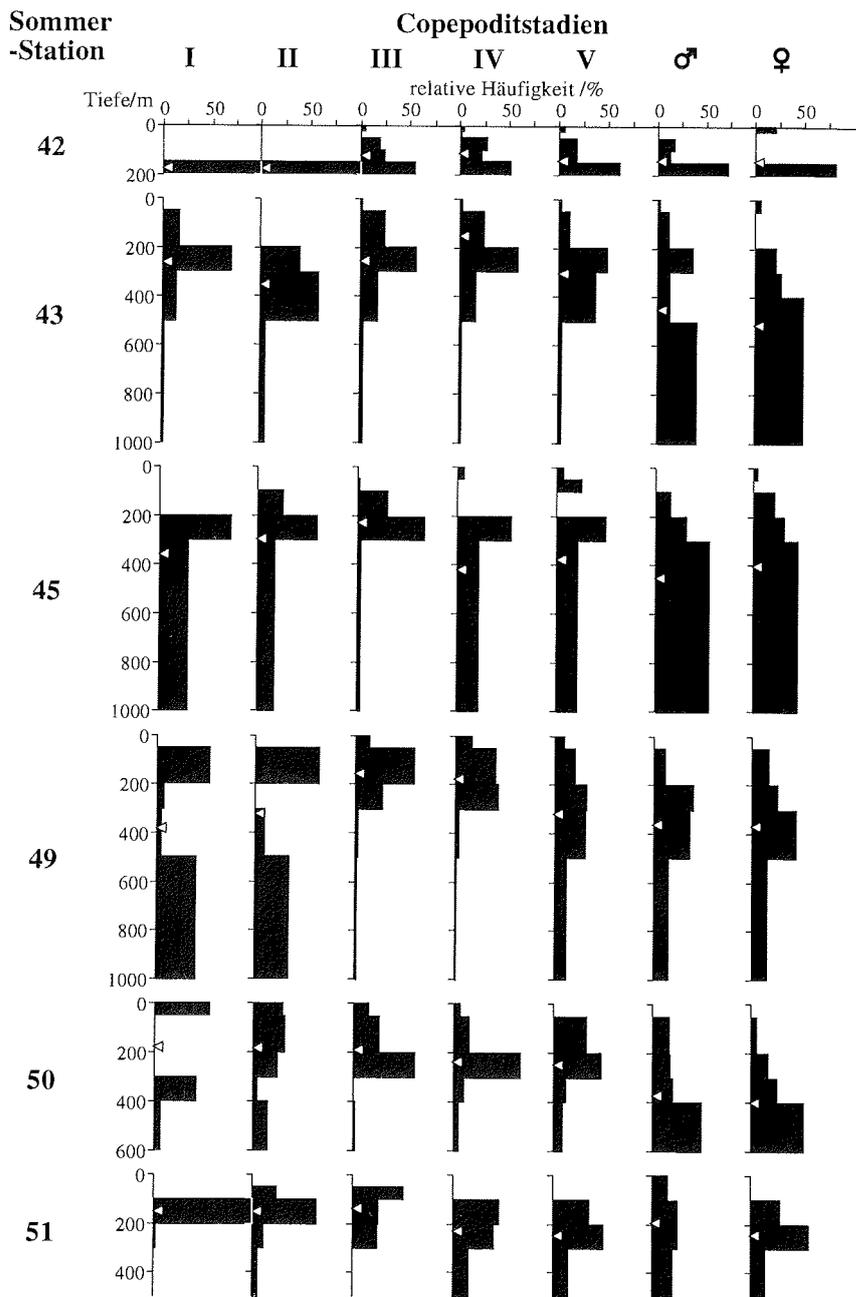


Abb. 4.19: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea antarctica* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Sommer (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

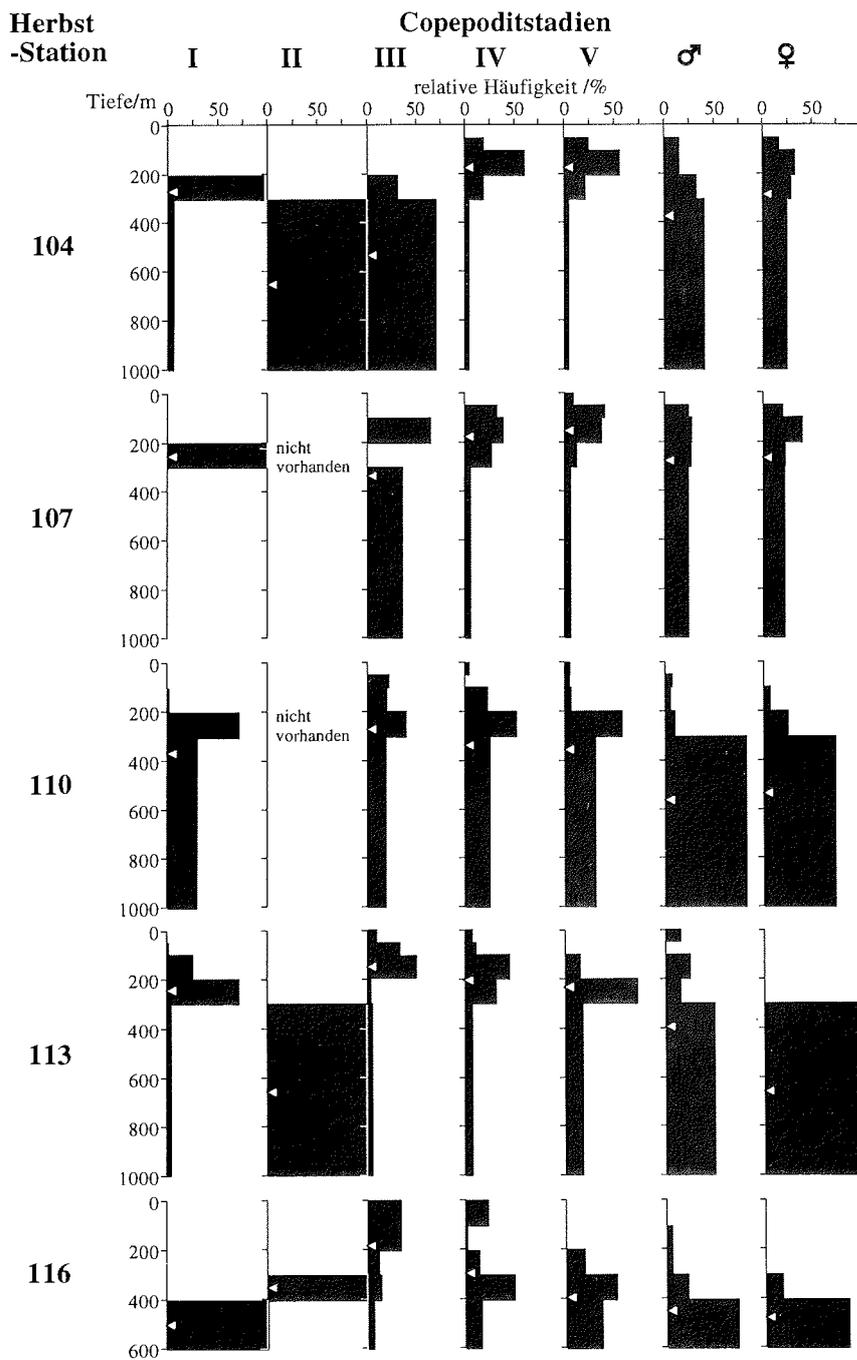


Abb. 4.19: Fortsetzung: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea antarctica* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Herbst (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

Populationsstruktur

Obwohl das mittlere Populationsstadium von *Oncaea antarctica* im Sommer auf den verschiedenen Stationen (Tabelle 4.10) sehr ähnlich war (mit Ausnahme der Station 51), gab es deutliche Unterschiede in der Struktur der Populationen (Abb. 4.20a). Von Norden nach Süden dominierten immer jüngere Stadien. Auf Station 42 waren 65% der *O. antarctica* Population Copepodite IV. Auf Station 43 machte dieses Stadium nur noch 31% aus, während das jüngste Stadium zunahm. Station 45 wurde mit 56% von Copepoditen III dominiert, deren Anteil bis Station 50 auf 38% abnahm. Die südlichste Station 51 hatte einerseits einen Anteil von 51% Copepoditen I und andererseits eine große Anzahl von Adulten.

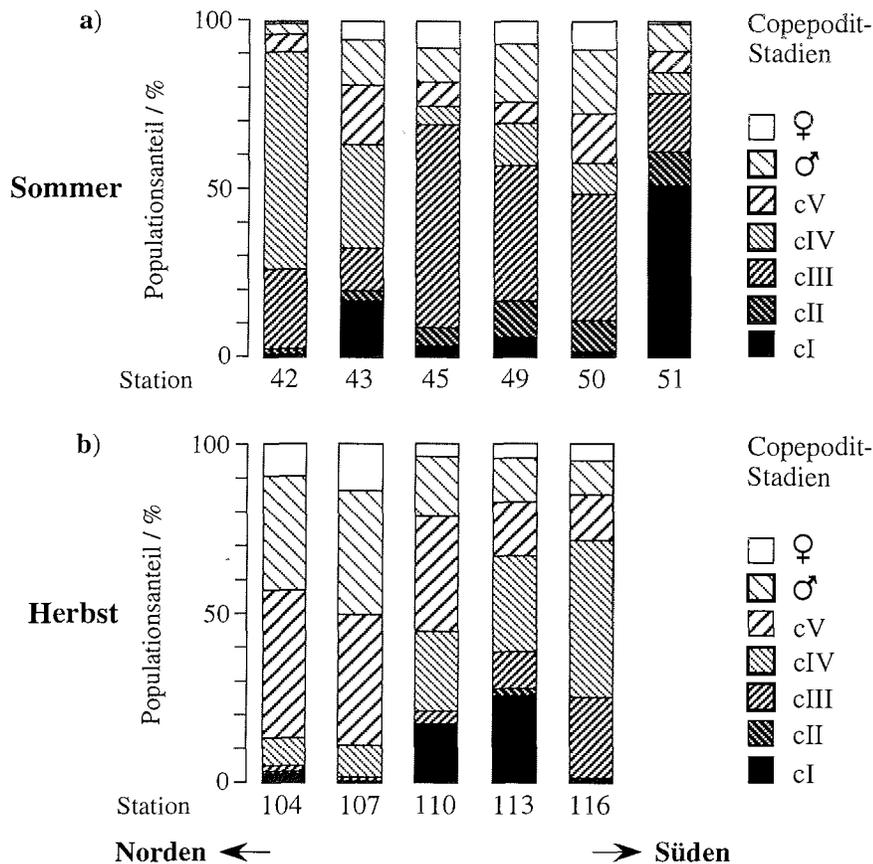


Abb. 4.20: Populationsstruktur von *Oncaea antarctica* im a) Sommer und b) Herbst. Der prozentuale Anteil der einzelnen Copepoditstadien an der Population ist für jede Station dargestellt.

Der Anteil der Männchen an der Population ist bei *O. antarctica* im Sommer etwa 2,2 bis 2,5 mal größer als der Anteil der Weibchen. Auf der Schelf-Station 51 ist das Verhältnis wesentlich höher (6,8), entsprechend dem sehr geringen Weibchenbestand der Station.

Im Herbst war die *O. antarctica*-Population im Norden des Untersuchungsgebiets (Station 104/107) deutlich älter als im Sommer (Tabelle 4.10). Sie bestand fast ausschließlich aus Copepoditen V und Adulten (insgesamt 87-89%; Abb. 4.20b). Im Süden (Station 110-116) hatte sich das mittlere Populationsstadium gegenüber dem Sommer nicht verändert. Der Anteil der Copepoditstadien I bis IV nahm auf diesen Stationen von Norden nach Süden zu (insgesamt 45%-72%). Auf Station 110 dominierte noch das Stadium V, auf den beiden südlicheren Stationen waren Copepodite IV dominant. Auf der Schelf-Station 116 kamen im Gegensatz zu den beiden anderen Stationen jedoch fast keine Copepodite I und II vor. Das Verhältnis von Männchen zu Weibchen war variabler und höher als im Sommer (2,0-4,3).

Tabelle 4.10: Mittlere Populationsstadien S von *Oncaea antarctica* im Sommer und Herbst.

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
S	3,8	3,9	3,9	3,8	4,1	2,7
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
S	5,2	5,4	4,2	3,6	4,2	

Fortpflanzung

Oncaea antarctica-Weibchen wurden nie mit Spermatophoren als Indikator für Paarungsaktivität angetroffen, jedoch konnten in einigen Fällen "Paare" zwischen 200 und 600 m Tiefe, dem Aufenthaltsschwerpunkt der Weibchen, beobachtet werden. Bei der Paarung verankert sich das wesentlich kleinere Männchen mit den Maxillipeden am Abdomen des Weibchens und schwimmt eine gewisse Zeit zusammen mit dem Weibchen (Abb. 4.21).

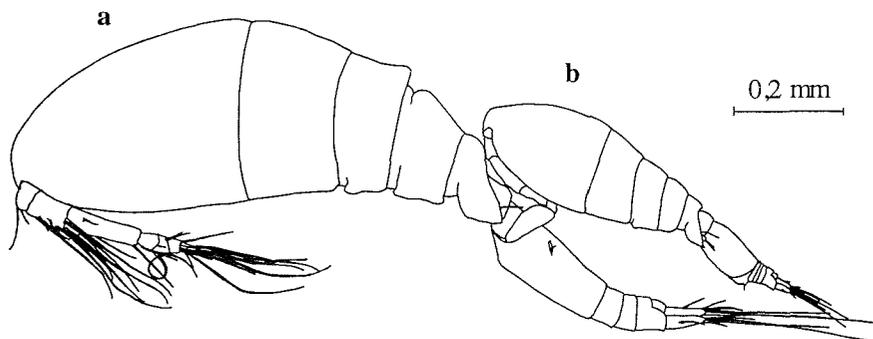


Abb. 4.21: Paarungsverhalten von *Oncaea antarctica*. a) Weibchen, b) Männchen (nach Heron 1977).

Dies ist das typische Paarungsverhalten für alle Oncaeidae. In den Proben wurden jedoch nur *O. antarctica*-Paare gefunden. Im Sommer fand auf allen Stationen außer Station 51 Paarung statt. Von Norden nach Süden nahm der Bestand der Paare zu (4 m⁻² auf Station 42 bis 32 m⁻² auf Station 50). Der Prozentsatz der gepaarten Weibchen lag immer unter 0,05%. Im Herbst wurde nur auf der nördlichsten Station 104 ein Paar angetroffen.

Die Eisäcke dieser Art enthalten im Vergleich mit anderen Oncaeidae viele Eier (>30 pro Eisack; nicht genau zählbar), wodurch die Fortpflanzungsrate ziemlich hoch ist. Weibchen mit Eiern kamen im Sommer nur auf Station 43 unterhalb 500 m vor (320 m⁻², 17% der Weibchen). Im Herbst wurden sie dagegen auf allen Stationen (Abb. 4.22), allerdings immer unterhalb 300 m Tiefe gefangen. Durchschnittlich trugen etwa 25% der Weibchen Eisäcke. Der größte Bestand von Weibchen mit Eisäcken (450 m⁻²) lag auf der nördlichsten Station 104 vor, der geringste auf der Schelf-Station 116 (78 m⁻²).

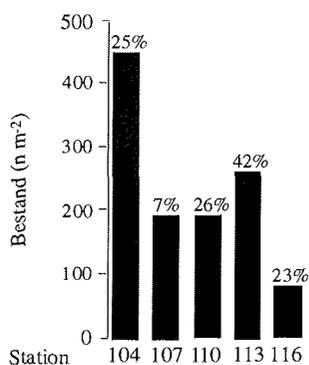


Abb. 4.22: Fortpflanzung von *Oncaea antarctica*. Bestand der Weibchen mit Eisäcken im Herbst. Über den Säulen sind die prozentualen Anteile der Weibchen mit Eisäcken an der Gesamtzahl der Weibchen angegeben.

Zusammenfassung

Oncaea antarctica zählt zu den mesopelagischen Arten. Sie kam im gesamten Untersuchungsgebiet vor und hielt sich hauptsächlich im unteren Bereich der Thermokline auf. Eine Ausnahme bildete der südliche Teil des Gebiets, wo *O. antarctica* im Sommer vor allem im oberen Teil der Thermokline lebte. Wie die anderen untersuchten Arten hat auch diese Art zwei verschiedene Populationen im Untersuchungsgebiet. Die nördliche Population im Bereich des ACC entwickelte höhere Biomassen als die südliche in der EWD. Vor allem unterschieden sich die Populationen jedoch durch ihre unterschiedliche Entwicklung.

Im Norden (Station 42-45) herrschten im Sommer die mittleren Populationsstadien III bis IV vor. Auf jeder Station paarten sich die Adulten, allerdings nur zu extrem geringen Anteilen. Auf der Hang-Station 43 hatten 17% der Weibchen Eier produziert, auf den anderen Stationen gab es jedoch keine Eiproduktion. Im Herbst war die Population älter. Der Großteil der Tiere war subadult oder adult, was den Anstieg der Biomasse bei gleichzeitiger Abnahme der Individuenzahl erklärt. Die adulten Weibchen produzierten verstärkt Eier. In sehr geringem Maß fand auch Paarung statt.

Im Einflußbereich der EWD (Station 49-51) dominierten im Sommer die Copepoditstadien III und I. Auch in diesem Gebiet wurde nur eine geringe Paarungsaktivität beobachtet. Auf der Schelf-Station 51 lag die Population mit dominantem Stadium I am weitesten in der Entwicklung zurück. Paarung schien dort zu dieser Zeit nicht stattzufinden. Eier wurden im ganzen südlichen Untersuchungsgebiet im Sommer nicht gefunden. Im Herbst war die Eiproduktion dagegen prozentual etwa genauso hoch wie im Norden. Paarung wurde jedoch nicht mehr beobachtet. Die Population der EWD war vom Sommer zum Herbst ebenfalls gealtert. Die Copepoditstadien III und IV dominierten.

4.2.3 *Oncaea parila*

Verbreitung

Oncaea parila ist ebenfalls im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet und kam im Norden (Stationen 43/45 im Sommer und Stationen 104/107 im Herbst) häufiger vor als im Süden (Station 49-51 im Sommer und 110-116 im Herbst). Im Sommer war die Biomasse (Abb. 4.23a) dieser Art mit 145,4 mg TG m⁻² auf Station 43 am höchsten und nahm zur Station 51 bis auf 12,9 mg TG m⁻² ab. Die flache Schelf-Station 42 im Norden hatte die geringste Biomasse (7,6 mg TG m⁻²), da die Art in geringen Wassertiefen nur selten vorkam (siehe

Abschnitt Vertikalverteilung). Im Herbst war die Biomasse (Abb. 4.23b) etwa so groß wie im Sommer mit höchstens 130,3 mg TG m⁻² auf Station 107 und mindestens 30,5 mg TG m⁻² auf Schelf-Station 116. Das Nord-Süd-Gefälle war jedoch nicht mehr so ausgeprägt.

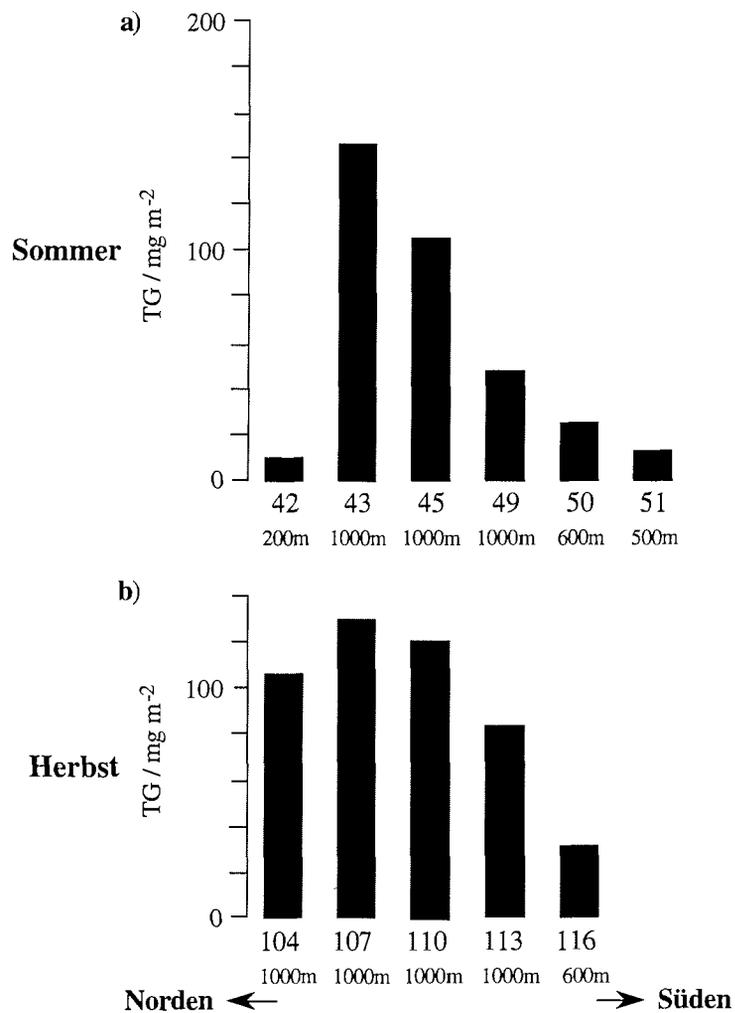


Abb. 4.23: Biomasse (Trockengewicht: TG) des *Oncaea parila*-Bestands auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst. Unter den Säulen sind die Stationsnummern und die Fangtiefen angegeben.

Tabelle 4.11 gibt die Individuenbestände von *O. parila* auf jeder Station im Sommer und Herbst an. Auch hieraus wird das Nord-Süd-Gefälle des Vorkommens deutlich. Im Norden wurden im Sommer durchschnittlich 24 000 Ind. m⁻² angetroffen (Station 43 und 45; Station 42 wurde aus dem oben angeführten Grund nicht berücksichtigt). Im Herbst betrug der mittlere Individuenbestand im Norden 23 000 m⁻². Im Süden kamen dagegen nur etwa halb so viele Individuen vor (11 000 m⁻² im Sommer, 14 000 m⁻² im Herbst).

Tabelle 4.11: Individuenbestand (n m⁻²) der *Oncaea parila*-Population im Sommer und Herbst. Summe aller Copepoditstadien.

Station	42	43	45	49	50	51
Fangtiefe	200m	1000m	1000m	1000m	600m	500m
n m⁻²	4 032	26 112	21 064	14 384	12 436	7 532
Station	104	107	110	113	116	
Fangtiefe	1000m	1000m	1000m	1000m	600m	
n m⁻²	19 840	27 104	18 368	14 152	9 744	

Vertikalverteilung

Wie *O. antarctica* ist auch *O. parila* mesopelagisch und hält sich bevorzugt im CDW unterhalb der Thermokline auf (Abb. 4.24). Im Süden des Untersuchungsgebietes wurden die Abundanz-Maxima von *O. parila* jedoch im WW gefunden. *Oncaea parila* kam im Sommer und im Herbst in mittleren Tiefen von 227-420 m im ozeanischen Gebiet vor. In Schelfgebieten lag die mittlere Tiefe D ihres Vorkommens bei 108-203 m. Damit war der Verbreitungsschwerpunkt dieser Art etwas tiefer als der von *O. antarctica*.

Die höchsten Abundanzen traten im Sommer auf der nördlichen Station 43 in 300-500 m Wassertiefe auf (76 m⁻³) und im Herbst auf der nördlichsten Station 104 in 200-300 m Wassertiefe (52 m⁻³). Insgesamt waren die Abundanz-Maxima im Herbst etwas niedriger als im Sommer (42-76 m⁻³ im Sommer und 32-52 m⁻³ im Herbst).

In der Regel standen die adulten *O. parila* in tieferen Wasserschichten, als die jungen und mittleren Copepoditstadien (Abb. 4.25). Die altersabhängige Vertikalverteilung ist nicht so deutlich ausgeprägt wie bei den anderen Arten. In den meisten Fällen kommen jedoch auch bei dieser Art die jüngeren Copepodite tiefer vor als die mittleren Stadien (Abb. 4.25).

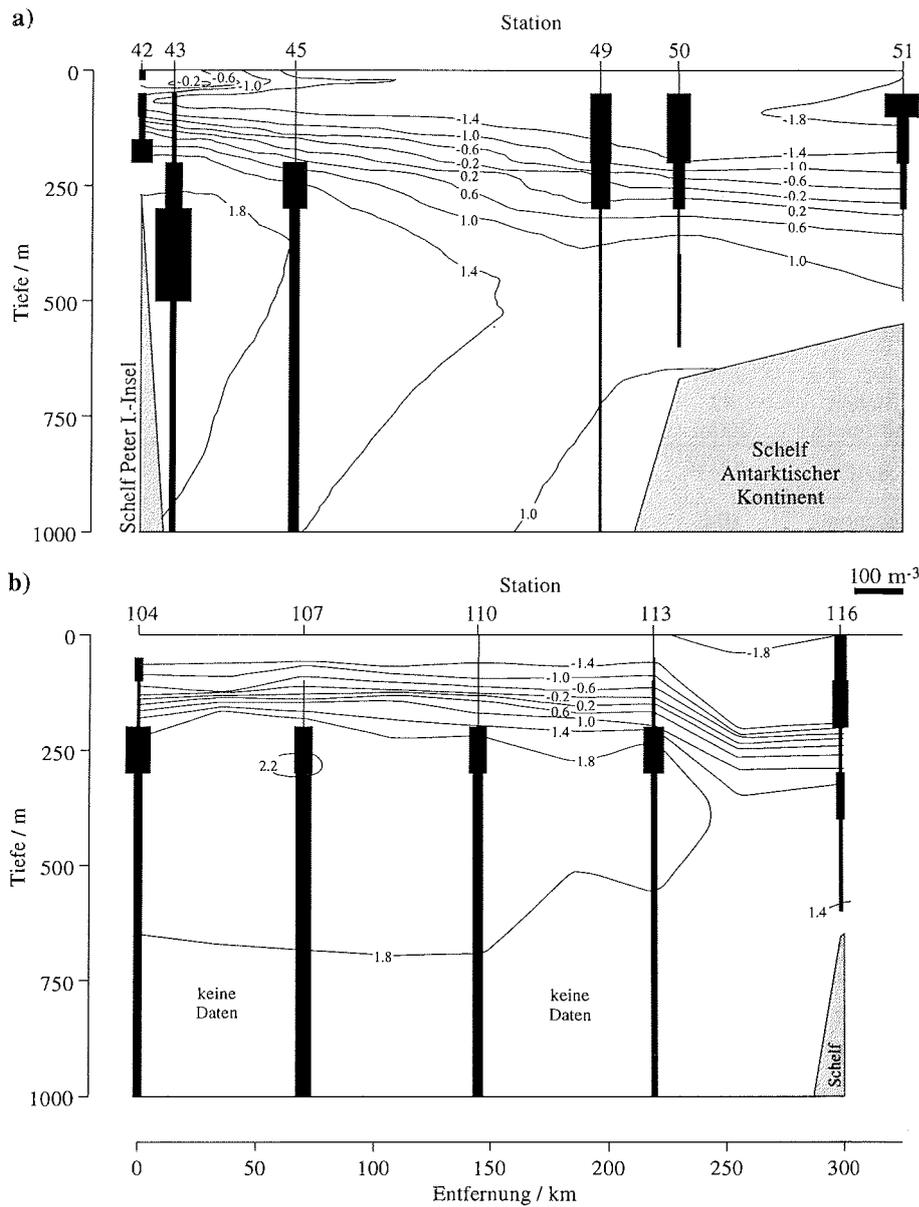


Abb. 4.24: Vertikalverteilung von *Oncaea parila* im a) Sommer und b) Herbst. Die Breite der Balken gibt die Abundanz entsprechend dem Maßstab zwischen den Graphiken, die Höhe der Balken das Tiefenintervall der jeweiligen Probe an. Der Verlauf der Isothermen (Angaben in °C) und die Topographie sind angegeben.

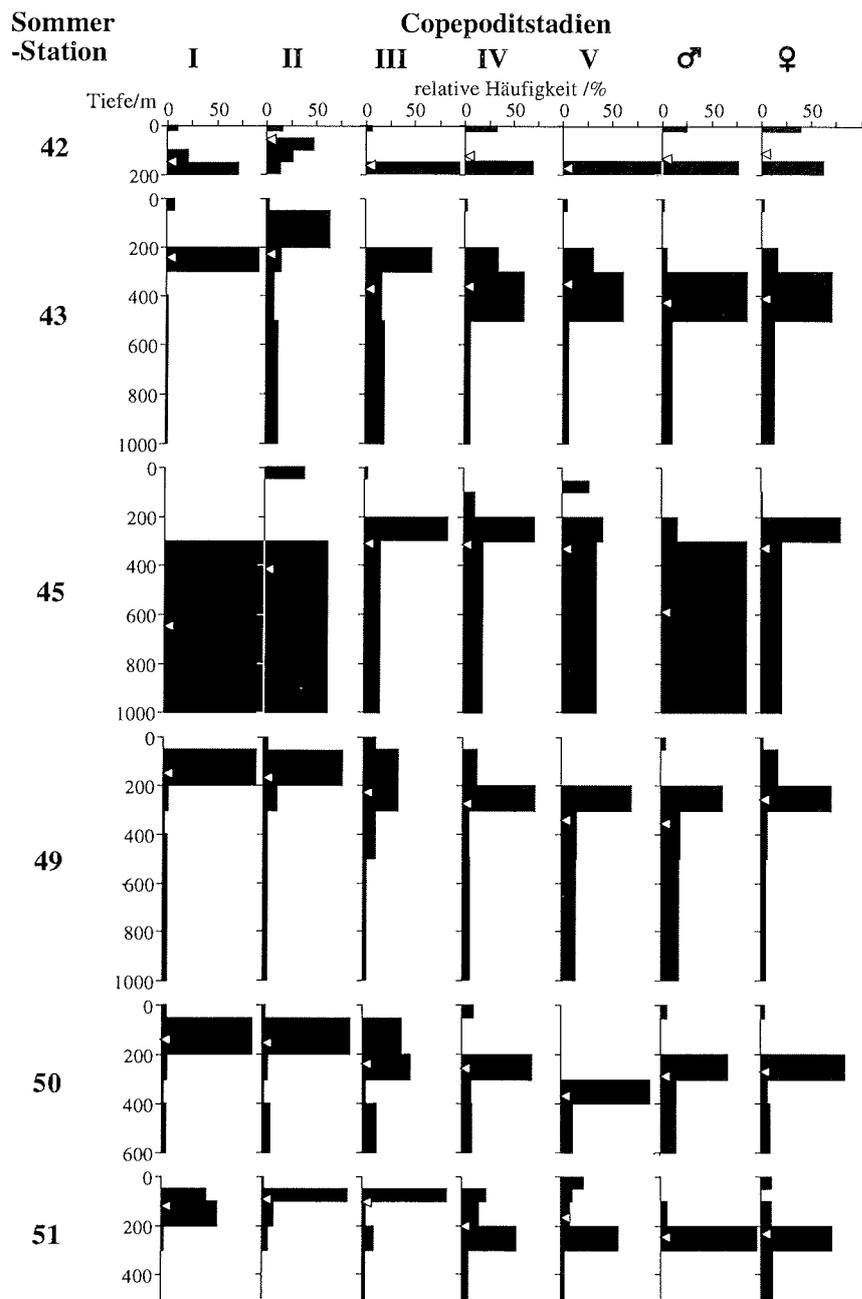


Abb. 4.25: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea parila* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Sommer (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

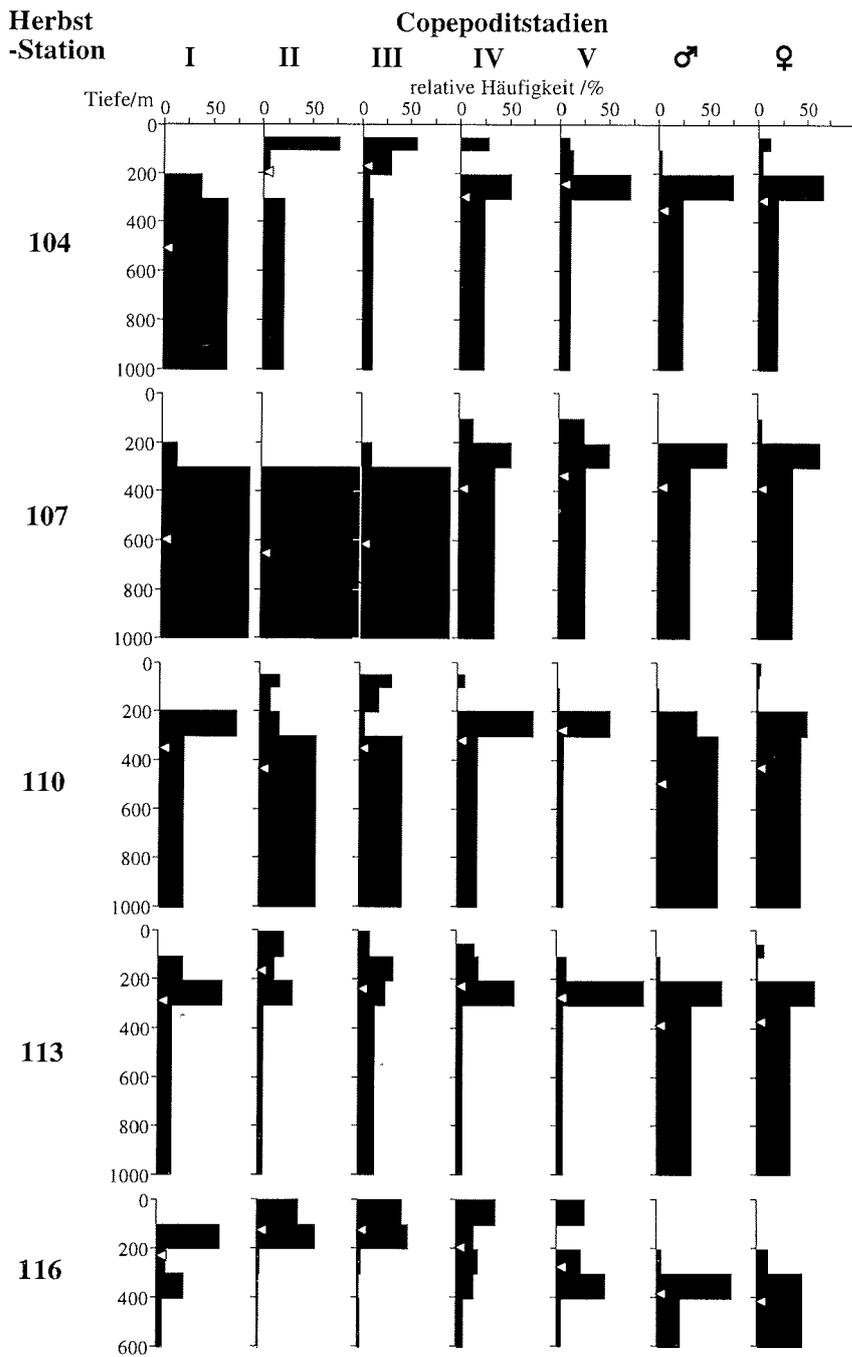


Abb. 4.25: Fortsetzung: Relative Häufigkeit (%) der einzelnen Stadien von *Oncaea parila* in verschiedenen Tiefenstufen auf allen Stationen im Herbst (Dreiecke: mittlere Tiefe D).

Populationsstruktur

Die Populationsstruktur von *Oncaea parila* und das mittlere Populationsstadium S zeigten die deutlichsten Unterschiede zwischen den ozeanischen Stationen und den Schelf-Stationen. Auf den Schelfen war die Population jung (Tabelle 4.12) mit mittleren Stadien von 2,6 im Sommer (Station 42 und 50/51) und 3,6 im Herbst (Station 116). Auf den ozeanischen Stationen war die Population im Sommer und im Herbst etwa 1-2 Copepoditstadien älter.

Tabelle 4.12: Mittlere Populationsstadien S von *Oncaea parila* im Sommer und Herbst.

Sommer-Station	42	43	45	49	50	51
S	2,6	4,7	4,5	3,4	2,6	2,6
Herbst-Station	104	107	110	113	116	
S	4,8	4,3	5,3	5,2	3,6	

Im Sommer (Abb. 4.26a) dominierten die Copepoditstadien I und II die Schelf-Stationen 42 und 50/51 (62-73% der Population). Der Anteil der Adulten lag nur bei 8-15%. Die ozeanischen Stationen 43 und 45 waren dagegen von Adulten (durchschnittlich 44%) und den Copepoditen IV und V (zusammen durchschnittlich 34%) dominiert. Der Prozentsatz der beiden jüngsten Stadien war gering (9-11%). Auf der Station 49, am Kontinentalabhang, hatte die Population eine Zusammensetzung mit Merkmalen der ozeanischen und der Schelf-Population. Die Copepodite I und II dominierten mit 41%, die Adulten machten jedoch ebenfalls einen recht großen Anteil der Population (29%) aus.

Im Herbst wurden die Stationen 104-113 ebenfalls von 49-68% Adulten dominiert. Station 116 hatte dagegen nur einen Anteil von 29% Adulten. Copepodite II und III waren auf dieser Station etwa so häufig wie die Adulten (27% bzw. 25%).

Das Verhältnis von *O. parila*-Männchen zu -Weibchen lag im Sommer zwischen 0,6 und 1,0 und im Herbst etwas höher, zwischen 0,8 und 1,4. Damit hatte *O. parila* einen geringeren Männchen-Anteil als die beiden anderen untersuchten Oncaeidae. Es waren keine Unterschiede im Geschlechterverhältnis zwischen den Regionen feststellbar.

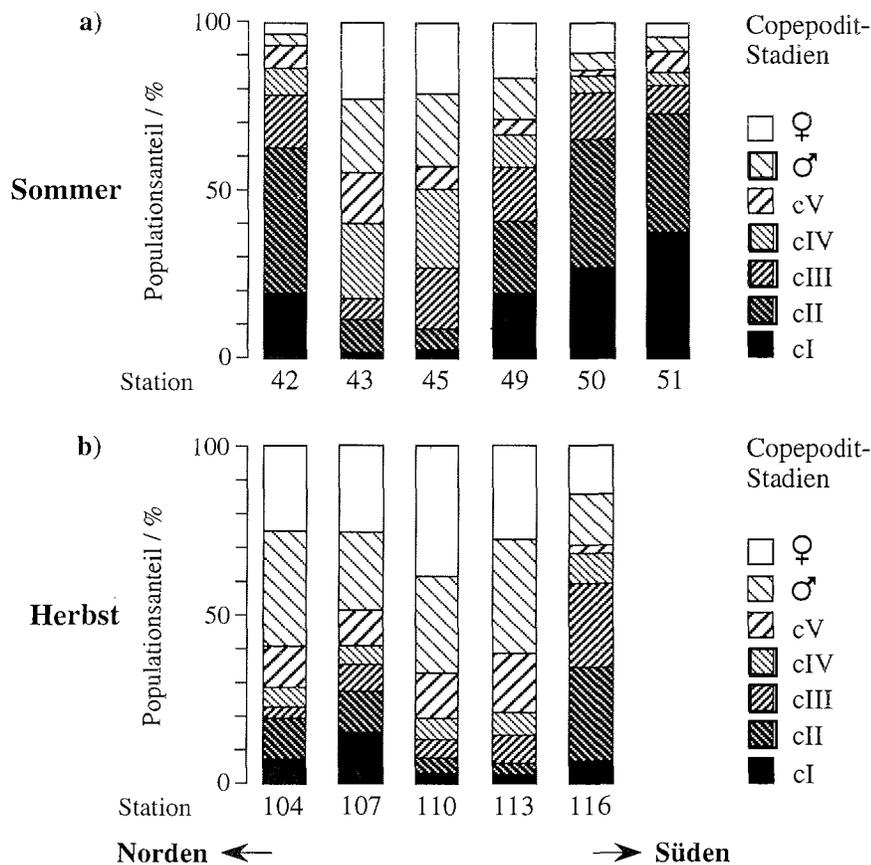


Abb. 4.26: Populationsstruktur von *Oncaea parila* im a) Sommer und b) Herbst. Der prozentuale Anteil der einzelnen Copepoditstadien an der Population ist für jede Station dargestellt.

Fortpflanzung

Oncaea parila-Weibchen wurden weder im Sommer noch im Herbst mit Eisäcken angetroffen. Weibchen mit Spermatophoren kamen im Sommer auf den Stationen 43 (192 m⁻²) und 45 (128 m⁻²), den Stationen mit hohem Anteil an Adulten, vor. Das entspricht jedoch nur einem prozentualen Anteil von 3% aller Weibchen. Im Herbst wurden Weibchen mit Spermatophoren auf den Stationen 107 bis 116 gefunden. Ihr Individuenbestand nahm von 96 m⁻² im Norden auf 18 m⁻² im Süden ab, und ihr Anteil an den vorkommenden Weibchen betrug auf allen Stationen nur etwa 1%. Die begatteten Weibchen wurden immer in den tiefsten Proben gefunden.

Zusammenfassung

Oncaea parila ist eine mesopelagische Art und lebt von allen untersuchten Oncaeidae am tiefsten. In den flachen Schelfregionen des Untersuchungsgebiets wurde sie in sehr geringen Abundanzen und Biomassen gefangen. Dort lag ihr Verteilungsschwerpunkt höher. Dies wurde teilweise durch die Verlagerung in höhere Wasserschichten und teilweise durch das Fehlen eines Großteils der älteren, tiefer lebenden Stadien, vor allem der Adulten, bewirkt. Dadurch ist auch die beobachtete Verjüngung der Populationsstruktur relativ zu den Stationen mit tieferem Wasser zu erklären. Vermutlich gelangen die jungen Copepoditstadien dieser Art vor allem durch Advektion in die Schelfbereiche. Dadurch sind diese Stationen für eine Analyse der Populationsstruktur nicht geeignet. Auf den ozeanischen Stationen war im allgemeinen eine Abnahme der Abundanzen und Biomassen von Norden nach Süden zu beobachten.

O. parila scheint wie *Oncaea antarctica* auf den ozeanischen Stationen im Sommer mit der Fortpflanzung zu beginnen. Zu diesem Zeitpunkt wurden die deutlichsten Hinweise auf Paarung gefunden. Außerdem war ein geringer Prozentsatz von Copepoditen I vorhanden. Ein großer Teil der Population war noch nicht zu Adulten ausgereift, sondern im Copepoditstadium IV oder V. Im Herbst kamen viele Adulte vor und im Norden des Untersuchungsgebiets wurden mehr Copepodite I und II gefunden als im Sommer. Im Süden, mit geringeren Anteilen von jungen Copepoditstadien zu dieser Zeit, war die Entwicklung der Population gegenüber dem Norden verlangsamt.

4.3 Ernährung von *Oncaea curvata*

4.3.1 Kohlenstoffmessung

Die Ergebnisse der Kohlenstoffmessung von adulten *Oncaea curvata* der Herbst-Expedition sind Tabelle 4.13 zu entnehmen. Die Kohlenstoffgehalte der Tiere sind auf den einzelnen Stationen sehr einheitlich, jedoch bestehen offensichtlich regionale Unterschiede. Die mittleren Kohlenstoffgehalte der *O. curvata*-Weibchen auf Station 69 sind hochsignifikant ($P > 99.9\%$) niedriger als die auf Station 104. Bei den Männchen ist der Unterschied nicht so stark ausgeprägt ($95\% < P < 99\%$). Die Station 69 lag sehr weit nördlich des Untersuchungsgebietes, jedoch südlich der Polarfront, in einem Gebiet mit extrem niedrigem Chlorophyll-Gehalt in der Wassersäule ($< 0,01 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$). Die Station 104 war die nördlichste des Multinetz-Schnittes, wo der Chlorophyllgehalt in den oberen 50 m maximal $0,23 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ erreichte.

Tabelle 4.13: Kohlenstoffgehalt ($\mu\text{g C Ind.}^{-1}$) mit Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (s) von *Oncaea curvata*-Weibchen und -Männchen (in Klammern: Individuenzahl pro gemessene Probe).

	Station 69 <i>Oncaea curvata</i>		Station 104 <i>Oncaea curvata</i>	
	Weibchen	Männchen	Weibchen	Männchen
	0,73 (10)	0,57 (20)	1,67 (10)	0,69 (20)
	0,96 (10)	0,51 (7)	1,53 (12)	0,74 (20)
	0,72 (10)		1,40 (10)	0,70 (20)
	0,89 (10)		1,66 (10)	
	0,61 (10)		1,70 (10)	
	0,45 (20)		1,48 (10)	
	0,76 (20)		1,45 (10)	
	0,65 (9)		1,49 (10)	
\bar{x}	0,72 (99)	0,54 (27)	1,55 (82)	0,71 (60)
s	0,16	0,04	0,12	0,03

4.3.2 Herbivore Ernährung

Diatomeen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Freßversuche mit *Oncaea curvata* dargestellt, in denen Diatomeen als Nahrung angeboten wurden. Die erste Versuchsserie testete die Ernährung mit der Reinkultur der zentrischen Diatomee *Porosira pseudodenticulata*, die als Einzelzelle von durchschnittlich

18,5 µm Durchmesser oder als kurze zweizellige Kette vorlag. Die zweite Serie wurde mit einer Mischkultur von "Eisalgem" durchgeführt, die vor allem aus pennaten Diatomeen (*Fragillaria* sp. u. a.) unterschiedlicher Größe bestand.

Die Freißversuche mit *O. curvata*-Weibchen und der Diatomeen-Reinkultur *Porosira pseudodenticulata* ergaben eine Abnahme der Klärungsrate (VSC) der Tiere mit zunehmender Nahrungskonzentration. Die höchste gemessene VSC betrug 33,4 ml Weibchen⁻¹ Tag⁻¹ (Abb 4. 27a).

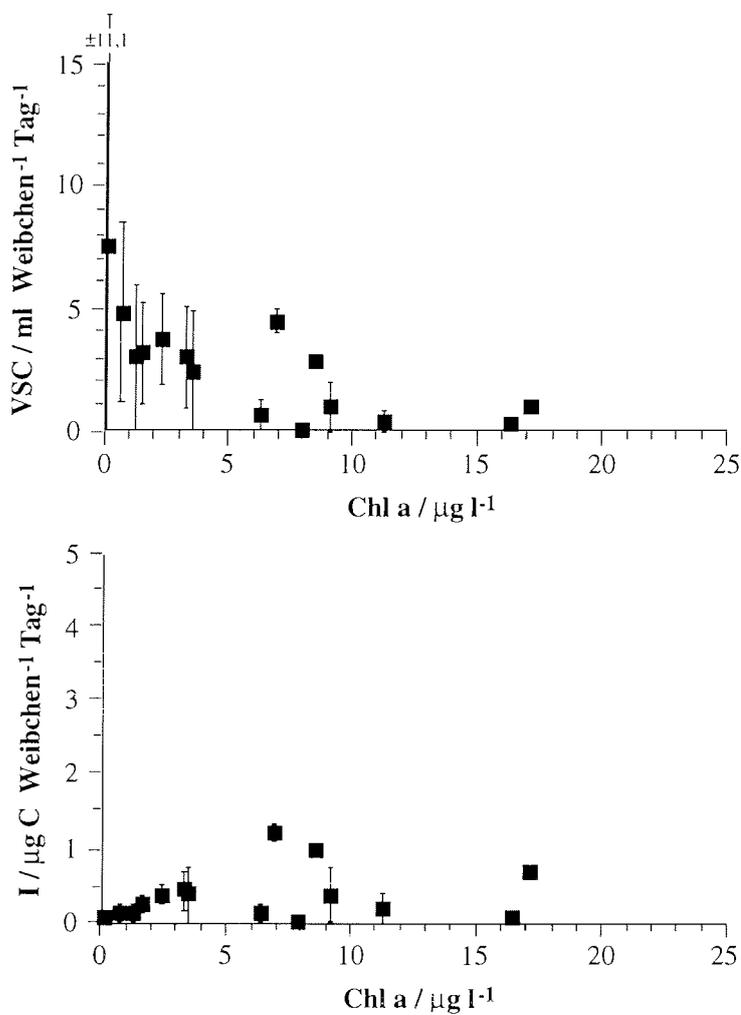


Abb. 4.27: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von der Konzentration der Diatomee *Porosira pseudodenticulata* (Chl a / µg l⁻¹). Angegeben sind Mittelwerte über (0,5 µg Chl a l⁻¹)-Klassen ±MA.

Die Ingestionsrate (I) wuchs mit steigender Nahrungskonzentration an und erreichte bei $6,9 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ maximal $1,33 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (Abb. 4.27b). Das entspricht einer täglichen Kohlenstoff-Aufnahme von 84% des Kohlenstoffgehalts von *O. curvata*-Weibchen (Tabelle 4.13). Mit höheren Chlorophyll *a*-Konzentrationen wurde I wieder geringer. Die Ergebnisse der Versuche bei Chlorophyll *a*-Konzentrationen $<5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$, wie sie im Untersuchungsgebiet im südlichen Bellingshausenmeer auftraten, sind detaillierter in Abb. 4.28 dargestellt. Mittlere I reichten von $0,03 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bei einer Nahrungskonzentration von $0,2 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ bis zu $0,39 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bei $3,4 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$. Das entspricht einer täglichen Aufnahme von 2%-25% des Körper-Kohlenstoffs.

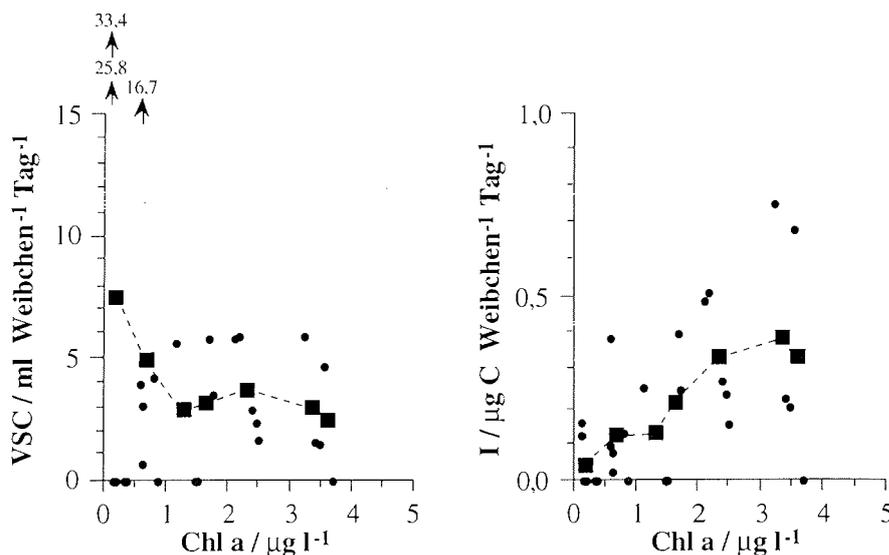


Abb. 4.28: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von Konzentrationen $<5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ der Diatomee *Porosira pseudodenticulata*. Angegeben sind alle Meßwerte und die Mittelwerte über $(0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1})$ -Klassen. Die gestrichelte Linie gibt den Verlauf der Mittelwerte an.

Bei Verwendung der "Eisalgen"-Kultur, die vor allem aus pennaten Diatomeen aus dem Eis bestand, als Nahrung für *O. curvata*-Weibchen nahm die mittlere VSC mit steigender Nahrungskonzentration steiler ab (Abb. 4.29a) als bei der oben beschriebenen Reinkultur. Vor allem bei hohen Chlorophyll *a*-Konzentrationen ($>3 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$) war sie in dieser Versuchsserie deutlich geringer. Eine Ausnahme bilden die beiden relativ hohen VSC von 3,3 und

1,7 ml Weibchen⁻¹ Tag⁻¹ bei 12 und 16 $\mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$. In diesen beiden Versuchsansätzen mit hohen Algen-Konzentrationen waren bei der Rotation der Versuchsgefäße die Algen verklumpt, so daß die Nahrungsbedingungen nicht mit denen der anderen Versuche dieser Serie vergleichbar waren. Es lagen statt einzelliger Algen Aggregate vor. Die resultierenden I von 1,58 und 1,08 $\mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$, entsprechend 102% und 70% des Körper-Kohlenstoffes, lagen ebenfalls deutlich höher als die anderen Ergebnisse der Freißversuche mit "Eisalgen" (Abb. 4.29b).

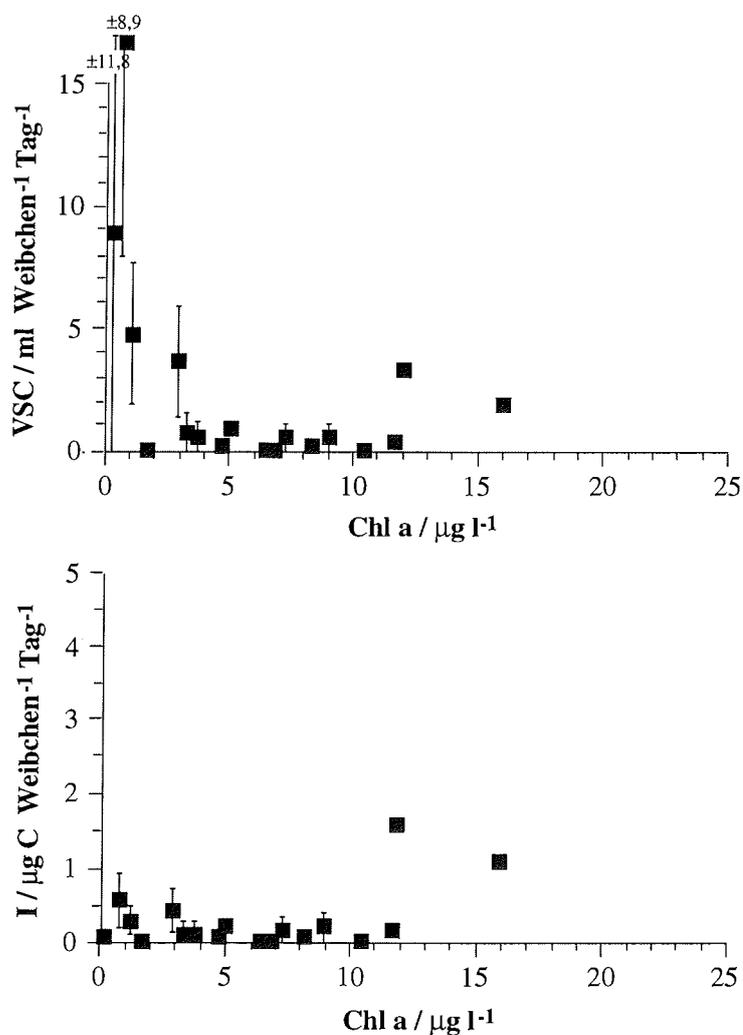


Abb. 4.29: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von der Konzentration der "Eisalgen"-Kultur ($\text{Chl } a / \mu\text{g l}^{-1}$). Angegeben sind Mittelwerte über ($0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$)-Klassen $\pm\text{MA}$.

Die mittleren I für die "Eisalgen"-Kultur waren bei Nahrungskonzentrationen $>3 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ (Abb. 4.29b) kleiner als $0,17 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ ($\leq 11\%$ des Körper-Kohlenstoffes). Abb 4.30b zeigt eine große Streuung der Ingestionsraten bei mittleren Chlorophyll *a*-Konzentrationen ($0,5\text{-}3,0 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$), die meisten Werte liegen jedoch zwischen $0,2$ und $0,4 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ ($13\%\text{-}26\%$ des Körper-Kohlenstoffes). Bei niedrigeren Nahrungskonzentrationen nahmen die Tiere pro Tag im Mittel weniger als 3% ihres Körper-Kohlenstoffgehaltes auf.

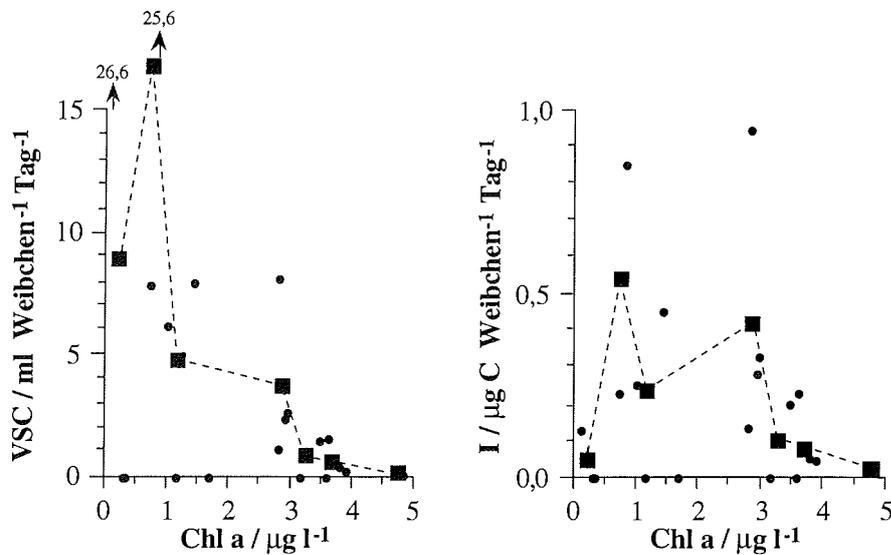


Abb. 4.30: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von Konzentrationen $<5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ der "Eisalgen"-Kultur. Angegeben sind alle Meßwerte und die Mittelwerte über ($0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$)-Klassen. Die gestrichelte Linie gibt den Verlauf der Mittelwerte an.

Flagellaten

Im folgenden werden die Ergebnisse der Freßversuche mit Flagellaten dargestellt. Einerseits wurde eine Reinkultur des etwa $27 \mu\text{m}$ großen Dinoflagellaten *Prorocentrum redfieldii* als Nahrung angeboten, andererseits eine Reinkultur der koloniebildenden *Phaeocystis cf. pouchetii*.

Der Flagellat *Prorocentrum redfieldii* wurde nur in Einzelfällen von *Oncaea curvata* Weibchen als Nahrung genutzt. In 68% aller Versuchsansätze ergab die Bestimmung von VSC und I Nullwerte. Die restlichen Daten zeigen eine starke Streuung. Jedoch läßt sich auch bei dieser Nahrung eine Abnahme der VSC mit steigender Nahrungskonzentration erkennen (Abb. 4.31a). I zeigt keinen deutli-

chen Trend (Abb. 4.31b). Bei der höchsten Chlorophyll *a*-Konzentration 18,4 $\mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ wurden $I > 1 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ gemessen ($>65\%$ des Körper-Kohlenstoffs). Bei hohen Nahrungskonzentrationen (3,0-12,5 $\mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$) lagen die *I* jedoch fast immer bei 0 $\mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ oder nur wenig höher. Etwas höhere Werte kommen bei niedrigeren Nahrungskonzentrationen vor. Aus Abb. 4.32 wird jedoch die große Streuung der Versuchsergebnisse deutlich. Eine Abhängigkeit der *I* von der Nahrungskonzentration war nicht zu erkennen.

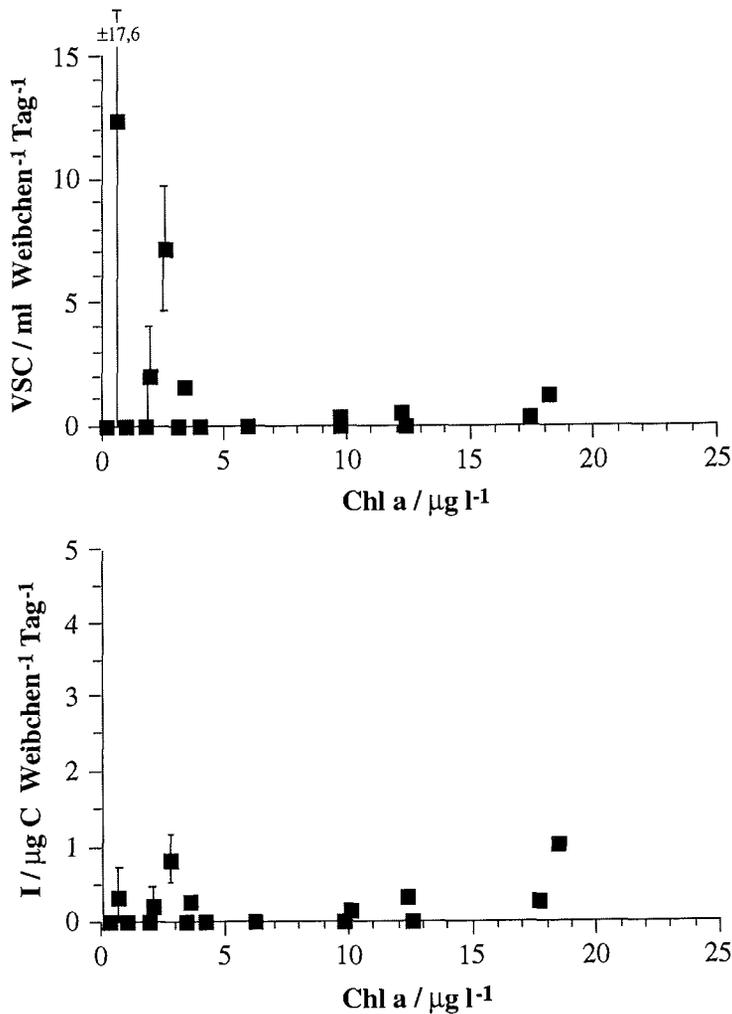


Abb. 4.31: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von der Konzentration des Flagellaten *Prorocentrum redfieldii* ($\text{Chl } a / \mu\text{g l}^{-1}$). Angegeben sind Mittelwerte über ($0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$)-Klassen $\pm\text{MA}$.

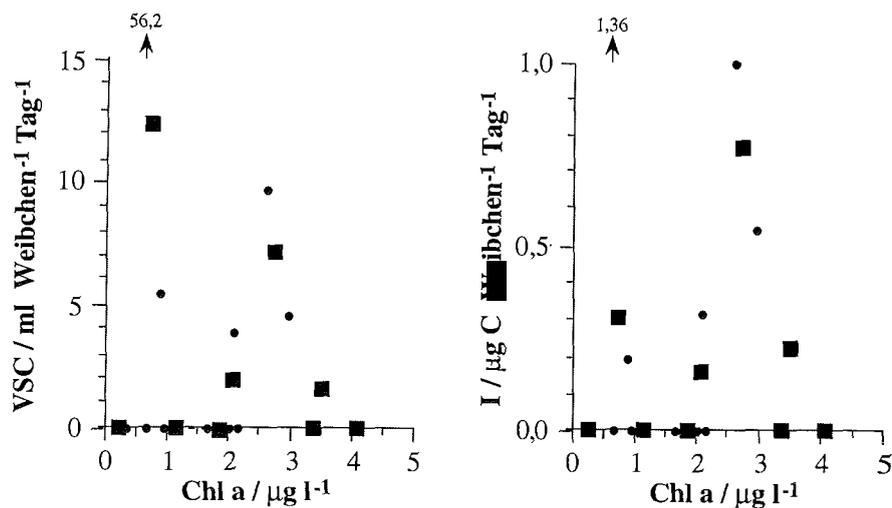


Abb. 4.32: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von Konzentrationen $<5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ des Flagellaten *Prorocentrum redfieldii*. Angegeben sind alle Meßwerte und die Mittelwerte über ($0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$)-Klassen.

Mit der koloniebildenden *Phaeocystis pouchetii* als Nahrung wurde nur eine gering ausgeprägte Abnahme der VSC von *O. curvata*-Weibchen mit steigender Konzentration gefunden (Abb. 4.33a). Die höchste gemessene VSC betrug nur $16,3 \text{ ml Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (bei $0,4 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$). Bei Nahrungskonzentrationen $>4 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ stiegen die Werte sogar wieder an. I zeigt einen Anstieg mit steigender Nahrungskonzentration (Abb. 4.33b) bis zu den höchsten untersuchten Konzentrationen von $12,4 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ ($I = 1,29 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$). Die maximale Kohlenstoffaufnahme betrug in dieser Versuchsserie 84% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag. Bei Chlorophyll *a*-Konzentrationen, wie sie im Untersuchungsgebiet vorkamen, war I jedoch geringer (Abb. 4.34). Bis $1,8 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ waren die mittleren $I \leq 0,07 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ ($\leq 5\%$ des Körper-Kohlenstoffs). Mit dem Anstieg auf $3,25 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ wurden I von $0,28 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (18% des Körper-Kohlenstoffs) erreicht. Ein Anstieg der Chlorophyll *a*-Konzentration auf etwa $4 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ bewirkte jedoch einen Abfall von I.

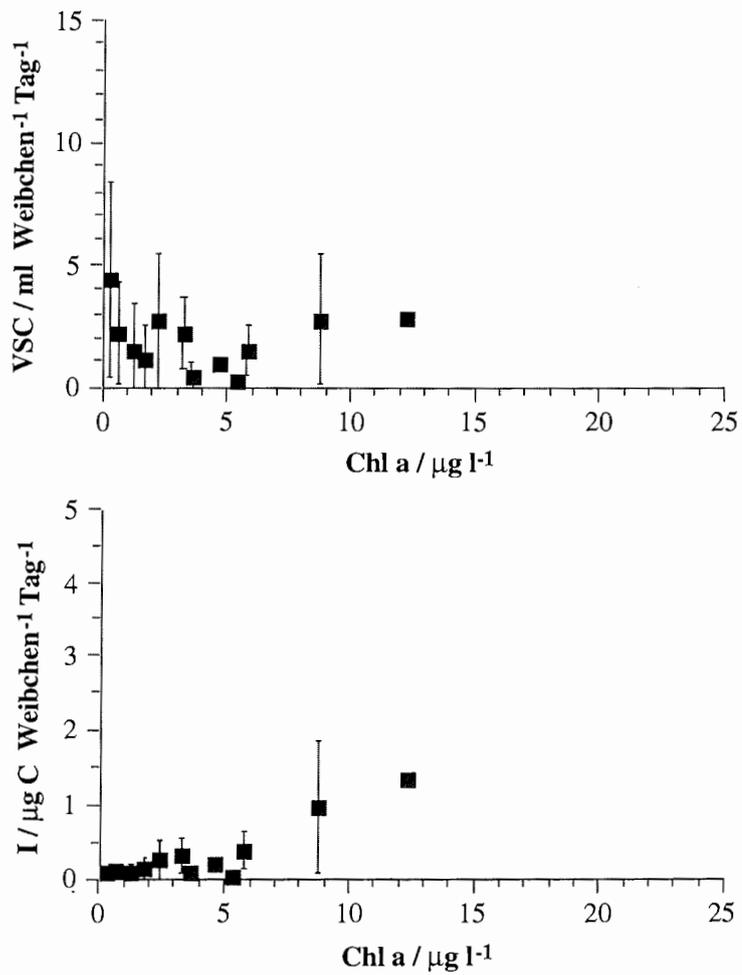


Abb. 4.33: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von der Konzentration des koloniebildenden Flagellaten *Phaeocystis* cf. *pouchetii* (Chl a / µg l⁻¹). Angegeben sind Mittelwerte über (0,5 µg Chl a l⁻¹)-Klassen ±MA.

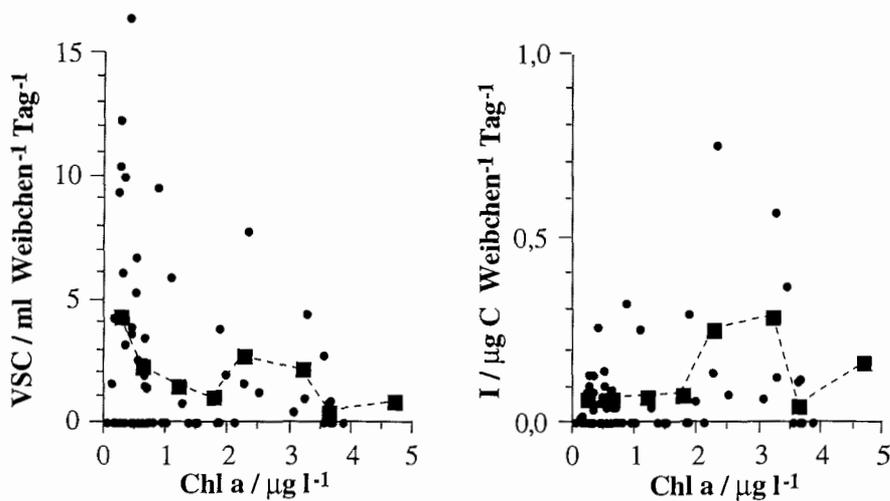


Abb. 4.34: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von Konzentrationen $<5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ des koloniebildenden Flagellaten *Phaeocystis cf. pouchetii*. Angegeben sind alle Meßwerte und die Mittelwerte über $(0,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1})$ -Klassen. Die gestrichelte Linie gibt den Verlauf der Mittelwerte an.

Phaeocystis-Blüte

Die Kultur der *Phaeocystis*-Blüte bestand zum großen Teil aus Flagellaten, hauptsächlich *Phaeocystis* sp., der Rest vor allem aus großen planktischen Diatomeen. *Phaeocystis* sp. befand sich in der koloniebildenden Phase. An der Außenseite der gelatinösen Kolonien wurden oft Diatomeen und andere Flagellaten gefunden, die sich dort verfangen oder angeheftet hatten. Bei einer Ernährung der *Oncaea curvata*-Weibchen mit dieser Kultur nahmen ihre VSC mit steigender Nahrungskonzentration bis $6,6 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ ab und stiegen mit weiter steigenden Konzentrationen wieder deutlich an (Abb. 4.35a). Der höchste gemessene Wert betrug $27,2 \text{ ml Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ bei $0,2 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ im Versuchsansatz, die maximale VSC bei hohen Nahrungskonzentrationen $7,7 \text{ ml Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (bei $12,7 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$). Die I von *O. curvata*-Weibchen stiegen mit steigender Nahrungskonzentration vor allem bei sehr hohen Konzentrationen an (Abb. 4.35b). Die höchste I von $4,66 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (das entspricht 301% des Körper-Kohlenstoffs!) wurde bei einer Nahrungskonzentration von $18,5 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ gemessen. Bei den deutlich geringeren Chlorophyll *a*-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet waren die I wesentlich geringer (Abb. 4.36b). Die mittleren I stiegen von $0,1 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (bei $0,21 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$) auf $0,54 \mu\text{g C Weibchen}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (bei $2,8 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$).

Letzteres entspricht einer täglichen Kohlenstoffaufnahme von 35% des Körper-Kohlenstoffs.

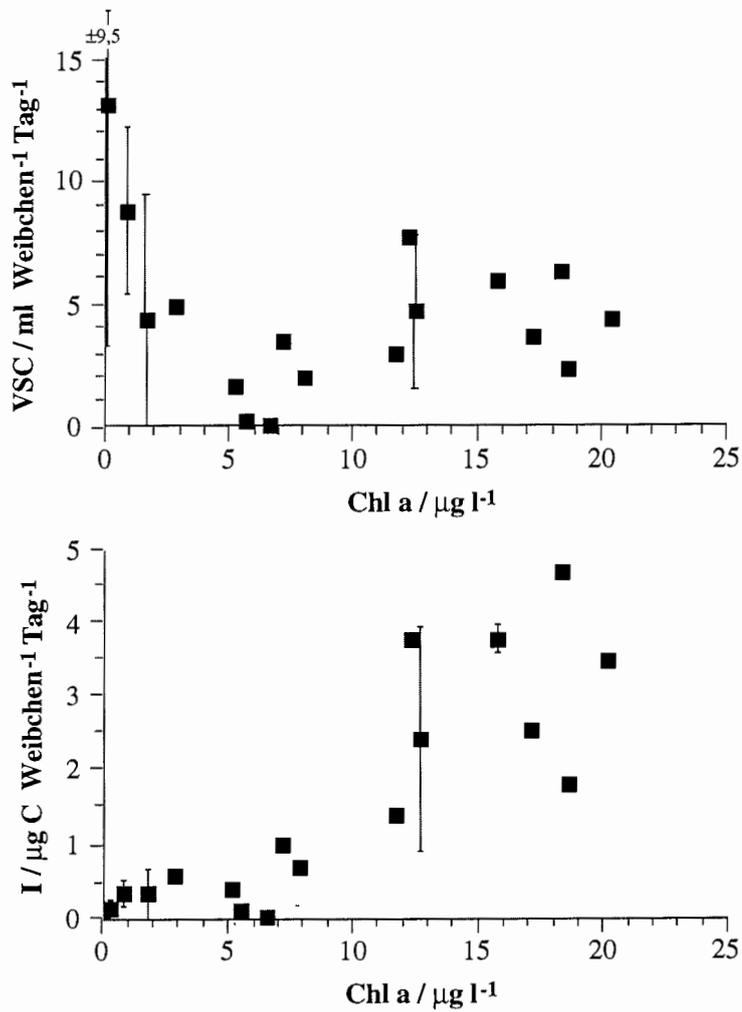


Abb. 4.35: Klärungsraten (VSC) und Ingestionsraten (I) in Abhängigkeit von der Konzentration der Kultur "*Phaeocystis*-Blüte" (Chl a / µg l⁻¹). Angegeben sind Mittelwerte über (0,5 µg Chl a l⁻¹)-Klassen ±MA.

Calanoides acutus und *Rhincalanus gigas* dagegen nicht (Metz und Schnack-Schiel 1995).

Tabelle 4.14: Freßversuche zur carnivoren Ernährung von *Oncaea curvata*. Zahl der Tiere pro Ansatz, Ende der Versuche nach mindestens 24 Stunden.

Anzahl <i>Oncaea curvata</i>	Nahrungsorganismen	Anzahl	
		Beginn	Ende
10	calanoide Nauplien	50	50
10		100	100
20		100	100
20		100	99
30		100	96
5	<i>M. gerlachei</i> Weibchen	3	3
5		5	5
5		10	10
15		5	5
15		10	10
15		10	10
5	<i>M. gerlachei</i> Juvenile	3	3
5		5	5
15	<i>M. gerlachei</i> cIII-cV	5	5
15		5	5
15		10	10
5	<i>C. propinquus</i> Weibchen	5	5
15		5	5
15		5	5
5	<i>C. acutus</i> Weibchen	5	5
15		5	5
15	<i>R. gigas</i> Weibchen	5	5

4.3.4 Lipidzusammensetzung von *Oncaea curvata*

Die Ergebnisse der Lipidanalyse ergaben nach Mitteilung von C. Albers, AWI, folgendes Bild:

Die Lipidklasse der Wachsester hatte einen Anteil von 86,3% der Lipide von *Oncaea curvata*. Es kamen nur die kurzkettigen Fettalkohole 14:0 (69,9% \pm 3,4%) und 16:0 (30,1% \pm 3,4%) vor. Die 18:1(n-9) Fettsäure machte 61,5% \pm 0,5% aller Fettsäuren aus. Nur jeweils 7,5% der Fettsäuren wurden von der 20:5(n-3) Fettsäure und der 22:6(n-3) Fettsäure gestellt. Alle anderen Fettsäuren hatten Anteile <4%. Die Fettsäurezusammensetzung war im Vergleich der verschiedenen Proben extrem konstant. Die vorliegende Lipidzusammensetzung ist für Organismen typisch, die sich von Detritus ernähren (Albers und Kattner, pers. Mitteilung).

4.3.5 Zusammenfassung

Oncaea curvata-Weibchen können eigenbewegliche Nahrungsorganismen offensichtlich nicht oder nur sehr eingeschränkt nutzen. So wurde tierische Nahrung nicht (siehe Kapitel 4.3.2) und der bewegliche Flagellat *Prorocentrum redfieldii* nur in vereinzelt Versuchsansätzen gefressen (siehe Kapitel 4.3.1). Die Verhaltensbeobachtungen unterstützen diese Ergebnisse. Es ist schwer vorstellbar, wie die träge, langsam schwimmende *O. curvata* Organismen erbeuten sollte, die flüchten können.

Wenn die angebotenen Nahrungspartikel unbeweglich waren, fraßen die Copepoden. Die höchste gemessene Ingestionsrate entsprach einer täglichen Kohlenstoffaufnahme von etwa 300% des Körper-Kohlenstoffgehalts eines Weibchens. Er wurde bei Verwendung der Kultur der *Phaeocystis*-Blüte als Nahrung gemessen. Sonst lagen die maximalen Ingestionsraten im Bereich von 70%-100% des Körper-Kohlenstoffes pro Tag. Wenn die Diatomee *Porosira pseudodenticulata* angeboten wurde, erreichten die Ingestionsraten schon bei etwa 7 µg Chl *a* l⁻¹ so hohe Werte, bei den anderen Arten erst ab 12 µg Chl *a* l⁻¹. Im Untersuchungsgebiet traten jedoch im Frühjahr, Sommer und Herbst so hohe Chlorophyll *a*-Konzentrationen nicht auf. Zu allen untersuchten Jahreszeiten waren die Konzentrationen in der Wassersäule in weiten Gebieten geringer als 0,5 µg Chl *a* l⁻¹. Für diesen Konzentrationsbereich wurden Ingestionsraten von <13% des Körper-Kohlenstoffes pro Tag ermittelt. Phytoplanktonblüten im südlichen Bellingshausenmeer erreichten im Sommer und Herbst Chlorophyll *a*-Konzentrationen von etwa 3 µg Chl *a* l⁻¹. In einer solchen Situation würden nach den experimentellen Ergebnissen Ingestionsraten von 18%-35% des Körper-Kohlenstoffes pro Tag erwartet. Insgesamt fällt auf, daß *O. curvata* immer dann besonders hohe Ingestionsraten zeigt, wenn in ihrer Nahrung große, unbewegliche Partikel (z. B. *Phaeocystis*-Kolonien oder Aggregate) vorhanden sind.

Die Ergebnisse der Lipid-Analysen (siehe Kapitel 4.3.4) deuten darauf hin, daß *O. curvata* ein Detritusfresser ist. Zusammen mit den oben genannten Ergebnissen läßt sich vermuten, daß diese Art Aggregate aus totem pflanzlichem und tierischem Material und/oder lebenden Algen (vor allem Kolonie- oder Ketten-bildende Arten) am effektivsten als Nahrung nutzt. Die Kohlenstoffmessungen (siehe Kapitel 4.3.3) zeigen zusätzlich eine starke Hungerfähigkeit der Art. Der Kohlenstoffgehalt der Tiere von der Station mit extrem geringen Chlorophyll *a*-Konzentrationen war sehr stark vermindert, die Tiere machten jedoch einen aktiven Eindruck.

5 Diskussion

5.1 Abundanz und Biomasse

Die Abundanzen der einzelnen Arten der Oithonidae und Oncaeidae des südlichen Bellingshausenmeeres werden im folgenden mit Angaben aus anderen Gebieten der Antarktis und mit Angaben für die ausführlich untersuchten calanoiden Copepoden verglichen. Auf dieser Grundlage wird die Bedeutung der Oithonidae und Oncaeidae für die Copepoden-Gemeinschaft diskutiert.

5.1.1 Oithonidae

Oithona similis erreicht im Untersuchungsgebiet wesentlich höhere Abundanzen und Biomassen als *Oithona frigida*. Dies wurde auch in anderen Gebieten der Antarktis beobachtet (Tanimura et al. 1986, Zmijewska 1988). Die im südlichen Bellingshausenmeer gefundenen Werte für beide Arten liegen in der gleichen Größenordnung wie die Literaturangaben. Im Küstenbereich vor Syowa Station in der Ostantarktis, in nur etwa 10 m tiefem Wasser, trat *O. similis* über das Jahr in Dichten von ungefähr 140-1800 m⁻³ auf (Tanimura et al. 1986). Atkinson (1996) fand *Oithona* spp. (hauptsächlich *O. similis*) Abundanzen von etwa 3300-4500 m⁻³ in den oberen 50 m der Wassersäule nördlich von Südgeorgien (im Atlantischen Sektor der Antarktis). Die Abundanzen von *O. similis* im südlichen Bellingshausenmeer lagen in den oberen 50 m zwischen 90 und 5950 m⁻³ (diese Arbeit). Die Bestände der untersuchten Stationen weisen etwa 14 000-415 000 Individuen m⁻² auf, was gut mit Angaben aus einem Gebiet nördlich der South Orkneys (südliche Scotia Sea) von 34 000-312 000 m⁻² übereinstimmt (Fransz et al. eingereicht).

Im Vergleich mit den ausführlich untersuchten Calanoida erreicht *O. similis* sehr hohe Abundanzen. Atkinson und Shreeve (1995) fanden im südlichen Bellingshausenmeer maximale Abundanzen von etwa 84 m⁻³ für *Rhincalanus gigas*, 140 m⁻³ für *Calanoides acutus*, 11 m⁻³ für *Calanus propinquus*, 7 m⁻³ für *Metridia gerlachei* und 75 m⁻³ für die kleinere Art *Ctenocalanus* sp. Nur die kleinen Calanoida erreichen Werte, die im unteren Abundanzbereich von *O. similis* liegen. Schnack-Schiel und Mizdalski (1994) fanden bis zu 566 m⁻³ für *Ctenocalanus citer* und 427 m⁻³ für *Microcalanus pygmaeus* im östlichen Weddellmeer. Auch *Metridia gerlachei* erreicht stellenweise so hohe Abundanzen, z.B. bis 500 m⁻³ in der Gerlache Strait (Schnack-Schiel und Mujica 1994).

Die hohen Abundanzen von *O. similis* gleichen das um den Faktor 100 bis 1000 niedrigere individuelle Trockengewicht von adulten Oithonidae im Vergleich mit den großen adulten Calanoida (Mizdalski 1988, Tabelle 2.2) aus. Dadurch liegen die Biomassebestände von *O. similis* in der gleichen Größenordnung wie die einzelner Arten der dominanten Calanoida (Schnack-Schiel, unveröffentlichte Daten; z. B. Tabelle 5.1). Das wird besonders im Winter sehr deutlich (Hempel 1990).

Tabelle 5.1: Biomassebestände dominanter Arten (mg TG m⁻²) im südlichen Bellingshausenmeer auf den Stationen 43 (Norden) und 51 (Süden) vom Sommer 1994. (Angaben zu den Calanoida: Schnack-Schiel, unveröffentlichte Daten)

Art	Station	
	43	51
<i>Oithona similis</i>	489	19
<i>Oithona frigida</i>	83	6
<i>Oncaea curvata</i>	609	178
<i>Oncaea antarctica</i>	327	13
<i>Oncaea parila</i>	145	13
<i>Calanoides acutus</i>	2058	56
<i>Calanus propinquus</i>	505	1
<i>Rhincalanus gigas</i>	959	7
<i>Metridia gerlachei</i>	66	33
<i>Ctenocalanus citer</i>	803	13
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	337	137

O. frigida wird nur in wenigen Arbeiten gesondert aufgeführt. Tanimura et al. (1986) beobachteten diese Art vor der Station Syowa in der Ostantarktis häufig in geringen Abundanzen (<50 m⁻³) im Südsommer und nur vereinzelt im Winter. Die Abundanzen im südlichen Bellingshausenmeer schwankten zwischen 11-73 m⁻³ und liegen damit im gleichen Abundanzbereich wie die der meisten Calanoida. Demensprechend sollten die Biomassebestände dieser Art um Größenordnungen geringer sein, als die der Calanoida. Jedoch hat die Art im Bellingshausenmeer in bezug auf Biomasse eine ähnlich große Bedeutung wie *Metridia gerlachei* im Norden und *Stephos longipes* im gesamten Untersuchungsgebiet.

In den meisten Arbeiten erscheinen immer wesentlich niedrigere Abundanz- oder Biomasseangaben für die Oithonidae als die oben aufgeführten. Das liegt daran, daß für diese Untersuchungen Netze mit größeren Maschenweiten (≥200 µm)

verwendet wurden. Damit werden die jüngeren Copepoditstadien nicht quantitativ gefangen und die Populationsstärken der kleinen Arten stark unterschätzt. Für Abundanz- oder Biomassevergleiche dieser Arten sollte darum nur Probenmaterial herangezogen werden, das mit Netzen von Maschenweiten $\leq 100 \mu\text{m}$ gefangen wurde.

5.1.2 Oncaeidae

Für die Oncaeidae, auch für die große Art *Oncaea antarctica*, gilt ebenfalls, daß nur Netze mit kleinen Maschenweiten alle Copepoditstadien quantitativ fangen. *Oncaea curvata* kommt im südlichen Bellingshausenmeer immer deutlich häufiger vor als die anderen beiden untersuchten Oncaeidae. Das entspricht der Beobachtung von Zmijewska (1988) für das Gebiet zwischen King George Insel und Elephant Insel an der Spitze der Antarktischen Halbinsel und von Zvereva (1975) vor der Station Molodezhnaya in der Ostantarktis. Tanimura et al. (1986) fand maximale Abundanzen dieser Art von etwa 1500 m^{-3} vor der Station Syowa. Andere verlässliche Angaben zur Abundanz dieser Art liegen nicht vor. Im südlichen Bellingshausenmeer traten nur höchstens 800 Ind. m^{-3} auf. In der Regel erreichten die Abundanz-Maxima von *O. curvata* dort Werte von $200\text{-}400 \text{ m}^{-3}$. Damit waren die Abundanzen etwa 2 bis 200 mal höher als die der großen Calanoida (Atkinson und Shreeve 1995) und in der gleichen Größenordnung wie die kleiner Calanoida im Weddellmeer (Schnack-Schiel und Mizdalski 1994).

Die hohen Abundanzen von *O. curvata* gleichen ihr geringes individuelles Trockengewicht aus, so daß auch Populationen dieser Art Biomassen wie einzelne calanoide Arten erreichen können. Tatsächlich hatte nur *Calanoides acutus* auf den meisten Stationen im südlichen Bellingshausenmeer eine höhere Populations-Biomasse als *O. curvata*, und *Rhincalanus gigas* und *Microcalanus pygmaeus* dominierten nur auf der Hälfte der Stationen über die kleine Oncaeidae. Auf der Station 51 stellte *O. curvata* sogar 34% der gesamten Copepoden-Biomasse und dominierte über alle anderen Arten.

Für *O. antarctica* und *O. parila* gibt es bisher keine Abundanzangaben für die gesamte Population. Die von Zmijewska (1988) für das Gebiet zwischen King George Insel und Elephant Insel erhobenen Werte sind im Gegensatz zu den Abundanzen aus dem südlichen Bellingshausenmeer sehr niedrig, selbst wenn sie nur mit den Abundanzen der Adulten verglichen werden. Maximale Abundanzen für die Populationen des Bellingshausenmeeres lagen zwischen

19-150 m⁻³ für *O. antarctica* und 19-76 m⁻³ für *O. parila*. Diese Werte entsprechen denen von calanoiden Copepoden im gleichen Gebiet (Atkinson und Shreeve 1995). *O. parila* hat eine ähnlich kleine individuelle Biomasse wie *O. curvata* und spielt daher aufgrund ihrer niedrigen Abundanzen in bezug auf Biomasse eine geringere Rolle im südlichen Bellingshausenmeer. *O. antarctica* weist dagegen eine etwas größere Biomasse als die kleinen Calanoida auf und hat nur 5 bis 20 mal geringere Biomassen als die großen calanoiden Arten. Demnach kann auch diese Art Populationsbiomassen von der Größe der calanoiden Arten aufbauen (siehe z. B. Tabelle 5.1).

Die zahlenmäßige Dominanz der Oncaeidae und Oithonidae über Calanoida in der Antarktis (z.B. Schnack et al. 1985) läßt sich offensichtlich nur auf das starke Vorkommen von je einer Art dieser Gattungen, nämlich *Oithona similis* und *Oncaea curvata*, zurückführen. Eine solche Zusammensetzung der Artengemeinschaft mit wenigen, stark dominierenden Arten ist typisch für die Antarktis (Goswami 1983).

In bezug auf Biomasse können sowohl *Oithona similis* als auch *Oncaea curvata* und *Oncaea antarctica* stellenweise die gleiche Bedeutung wie einzelne der dominanten Calanoida erreichen. Aber auch *Oithona frigida* und *Oncara parila* erreichen höhere Populations-Biomassen als die meisten calanoiden Copepoden.

5.2 Verbreitung

Die zirkumpolare Verbreitung von Planktonorganismen ist schon früher beschrieben worden (Baker 1954). Auch die hier untersuchten Oithonidae und Oncaeidae werden überall im Südpolarmeer angetroffen (Bradford 1971, Zvereva 1975, Hopkins 1985, Franz 1988, Metz 1995). Im folgenden wird ihre Verbreitung im südlichen Bellingshausenmeer in bezug auf vorliegende Umweltparameter diskutiert.

Bei allen Arten treten im Sommer und Herbst auf den nördlichsten Stationen niedrigere Werte auf als bei der jeweils nächst-südlicheren Station und zwar unabhängig davon, ob die Stationen auf dem Schelf von Peter I.-Insel lagen (Station 42 im Sommer) oder nicht (Station 104 im Herbst). Davon abgesehen nehmen die Bestände und Biomassen von *Oithona similis* und *Oithona frigida*, sowie von *Oncaea antarctica* und *Oncaea parila* vom Norden des Untersuchungsgebietes zum Süden stetig ab. Die Übereinstimmung im Trend der

Biomassen und Bestände ist erstaunlich groß und deutet auf einen gemeinsamen Faktor der Beeinflussung hin.

Alle untersuchten Umweltparameter wie Eisbedeckung, Phytoplanktongehalt des Wassers, Wassertiefe und Wassertemperatur zeigen wie die Zooplankter stetige Trends von Norden nach Süden. Dadurch ist eine Entscheidung, welche dieser Parameter einen Einfluß auf die Verbreitung der Arten nehmen könnten, sehr schwierig. Die Eisbedeckung bietet offensichtlich keine ausreichende Erklärung für das unterschiedliche Vorkommen der untersuchten Arten. Zwar scheint Eisbedeckung mit geringeren Abundanzen einherzugehen, jedoch findet man im Sommer auch auf einigen eisfreien Stationen niedrige Organismenzahlen. Die Ergebnisse von Hopkins und Torres (1988) zeigen, daß die Eisbedeckung nicht so sehr die Zusammensetzung und Biomasse der Zooplanktongemeinschaft in der Wassersäule beeinflusst, sondern vielmehr die Vertikalverteilung der Organismen.

Betrachtet man die Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet, wird klar, daß die vom Antarktischen Zirkumpolarstrom beeinflussten nördlichen Populationen aus einem Gebiet westlich des Untersuchungsgebietes stammen müssen und die Populationen im Süden von der Ostwinddrift aus dem Osten herangeführt werden. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind zum Teil beträchtlich: 5 cm s^{-1} sind keine Seltenheit (Pollard et al. 1995). Dabei würden Planktonorganismen innerhalb eines Monats bis zu 130 km verdriftet. Im Bereich der südlichen Polarfront (SPF) treten sogar Geschwindigkeiten bis zu 30 cm s^{-1} auf (Pollard et al. 1995). Advektion könnte demnach durchaus ein wichtiger Faktor in der Beeinflussung der Populationen sein. Die Strömungen im südlichen Bellingshausenmeer verlaufen parallel zum Kontinentalabhang und transportieren wahrscheinlich Wasser aus Gebieten mit ähnlichen Bedingungen in das Untersuchungsgebiet. Turner und Owens (1995) betonen, daß ein von Westen nach Osten verlaufendes Band mit hohen Chlorophyll-Konzentrationen im Gebiet nordöstlich Peter I.-Insel in engem Zusammenhang mit der südlichen Polarfront zu sehen ist. Pollard et al. (1995) vermuten, daß auch südlich der Front Flecken höheren Chlorophyllgehaltes ihren Ursprung in diesem Band haben. Genauso können auch Zooplankter in hohen Konzentrationen aus diesem Gebiet in das nördliche Untersuchungsgebiet verdriftet werden. Das muß nicht unbedingt mit hohen Phytoplankton-Konzentrationen korreliert sein, da Zooplankter langlebiger sind als Phytoplankter und günstige Bedingungen widerspiegeln, wenn das Phytoplankton schon verschwunden ist. Dagegen stammt das Zooplankton der südlichen Region aus phytoplanktonarmen Gebieten.

Derartige Unterschiede im Vorkommen des Zooplanktons werden auch bei Foxton (1956) und Jazdzewski et al. (1982) dargestellt. Danach ist der Zooplankton-Gehalt des Antarktischen Zirkumpolarstroms bis zu einer Größenordnung höher als der der Ostwinddrift und unabhängig von der Verteilung des Phytoplanktons. Auch die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Oithonidae und Oncaeidae, mit Ausnahme von *Oncaea curvata*, kommen 2-6 mal häufiger im Antarktischen Zirkumpolarstrom vor als in der Ostwinddrift. Offensichtlich hängt die Verbreitung der Oithonidae und Oncaeidae hauptsächlich von der Verteilung der Wassermassen ab.

Oncaea curvata ist die einzige der untersuchten Arten, die neben dem Bestandsmaximum im Norden ein zweites, jedoch deutlich schwächeres Maximum auf den südlichen Schelfstationen aufweist. Diese Verteilung läßt sich mit keinem der untersuchten Umweltparameter in Zusammenhang bringen und auch Advektion scheint keine ausreichende Erklärung zu bieten. Eine derartige Zunahme der Abundanz von *O. curvata* vom Ozean zum Schelf wurde auch von Franz (1988) im Weddellmeer nachgewiesen. Leider liegen keine Angaben über partikulären organischen Kohlenstoff im Untersuchungsgebiet Bellingshausenmeer für Sommer und Herbst vor. Robins et al. (1995) fanden im Frühjahr hohe Gehalte "toten" partikulären Kohlenstoffes unter dem Eis, auf Stationen über dem Schelf und Kontinentalabhang im Bellingshausenmeer. Dies könnte die Verbreitung von *O. curvata* positiv beeinflussen, falls diese Verhältnisse über die Jahreszeiten andauern.

5.3 Vertikalverteilung

In diesem Kapitel werden ökologische und verhaltensbiologische Gründe und Folgen der vorliegenden Vertikalverteilung der Arten im südlichen Bellingshausenmeer diskutiert.

5.3.1 Oithonidae

Die Schwerpunkte der Vertikalverteilung der beiden antarktischen Oithonidae liegen im südlichen Bellingshausenmeer in deutlich verschiedenen Wasserschichten. *Oithona frigida* kommt immer tiefer vor als *Oithona similis* (Abb. 5.1).

Dieses Verteilungsmuster der beiden Arten ist schon den Aufzeichnungen von Giesbrecht (1902) zu entnehmen und auch in neuerer Zeit in verschiedenen Gebieten der Antarktis beobachtet worden (Zmijewska 1987, 1988, Hopkins und Torres 1988, Metz 1995). Im Gegensatz dazu betrachtet Vervoort (1965) *O. frigida* als epipelagisch, und *O. similis* wird als Bewohner tieferer Wasserschichten charakterisiert (Vervoort 1957). Diese Aussagen werden jedoch in keiner anderen Untersuchung bestätigt.

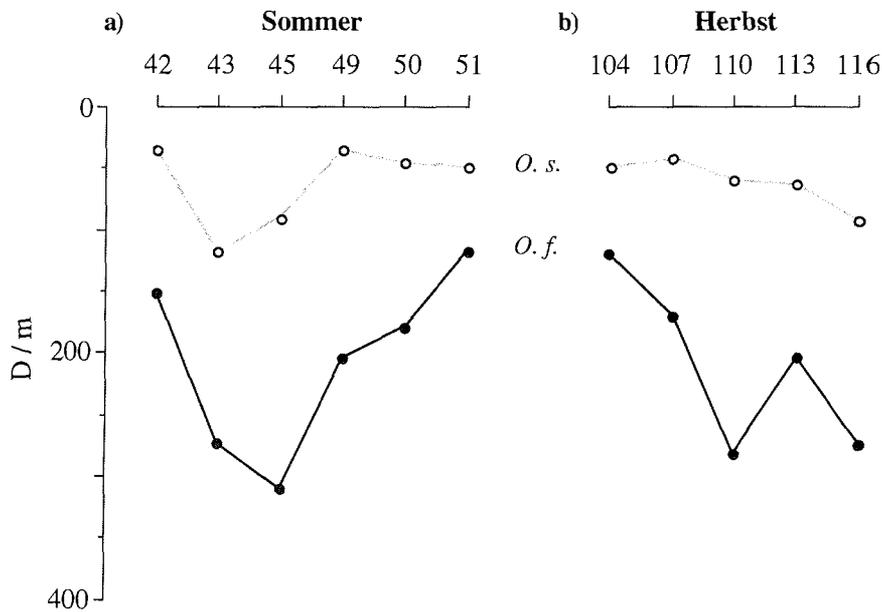


Abb. 5.1: Mittlere Tiefe D der Populationen von *Oithona similis* (*O. s.*: weiße Punkte) und *Oithona frigida* (*O. f.*: schwarze Punkte) auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst.

Die Vermeidung von Überschneidungen in der Vertikalverteilung nahe verwandter oder morphologisch ähnlicher Arten, wie bei den beiden antarktischen Oithoniden beobachtet, wird auch für Oithonidae anderer Gebiete (Zalkina 1977, Kosobokova 1980, Nishida und Marumo 1982) und für einige Calanoida, wie z. B. *Euchaeta* sp (Mauchline 1995), beschrieben. Zalkina (1970) nennt dies eine "stufenartige Verteilung" zur Konkurrenzvermeidung. Demnach kommen Arten, die den gleichen Nahrungstyp im gleichen Größenspektrum benötigen, nicht nebeneinander im gleichen Tiefenhorizont gehäuft vor. Dies wird um so strikter eingehalten, je geringer die Nahrungskonzentration in einem Gebiet ist.

Die Tiefenintervalle der beiden antarktischen Oithonidae überschneiden sich allerdings teilweise im Untersuchungsgebiet. Aufgrund ontogenetischer Vertikalwanderungen (Abb. 4.4 und 4.9) kommen jedoch in der Regel adulte *O. similis* und juvenile *O. frigida* gemeinsam vor. Die Größenunterschiede der verschiedenen Copepoditstadien verhindern wahrscheinlich Nahrungskonkurrenz zwischen ihnen. Vermutlich verändert sich die Ernährung der Oithonidae mit ihrer ontogenetischen Entwicklung (Petipa 1978), wie es Hopkins (1987) auch für verschiedene Calanoida der Antarktis nachwies. Diese Beobachtungen erweitern die Überlegungen von Zalkina (1970) zur Konkurrenzvermeidung um einen ontogenetischen Aspekt.

Die ontogenetische Vertikalwanderung verläuft offensichtlich bei beiden Oithonidae im gesamten Untersuchungsgebiet sehr ähnlich (Abb. 4.4 und 4.9): Die Adulten leben am tiefsten. Die jungen Copepoditstadien (und möglicherweise schon die Nauplien) wandern während ihrer Entwicklung in der Wassersäule nach oben und die älteren Stadien wie Copepodite IV und V sinken wieder ab, so daß sie als Adulte schwerpunktmäßig in tiefen Wasserschichten zu finden sind. Diese Wanderung ist bei *O. similis* nicht so deutlich zu erkennen, da die Tiefenauflösung der Probennahme offensichtlich nicht ausreicht. Ein Grund für die Bevorzugung tiefer Wasserschichten durch die Adulten könnte die Vermeidung visuell agierender Räuber sein, die auf Licht angewiesen sind (Gophen und Harris 1991, Kiørboe und Sabatini 1994). Eine erhöhte Mortalität eitragender Weibchen wäre ein doppelter Verlust, da gleichzeitig die Eltern- und die Nachkommen-Generation verlorenght. Oithonidae stellen eine wichtige Nahrung für Fischlarven dar (Kellermann 1987), die ihre Beute visuell erfassen. Weibchen der Oithoniden, die ihre Eier nicht ins Wasser entlassen, sondern in Säcken am Körper tragen, sind bis zum Schlüpfen der Nauplien wesentlich deutlicher zu sehen, als Weibchen ohne Eier, was zu einer erhöhten Mortalität durch Räuber führen kann (Vuorinen 1987, Bollens und Frost 1991, Flinkman et al. 1993). Das gilt besonders für epipelagische Arten wie *O. similis*, die sich im lichtdurchfluteten Teil der Wassersäule aufhalten.

Ein weiterer Vorteil des Aufenthaltes in tieferem Wasser sind die dortigen höheren Temperaturen. Unterhalb der Thermokline sind die Temperaturen etwa 2-3°C höher als darüber. Bei den konstant niedrigen Temperaturen der Antarktis ist das ein beachtlicher Unterschied. Höhere Temperaturen führen zu einer schnelleren Entwicklung der Eier, wie für verschiedene Copepoden gezeigt wurde (Landry 1975, Hirche 1983, Uye 1988). Damit würde durch die Vertikalwanderung die Entwicklung der Eier und ersten Larvenstadien beschleunigt. Tatsächlich findet man die Juvenilen von *O. frigida* in oder knapp oberhalb der

Thermokline, die Adulten jedoch im warmen Wasser darunter. Diesen Vorteil der Vertikalwanderung genießen nur Tiere in polaren Regionen, da in anderen Gebieten tiefe Wasserschichten kälter sind als die Oberflächen-Bereiche. In gemäßigten oder tropischen Breiten führt die Wanderung von Adulten in tiefere Wasserschichten zu einer Verlängerung der Ei-Entwicklungsdauer und damit zu einer reduzierten Fruchtbarkeit der Weibchen (Kiørboe und Sabatini 1994), da Arten mit Eisäcken erst neue Eier legen können, wenn die Nauplien aus den vorangegangenen Eiern geschlüpft sind.

Der Aufenthalt im kalten Winterwasser des Bellingshausenmeeres muß für die Juvenilen Vorteile mit sich bringen, die die langsamere Entwicklung bei niedrigen Temperaturen kompensieren. Vermutlich ist in diesem Zusammenhang vor allem das erhöhte Nahrungsangebot zu nennen. Die Chlorophyll-Konzentrationen und die Abundanzen des Zooplanktons waren im oberen Bereich der Wassersäule im Sommer und Herbst wesentlich höher als in tiefen Wasserschichten. Jedoch ist bisher nicht genau bekannt, was Juvenile *O. similis* und *O. frigida* fressen. Nach Petipa (1978) sind die Adulten von *O. similis* zum größten Teil carnivor, wohingegen die Copepoditstadien vor allem Detritus fressen. Dies stimmt mit der Ansicht von Gonzalez und Smetacek (1994) überein, wonach diese Art einen Teil ihres Nahrungsbedarfs über Koprophagie deckt. Jedoch scheint *O. similis* auch Phytoplankton zu fressen (Hopkins 1985, Hopkins 1987). Generell entwickeln sich Nauplien schneller als Copepodite, wachsen jedoch langsamer (Kiørboe und Sabatini 1995). Da vermutlich die Ausdifferenzierung von einem Stadium zum anderen ohne deutliches Wachstum keine große Nahrungsmenge erfordert, wird die Entwicklung der Nauplien in der Tiefe nicht negativ durch geringe Nahrungskonzentrationen beeinflusst. Für Wachstum, also Aufbau von Körpermasse, ist dagegen eine gute Nahrungsgrundlage notwendig, wie sie in den oberen Wasserschichten zu finden ist. Dadurch sind die Juvenilen zur Wanderung in geringere Wassertiefen gezwungen. Die Adulten erschließen sich möglicherweise durch Carnivorie in der nahrungsarmen Tiefe eine weitere Nahrungsquelle.

5.3.2 Oncaeidae

Oncaea curvata kommt im südlichen Bellingshausenmeer immer in geringeren Wassertiefen vor, als *Oncaea antarctica* und *Oncaea parila* (Abb. 5.2). Dies entspricht früheren Beobachtungen (Hopkins und Torres 1988). Wiederum fand Vervoort (1957) eine andere Vertikalverteilung als die anderen Autoren. Er bezeichnet *O. curvata* als Art mittlerer und großer Wassertiefen. Giesbrecht

(1902) fand diese Art in Proben aus Wassertiefen bis 250 m, wohingegen *O. antarctica* (bei ihm als *O. conifera* bezeichnet) nur darunter und *O. notopus* (möglicherweise *O. parila*, eine sehr nahe verwandte Art) sogar erst ab 500 m Tiefe vorkam.

Diese Reihenfolge in der Tiefenverteilung zeigt auch Abb. 5.2. Im ozeanischen Bereich (Stationen 43-49 und 104-113) ist *O. parila* tiefer anzutreffen als *O. antarctica*. Auf dem Schelf kommt sie jedoch in geringeren Wassertiefen vor. Aus anderen Meeresgebieten sind ähnliche "stufenartige" Tiefenverteilungen für Oncaeidae beschrieben worden (Zalkina 1970, 1977, Kosobokova 1980).

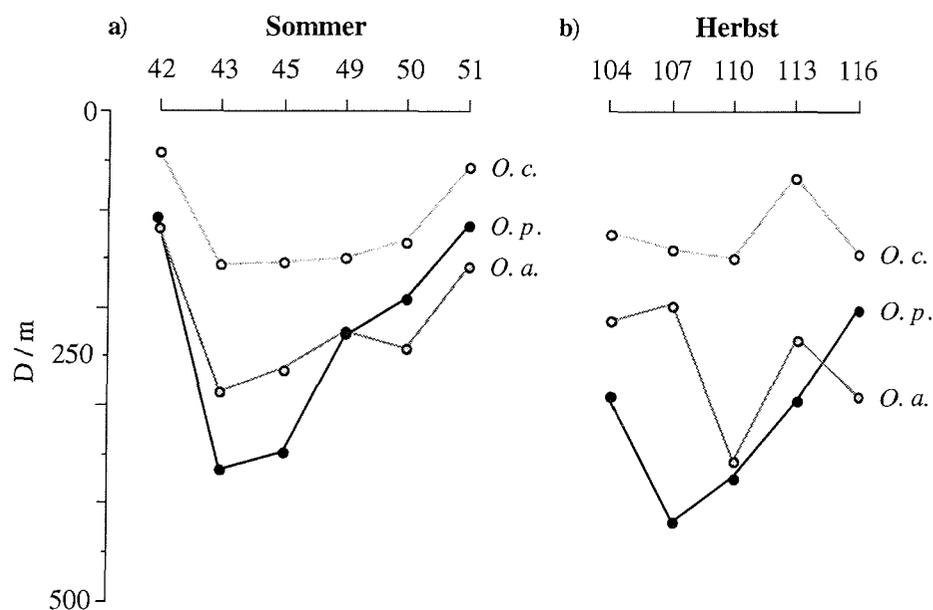


Abb. 5.2: Mittlere Tiefe D der Populationen von *Oncaea curvata* (*O. c.*: weiße Punkte), *Oncaea antarctica* (*O. a.*: graue Punkte) und *Oncaea parila* (*O. p.*: schwarze Punkte) auf allen Stationen im a) Sommer und b) Herbst.

Wie bei den Oithonidae (Kapitel 5.3.1) ausführlich diskutiert, deutet die "stufenartige" Tiefenverteilung der Arten auf Konkurrenzvermeidung hin (Zalkina 1970). *O. antarctica* und *O. parila* halten dieses Verteilungsmuster nicht strikt ein (Abb. 5.2). Das liegt vermutlich daran, daß *O. antarctica* deutlich größer ist als die anderen beiden Arten und damit wahrscheinlich nicht in Konkurrenz mit ihnen tritt. Außerdem folgt *O. parila* stark der Topographie. Mit dem Ansteigen des Meeresbodens steigt ihr Verteilungsschwerpunkt in geringere

Wassertiefen. Das kommt in diesem Fall daher, daß der tiefer lebende Teil der Population über dem Schelf nur sehr schwach vertreten ist. In flachen Meeresgebieten können die klaren Vertikalverteilungen des ozeanischen Bereichs durch eine Verschiebung der tiefliebenden Populationen zur Oberfläche verlorengehen (Zalkina 1977).

Die Oncaeidae der Antarktis führen im Laufe ihrer Entwicklung eine Vertikalwanderung ähnlich der der Oithonidae durch. Der Grund dafür könnte der bei *Oithona frigida* (Kapitel 5.3.1) diskutierte Einfluß der Wassertemperatur auf die Entwicklung der Eier und Juvenilen sein. Die Adulten dieser Gattung kommen in der Regel in tieferen Wasserschichten vor als die Juvenilen. Bei der tiefliebenden *O. parila* ist dieses Verteilungsmuster nicht so deutlich zu sehen, wie bei den anderen beiden Arten (Abb. 4.24). *O. antarctica* wandert ähnlich *Oithona frigida* zwischen dem warmen Tiefenwasser und der Thermokline (Abb. 4.19). Die Jugendstadien dieser Art steigen jedoch nicht ganz so weit auf und sind über einen weiteren Bereich zu finden als die von *O. frigida*.

Die Vertikalwanderung von *O. curvata* ist besonders ausgeprägt. Vor allem auf ozeanischen Stationen kommen die Adulten, besonders die Weibchen, sehr viel tiefer vor als die Juvenilen (Abb. 4.13). Offensichtlich wandern die Copepodite I bis IV dieser Art im Laufe ihrer Entwicklung vom warmen Tiefenwasser durch die Thermokline bis in die oberen 100-150 m der Wassersäule. Ältere Stadien halten sich schwerpunktmäßig tiefer auf. Zusätzlich zu dieser ontogenetischen Vertikalwanderung, deren mögliche Gründe im vorangegangenen Kapitel ausführlich diskutiert wurden, führen die Weibchen in Zusammenhang mit der Fortpflanzung eine Vertikalwanderung durch. Weibchen mit Spermatophoren halten sich in geringen Wassertiefen auf und wandern zur Eiablage in das Tiefenwasser. Als Ursache dieser Wanderung kann wieder die Beschleunigung der Eientwicklung im warmen Tiefenwasser angenommen werden. Dies würde Arten, die ihre Eier angeheftet am Körper tragen, eine höhere Fortpflanzungsrate ermöglichen, da Weibchen erst neue Eisäcke produzieren können, wenn die Nauplien aus dem vorangegangenen Gelege geschlüpft sind. Der Vorteil des Aufenthaltes der Weibchen vor der Eiablage in geringen Wassertiefen liegt sicherlich wiederum in dem besseren Nahrungsangebot.

Ob eine solche Vertikalwanderung der Weibchen auch bei den anderen Oncaeidae vorkommt, ließ sich nicht ermitteln, da die Fortpflanzungsaktivität der anderen Arten nur sehr gering war.

5.4 Ernährung von *Oncaea curvata*

In der Literatur findet man sehr unterschiedliche und teilweise widersprüchliche Informationen zur Ernährung von Oncaeidae und nur sehr wenig in bezug auf die antarktischen Arten. Die Ernährungsweise der Oncaeidae wird von Wickstead (1962) anhand ihrer Mundwerkzeuge und anhand von Verhaltensbeobachtungen diskutiert. Er kommt zu dem Schluß, daß sie semi-parasitisch leben und entweder Partikel von den Körperoberflächen ihrer Wirte "abweiden" oder die Wirte schädigen, indem sie ihre Körper anbohren und die Körperflüssigkeit aufnehmen. Dieses beobachtete er für *Oncaea* sp. in bezug auf Chaetognathen und Copepoden. Kosikhina (1980) bestätigt, daß *Oncaea mediterranea* und *O. venusta* bevorzugt Chaetognathen (*Sagitta* sp.) fressen und dabei täglich 100%-350% ihres Körpergewichtes aufnehmen. Da umgekehrt Oncaeidae eine wichtige Nahrung von Chaetognathen darstellen (Hopkins 1985, Øresland 1990), muß die Erbeutung der Chaetognathen mit großem Risiko für die Oncaeidae verbunden sein. Es ist darum wahrscheinlicher, daß diese Oncaeidae nur geschwächte oder tote Chaetognathen fressen. *O. mediterranea* ist auch in verlassenen Larvaceen-Häusern zu finden (Alldredge 1972), wo sie das im Filterapparat angereicherte Plankton frißt. Dieses Verhalten ermöglicht es der Art, sich von Nanoplankton, das sonst von Copepoden nicht genutzt werden kann, zu ernähren (Lampitt et al. 1993). Diese Freßweise entspricht dem von Wickstead (1962) beschriebenen "beweiden" von Oberflächen. Offensichtlich ist *O. mediterranea* auch fähig, Phytoplankton direkt zu nutzen. Paffenhöfer (1993) fand Freßraten von täglich 33%-114% ihres Körper-Kohlenstoffs bei einer Ernährung mit Flagellaten (*Rhodomonas* sp. als Nahrung für Nauplien und junge Copepodite und große *Gymnodinium* sp. als Nahrung für ältere Copepodite und Adulte). Eine Ernährung mit Diatomeen führte dagegen zu einer stark erhöhten Mortalität der Tiere. Untersuchungen der Mageninhalte der antarktischen Arten *O. curvata* und *O. antarctica* (Hopkins 1985, 1987) zeigen dagegen sehr wohl eine Ernährung mit Diatomeen in der Natur. *O. curvata* ernährt sich demzufolge nur von pflanzlicher Nahrung. *O. antarctica* hatte auch Metazooplankton im Magen. Es machte einen Anteil von 20%-40% ihrer Nahrung aus (Hopkins 1987). Das entspricht wiederholten Beobachtungen von Schiel und Mizdalski (pers. Mitteilung), nach denen *Oncaea* sp. (vermutlich *O. antarctica*) die großen calanoiden Copepoden *Metridia gerlachei* schädigte, indem sie deren Abdomen oder die Antennen abbiß.

Nach meinen Untersuchungen ernährt sich *O. curvata* im Gegensatz zu *O. antarctica* weder räuberisch noch semi-parasitisch. Jegliche eigenbewegliche Nahrung, sowohl Tiere als auch Flagellaten, wurde von dieser Art verschmägt.

Dafür fraßen die Tiere Diatomeen, was in direktem Widerspruch zu den Beobachtungen von Paffenhöfer (1993) für *O. mediterranea* steht, aber die Ergebnisse aus Magenuntersuchungen von Hopkins (1985, 1987) bestätigt. Möglicherweise ist die Nutzung der stark gepulsten Diatomeen-Blüten der Antarktis so vorteilhaft, daß die Oncaeidae nicht darauf verzichten. In diesen kurzen Zeiträumen könnten z. B. Speicherstoffe eingelagert werden. Für Blütensituationen, wie sie im südlichen Bellingshausenmeer auftraten, kann anhand der Ergebnisse dieser Arbeit für *O. curvata*-Weibchen eine Ingestionsrate von täglich 18%-35% des Körper-Kohlenstoffs angenommen werden. Damit hat *O. curvata* einen höheren Nahrungsumsatz als die großen Calanoida. Für *Metridia gerlachei* werden z. B. Ingestionsraten von 2,1%-7,2% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag angegeben (Lopez und Huntley 1995), für *Calanoides acutus* 5,6%-27,0% und für *Rhincalanus gigas* 1,5%-2,0% (Atkinson et al. 1992). Atkinson (1994) gibt eine Beziehung zwischen der Ingestionsrate und der Körpermasse von Copepoden an. Danach haben die großen Calanoida der Antarktis Ingestionsraten von <10% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag und die kleinen Copepoden bis zu 120%. Weibchen von *O. curvata*, mit einem Trockengewicht von etwa 4 µg, lassen dementsprechend eine Ingestionsrate von etwa 38% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag erwarten, was mit den Ergebnissen dieser Arbeit etwa bestätigt wird. Für die Juvenilen sollten die Ingestionsraten nach der Beziehung von Atkinson (1994) höher sein. Die mittleren Copepoditstadien von *O. curvata* halten sich in der euphotischen Zone auf (siehe Kapitel 4.2.1). In Kapitel 5.1.2 wurde gezeigt, daß die Populations-Biomasse von *O. curvata* etwa der einiger der dominanten Calanoida entspricht. Im Bereich des antarktischen Schelfs dominiert die Art sogar. Daraus folgt, daß ihr Einfluß auf die Phytoplankton-Gemeinschaft nicht nur relativ, sondern auch absolut genauso hoch oder sogar höher sein muß, als der der calanoiden Arten. Ähnliches dürfte für *Oithona similis* gelten, deren gesamte Population in oberflächennahen Wasserschichten anzutreffen ist. Die anderen untersuchten Arten haben wahrscheinlich keinen so großen Einfluß, da ihr Verteilungsschwerpunkt zu tief liegt.

O. curvata-Weibchen halten sich vor allem unterhalb der euphotischen Zone (>150 m) auf. Dort finden sie nur sehr geringe Phytoplankton-Konzentrationen. Die Art frißt jedoch nicht nur Diatomeen, sondern bevorzugte in den Versuchen Aggregate aus verklumpten Algen oder die gelatinösen *Phaeocystis*-Kolonien als Nahrung. Die höchste Ingestionsrate aus den Versuchen mit der *Phaeocystis*-Blüte betrug etwa 300% des Körper-Kohlenstoffs pro Tag. Vermutlich werden die großen Aggregate oder Kolonien abgeweidet, wie es für Appendikularien-Häuser beobachtet wurde (Alldredge 1972). Möglicherweise bilden Aggregate

aus absinkendem pflanzlichen und tierischen Material sowie Kotballen (González et al. 1994) die hauptsächliche Nahrung von *O. curvata*-Weibchen. Die Lipid-Analyse von C. Albers, AWI, bestätigt diese Vermutung. Die Lipidzusammensetzung mit einem stark dominierenden Anteil an Oleinsäure (18:1(n-9) Fettsäure) ist typisch für Detritus (Kattner et al. 1983) und Detritusfresser. Möglicherweise bietet dieses Freßverhalten eine Erklärung für die großen Bestände, die diese Art im Gegensatz zu allen anderen Arten in der Ostwinddrift und vor allem im Schelfbereich der Antarktis aufbaut. Östlich - also "stromaufwärts" des Untersuchungsgebietes, in der Marguerite-Bucht und im Bereich des Rønne-Eingangs, wurden im Sommer sehr stark entwickelte *Phaeocystis*-Blüten angetroffen. Sie erreichten Konzentrationen bis zu $5,8 \mu\text{g Chl } a \text{ l}^{-1}$ (Stambler et al. 1996). Das war die höchste Chlorophyll-Konzentration, die während der Expedition gemessen wurde. Solche *Phaeocystis*-Blüten sind typisch für die Sommer-Situation in dem Gebiet und könnten eine gute Nahrungsgrundlage für die *O. curvata* Population darstellen, die durch die Ostwinddrift innerhalb von etwa drei Monaten bis in das Gebiet von Peter I.-Insel verdriftet werden kann. Da *Phaeocystis* sp. auch bei schwachen Lichtverhältnissen wachsen kann, findet man lebende Zellen bis in recht große Wassertiefen von 100 m (Wassmann et al. 1990), wo vor allem juvenile *O. curvata* vorkommen. Falls auch die Juvenilen dieser Art die gelatinösen *Phaeocystis*-Kolonien nutzen, können diese Blüten den Tieren zu einem schnellen Wachstum verhelfen. Obwohl *Phaeocystis*-Kolonien im Gegensatz zu Einzelzellen aus dem Eis (Riebesell et al. 1991) scheinbar nicht zu Aggregaten verklumpen (Riebesell 1993, Riebesell et al. 1995), wurde im Barentsmeer und in der Nordsee eine starke Sedimentation der Kolonien beobachtet (Wassmann et al. 1990, Riebesell 1993). Diese werden unterhalb der euphotischen Zone schnell abgebaut (Wassmann et al. 1990). Unter anderem wird dafür Wegfraß durch Zooplankton angeführt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, daß die tiefliebenden *O. curvata* Weibchen von den absterbenden und absinkenden *Phaeocystis*-Kolonien, vor allem wenn sie schon von Bakterien und Diatomeen besiedelt werden (Wassmann et al. 1990), profitieren können.

5.5 Lebenszyklen und Fortpflanzung

Die Lebenszyklen von Copepoden dauern in den kalten polaren Gebieten mit ihrem stark saisonalen Nahrungsangebot länger als in wärmeren Breiten, wo mehrere Generationen pro Jahr durchlaufen werden können (Huntley und Escritor 1992). In der Arktis und in der Antarktis haben die Calanoida ähnliche Strategien entwickelt. Sie zielen vor allem darauf ab, den Juvenilen die Nutzung der Frühjahrsblüte zu ermöglichen (Conover und Huntley 1991).

Viele der großen Calanoida der Arktis, wie z. B. *Calanus glacialis* (Diel 1991), und der Antarktis, wie z. B. *Calanoides acutus* (Marin 1988, Atkinson 1991, Schnack-Schiel et al. 1991), überwintern in tiefen Wasserschichten als Copepodite IV und V und entwickeln sich bis zum Frühjahr zu Adulten. Die Eiproduktion beginnt oft vor dem Einsetzen der Frühjahrsblüte, entweder in der Tiefe, von wo die Eier zur Oberfläche aufsteigen, während sie sich entwickeln (*Calanus glacialis*), oder nach dem Aufsteigen der Weibchen in der Oberfläche (*Calanoides acutus*). Im Gegensatz zu diesen Arten überwintert ein Teil der Population des antarktischen Copepoden *Calanus propinquus* im oberen Teil der Wassersäule (Marin 1988) und bleibt während dieser Zeit aktiv. Die antarktische *Stephos*-Art, *S. longipes*, zeigt als spezielle Anpassung eine starke Kopplung an das Meereis (Kurbjeweit 1993). Auch bei dieser Art überwintern die Copepodite V und reifen gegen Ende des Winters zu Adulten. Diese legen ihre Eier in das Eis, oder direkt unter dem Eis ab (Schnack-Schiel et al. 1995). Die Juvenilen entwickeln sich dort und ernähren sich von Eisalgen.

Diese calanoiden Arten haben alle einen ein- bis zweijährigen Lebenszyklus, je nachdem, welche Umweltbedingungen sie vorfinden (Marin 1988, Diel 1991, Drits et al. 1993, Båthmann et al. 1993, Kurbjeweit 1993, Pasternak et al. 1994, Schnack-Schiel und Hagen 1994, Schnack-Schiel et al. 1995). Die erste Überwinterung wird meist im Copepoditstadium III und die zweite im Stadium IV/V durchlaufen. Der Jahresgang ihrer Populationsentwicklung zeigt nur ein oder wenige dominante Stadien zu jeder Zeit. Anders dagegen die folgenden Arten:

Von *Rhincalanus gigas* kommen im Sommer alle Stadien gleichzeitig vor (Marin 1988). Die Fortpflanzung findet jedoch auch bei dieser Art vor allem im Frühjahr statt und die Überwinterungsstadien sind auch hier vor allem die Copepodite III und V. Vermutlich hat *R. gigas* einen zweijährigen Lebenszyklus. Die Parallelität der Lebenszyklen in Arktis und Antarktis wird an der arktischen *Metridia longa* und *Metridia gerlachei* aus der Antarktis (Conover und Huntley 1991) besonders deutlich. Beide haben einen einjährigen Lebenszyklus mit einer langen Fortpflanzungszeit, die im Frühjahr beginnt und im Spätsommer ihren

Höhepunkt erreicht (Huntley und Escritor 1992). Die Eiproduktionsrate von *M. gerlachei* ist geringer als die anderer antarktischer Calanoida, wird jedoch durch die lange Fortpflanzungszeit ausgeglichen. Die beiden polaren Arten überwintern vor allem als Copepodite V, aber auch als junge Stadien aus dem letzten Fortpflanzungsschub (Huntley und Escritor 1992, Kurbjewit 1993). Auch *Ctenocalanus citer* hat eine lange Fortpflanzungszeit, mit einem deutlichen Maximum im Frühjahr, nach Einsetzen der Phytoplankton-Blüte (Schnack-Schiel und Mizdalski 1994). *Microcalanus pygmaeus* hat in der Antarktis so stark überlappende Generationen, daß eine Aussage über den Lebenszyklus nicht möglich ist (Kurbjewit 1993). Die Fortpflanzung findet vermutlich ganzjährig, jedoch hauptsächlich im Frühjahr und Herbst statt (Schnack-Schiel und Mizdalski 1994).

Im Gegensatz zu den teilweise sehr detailliert untersuchten Lebenszyklen der dominanten antarktischen Calanoida ist über die Oithonidae und Oncaeiidae bisher fast nichts bekannt. Die einzigen Untersuchungen in der Antarktis wurde von Franz (1988) und Franz und Gonzalez (1995) vor allem an *Oithona similis* durchgeführt (siehe folgendes Kapitel). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, daß die Oithonidae und Oncaeiidae wie die Calanoida *Rhincalanus gigas*, *Metridia gerlachei* und *Microcalanus pygmaeus* keine deutlich abgegrenzten Kohorten produzieren. Stattdessen kommen alle Stadien in allen Jahreszeiten vor, was die Interpretation der demographischen Daten sehr erschwert. Diese Populationsstruktur entsteht durch die sehr langen Fortpflanzungszeiten, wie sie für diese Gattungen typisch sind (Paffenhöfer 1993). Jedoch gibt es bei den antarktischen Arten jeweils eine Phase verstärkter Fortpflanzung im Jahr, was sich in der Dominanz einiger weniger Stadien widerspiegelt. Anhand dieser synchronisierten Entwicklung eines größeren Teils der Population läßt sich die Entwicklung der Tiere verfolgen. Im folgenden werden die Lebenszyklen der Oithonidae und Oncaeiidae detailliert vorgestellt und diskutiert.

5.5.1 Oithonidae

Oithona similis

In der Literatur findet man einige Angaben zur Generationszeit oder Stadiendauer von *Oithona similis*. Diese Informationen beruhen auf unterschiedlichen Methoden. Eaton (1971, in McLaren 1978), Franz (1988) und Sabatini und Kiørboe (1994) ermittelten die Stadiendauer im Labor, und McLaren (1978) leitete sie von Felduntersuchungen ab. Alle Untersuchungen wurden zu verschiedenen Jahreszeiten bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt. McLaren (1965) zeigt, daß die Entwicklung von Copepoden temperaturabhängig ist, wodurch die Werte nicht direkt vergleichbar sind.

Sabatini und Kiørboe (1994) fanden einen Q_{10} -Wert von 3,1 für die Ei-Entwicklungsrate, den sie auch auf die weitere Entwicklung der Nauplien und Copepodite beziehen. In Tabelle 5.2 werden die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zusammengefaßt und anhand $Q_{10} = 3,1$ für Temperaturen von $+1,5^{\circ}\text{C}$ und $-1,5^{\circ}\text{C}$, den Verhältnissen in der Antarktis entsprechend, umgerechnet. Es ergeben sich unter diesen Temperaturbedingungen Generationszeiten von etwa 3-8 Monaten für *O. similis*. Unter der Voraussetzung einer isochronalen Entwicklung (Sabatini und Kiørboe 1994) beträgt die Stadiendauer je nach Temperatur zwischen 7 und 19 Tagen (Tabelle 5.2). Franz (1988) fand im Süd-Winter/Frühjahr wesentlich längere Entwicklungszeiten für *O. similis* aus dem Weddellmeer (Tabelle 5.2). Er hielt die Tiere während seiner Versuche in unfiltriertem Seewasser, das nur sehr geringe Phytoplankton-Konzentrationen ($0,01-0,2 \mu\text{g Chl. } a \text{ l}^{-1}$) und nur sehr wenig Detritus enthielt (Scharek 1991). Deshalb war die Entwicklung der Tiere in seinen Experimenten vermutlich nahrungslimitiert. Sie scheinen etwa den Verlauf der Entwicklung unter Winterbedingungen in der Antarktis wiederzugeben. Entsprechend dauert die Stadienentwicklung von *O. similis* im Weddellmeer und an der Weddell-Scotia-Konfluenz zu Beginn des Winters Ende Mai etwa 30 Tage, die Entwicklung der Nauplien im Frühjahr dagegen nur etwa 12 Tage (Franz und Gonzalez 1995). Auch die Unterschiede zwischen den Daten der anderen Autoren sind möglicherweise nahrungsbedingt.

In der vorliegenden Untersuchung läßt sich anhand der Altersverschiebung zwischen den Zeiten der Probennahme (siehe Abb. 5.3 und 5.4) die Dauer der einzelnen Stadien abschätzen. Sie beträgt demnach weniger als 10 Tage für Nauplien und 14-28 Tage für Copepoditstadien. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von Sabatini und Kiørboe (1994), die eine isochronale Entwicklung der *O. similis*-Stadien zeigen. Wahrscheinlich lassen sich die unterschiedlichen

Entwicklungszeiten in der Antarktis mit der ontogenetischen Vertikalwanderung der Art erklären. Da sich die Nauplien in wärmerem Wasser aufhalten als die älteren Copepoditstadien (siehe Kapitel 5.3), verläuft ihre Entwicklung schneller. Vergleicht man die hier gefundene Stadiendauer der Nauplien (10 Tage) mit den Angaben in Tabelle 5.2 für +1,5°C (7-13 Tage, außer Franz 1988) und die Stadiendauer der Copepodite (14-28 Tage) mit den Angaben der Tabelle für -1,5°C (10-30 Tage), findet man eine recht gute Übereinstimmung mit den Literaturdaten, die von einer isochronalen Entwicklung ausgehen.

Tabelle 5.2: Entwicklung von *Oithona similis*. Vergleich von Literaturangaben aus verschiedenen Gebieten. Die Entwicklungszeiten bei -1,5°C und +1,5°C wurde unter Annahme von $Q_{10} = 3,1$ und einer Eientwicklungszeit von 6 Tagen (außer bei Sabatini und Kiørboe 1994) abgeschätzt.

Gebiet	T /°C	Generations- zeit /Tage	Generationszeit Stadiendauer Eientwicklung				
			-1,5°C /Tage	+1,5°C /Tage	-1,5°C /Tage	+1,5°C /Tage	+1,5°C /Tage
Kattegat	+15	≥19,7 a	127	91	10	7	13
Loch Striven	+13,5	42 b	229	162	19	13	-
	+12	39 b	180	128	15	10	-
	+9	67 b	220	157	18	13	-
Nova Scotia	+10	48 c	176	126	14	10	-
Weddellmeer	0	252-312 d	299-370	213-263	24-30	17-21	6
Bellingshausen- meer	+1,5	e				10 (Nauplien)	
	-1,5	e			14-28	(Copepodite)	

a Oktober-März: Sabatini und Kiørboe 1994

b April-August: McLaren 1978 (nach Marshall 1949)

c Labordaten: McLaren 1978 (nach Eaton 1971)

d Oktober/November: Franz 1988

e November-Februar: diese Arbeit

Der Verlauf der Lebenszyklen von *O. similis* ist in der vorliegenden Arbeit in Abb. 5.3 für den Antarktischen Zirkumpolarstrom und in Abb. 5.4 für die Ostwinddrift dargestellt. Dabei ist zu beachten, daß die Abbildungen die Verhältnisse für den Großteil der Population darstellen. Da zu jeder Zeit alle Stadien gefunden wurden, scheint die Entwicklung der Population nicht vollständig synchron zu verlaufen.

Im Antarktischen Zirkumpolarstrom beginnt *Oithona similis* offensichtlich schon vor dem Einsetzen der Frühjahrsblüte mit der Eiproduktion. Darauf deutet die große Zahl der Copepoditstadien I und II hin, die im Frühjahr angetroffen werden (Abb. 5.3a). Bei gleichbleibender Entwicklungsgeschwindigkeit der Nauplien muß die Eiablage Anfang Oktober, also mitten im Winter, begonnen haben, was durch Ergebnisse von Franz und Gonzales (1995) aus dem Weddellmeer bestätigt wird. Aus Schottland (Marshall 1949), Nord-Norwegen (Davis 1976) und der Nordsee (Krause und Trahms 1983) ist dieses Fortpflanzungsverhalten von *O. similis* ebenfalls bekannt.

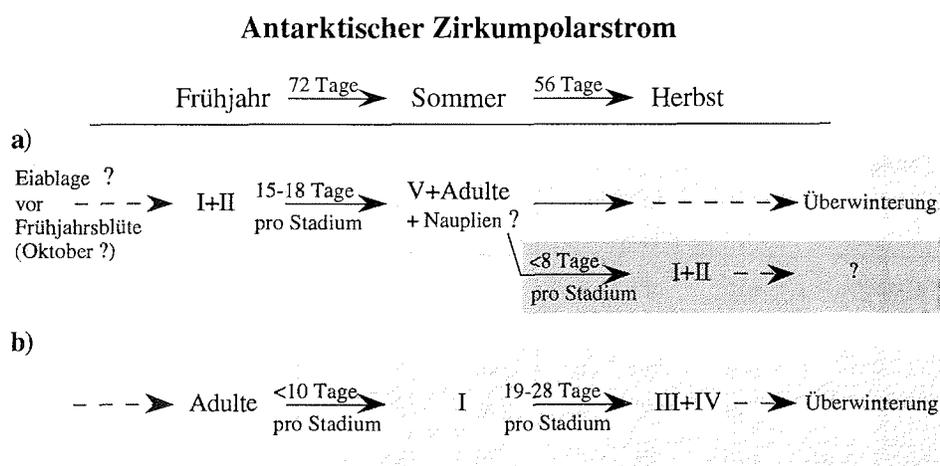


Abb. 5.3: Schematische Lebenszyklen verschiedener Populationsteile (a und b) von *Oithona similis* im Antarktischen Zirkumpolarstrom (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation, dunkelgrau: "Enkel"-Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probennahmen sind angegeben.

Die neue Generation entwickelt sich bis zum Sommer zu Adulten und hat die Möglichkeit, sich schon im gleichen Jahr fortzupflanzen (Abb. 5.3a). Tatsächlich werden auch im Herbst junge Copepoditstadien angetroffen, wenn auch nur in geringen Mengen. Ob diese junge Generation den Winter überlebt, ist jedoch fraglich. Im frühen Frühjahr unter dem Eis ist der Anteil an jungen Copepoditstadien sehr gering. Auch Franz und Gonzalez (1995) gehen von einem Absterben der jungen Copepodite über den Winter aus. Wahrscheinlich überwintern die Adulten (Abb. 5.3a), die im Herbst Reservestoffe einlagern konnten, um im Winter mit der Eiablage zu beginnen. Vielleicht bleiben sie auch

über den Winter aktiv und ernähren sich von Detritus oder tierischer Nahrung (Petipa 1978). Der Anteil der Copepodite III-V ist im Herbst sehr hoch. Wahrscheinlich überwintern diese Stadien und entwickeln sich bis zum Frühjahr zu Adulten (Abb. 5.3b). Die Juvenilen benötigen für ihre Entwicklung auch über den Winter vermutlich Detritus, z. B. Kotballen (Gonzalez und Smetacek 1994), als Nahrung. Sie pflanzen sich erst nach der Frühjahrsblüte fort, wodurch sich die Entwicklung der Population verzögert (Abb. 5.3b). Franz und Gonzales (1995) nennen die Stadien IV und V als Haupt-Überwinterungsstadien im Weddellmeer.

In der Ostwinddrift gibt es keine Anzeichen für ein Maximum der Eiproduktion zum Ende des Winters. Der Anteil der jungen Copepoditstadien war im Frühjahr extrem gering (Abb. 5.4a). Da die Eisschmelze in diesem Gebiet sehr spät einsetzt, beginnt *O. similis* wahrscheinlich noch vor der Frühjahrsblüte mit der Fortpflanzung beginnt. Der Lebenszyklus dieser Population verläuft zeitlich etwa wie der des "verspäteten" Populationsteils im Norden (Abb. 5.3b), oder wie bei Franz und Gonzales (1995) beschrieben. Die Population scheint sich jedoch zum Herbst schneller zu entwickeln, da im Bereich der Ostwinddrift zu diesem Zeitpunkt mehr ältere Copepoditstadien angetroffen werden als im Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstromes (Abb. 5.4a). Auch im Süden entwickeln sich Teile der Population unterschiedlich. Vermutlich beginnen die Tiere, die als Copepodite III und IV überwintert haben, erst im Sommer mit der Fortpflanzung (Abb. 5.4b). Ob ihre Nachkommen den Winter überleben, ist aus den vorhandenen Daten nicht zu entnehmen. Möglicherweise überwintern die ausgereiften Adulten ein zweites Mal, bis sie sich erfolgreich fortpflanzen können. Auch Franz (1990) vermutet für *O. similis* einen zweijährigen Lebenszyklus im Weddellmeer, in einem Gebiet, das ebenfalls von der Ostwinddrift beeinflusst ist. Ein solcher Lebenszyklus mit Eiproduktion in zwei aufeinanderfolgenden Jahren ist z. B. von *Calanoides acutus* (Hagen und Schnack-Schiel 1996) und von einigen arktischen calanoiden Arten (Miller et al. 1984, Kosobokova 1990) bekannt.

Ostwinddrift

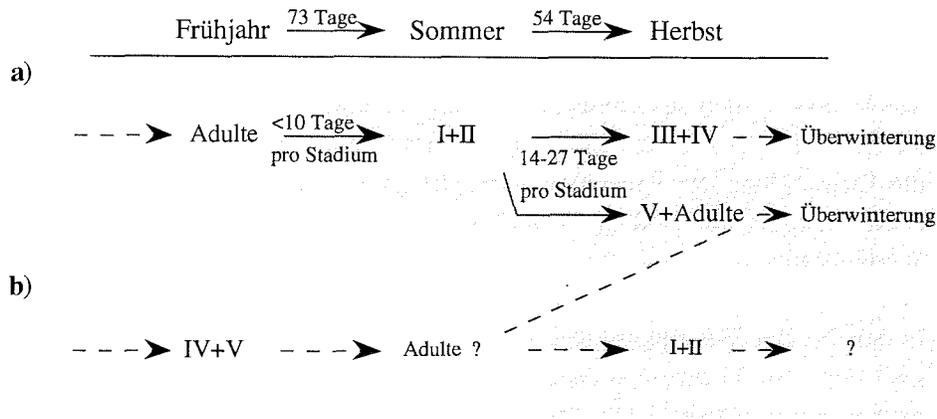


Abb. 5.4: Schematische Lebenszyklen verschiedener Populationsteile (a und b) von *Oithona similis* in der Ostwinddrift (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probennahmen sind angegeben.

Oithona frigida

Zwar wird das Vorkommen *Oithona frigida* in vielen Arbeiten erwähnt, über die Lebensweise und Entwicklung dieser Art gibt es aber in der Literatur bisher keine brauchbaren Angaben. Lediglich Rosendorn (1917) beschreibt, daß Männchen von *O. frigida* im November und Dezember im atlantischen und indischen Sektor der Subantarktis und Antarktis (55°20'S - 63°32'S) nicht vorkamen, im Februar jedoch stellenweise häufig waren.

Im südlichen Bellingshausenmeer kamen *O. frigida* Männchen sowohl im Sommer, als auch im Herbst vor. Das Vorkommen von Männchen wird generell als Zeichen für Fortpflanzungsaktivität betrachtet (Chojnacki und Weglenska 1984). Weitere Anzeichen dafür, wie das Vorkommen von Weibchen mit Spermatothoren oder Eiern, sind bei dieser Art jedoch extrem selten.

In Abb. 5.5 und 5.6 sind die vereinfachten Lebenszyklen der *O. frigida*-Populationen im Untersuchungsgebiet dargestellt. Auch diese Art hat keine vollkommen synchrone Entwicklung der Populationen.

Antarktischer Zirkumpolarstrom

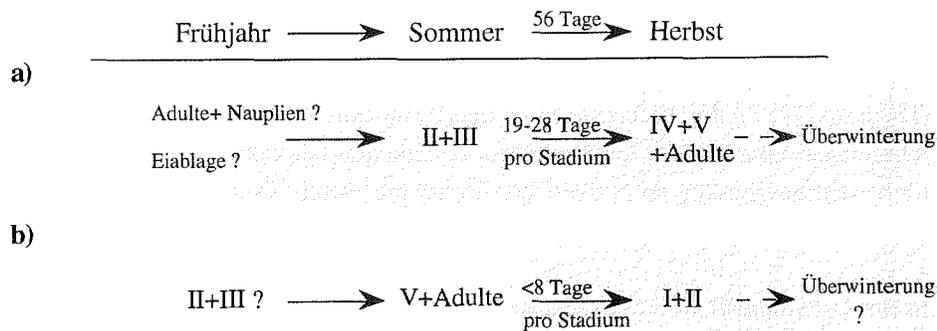


Abb. 5.5: Schematische Lebenszyklen verschiedener Populationsteile (a und b) von *Oithona frigida* im Antarktischen Zirkumpolarstrom (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probenahmen sind angegeben.

Im Antarktischen Zirkumpolarstrom findet man im Sommer hauptsächlich Copepodite II und III von *O. frigida* (Abb. 5.5a), was darauf hindeutet, daß die Eiablage der vorangegangenen Generation im Frühjahr stattfindet. Die Dominanz der Stadien IV und V und der Adulten im Herbst läßt auf eine Entwicklung der Frühjahrs-Kohorte um zwei bis drei Stadien von Februar bis April schließen. Damit betrug die Stadiendauer 19-28 Tage. Das entspricht der Entwicklungsgeschwindigkeit von *Oithona similis* (siehe vorangegangenes Kapitel). Möglicherweise überwintert dieser Teil der *O. frigida*-Population als späte Copepoditstadien, so daß im Frühjahr Weibchen für einen frühen Fortpflanzungsschub zur Verfügung stehen (Abb. 5.5a). Demnach müßten im südlichen Bellingshausenmeer auch im Frühjahr Männchen zu finden sein. Ein weiterer Teil der Population im Antarktischen Zirkumpolarstrom war im Sommer adult, oder im V. Copepoditstadium (Abb. 5.5b). Diese Adulten produzierten vermutlich Eier, wodurch das Vorkommen von Copepoditen I und II im Herbst erklärt wäre. Für die Entwicklung der Nauplien kann eine Stadiendauer wie die von *O. similis* (etwa 10 Tage) angenommen werden. Falls die jungen Copepoditstadien von *O. frigida* überwintern, treten sie möglicher-

weise im Frühjahr als Copepoditstadien II und III auf und reifen bis zum Sommer aus, um den Zyklus in einem Jahr zu schließen (Abb. 5.5b).

Ob *O. frigida* im Winter aktiv bleibt oder ruht, ist bisher unbekannt. Falls die Art aktiv bleibt und weiterhin frißt, könnte ihre Fähigkeit zur Carnivorie (Hopkins 1987) die Sicherstellung der Ernährung erleichtern. Für die tieflebenden Adulten ist der Unterschied zwischen den Jahreszeiten wahrscheinlich nicht sehr ausgeprägt, da in der Tiefe immer nur wenig Nahrung zur Verfügung steht.

In der Ostwinddrift läuft der Lebenszyklus von *O. frigida* wahrscheinlich ähnlich ab wie der des "verspäteten" Populationsteils im Antarktischen Zirkumpolarstrom (Abb. 5.5b). Auch hier kommen im Sommer vor allem die älteren Copepoditstadien und Adulte vor (Abb. 5.6). Junge Copepodite der neuen Generation treten im Herbst auf und reifen vermutlich nach der Überwinterung bis zum nächsten Sommer zu Adulten heran.

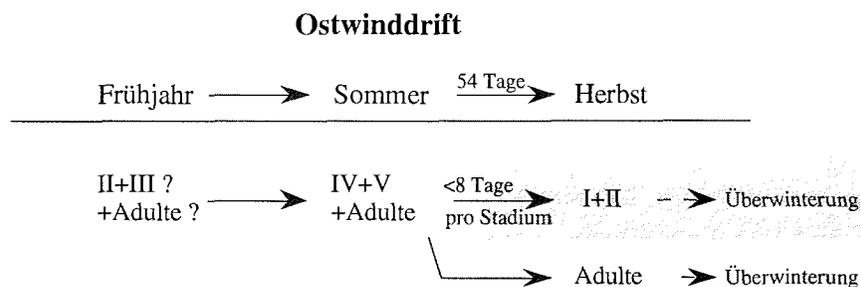


Abb. 5.6: Schematischer Lebenszyklus von *Oithona frigida* in der Ostwinddrift (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probenahmen sind angegeben.

Im Herbst gibt es jedoch in diesem Gebiet auch einen großen Anteil adulter Tiere in der Population von *O. frigida*, die wahrscheinlich teilweise zur letztjährigen Generation und teilweise zur neuen Generation gehören.

Der auffällig hohe Anteil von *O. frigida*-Weibchen im Sommer und im Herbst deutet auf Langlebigkeit dieses Stadiums hin (McLaren 1978). Möglicherweise haben diese Tiere einen zweijährigen Lebenszyklus und pflanzen sich während zwei Saisons fort. Paffenhöfer (1993) nennt eine verlängerte Fortpflanzungsperiode als Kompensation für niedrige Eiproduktionsraten. In Anbetracht der extem niedrigen Eiproduktionsrate von *O. frigida* im südlichen Bellingshausenmeer scheint dementsprechend ein zweijähriger Lebenszyklus für diese Art

Vorteile zu bieten. Eine weitere Anpassung zum Ausgleich geringer Fortpflanzungsraten diskutieren Kiørboe und Sabatini (1994) mit einem geringen Männchen-Anteil, wie er für *O. frigida* typisch ist. Wird die Fortpflanzung der Art durch wenige Männchen gesichert, kann die Produktion vieler männlicher Individuen "eingespart" werden.

5.5.2 Oncaeidae

Bei den Oncaeidae fällt der hohe Anteil von Männchen auf. Im Roten Meer sind bei großen Oncaeidae bis zu 60% der Adulten männlich (Böttger-Schnack et al. 1989). Kleinere Arten haben geringere Männchenanteile. Die antarktischen Arten weisen mehr Männchen auf. Bei der großen *O. antarctica* waren 69%-81% der adulten Tiere Männchen, 52%-72% der adulten *O. curvata* waren Männchen und die etwas kleinere *O. parila* hatte nur etwa 38%-58% Männchen. Entsprechend der Theorie von Kiørboe und Sabatini (1994), wonach ein geringer Männchen-anteil eine Anpassung zum Ausgleich geringer Fortpflanzungsraten darstellt (siehe oben), produzieren die großen Oncaeidae mehr Eier als die kleinen Arten (Böttger-Schnack et al. 1989). Das trifft auch für antarktische Oncaeidae zu: *O. antarctica*-Weibchen trugen etwa 30-40 Eier pro Eisack, die kleineren *O. curvata*-Weibchen dagegen nur 7 Eier. Das sind im Vergleich mit Arten entsprechender Größe aus dem Roten Meer wenig (Böttger-Schnack et al. 1989) und weist auf andere Mechanismen zum Ausgleich niedriger Fortpflanzungsraten hin. In diesem Zusammenhang soll auf die lange Lebensdauer und die damit verlängerte Fortpflanzungszeit der antarktischen Arten hingewiesen werden.

Eine Ausnahme bildet die große antarktische *O. englishi*, die nur zwei Eier pro Eisack produziert (pers. Beobachtung). Diese sind jedoch besonders groß. Kiørboe und Sabatini (1994) zeigen, daß die Oncaeidae im Vergleich mit anderen Copepoden (Cyclopoida und Calanoida) kleine Eier haben. Die Eigröße der kleinen *Oncaea*-Arten nähert sich dem Minimum von 40 µm Durchmesser. Kleinere Eier wurden bei Copepoden nicht gefunden (Böttger-Schnack et al. 1989).

Oncaea curvata

Die dominante Oncaeidae *Oncaea curvata* ist bisher fast ausschließlich in bezug auf ihre Verbreitung untersucht worden. Die einzige experimentelle Untersuchung zur Entwicklung der Art gibt eine Stadiendauer von 8 Tagen für

Nauplien und 50 Tagen für Copepoditstadien an (Fransz 1988). Die aus den demographischen Daten der vorliegenden Arbeit abzuleitende Stadiendauer von 6 Tagen für Nauplien und 19-28 Tagen für Copepodite ist deutlich geringer (siehe Abb. 5.7 und 5.8) und entspricht etwa der der Oithonidae (siehe vorangegangenes Kapitel). Das läßt sich möglicherweise durch Nahrungsmangel während der Experimente im winterlichen Weddellmeer erklären (Fransz 1988). Wahrscheinlich verzögert eine Hungersituation die Entwicklung der Stadien. Der Unterschied in der Entwicklungszeit zwischen Nauplien und Copepoditen aus dem südlichen Bellingshausenmeer hängt dagegen vermutlich wie bei den Oithonidae (siehe vorangegangenes Kapitel) mit der ontogenetischen Vertikalwanderung von *O. curvata* zusammen. Dadurch halten sich die Nauplien in wärmerem Wasser auf als die Copepodite, was die Entwicklung der jüngsten Stadien beschleunigt (siehe Kapitel 5.3.2).

Fransz (1988) gibt die Dauer der Ei-Entwicklung von *O. curvata* mit mehr als 100 Tagen an. Auch in Experimenten der vorliegenden Arbeit wurde kaum eine Entwicklung der Eier von *O. curvata* über einen Zeitraum von zwei Monaten beobachtet. Kiørboe und Sabatini (1994) nennen für die Entwicklung von *Oithona* spp. Eiern bei 15°C Zeiträume von 3-7 Tagen. Da die Stadiendauer von *O. curvata* der der Oithonidae entspricht, werden auch für die Eier entsprechend kurze Entwicklungszeiten erwartet. Der geringe Prozentsatz von Weibchen mit Eisäcken im Bellingshausenmeer weist darauf hin, daß die Eientwicklung in der Natur nicht so lange dauert wie während der Experimente, denn bei einer langen Entwicklungszeit würden Weibchen mit Eiern akkumulieren. Eine Begründung für die Hemmung der Ei-Entwicklung in den Experimenten ist nicht offensichtlich. Möglicherweise benötigen die Eier höhere Temperaturen als 0°C um sich zu entwickeln. Sowohl bei Fransz (1988) als auch in der vorliegenden Arbeit wurden eiträgende Weibchen bei 0°C gehältert. In der Natur wurden sie jedoch vor allem im wärmeren Tiefenwasser bei etwa 2,5°C unterhalb der Thermokline gefunden.

Abb. 5.7 und 5.8 stellen die Lebenszyklen des größten Teils der Populationen von *Oncaea curvata* dar. Wie bei den Oithonidae findet die Fortpflanzung über einen sehr langen Zeitraum statt. Dadurch kommen zu jeder Zeit alle Copepoditstadien in den Proben vor. Jedoch scheint es, wie bei der anderen Gattung, daneben eine Haupt-Fortpflanzungsperiode zu geben, in der der Großteil der Weibchen Eier produziert. Anhand der daraus entstehenden Kohorte läßt sich die Entwicklung der Tiere verfolgen.

Im Antarktischen Zirkumpolarstrom herrschen im Sommer die Copepoditstadien III und IV vor. Sie entwickeln sich zum Herbst zu Adulten. Daraus folgt eine

Stadiendauer von 19-28 Tagen für die Entwicklung der älteren Copepoditstadien von *O. curvata* (Abb. 5.7). Die Adulten überwintern wahrscheinlich und pflanzen sich im frühen Frühjahr, möglicherweise schon vor der Frühjahrsblüte, fort. Das entspricht Beobachtungen von Franz (1988), der im Weddellmeer vor dem Einsetzen der Frühjahrsblüte, von Oktober bis Dezember, eitrage Weibchen fand. Die neue Generation hat dadurch genug Zeit, sich bis zum Sommer wiederum zum Stadium III und IV zu entwickeln. Ein einjähriger Lebenszyklus erscheint für *O. curvata* im Antarktischen Zirkumpolarstrom wahrscheinlich.

Antarktischer Zirkumpolarstrom

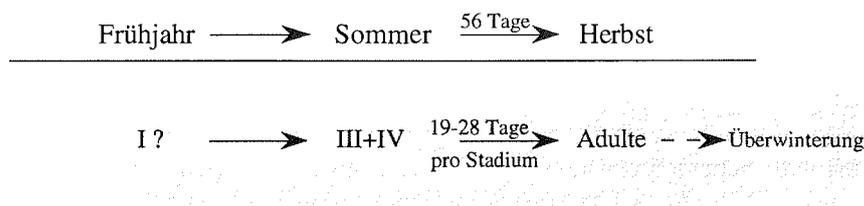


Abb. 5.7: Schematischer Lebenszyklus von *Oncaea curvata* im Antarktischen Zirkumpolarstrom (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probennahmen sind angegeben.

Der größte Teil der *Oncaea curvata*-Population der Ostwinddrift beginnt den Lebenszyklus später als die Tiere im Norden. Mit dem späteren Einsetzen der Eisschmelze und der folgenden Planktonblüte beginnt vermutlich die Fortpflanzung. Dementsprechend kommen im Sommer hauptsächlich die jüngsten Copepoditstadien vor (Abb. 5.8a). Die Dominanz der Stadien III und IV im Herbst läßt auf eine Stadiendauer von 27 Tagen für die Entwicklung der Copepodite schließen. Die Copepoditstadien III und IV sind vermutlich Überwinterungsstadien in der Ostwinddrift (Abb. 5.8a). Ob sie sich bis zum Frühjahr zu Adulten entwickeln können, ist nicht sicher. Vielleicht ist ein Teil der Population nach dem ersten Jahr voll entwickelt. Es erscheint jedoch wahrscheinlich, daß zumindest ein Teil der Tiere mehr als ein Jahr für den Lebenszyklus benötigt.

Ostwinddrift

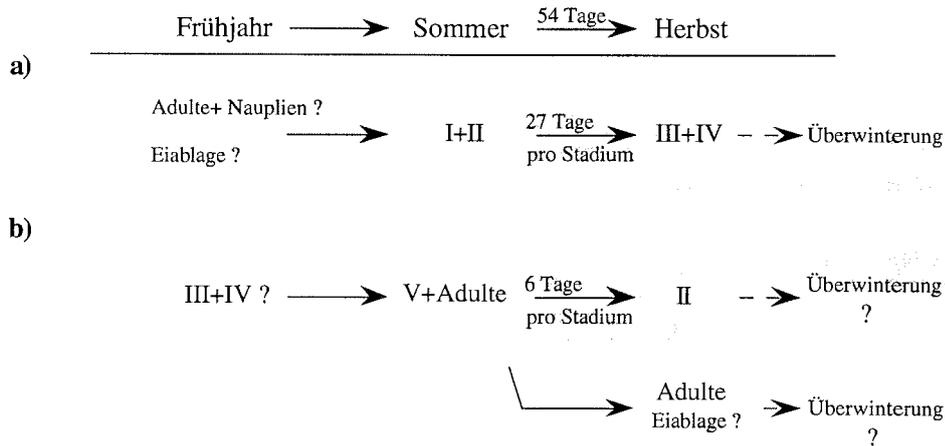


Abb. 5.8: Schematische Lebenszyklen verschiedener Populationsteile (a und b) von *Oncaea curvata* in der Ostwinddrift (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probennahmen sind angegeben.

Wenn im Winter nur eine sehr langsame Weiterentwicklung der Copepodite möglich ist, kommen im Frühjahr immer noch Copepodite III und IV der alten Generation vor (Abb. 5.8b). Diese könnten bis zum Sommer das Stadium V oder VI (Adult) erreicht haben. Tatsächlich besteht ein recht großer Anteil der Population zu dieser Zeit aus diesen Stadien (Abb. 5.8b), und eine große Zahl begatteter Weibchen deutet auf starke Fortpflanzungsaktivitäten hin. Mit einer Entwicklungszeit von 6 Tagen pro Naupliusstadium erreicht die neue Generation das Copepoditstadium II bis zum Herbst. Diese jungen Copepodite überwintern möglicherweise ebenfalls und beenden ihre Entwicklung innerhalb von einem Jahr (Abb. 5.8b). Die Adulten der Eltern-Generation scheinen sich im Herbst immer noch fortzupflanzen. Jedoch läßt die Aktivität nach. Es kommen zwar noch viele Weibchen mit Eiern vor, jedoch nur noch wenige mit Spermato-phoren. Es ist nicht abzusehen, ob diese Adulten ein zweites Mal überwintern. Die Generationen von *O. curvata* dauern wahrscheinlich länger als ein Jahr und überlappen in der Ostwinddrift, was die Interpretation der Populationsstruktur sehr erschwert.

Oncaea antarctica

Über den Lebenszyklus von *Oncaea antarctica* war bisher nichts bekannt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen für die Population im Antarktischen Zirkumpolarstrom deutlich einen einjährigen Zyklus (Abb. 5.9) mit Stadiendauern von 19-28 Tagen für Copepodite. Die relativ deutlichen Kohorten weisen auf eine im Vergleich zu *Oncaea curvata* und den Oithoniden kürzere Fortpflanzungsphase hin. Die Adulten und Copepodite V stellen im Herbst den größten Populationsanteil (Abb. 5.9) und die Weibchen produzieren zu diesem Zeitpunkt die meisten Eier. Sie überwintern vermutlich mit den angehefteten Eisäcken. Im Frühjahr hat die neue Generation dann möglicherweise zum größten Teil das erste Copepoditstadium erreicht und entwickelt sich bis zum Sommer zu Copepoditen III und IV. Diese reifen bis zum Herbst zu Adulten heran.

Antarktischer Zirkumpolarstrom

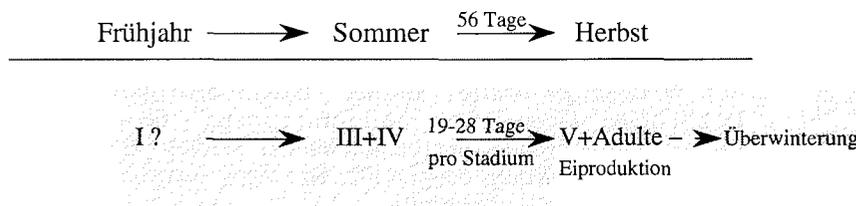


Abb. 5.9: Schematischer Lebenszyklus von *Oncaea antarctica* im Antarktischen Zirkumpolarstrom (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probennahmen sind angegeben.

In der Ostwinddrift verzögert sich die Entwicklung der Population im Vergleich zum Norden entsprechend dem späteren Einsetzen der Frühjahrsblüte (Abb. 5.10a+b). Dort dominieren im Sommer die Copepodite I und III, was auf eine Fortpflanzungsphase im Frühjahr und vor der Frühjahrsblüte deutet. Das entspricht den Verhältnissen im Gebiet zwischen King George-Insel und Elephant-Insel, wo sich *O. antarctica* im Oktober und November paart (Zmijewska 1988), was die Eiproduktion im Frühjahr in dem Gebiet wahrscheinlich macht. Vom Sommer bis zum Herbst schreitet die Entwicklung im Bellingshausenmeer um ein bis zwei Stadien fort. Die Stadien III-V sind offensichtlich die Überwinterungsstadien in der Ostwinddrift. Jedoch entwickeln sie sich vermutlich bis zum Frühjahr zu Adulten. Ein Teil der Population (Abb.

5.10a) scheint den Lebenszyklus so in die Jahreszeiten eingepaßt zu haben, wie die Tiere des Antarktischen Zirkumpolarstroms (Abb. 5.9). Adulte hatten im Herbst auch im Süden noch einen recht hohen Anteil an der Population, und es fand verstärkt Eiablage statt.

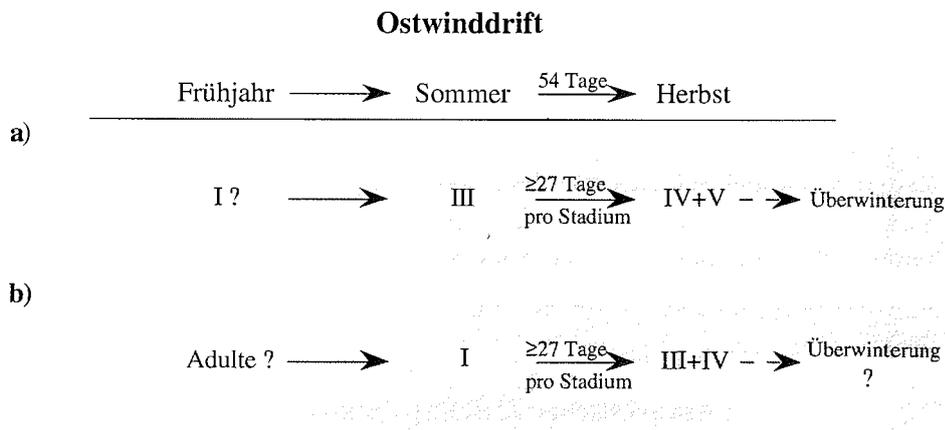


Abb. 5.10: Schematische Lebenszyklen verschiedener Populationsteile (a und b) von *Oncaea antarctica* in der Ostwinddrift (weiß unterlegt: letztjährige Generation, hellgrau: "neue" Generation). Pro Probennahmezeitraum sind die dominanten Stadien (römische Ziffern) und ihre Entwicklung dargestellt. Die Zeitintervalle zwischen den Probenahmen sind angegeben.

Oncaea parila

Oncaea parila gehört ebenfalls zu den Arten, über deren Lebensweise fast nichts bekannt ist. Ihre Populationsstruktur im südlichen Bellingshausenmeer deutet auf eine lange Fortpflanzungszeit hin. Im Sommer ist die Stadienverteilung sehr gleichmäßig, mit einem leichten Überwiegen der älteren Stadien. Die Populationsstruktur über den Schelf-Bereichen sieht vollständig anders aus. Sie kann jedoch zur Interpretation der Lebenszyklen nicht herangezogen werden, da aufgrund des tiefen Verteilungsschwerpunktes der Art im flachen Wasser keine vollständige Population vorkommt. Im Herbst dominieren die Adulten sowohl im Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstroms, als auch in der Ostwinddrift sehr deutlich. Die Akkumulation der Adulten deutet auf eine lange Lebensdauer dieses Stadiums hin (McLaren 1978). Vermutlich überwintert *O. parila* als Adulte. Der Unterschied in der Entwicklung der Populationen zwischen den Wassermassen des Antarktischen Zirkumpolarstroms und der Ostwinddrift

erscheint bei *O. parila* nur in dem leicht erhöhten Anteil der Copepodite I und II im Norden des Untersuchungsgebietes.

5.5.3 Schlußfolgerungen

Die Entwicklung der Oithonidae und Oncaidae der Antarktis verläuft sehr ähnlich wie die der Calanoida. Die Entwicklungszeiten sind etwa gleich lang und auch bei diesen kleinen Arten überwintern hauptsächlich die älteren Copepoditstadien. Jedoch scheinen die Lebenszyklen flexibler zu sein, als die der Calanoida mit Ausnahme von *Microcalanus pygmaeus*. Unter unvorteilhaften Umweltbedingungen findet man ebenfalls mehrjährige Lebenszyklen, manchmal nur für einen Teil der Population. Aufgrund der langen Fortpflanzungsperiode entwickeln sich, wie bei dem Calanoida *Metridia gerlachei*, nicht alle Juvenilen bis zum Winter gleich weit. Da offensichtlich auch im Frühjahr verschiedene Copepoditstadien vorliegen, scheint das Überwinterungsstadium nicht festgelegt zu sein. Vermutlich ist die Mortalität der meisten Stadien über den Winter nicht erhöht, die Entwicklung wird lediglich verlangsamt. Eine Ausnahme bildet wahrscheinlich *Oithona similis*, deren jüngste Stadien den Winter nicht überleben. Bei einigen Arten, z. B. bei *Oncaea antarctica*, findet die Fortpflanzung wahrscheinlich auch im Winter statt.

Die Oithonidae, Oncaidae und Calanoida der Antarktis unterscheiden sich vor allem in ihren Fortpflanzungsstrategien. Arten, die ihre Eier am Körper tragen, wie die Oithonidae und Oncaidae, haben auch in der Antarktis niedrigere Fortpflanzungsraten und eine längere Fortpflanzungszeit, als Arten, die ihre Eier frei ins Wasser abgeben, wie die meisten Calanoida (Paffenhöfer 1993, Kiørboe und Sabatini 1994). Dies ist eine Anpassung an die geringe Mortalität der Eier, und führt zu der gleichmäßigen Stadienverteilung dieser Arten. Die Oithonidae und Oncaidae unterscheiden sich in der Antarktis sehr deutlich hinsichtlich ihres Geschlechterverhältnisses. Der Männchen-Anteil ist bei *Oncaea*-Arten sehr hoch und bei *Oithona*-Arten niedrig. Das deutet auf eine besonders geringe Fortpflanzungsrate bei den Oithonidae hin (Kiørboe und Sabatini 1994).

Danksagung

An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater Professor Dr. G. Hempel für seine Unterstützung während der Arbeit und seine konstruktive Kritik bezüglich des Manuskripts. Professor Dr. W. Arntz sei für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und die Ermöglichung von zwei Antarktis-Expeditionen gedankt.

Ganz besonders herzlich danke ich Dr. S. B. Schiel für ihre ständige Unterstützung und ihre Fähigkeit, mich immer wieder zu motivieren. Sie hatte jederzeit ein offenes Ohr für Probleme und stand mir mit ihrer Erfahrung zur Seite. Während ANT XI/3 übernahm sie einen Großteil der Probennahme und überließ mir die Proben zur Auswertung. Ohne Ihre schnelle Durchsicht des Manuskripts und ihre wertvollen Hinweise wäre diese Arbeit nicht so zügig abgeschlossen worden.

Professor Dr. G.-A. Paffenhöfer und Dr. F. Ferrari bin ich für die Einführung in experimentelle Arbeiten bzw. die Taxonomie der Oithonidae verpflichtet und Dr. A. Orsi für seine Darstellung der hydrographischen Bedingungen im Bellingshausenmeer. C. Albers führte freundlicherweise die Lipidanalysen durch.

Meinen Kollegen H. Hanssen, Dr. F. Pages, Dr. M. Ramon, E. Mizdalski, K. Beyer, Dr. D. N. Thomas, Dr. W. Hagen, Dr. A. Atkinson und B. Kostka danke ich für ihre Unterstützung und viele anregende Gespräche. Dr. A. Atkinson sei darüber hinaus für die linguistische Verbesserung der englischen Zusammenfassung gedankt.

Dem Kapitän und der Crew von FS "Polarstern", sowie den Teilnehmern der Expeditionen ANT XI/2+3 und ANT XII/4 danke ich für ihre Unterstützung und die Kollegialität an Bord.

Schließlich sei meinen Eltern für ihre vielfältige Unterstützung während des Studiums und der Examszeiten gedankt.

Die Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG-Projekt Schi 329/3-1) und dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung finanziert. Die Einarbeitung in die Methoden ermöglichte ein Reisestipendium des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

Literaturverzeichnis

- Alldredge, A. (1972) Abandoned larvacean houses: a unique food source in the pelagic environment. *Science* 177: 885-887
- Atkinson, A. (1991) Life cycles of *Calanoides acutus*, *Calanus simillimus* and *Rhincalanus gigas* (Copepoda: Calanoida) within the Scotia Sea. *Mar Biol* 109: 79-91
- Atkinson, A. (1994) Diets and feeding selectivity among the epipelagic copepod community near South Georgia in summer. *Polar Biol* 14: 551-560
- Atkinson, A. (1996) Subantarctic copepods in an oceanic, low chlorophyll environment: ciliate predation, food selectivity and impact on prey populations. *Mar Ecol Prog Ser* 130: 85-96
- Atkinson, A., Ward, P., Williams, R., Poulet, S. A. (1992) Feeding rates and diel vertical migration of copepods near South Georgia: comparison of shelf and oceanic sites. *Mar Biol* 114: 49-56
- Atkinson, A., Shreeve, R. S. (1995) Response of the copepod community to a spring bloom in the Bellingshausen Sea. *Deep-Sea Res* 42: 1291-1311
- Baker, A. de C. (1954) The circumpolar continuity of Antarctic plankton species. *Discovery Rep* 27: 201-218
- Bathmann, U. V., Makarov, R. R., Spiridonov, V. A., Rohardt, G. (1993) Winter distribution and overwintering strategies of the Antarctic copepod species *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas* and *Calanus propinquus* (Crustacea, Calanoida) in the Weddell Sea. *Polar Biol* 13: 333-346
- Böttger, R. (1987) The vertical distribution of micro- and small mesozooplankton in the central Red Sea. *Biol Oceanogr* 4: 383-402
- Böttger-Schnack, R. (1990) Community structure and vertical distribution of cyclopoid copepods in the Red Sea. I. Central Red Sea, autumn 1980. *Mar Biol* 106: 473-485
- Böttger-Schnack, R., Schnack, D., Weikert, H. (1989) Biological observations on small cyclopoid copepods in the Red Sea. *J Plankt Res* 11: 1089-1101
- Bollens, S. M., Frost, B. W. (1991) Oviparity, selective predation, and variable diel migration in *Euchaeta elongata* (Copepoda: Calanoida). *Oecologia* 87: 155-161
- Bradford, J. M. (1971) Pelagic Copepoda. *Bull N Z Dep Scient Ind Res* 206: 9-31
- Chojnacki, J., Weglenska, T. (1984) Periodicity of composition, abundance, and vertical distribution of summer zooplankton (1977/1978) in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay (King Georg Island, South Shetland). *J Plankt Res* 6: 997-1017
- 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
- Davis, C. C. (1976) Overwintering strategies of common planktic copepods in some North Norway fjords and sounds. *Astarte* 9: 37-42
- Diel, S. (1991) Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße. *Ber Polarforsch* 88: 113 pp
- Dietrich, G., Kalle, K., Krauss, W., Siedler, G. (1975) Allgemeine Meereskunde. Eine Einführung in die Ozeanographie. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart

- 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
- Eaton, J. M. (1971) Studies on the feeding and reproductive biology of the marine cyclopoid copepod, *Oithona similis* Claus. Doktorarbeit, Dalhousie University, Halifax, 101 pp (in McLaren 1978)
- Evans, C. A., O'Reilly, J. E. (1983) A handbook for the measurement of chlorophyll *a* in netplankton and nannoplankton. SCAR/BIOMASS handbook 9: 44 pp
- Flinkman, J., Vuorinen, I., Hakala, I., Salemaa, H., Välipakka, P. (1993) Herring predation avoidance in Northern Baltic copepods and mysids. ICES C.M. 1993/J:20
- Foxton, P. (1956) The distribution of the standing crop of zooplankton in the Southern Ocean. *Discovery Rep* 28: 191-236
- Fransz, H. G. (1988) Vernal abundance, structure and development of epipelagic copepod populations of the eastern Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biol* 9: 107-114
- Fransz, H. G. (1990) Life cycle and production in Antarctic epipelagic copepods. ICES C.M. 1990/L:80
- Fransz, H. G., Gonzalez, S. R. (1995) The production of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in the Southern Ocean. *ICES J mar Sci* 52: 549-555
- Fransz, H. G., Hempel, I., Piatkowski, U., Schalk, P. H., Schnack-Schiel, S. B. (eingereicht) Latitudinal variation in species composition and seasonal development of zooplankton communities in the Weddell-Scotia Confluence Area. *Deep-Sea Res*
- Frost, B. W. (1972) Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. *Limnol Oceanogr* 17: 805-815
- Giesbrecht, W. (1902) Copepoden. In: Résultats du voyage du S. Y. *Belgica* en 1897-1899. Rapp. Scient., Expéd. Antarctique Belge, Zool., Antwerpen.: 49 pp., 13 pls
- González, H. E., Smetacek, V. (1994) The possible role of the cyclopoid copepod *Oithona* in retarding vertical flux of zooplankton faecal material. *Mar Ecol Prog Ser* 113: 233-246
- González, H. E., Kurbjeweit, F., Bathmann, U. V. (1994) Occurrence of cyclopoid copepods and faecal material in the Halley Bay region, Antarctica, during January-February 1991. *Polar Biol* 14: 331-342
- Gophen, M., und Harris, R. P. (1981) Visual predation by a marine cyclopoid copepod, *Corycaeus anglicus*. *J mar biol Ass UK* 61: 391-399
- Goswami, S. C. (1983) Zooplankton of the Antarctica waters. *Scient Rep of the First Indian Expedition to Antarctica, Technical Publication* 1: 202-212
- Hagen, W., Schnack-Schiel, S. B. (1996) Seasonal lipid dynamics in dominant Antarctic copepods: Energy for overwintering or reproduction? *Deep-Sea Res* (in Druck)
- Hellmer, H. H., Bersch, M. (1985) The Southern Ocean. A survey of oceanographic and marine meteorological research work. *Ber Polarforsch* 26: 115 pp
- Hempel, G. (1990) The Weddell Sea. a high polar ecosystem. In: *Large Marine Ecosystems: Pattern, Processes and Yields*. G. K. Sherman, L. M. Alexander, B. D. Gold (Herausgeber) AAAS, Washington

- Heron, G. A. (1977) Twenty-six species of Oncaeidae (Copepoda: Cyclopoida) from the southwest Pacific-Antarctic area. *Antarct Res Ser* 26: 37-96
- Hirche, H.-J. (1983) Overwintering of *Calanus finmarchicus* and *Calanus helgolandicus*. *Mar Ecol Prog Ser* 11: 281-290
- Hofmann, E. E., Lascara, C. M., Klinck, J. M. (1992) Palmer LTER: Upper-ocean circulation in the LTER region from historical sources. *Ant J US* 27: 239-241
- 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., Escritor, F. (1992) Ecology of *Metridia gerlachei* Giesbrecht in the western Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Res* 39: 1027-1055
- Jacobs, S. S., Comiso, J. C. (1993) A recent sea-ice retreat west of the Antarctic Peninsula. *Geophys Res Lett* 20: 1171-1174
- Jazdzewski, K., Kittel, W., Lotocki, K. (1982) Zooplankton studies in the southern Drake Passage and in the Bransfield Strait during the austral summer (BIOMASS-FIBEX, February-March 1981). *Pol Polar Res* 3: 203-242
- Kattner, G., Gerken, G., Eberlein, K. (1983) Development of lipids during a spring plankton bloom in the northern North Sea. I. Particulate fatty acids. *Mar Chem* 14: 149-162
- Kellermann, A. (1987) Food and feeding ecology of postlarval and juvenile *Pleurogramma antarcticum* (Pisces; Notothenioidei) in the seasonal pack ice zone off the Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 7: 307-315
- Kjørboe, T., Sabatini, M. (1994) Reproductive and life cycle strategies in egg-carrying cyclopoid and free-spawning calanoid copepods. *J Plankton Res* 16: 1353-1366
- Kjørboe, T., Sabatini, M. (1995) Scaling of fecundity, growth and development in marine planktonic copepods. *Mar Ecol Prog Ser* 120: 285-298
- Kosikhina, O. V. (1980) Feeding of marine copepods of the genus *Oncaea* (Cyclopoida). (in Russisch) *Ekol Morja* 4: 46-49
- Kosobokova, K. N. (1980) Seasonal variation of vertical distribution and stage composition of *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similis*, *Oncaea borealis* and *Oncaea notopus* in the Central Arctic Basin. (in Russisch) In: *Biology of the Central Arctic Basin*. (M. E. Vinogradov; Herausgeber) Nauka, Moscow: 167-182
- Kosobokova, K. N. (1990) Age-related and seasonal changes in the biochemical makeup of the copepod *Calanus glacialis* as related to the characteristics of its life cycle in the White Sea. *Oceanol Acad Sci USSR* 30: 103-109
- Krause, M., Trahms, J. (1983) Zooplankton dynamics during FLEX '76. In: *North-Sea-Dynamics* (J. Sünderman, W. Lenz; Herausgeber): 632-661
- Kurbjeweit, F. (1993) Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis. *Ber Polarforsch* 129: 238 pp
- Lampitt, R. S. (1978) Carnivorous feeding by a small marine copepod. *Limnol Oceanogr* 23: 1228-1231
- Lampitt, R. S., Gamble, J. C. (1982) Diet and respiration of the small planktonic marine copepod *Oithona nana*. *Mar Biol* 66: 185-190

- Lampitt, R. S., Wishner, K. F., Turley, C. M., Angel, M. V. (1993) Marine snow studies in the Northeast Atlantic Ocean: distribution, composition and role as a food source for migrating plankton. *Mar Biol* 116: 689-702
- Landry, M. R. (1975) Seasonal temperature effects and predicting development rates of marine copepod eggs. *Limnol Oceanogr* 20: 434-440
- Lenz, J. (1974) Untersuchung zum Nahrungsgefüge im Pelagial der Kieler Bucht. Der Gehalt an Phytoplankton, Zooplankton und organischem Detritus in Abhängigkeit von Wasserschichtung, Tiefe und Jahreszeit. (Habilitationsschrift, Universität Kiel)
- Lopez, M. D. G., Huntley, M. E. (1995) Feeding and diel vertical migration cycles of *Metridia gerlachei* (Giesbrecht) in coastal waters of the Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 15: 21-30
- Marín, V. (1987) The oceanographic structure of the eastern Scotia Sea - IV. Distribution of copepod species in relation to hydrography in 1981. *Deep-Sea Res* 34: 105-121
- Marín, V. (1988) Qualitative Models of the life cycles of *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, and *Rhincalanus gigas*. *Polar Biol* 8: 439-446
- Marshall, S. M. (1949) On the biology of the small copepods in Loch Striven. *J Marine Biol Assoc UK* 28: 45-122
- Mauchline, J. (1995) Bathymetric adaptations of the life history patterns of congeneric species (Euchaeta: Calanoida) in a 2000 m water column. *ICES J mar Sci* 52: 511-516
- McLaren, I. A. (1965) Some relationships between temperature and egg size, body size, development rate, and fecundity, of the Copepod *Pseudocalanus*. *Limnol Oceanogr* 10: 528-538
- McLaren, I. A. (1978) Generation length of some temperate marine copepods: estimation, prediction, and implications. *J Fish Res Board Can* 35: 1330-1342
- Metz, C. (1995) Seasonal variation in the distribution and abundance of *Oithona* and *Oncaea* species (Copepoda, Crustacea) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. *Polar Biol* 15: 187-194
- Metz, C., Schnack-Schiel, S. B. (1995) Observations on carnivorous feeding in Antarctic calanoid copepods. *Mar Ecol Prog Ser* 129: 71-75
- Miller C. B., Frost, B. W., Batchelder, H. P., Clemons, M. J., Conway, R. E. (1984) Life histories of large, grazing copepods in a subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus* and *Eucalanus bungii* in the northeast Pacific. *Prog Oceanogr* 13: 201-243
- Mizdalski, E. (1988) Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (ANT V/3). *Ber Polarforsch* 55: 72 pp.
- Nassogne, A. (1972) Etudes préliminaires sur le rôle du zooplancton dans la constitution et le transfert de la matière organique au sein de la chaîne alimentaire marine en mer Ligure. Doktorarbeit, Amsterdam, 237 pp (in Fransz 1988)
- Nishida, S. (1985) Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida) in the Pacific and Indian Oceans. *Bull Ocean Res Inst, Univ. Tokyo* 20: 167 pp
- Nishida, S., Marumo, R. (1982) Vertical distribution of cyclopoid copepods of the family Oithonidae in the western Pacific and eastern Indian Ocean. *Bull Plankton Soc Japan* 29: 99-118
- Øresland, V. (1990) Feeding and predation impact of the chaetognath *Eukrohnia hamata* in Gerlache Strait, Antarctic Peninsula. *Mar Ecol Prog Ser* 63: 201-209

- Øresland, V., Ward, P. (1993) Summer and winter diet of four carnivorous copepod species around South Georgia. *Mar Ecol Prog Ser* 98: 73-78
- Orsi, A. J., Whitworth III, T., Nowlin Jr., W. D. (1995) On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Res* 42: 641-673
- Paffenhöfer, G.-A (1993) On the ecology of marine cyclopoid copepods (Crustacea, Copepoda). *J Plankt Res* 15: 37-55
- Pasternak, A. F., Kosobokova, K. N., Drits, A. V. (1994) Feeding, metabolism and body composition of the dominant Antarctic copepods with comments on their life cycles. *Russ J Aquat Ecol* 3: 49-62
- Petipa, T. S. (1978) Matter accumulation and energy expenditure in planktonic ecosystems at different trophic levels. *Mar Biol* 49: 285-293
- Pollard, R. T., Read, J. F., Allen, J. T., Griffiths, G., Morrison, A. I. (1995) On the physical structure of a front in the Bellingshausen Sea. *Deep-Sea Res* 42: 955-982
- Read, J. F., Pollard, R. T., Morrison, A. I., Symon, C. (1995) On the southerly extent of the Antarctic Circumpolar Current in the southeast Pacific. *Deep-Sea Res* 42: 933-954
- Riebesell, U. (1993) Aggregation of *Phaeocystis* during phytoplankton spring blooms in the southern North Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 96: 281-289
- Riebesell, U., Schloss, I., Smetacek, V. (1991) Aggregation of algae released from melting sea ice: implications for seeding and sedimentation. *Polar Biol* 11: 239-248
- Riebesell, U., Reigstad, M., Wassmann, P., Noji, T., Passow, U. (1995) On the trophic fate of *Phaeocystis pouchetii* (Hariot): VI. Significance of *Phaeocystis*-derived mucus for vertical flux. *Neth J Sea Res* 33: 193-203
- Robins, D. B., Harris, R. P., Bedo, A. W., Fernández, F., Fileman, T. W., Harbour, D. S., Head, R. N. (1995) The relationship between suspended particulate material, phytoplankton and zooplankton during the retreat of the marginal ice zone in the Bellingshausen Sea. *Deep-Sea Res* 42: 1137-1158
- Roe, H. S. J., Angel, M. V., Badcock, J., Domanski, P., James, P. T., Pugh, P. R., Thurston, M. H. (1984) The diel migrations and distributions within a mesopelagic community in the north east Atlantic. 1. Introduction and sampling procedures. *Prog Oceanog* 13: 245-268
- Rosendorn, I. (1917) Die Gattung *Oithona*. Copepoda I der Deutschen Tiefsee Expedition. *Wiss. Ergebn. dt. Tiefsee-Exped. "Valdivia"* 23: 58 pp, 27 Abb, 1 Karte
- Sabatini, M., Kiørboe, T. (1994) Egg production, growth and development of the cyclopoid copepod *Oithona similis*. *J Plankton Res* 16: 1329-1351
- Sachs, L. (1992) *Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden*. 7. völlig neubearbeitete Aufl. Berlin, Springer-Verlag. 846 pp
- Scharek, R. (1991) Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr. *Ber Polarforsch* 94: 195 pp.
- Schnack, S., Marschall, S., Mizdalski, E. (1985) On the distribution of copepods and larvae of *Euphausia superba* in Antarctic waters during February 1982. *Meeresforschung* 30: 251-263
- Schnack-Schiel, S. B., Hagen, W., Mizdalski, E. (1991) Seasonal comparison of *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* (Copepoda: Calanoida) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. *Mar Ecol Prog Ser* 70: 17-27

- Schnack-Schiel, S. B., Hagen, W. (1994) Life cycle strategies and seasonal variations in distribution and population structure of four dominant calanoid copepod species in the eastern Weddell Sea, Antarctica. *J Plankton Res* 16: 1543-1566
- Schnack-Schiel, S. B., Mizdalski, E. (1994) Seasonal variations in distribution and population structure of *Microcalanus pygmaeus* and *Ctenocalanus citer* (Copepoda: Calanoida) in the eastern Weddell Sea, Antarctica. *Mar Biol* 119: 357-366
- Schnack-Schiel, S. B., Mujica, R. A. (1994) The Zooplankton of the Antarctic Peninsular Region. In: *Southern Ocean Ecology: The BIOMASS Perspective*. (S. Z. El-Sayed; Herausgeber) Cambridge Univ. Press: 79-92
- Schnack-Schiel, S. B., Thomas, D., Diekmann, G. S., Eicken, H., Gradinger, R., Spindler, M., Weissenberger, J., Mizdalski, E., Beyer, K. (1995) Life cycle strategy of the Antarctic calanoid copepod *Stephos longipes*. *Prog Oceanog* 36: 45-75
- Stambler N., Reynolds, R., Bracher, A., Hoge, U., Tilzer, M. (1996) Biooptik. In: *Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS "Polarstern" 1994*. (H. Miller, H. Grobe; Herausgeber) *Ber Polarforsch* 188: 58-64
- 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
- Turner, J. T. (1986) Zooplankton feeding ecology: Contents of fecal pellets of the cyclopoid copepods *Oncaea venusta*, *Corycaeus amazonicus*, *Oithona plumifera*, and *O. simplex* from the northern Gulf of Mexico. *Mar Ecol* 7: 289-302
- Turner, J. T., Dagg, M. J. (1983) Vertical distributions of continental shelf zooplankton in stratified and isothermal waters. *Biol Oceanogr* 3: 1-40
- Turner, D., Owens, N. J. P. (1995) A biogeochemical study in the Bellingshausen Sea: Overview of the STERNA 1992 expedition. *Deep-Sea Res* 42: 907-932
- U. S Navy Hydrographic Office, Washington (1957) *Oceanographic Atlas of the Polar Seas. Part I. Antarctic*
- Uye, S. (1988) Temperature-dependent development and growth of *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) in the laboratory. In: *Biology of Copepods* (G. A. Boxshall, H. K. Schminke; Herausgeber) 167/168: 285-293
- Vervoort, W. (1957) Copepods from Antarctic and Sub-Antarctic plankton samples. *B.A.N.Z.A.R.E. Reports, Series B, Vol. III*: 160 pp
- Vervoort, W. (1965) Notes on the biogeography and ecology of free-living, marine Copepoda. In: *Biogeography and Ecology in Antarctica Vol. XI* (J. van Mieghem, P. von Oye; Herausgeber; J. Schell, Mitherausgeber) Dr. W. Junk Publishers, The Hague
- Vuorinen, I. (1987) Vertical migration of *Eurytemora* (Crustacea, Copepoda): A compromise between the risks of predation and decreased fecundity. *J Plankton Res* 9: 1037-1046
- Wassmann, P., Vernet, M., Mitchell, B. G., Rey, F. (1990) Mass sedimentation of *Phaeocystis pouchetii* in the Barents Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 66: 183-195

- Wellershaus, S., Soltanpour-Gargari, A. (1991) Planktonic copepods in the very low salinity region in estuaries. Bull Plankton Soc Japan, Spec Vol: 133-142
- Wickstead, J. H. (1962) Food and feeding in pelagic copepods. Proc Zool Soc Lond 139: 545-555
- Zalkina, A. V. (1970) Vertical distribution and diurnal migration of some Cyclopoida (Copepoda) in the tropical region of the Pacific Ocean. Mar Biol 5: 275-282
- Zalkina, A. V. (1977) Vertical distribution and diurnal migrations of Cyclopoida (Copepoda) in the waters of the North Trade Winds Current and the Sulu Sea. Pol Arch Hydrobiol 24: 337-362
- Zmijewska, M. I. (1987) Horizontal and vertical distribution of Copepoda in the southern part of the Drake Passage and in the Bransfield Strait (BIOMASS-SIBEX 1983/1984). Pol Polar Res 8: 381-390
- Zmijewska, M. I. (1988) Vertical distribution and population structure of Copepoda in a water column between King George Island and Elephant Island (BIOMASS III, October-November 1986). Pol Polar Res 9: 283-304
- Zvereva, Z. A. (1975) Seasonal changes of Antarctic plankton in the Molodezhnaya and Mirny region. In: Exploration of Marine Fauna 12: 248-262

