

**Der Einfluss der Großen Meteorbank auf die
Ernährungsbiologie und Verteilung dominanter Calanoida
(Crustacea, Copepoda)**

**The impact of the Great Meteor Seamount on the feeding
biology and the distribution of dominant Calanoida
(Crustacea, Copepoda)**

Lutz Fischer

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 499 (2005)
ISSN 1618 - 3193**

Lutz Fischer
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Columbusstraße
D-27568 Bremerhaven

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer Dissertation, die 2004 von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg angenommen wurde.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Zusammenfassung	III
Summary	V
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	
2.1. Seeberge	4
2.2. Der Seeberg Große Meteorbank	5
2.2.1. Topographie	6
2.2.2. Hydrographie	8
2.3. Die Situation auf der Großen Meteorbank während der Expedition M 42/3 (1998)	9
2.3.1. Hydrographie	9
2.3.2. Sauerstoff	12
2.3.3. Nährstoffe	12
2.3.4. Chlorophyll <i>a</i>	13
3. Material und Methoden	
3.1. Probennahme	15
3.2. Untersuchte Copepoden-Arten	17
3.3. Fraßaktivität	18
3.4. Ernährung	18
3.5. Histologie	20
3.5.1. Herstellung der Präparate	24
3.6. Gnathobasen-Morphologie	27
3.6.1. Herstellung der Dauerpräparate	29
3.7. Statistische Verfahren	30
4. Ergebnisse	
4.1. Verteilung und Abundanz der dominanten Copepoda	33
4.1.1. MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für die Abundanz	48
4.2. Cephalothoraxlängen	51
4.2.1. Prüfung der Cephalothoraxlängen auf Abweichung von der Normalverteilung	51
4.2.2. Vergleich der Cephalothoraxlängen auf den untersuchten Stationen	51
4.2.3. Tiefenvergleich der Cephalothorax-Längen auf den untersuchten Stationen	58
4.2.4. MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für die Cephalothoraxlänge	63
4.3. Fraßaktivität	65
4.3.1. Vergleich des Darmfüllungsgrades auf den untersuchten Stationen	70
4.3.2. Tiefenvergleich des Darmfüllungsgrades auf den untersuchten Stationen	74
4.3.3. MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für den Grad der Darmfüllung	78
4.4. Darminhalt	81
4.4.1. Anteil der nicht-identifizierbaren Futterpartikel an der Gesamtnahrung	81
4.4.2. Copepoda mit identifizierbarem Darminhalt	83
4.4.3. Zusammensetzung der identifizierbaren Nahrung	88
4.4.4. Vergleich der Nahrungsspektren auf den untersuchten Stationen	94

4.5.	Parasiten-Befall	96
4.6.	Histologie	97
4.7.	Mundwerkzeuge	111
4.7.1.	Gnathobasen-Morphologie	111
4.7.2.	Bestimmung des Edge-Index (nach Itoh, 1970)	120
5.	Diskussion	
5.1.	Methodendiskussion	122
5.2.	Vertikalverteilung und Abundanz im Bereich der Großen Meteorbank	126
5.3.	Cephalothoraxlängen	134
5.4.	Fraßaktivität und Darmfüllung	135
5.5.	Darminhaltsanalyse	141
5.6.	Parasiten-Befall	147
5.7.	Histologie	148
5.8.	Gnathobasen-Morphologie	150
	Danksagung	156
6.	Literatur	157
	Anhang	

Zusammenfassung

Um einen möglichen Einfluss des Seeberges Große Meteorbank (zentraler Nordost-Atlantik, lat. 30°00'N; long. 28°30'E) auf Calanoida (Crustacea, Copepoda) zu ermitteln, wurde die Verteilung und der Darminhalt einiger, zum Teil dominanter calanoider Copepoda der Großen Meteorbank untersucht: *Nannocalanus minor*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis*, *N. robustior*, *Paracalanus denudatus*, *P. nanus*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*, *Ctenocalanus vanus*, *Temoropia mayumbaensis*, *Acartia negligens*. Weiterhin wurde die Cephalothoraxlänge, die Fraßaktivität, der Darmfüllungsgrad und die Ausbildung des Darmepithels dieser Arten auf unterschiedlichen Stationen der Großen Meteorbank verglichen. Zusätzlich sollte die Untersuchung der Gnathobasen und der Vergleich mit den Darminhalten Aufschluss über ihre Ernährung geben. Eine erhöhte Retention der nicht-migrierenden Copepoda war über dem Seeberg nicht feststellbar. Eine vertikale Migration zeigten die Arten *N. minor*, *P. crassirostris*, *C. furcatus*, *T. mayumbaensis* und *A. negligens*. Eine verminderte Retention war bei diesen Arten nicht zu erkennen. *M. clausi* wies grundsätzlich eine höhere Abundanz über der Tiefsee auf. *P. denudatus* zeigte als einzige Art nachts eine niedrigere Abundanz, am Tage dagegen eine höhere Abundanz über dem Plateau. Bei den Arten *N. gracilis*, *P. nanus* und *C. furcatus* waren die Verhältnisse umgekehrt. *N. robustior*, *C. vanus* und *T. mayumbaensis* wiesen grundsätzlich keine Abundanzunterschiede auf. Für *N. minor*, *P. crassirostris* und *C. paululus* waren am Tage ebenfalls keine Abundanzunterschiede zwischen Ozean und Plateau erkennbar. *N. minor* und *P. crassirostris* waren nachts allerdings seltener, *C. paululus* dagegen häufiger über der Tiefsee zu finden. *M. tenuicornis* und *A. negligens* ließen wiederum nachts keine Abundanzunterschiede erkennen. *M. tenuicornis* trat am Tage aber häufiger, *A. negligens* dagegen seltener über der Tiefsee auf.

Der Verdacht eines lokal verstärkten Wachstums der Zooplankter durch eine erhöhte Phytoplankton-Produktion über Seebergen konnte nicht bestätigt werden. Der Cephalothoraxlängen-Vergleich ergab auf den untersuchten Stationen keinen eindeutigen Einfluss der Großen Meteorbank.

Die Paracalanidae und Clausocalanidae dieser Untersuchung sowie *Mecynocera clausi* ließen einen Tag-Nacht-Unterschied in ihrer Fraßaktivität erkennen. Nachts waren die Därme dieser Copepoda auf dem Plateau im allgemeinen häufiger gefüllt als bei Tieren im ozeanischen Bereich. Am Tage waren die Verhältnisse umgekehrt. Anders die Calanidae und *Temoropia mayumbaensis*: Mit Ausnahme einer zentralen Plateau-Station war bei ihnen die Fraßaktivität überall und unabhängig von den Tageszeiten gleich hoch. Die Station im Zentrum des

Plateaus zeigte mit Ausnahme von *M. clausi* grundsätzlich weniger Tiere mit gefüllten Därmen als alle anderen untersuchten Tages-Stationen. Die Nachtfänge der Plateau-Station im Südosten wiesen die höchsten Darmfüllungsgrade auf. Auf den Plateau-Stationen im Nordwesten und auf der Ozean-Station im Südosten zeigten sich geringere Darmfüllungsgrade. Bei den Tagesfängen konnte man deutlich zwischen Plateau- und Ozean-Station unterscheiden. Nur in einem Fall (*M. tenuicornis*) ergab sich hingegen ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Plateau-Stationen der Tagesfänge. Gegenüber den Paracalanidae, Mecynoceridae und Clausocalanidae war das Spektrum identifizierbarer Nahrungspartikel bei den Calanidae auf allen untersuchten Stationen deutlich größer. Die Nahrungsspektren wiesen für die untersuchten Familien allerdings keine deutlich erkennbaren Unterschiede im Stationsvergleich auf. Unterschiedlich war hier allerdings der Prozentsatz der Tiere mit identifizierbarer Nahrung im Darm. Insgesamt zeigten die Calanidae den größten Anteil an Individuen mit identifizierbarer Nahrung. Bei den Tagesfängen ergaben histologische Untersuchungen der Copepoden des ozeanischen Bereichs einen besseren Ernährungszustand als über dem Plateau.

Der Edge-Index wurde von Itoh (1970) als Kriterium für die Ermittlung der Ernährungsweise von Copepodenarten beschrieben. Für seine Berechnung dienen bestimmte Maße der Mandibel-Gnathobase, wobei die Abstände zwischen den Mandibel-„Zähnen“ von besonderer Bedeutung sind. Demzufolge handelt es sich bei den meisten Calanidae und den Paracalanidae um phytoplanktonfressende („herbivore“) Tiere. Die Clausocalanidae erwiesen sich als omnivor. Weibchen von *Mecynocera clausi* zeigten als einzige der untersuchten Arten eine Tendenz zur carnivoren Ernährungsweise. Die durchgeführte Darminhaltsanalyse widerspricht allerdings diesen Ergebnissen. Sie deutet vielmehr auf eine omnivore Ernährung aller untersuchten Calanidae und auf eine „herbivore“ Ernährung der Clausocalanidae, Paracalanidae und von *M. clausi*.

Die Ergebnisse der Darminhaltsanalyse, der Fraßaktivität und der Darmfüllungsgrade spiegeln anstelle eines generellen Einflusses der Großen Meteorbank auf die untersuchten Calanoida vielmehr das Muster der gegenläufig rotierenden Zirkulationszellen über dem Plateau wider und heben damit die Bedeutung kleinräumiger Variablen hervor.

Summary

To establish a possible influence of the Great Meteor Seamount (central Northeastern-Atlantic, lat. 30°00'N; long. 28°30'E) on Calanoida (Crustacea, Copepoda), the distribution and gut contents of the following calanoid copepods of the Great Meteor Seamount were investigated: *Nannocalanus minor*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis*, *N. robustior*, *Paracalanus denudatus*, *P. nanus*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*, *Ctenocalanus vanus*, *Temoropia mayumbaensis*, *Acartia negligens*.

The cephalothorax length, feeding activity, gut fullness and development of the gut epithelium of the aforementioned Calanoida from different stations were compared. Investigation of the cutting edges of the mandibles and comparison of the gut contents should give information on the feeding of these copepods.

An increased retention of non-migrating copepods was not detectable on the seamount. Vertical migration was confirmed for *N. minor*, *P. crassirostris*, *C. furcatus*, *T. mayumbaensis* and *A. negligens*. A decreased retention of these species was not detectable. *M. clausi* showed a high abundance over the deep sea. Only *P. denudatus* exhibits a low abundance at night and a high abundance on the plateau at day, the reverse is true for *N. gracilis*, *P. nanus* and *C. furcatus*. *N. robustior*, *C. vanus* and *T. mayumbaensis* exhibit basically no different abundance between plateau and ocean both at night and day. A different abundance between ocean and plateau at day was not detectable for *N. minor*, *P. crassirostris* and *C. paululus*. *N. minor* and *P. crassirostris* were certainly rare, whereas *C. paululus* was found more often over the deep sea at night. On the other hand *M. tenuicornis* and *A. negligens* showed no different abundance at night. However, over the deep sea during the day *M. tenuicornis* was numerous and *A. negligens* rarer.

The assumption of a local growth of zooplankton by increased production of phytoplankton on seamounts was not confirmed. The comparison of the cephalothorax lengths showed no influence of the Great Meteor Seamount.

Paracalanidae, Clausocalanidae and *Mecynocera clausi* showed differences in their feeding activity between day and night. At night the guts of these copepods were generally more often filled over the plateau than over the deep sea area. The opposite was observed during the day. With exception of a central plateau station Calanidae and *Temoropia mayumbaensis* showed high feeding activity at all stations both at night and day. The station in the centre of the plateau was characterized by less animals with filled guts than all other day-sampled stations, with exception of *M. clausi*. Highest degree of gut fullness took place in the southeast plateau

station at night. Lower values were presented on the plateau stations in the northwest and on the ocean station in the southeast. Within the day-caught samples plateau and ocean stations were clear distinguishable. Only one case (*M. tenuicornis*) showed a significant difference between both plateau stations at day. In contrast to the Paracalanidae, Mecynoceridae and Clausocalanidae the food-spectrum of the Calanidae was clearly larger at all investigated stations. There were no apparent differences between the investigated families for the food-spectrum in the comparison of the stations. The percentage of animals with identifiable food was certainly different. In general, the Calanidae presented the largest part of individuals with identifiable organisms. Histological investigations on copepods showed diurnally better nutritional states over the deep sea than on the plateau.

The edge index by Itoh (1970) was devised as criterion to determinate the feeding habits of copepods. For its calculation definite measurements of the mandibles cutting edge are necessary, whereby the distance between the mandibles teeth are of special interest. Consequentially most of the Calanidae and the Paracalanidae should be phytoplankton-feeding („herbivorous“) ,however, the Clausocalanidae have established themselves as omnivores. Only females of *Mecynocera clausi* tend to carnivorous feeding. Comparison of the gut analyses indicated omnivorous feeding for all investigated Calanidae and herbivorous for Clausocalanidae, Paracalanidae and for *M. clausi*.

The results of the gut analysis, feeding activity and the degree of gut fullness do not indicate an influence of the Great Meteor Seamount on the investigated Calanoida. Moreover they reflect the pattern of counter-rotating circulation cells over the plateau and thereby accentuate the influence of small-scaled variables.

1. Einleitung

Der Einfluss von unterseeischen Bergen und Kuppen auf biologische Prozesse ist in vielerlei Hinsicht untersucht und beschrieben worden (u. a. Genin & Boehlert, 1985, 1987; Lopukhin, 1986; Dower *et al.*, 1992; Rogers, 1994; Comeau *et al.*, 1995; Koslow, 1997, Odate & Furuya, 1998; White *et al.*, 1998; Mouriño *et al.*, 2001; Pusch *et al.*, im Druck; Schnack-Schiel & Henning, im Druck).

Die Heterogenität des Phytoplanktons auf dem Plateau und im umgebenden Wasser eines Seeberges resultiert aus den veränderten Umweltbedingungen. Diese veränderten Umweltbedingungen ergeben sich durch eine Anhebung der Isothermen im Einflussbereich des Seeberges, aber auch durch sich formierende und ausbreitende mesoskale antizyklonische und zyklonische Wirbel. Diese können wiederum die Strömungsmuster dahin gehend verändern, dass eine vom Seeberg abwärtsgerichtete Strömung auftritt (Meincke, 1971; Owens & Hogg, 1980; Roden, 1991; Vastano & Warren, 1976). Durch das Zusammentreffen unterschiedlicher Wasserkörper entstehen Frontwasserlinien, die generell eine vermehrte Bioproduktion aufweisen. Ob dies durch physikalische Akkumulation oder durch eine Steigerung der physiologischen Aktivität geschieht, ist nicht eindeutig geklärt (Le Fèvre & Legendre, 1986; Franks, 1992). Der Anstieg von Chlorophyll und Primärproduktion aufgrund der genannten physikalischen Eigenheit an Seebergen wird von mehreren Autoren bestätigt (u.a. Lopukhin, 1986; Dower *et al.*, 1992; Rogers, 1994; Comeau *et al.*, 1995; Odate & Furuya, 1998; White *et al.*, 1998; Mouriño *et al.*, 2001). Die resultierende Biomasse und Produktivität ist am Seeberg weit höher als im umgebenden Ozean (Koslow, 1997). Dies unterstreicht die ökologische Relevanz der Seeberge.

Die Bedeutung der erhöhten Phytoplanktonproduktion für das Zooplankton ist bisher nicht eindeutig geklärt und die Auswirkung der Seeberge auf Zooplanktongemeinschaften wird kontrovers diskutiert. Issacs und Schwartzlose (1965) sehen in Seebergen eine Falle für mesopelagisches Zooplankton. Dieses verweilt am Tage unter der Thermokline, wird auf die Bank verdriftet und dort an der diurnalen Abwärtsmigration gehindert. Dieser Effekt wird auch der Großen Meteorbank zugeschrieben (Kinzer & Hempel, 1970; Nellen, 1973). Neben einer erhöhten Phytoplanktonproduktion werden aber auch veränderte Arten-Gemeinschaften über Seebergen beobachtet. Es konnte beispielsweise eine Zunahme an neritischen Zooplankton-Organismen gegenüber ozeanischen Arten auf dem Plateau bestimmt werden (Nellen, 1973; Voronina & Timonin, 1986). Seeberge könnten aber auch der Verbreitung von Arten dienen. Kosmopolitische Zooplankton-Arten sind auf tiefen Seebergen wie der Großen

Meteorbank dominant und nutzen diese als „stepping stones“ der transozeanischen Verbreitung (Hamilton, 1956, Hubbs, 1959, Wilson & Waples, 1984, Wilson & Kaufmann, 1987).

Genin & Boehlert (1985) führen die Anreicherung von biogenem Material über der Seebank "Minami-kasuga" im Nordwest-Pazifik auf die Verlagerung der Isotherme in die euphotische Zone zurück. Dadurch komme es zu einer Steigerung der Primärproduktion und folglich zu einem verstärkten Aufkommen des Zooplanktons. Durch eine andauernde Sekundärzirkulation, wie sie über der Großen Meteorbank vorherrscht, werden Zooplankton-Arten auf der Bank festgehalten und damit geographisch isoliert. Folglich entstehen endemische Arten, die an die Lebensbedingungen auf der Bank angepasst sind (Boehlert & Mundy, 1993; de Forges *et al.*, 2001). Der Vergleich der Bodenfisch-Populationen zwischen der Großen Meteorbank und dem afrikanischen Schelf erbrachte beispielsweise eine genetisch divergierende Entwicklung der Bankpopulationen (Ehrich, 1977). Entsprechend bedeutet dies für die pelagischen Larven der Bodenfische eine hohe Retention auf der Großen Meteorbank. Unterschiede bestehen nicht nur zum Schelf, sondern ebenfalls zu Seebergen in unmittelbarer Nähe. So zeigt beispielsweise die Hornkoralle der Großen Meteorbank (*Ellisella flagellum*) eine von einer Form der Josephine Bank abweichende Morphologie und Farbe. Grasshoff (1972) nimmt an, dass in diesem Fall bereits eine genetische Divergenz besteht.

Die Auswirkung der Seeberge auf die Verteilung von Copepoda wurde bereits von mehreren Autoren beschrieben (Fedosova, 1974; Hesthagen, 1970; Voronina & Timonin, 1986; Genin *et al.*, 1988; Haury *et al.*, 1995; Dower *et al.*, 1996; Huskin *et al.*, 2001; Schnack-Schiel & Henning, im Druck). Copepoda, die sich von der natürlich vorkommenden Phyto- und Mikrozooplankton-Gesellschaft ernähren, müssen sich auf die heterogene Verteilung ihrer Nahrung über den Seebergen einstellen. Vergleichende Studien, die die Nahrungsaufnahme von Copepoda an Seebergen thematisieren, fehlen jedoch bisher. Die Ernährung und der Fraßvorgang bei den Copepoda war wiederum Thema vieler Arbeiten (u.a. Lebour, 1922; Beklemishev, 1954a, b; Marshall & Orr, 1955; Wickstead, 1962; Paffenhöfer, 1985; Kleppel, *et al.*, 1988; Pasternak, 1995).

Das Ziel dieser Arbeit ist eine qualitative und quantitative Bestimmung der Nahrung, die von Copepoda in unterschiedlichen Bereichen eines Seeberges genutzt wird. Zu diesem Zweck wurden Darminhaltsanalysen durchgeführt. Es soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie der Seeberg Große Meteorbank die Nahrungsaufnahme ausgewählter Copepoda beeinflusst. Neben dem Darminhalt der Copepoda wurden Cephalothoraxlänge, Fraßaktivität, Darmfüllungsgrad und Ausbildung des Darmepithels auf unterschiedlichen Stationen der

Großen Meteorbank verglichen. Zusätzlich wird von der Untersuchung der Gnathobasen im Vergleich mit den Darminhalten Aufschluss über die Ernährung der Copepoda auf der Großen Meteorbank erwartet. Der Zusammenhang zwischen Mundwerkzeug-Strukturen und Fraßverhalten wurde bereits des öfteren untersucht (Beklemishev, 1954b; Wickstead, 1962; Anraku & Omori, 1963; Marshall & Orr, 1966; Arashkevich, 1969; Heywood, 1970; Itoh, 1970; Schnack, 1975, 1989; Turner, 1978; Schnetzer & Steinberg, 2002).

2. Untersuchungsgebiet

2.1. Seeberge

Seeberge oder unterseeische Bänke und Kuppen sind erstmals vor zirka 50 Jahren entdeckt worden (Hess, 1946; Menard & Dietz, 1951). Häufig treten diese Seeberge in zusammenhängenden Ketten beziehungsweise Gruppen auf (Menard & Dietz, 1951; Menard 1964). Die Schätzungen über ihre Anzahl variieren (Hess, 1946; Smith & Jordan, 1988, Smith *et al.*, 1998). Smith & Jordan (1988) vermuten, dass über 30.000 Seeberge mit Höhen über 1000m im Pazifik existieren. Im Atlantik kommen ungefähr 810 Seeberge mit Höhen über 100m vor (Epp & Smoot, 1989).

Die Bildung eines antizyklonalen, baroklinen Wirbels über dem Plateau resultiert aus den Wechselwirkungen von Gezeitenströmung, Stromrichtung und Corioliskraft (Boehlert & Genin, 1987) und bestimmt die Schichtung und Zirkulation über dem Seeberg. Die Folge ist die Ausbildung der sogenannten „Taylor-Säule“ (Abb. 1), deren Entstehung anhand theoretischer Studien erstmals durch Proudman (1916) und Taylor (1917) beschrieben wurde. Die Ausbildung einer Taylor-Säule wurde auf mehreren Seebergen beobachtet (Eide, 1979; Owens & Hogg, 1980, Gould *et al.*, 1981; Genin & Boehlert, 1985, Kloppmann *et al.*, 1996). Sie entsteht, indem sich die Tiefe des Meeresbodens im Bereich der Bank verringert und dies wiederum eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit nach sich zieht. Die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit muss gemäß des Gesetzes: [(Rel. Vorticity x planetarische Vorticity) / Tiefe = konst.] (Vorticity: Tendenz einer Flüssigkeit zu rotieren) ausgeglichen werden. Dadurch kommt es zu einer stärkeren Rotation des Wassers, die sich in einer antizyklonalen Zirkulation (Taylor-Säule) äußert (aus Grabbert, 1999). Dieser zirkulierende Bereich ist vom umgebenden Wasser über der Tiefsee weiträumig isoliert (Frontenbildung), womit auch der Austausch von Wasser verhindert wird. Die Stärke dieser Ringströmung nimmt zur Oberfläche hin ab und ist im Winter stabiler als im Sommer (Meincke, 1971).

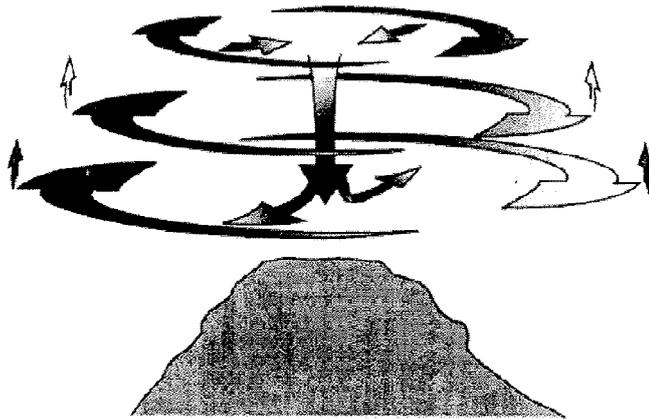


Abb. 1: Graphische Darstellung einer Taylor-Säule über einem Seeberg; die Pfeile geben die Strömungsrichtung an. Die Breite der Pfeile symbolisiert die Stärke der Strömung (aus: Grabbert, 1999)

An den Flanken des Seeberges herrschen Auftriebsprozesse, während über der Kuppe Abtriebsprozesse dominieren. Durch den flankennahen Auftrieb wird nährstoffreiches Tiefenwasser in die euphotische Zone über dem Plateau transportiert, was eine Erhöhung der Primärproduktion zur Folge hat. Auftriebsströmungen können Plankton über dem Seeberg einschließen und konzentrieren.

2.2. Der Seeberg Große Meteorbank

Der Seeberg Große Meteorbank wurde während einer Expedition mit dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor“ im Jahre 1938 erstmals entdeckt. Die Große Meteorbank erhebt sich aus dem westlichen Teil des Kanarenbeckens (Abb. 2). Das Seegebiet ist durch den Kanarenstrom und durch das Nordatlantische Zentralwasser geprägt und liegt mit 30°N im Zentrum der Rossbreiten. Das Gesamtzeitalter der Großen Meteorbank liegt bei zirka 40 Mio. Jahren. Einher gehend mit dem Absinken des Seeberges wuchsen an dessen Flanken Korallenriffe, die heute einen nahezu kompakten Mantel aus biogenem Kalk über der gesamten Kuppe und der Peripherie des Seeberges bilden (Hinz, 1969; Ulrich, 1971). Die Große Meteorbank ist eine der größten unterseeischen Kuppen des Atlantiks und damit eine topographische Besonderheit (Closs *et al.*, 1969).

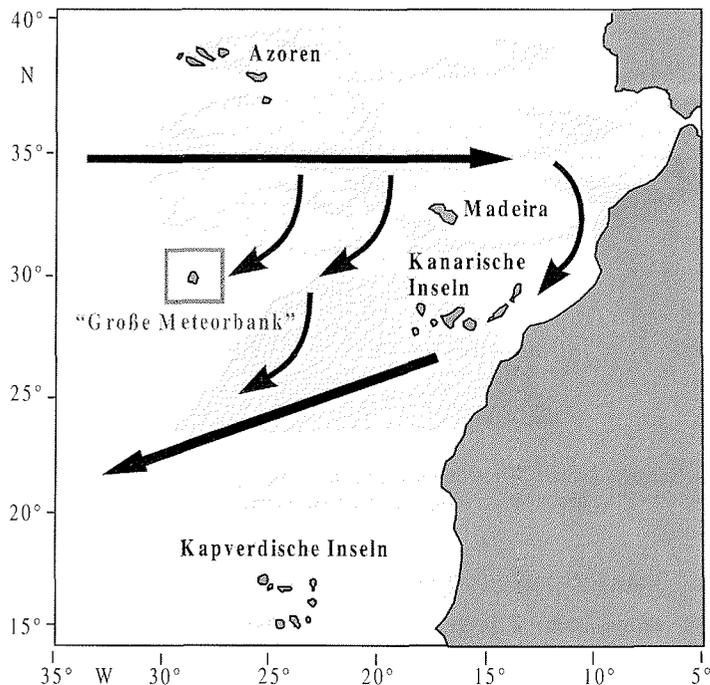


Abb. 2: Geographische Karte im Bereich der Großen Meteorbank: Große Pfeile geben die Richtung des Azoren-Stromes wieder, kleine Pfeile die Richtung des Kanaren-Stromes.

2.2.1. Topographie

Der Seeberg Große Meteorbank (Abb. 3) liegt im zentralen Nordost-Atlantik (lat. $30^{\circ}00'N$; long. $28^{\circ}30'E$), ca. 550 Seemeilen westlich der Kanarischen Inseln. Zusammen mit der Kleinen Meteorbank und der Closs Bank zählt sie zu den Ausläufern einer Kette unterseeischer Kuppen vulkanischen Ursprungs. Diese Kette breitet sich entlang des nordatlantischen Rückens von dem Azorensockel etwa 450 Seemeilen nördlich der Großen Meteorbank in südöstliche Richtung aus.

Die vertikale Ausdehnung der Großen Meteorbank entspricht in etwa der Schelfhöhe von Westafrika - die Basis des Seeberges befindet sich in mehr als 4200m Tiefe, während die Spitze bis auf 275m unter der Meeresoberfläche emporragt.

Es lässt sich eine morphologische Dreiteilung in Plateau, Steilhang und Fußregion erkennen. Die Fußregion in 4200m Tiefe hat eine Fläche von 8000km^2 . Der Hang weist bis in 3000m Tiefe eine durchschnittliche Steigung von 30% auf. Bis zu 45% Steigung sind über 300m Vertikaldistanz als steile Wände ohne Gefällsknick zwischen 500 und 1300m zu erkennen. Zur Fußregion nimmt dieses Gefälle bis auf 3% ab. Oberhalb der 3000m – Tiefenlinie besitzt

die Große Meteorbank einen elliptischen Grundriss, der sich über alle folgenden Isobathenflächen bis in rund 400m Tiefe fortsetzt.

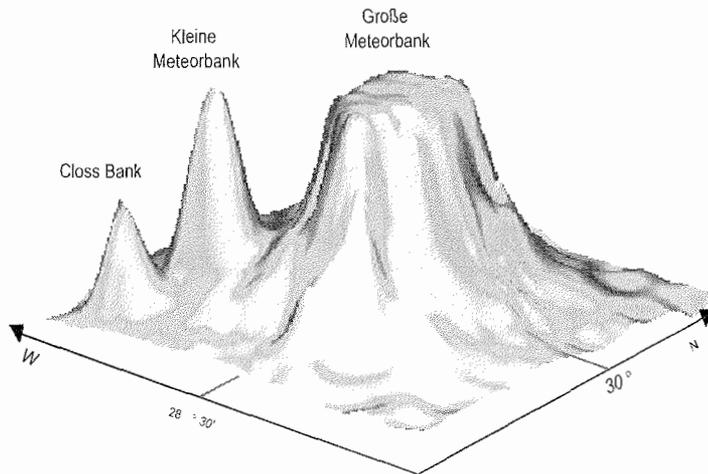


Abb. 3: Topographie der Großen Meteorbank mit den begleitenden Seebergen Kleine Meteorbank und Closs Bank (nach Smith & Sandwell, 1997, in: Mohn & Beckmann, 2002).

Die Längsachse dieser Ellipse liegt in NNW/SSE –Richtung. Im Bereich der 400m-Isobathe befindet sich das charakteristische Plateau von 1465km^2 mit einer maximalen Länge von 54km und einer Breite von 31km. Das ebenmäßig abgeflachte Gipfelplateau der Großen Meteorbank (Abb. 3) stellt eine Sonderform dar; der Seeberg wird in dieser Gestalt auch als „Guyot“ bezeichnet (Hess, 1946; Ulrich, 1971).

2.2.2. Hydrographie

Der zentrale Nordost-Atlantik zeichnet sich durch eine horizontale Homogenität in Temperatur, pH-Wert, Alkalinität, Salz- und Sauerstoffgehalt aus (Horn *et al.*, 1971). Die Große Meteorbank wird als topographisches Hindernis von der südwestlich gerichteten Hauptströmung (Abb. 2; Abb. 4) des Gebietes in einem Grundströmungsfeld umströmt (Mohn & Beckmann, 2002). Die Strömung verläuft ringförmig in „u“-Form über die oberen Flanken der Bank und trennt das innere (horizontal oberhalb von 1500m und vertikal oberhalb von 350m Tiefe) vom äußeren Seeberg-Regime.

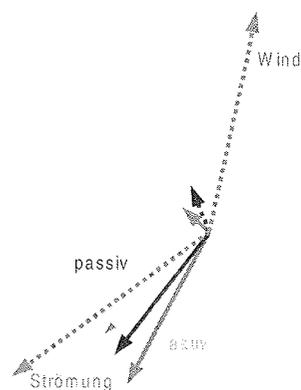


Abb. 4: Schematische Darstellung der Driftströmung von Partikeln über der Großen Meteorbank (durchgehende Pfeile) und im weiteren Umfeld (unterbrochene Pfeile) für drei Fälle: passiv- (schwarz), aktiv-wandernde Partikel (dunkelgrau) und passiv-wandernde Partikel im Einfluss von südöstlich gerichtetem Wind (hellgrau). Die im Umfeld vorherrschende Strömung ist als dünner Pfeil dargestellt (Beckmann & Mohn, 2002).

Der Einfluss der Großen Meteorbank wird in ihrer unmittelbaren Nähe durch physikalische Veränderungen wie Dichteanomalien und vertikale Verlagerungen der Isothermen von bis zu 100m deutlich (Meincke, 1971; Owens & Hogg, 1980; Roden, 1991) (s. auch Abb. 5). Dieser Effekt ist über mehreren Seebergen festgestellt worden (Vastano & Warren, 1976; Fukasawa & Nagata, 1978; Gould *et al.*, 1981; Roden & Taft, 1985). Die Ursache ist eine Kompression der Strömungslinien durch Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit (Roden, 1987).

Eine Auftriebsströmung mit kaltem, dichtem Wasser in Flankennähe und ein Abtrieb über dem Seeberg hat eine Retention der Wassermassen über dem Plateau zur Folge. Die Auftriebsströmung bestimmt in 200 bis 300m Tiefe eine Aufwölbung der Isolinien bis zu 50m über dem Seeberg. Somit befinden sich in 200 bis 300m Tiefe über dem Plateau dichtere und kältere Wassermassen als in entsprechender Tiefe neben der Bank (Ulrich, 1971; Bersch *et al.*, 1998) (Abb. 5).

2.3. Die Situation auf der Großen Meteorbank während der Expedition M 42/3 (1998)

2.3.1. Hydrographie

Zum Zeitpunkt der Untersuchung im September 1998 befand sich das Gebiet der Großen Meteorbank im Stadium der Spätsommer-Stratifikation (Mohn & Beckmann, 2002). Im Bereich der Großen Meteorbank wird die Dichte hauptsächlich durch die Temperatur bestimmt (Mohn & Beckmann, 2002). Die Thermokline lag in den tieferen, ozeanischen Regionen bei 120m. Die saisonale Thermokline der Meteorbank zeigt einen Temperaturabfall von 24°C in 40m auf 20°C in 80m (Abb. 5), dies entspricht einer Verschiebung der Thermokline um 40m Richtung Oberfläche.

Das Salinitätsprofil zeigt ebenfalls sinkende Werte von 37,1 ‰ in 0m auf 36,7 ‰ in 60m. Die 200m-Tiefenlinie zeigt eine Temperatur von 17-18°C mit einem Salzgehalt zwischen 36,4 ‰ und 36,6 ‰ (Bersch et al., 1998). Diese Werte stimmen mit früheren Untersuchungen überein (Horn, 1971).

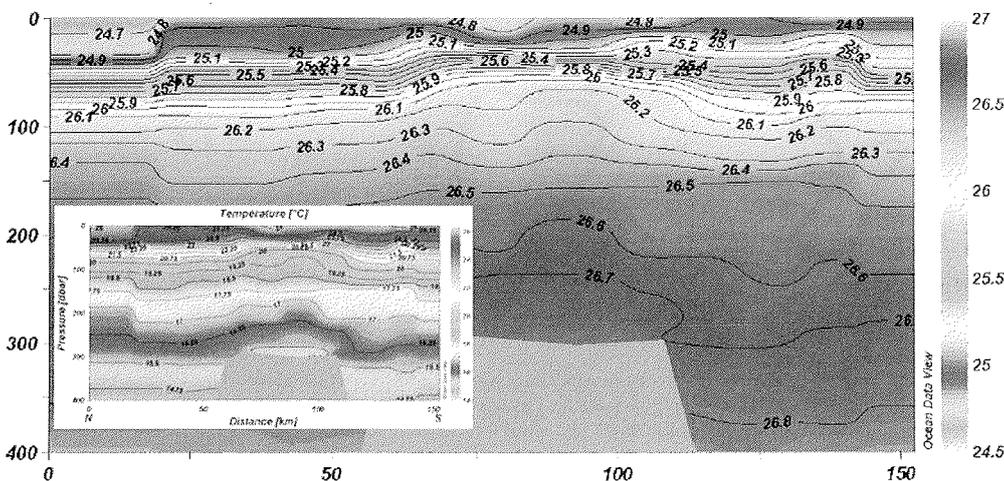


Abb. 5: Vertikale Verteilung der potentiellen Dichte σ_0 (kg m^{-3}) (Isopyknen) auf einem Nord-süd-Transect über der Großen Meteorbank. Das kleine Bild stellt die Isothermen des gleichen Bereiches dar. y-Achse: Druck (dbar) bzw. Tiefe (m); x-Achse: horizontale Ausdehnung (km) (Kaufmann, 2002)

In der unmittelbaren Nähe des Plateaus kommt es zu einer starken Absenkung der Isotherme über dem gesamten Hanggebiet. Besonders ausgeprägt ist diese Absenkung am nordöstlichen und östlichen Hang und dehnt sich von tiefen Schichten nahe dem Plateau bis nahe der

Oberfläche aus - teilweise kehrt sich die schwache Aufwölbung der Isolinien in eine Senkung der Schichtung um (Mohn & Beckmann, 2002). Die allgemeine Absenkung der Isolinien an der Ostflanke resultiert aus der südlich gerichteten Strömung im Gebiet der Großen Meteorbank (Mouriño *et al.*, 2001).

Beckmann und Mohn (2002) konnten feststellen, dass die rezirkulierenden Wassermassen ein hohes Retentionspotential aufweisen. Die Oberflächenschicht (Upper Thermocline Layer = UTL) (Abb. 6, links) zeichnet sich durch mehrere gegenläufig rotierende Zirkulationszellen aus, während sich in Bodennähe eine die gesamte Kuppe umschließende antizyklonale Zelle ausbildet (Seamount Summit Layer = SSL) (Abb. 6, mitte). In beiden Regimen ist der Austausch mit der Umgebung relativ gering. Es existieren allerdings Umwälzbewegungen in vertikal/radialer Richtung mit im Mittel Abtrieb über dem Kuppencentrum und Auftrieb über den Flanken (Abb. 6, rechts). Dieses Strömungsmuster führt in hohem Maße zur Isolation des betreffenden Wasserkörpers und der darin befindlichen Organismen. Der Bereich der Retention ist zwischen der 500 - und 1500m-Isobathe durch den antizyklonalen, ringförmigen Wirbel begrenzt und hat die höchste Fließgeschwindigkeit über der 1000m Tiefenlinie (Mohn, pers. Mitteilung). Durch die Spätsommer-Stratifikation wird die Ausbildung einer Taylor-Säule im Bereich der ersten 100m unterhalb der Wasseroberfläche verhindert.

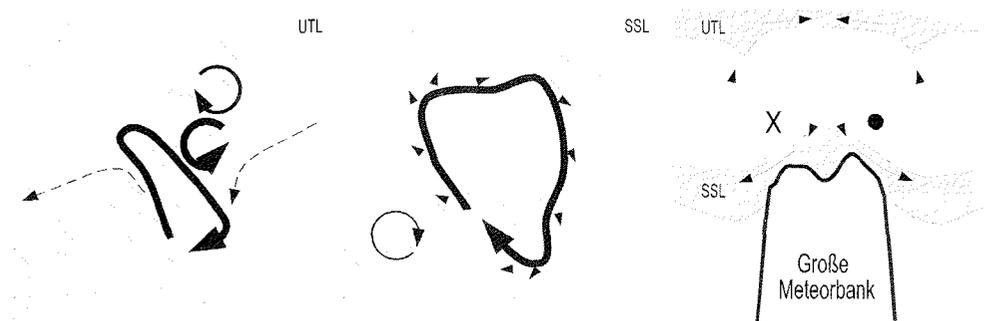


Abb. 6: Schematische Darstellung der horizontalen Zirkulation und der vertikal/radialen Umwälzbewegung über der Meteorbank. UTL (Upper Thermocline Layer); SSL (Seamount Summit Layer); Kreis mit Kreuz: Strömungsrichtung in das Bild; Kreis mit Punkt: Strömungsrichtung aus dem Bild (verändert nach Mohn & Beckmann, 2002)

Beckmann & Mohn (2002) stellten allerdings fest, dass aktiv wandernde Partikel wie beispielsweise vertikal migrierende Zooplankter eine deutlich reduzierte Retention aufweisen (Abb. 7.a, rechts; Abb. 4). Die Aufenthaltszeit der Wassermassen und damit auch für passiv treibende Partikel ist über dem Plateau durch irreguläre Strömungen dagegen um ein zehnfaches erhöht (Abb. 7.a, links; Abb. 4). Die Oberflächenschichten der ersten 250m weisen über der Bank eine Strömungsgeschwindigkeit von $5-7\text{cm s}^{-1}$ auf. Insbesondere zeigte

der südliche Hang verstärkte Gezeitenströmungen. Halbtägige Gezeitenströme wiesen im Mittel Geschwindigkeiten zwischen 10 und 14 cm s^{-1} auf, während eintägige Ströme Höchstgeschwindigkeiten bis zu 28 cm s^{-1} erkennen ließen. Damit ist der topographische Einfluss der Großen Meteorbank bis zu vier Mal höher als das eigentliche Plateau und schließt damit einen großen Bereich über der Tiefsee ($<4400\text{ m}$) ein. Durch den Einfluss starker Winde (Abb. 7.b, rechts) wird neben einer Richtungsänderung der Strömung auch die Retention der Organismen in der Deckschicht reduziert.

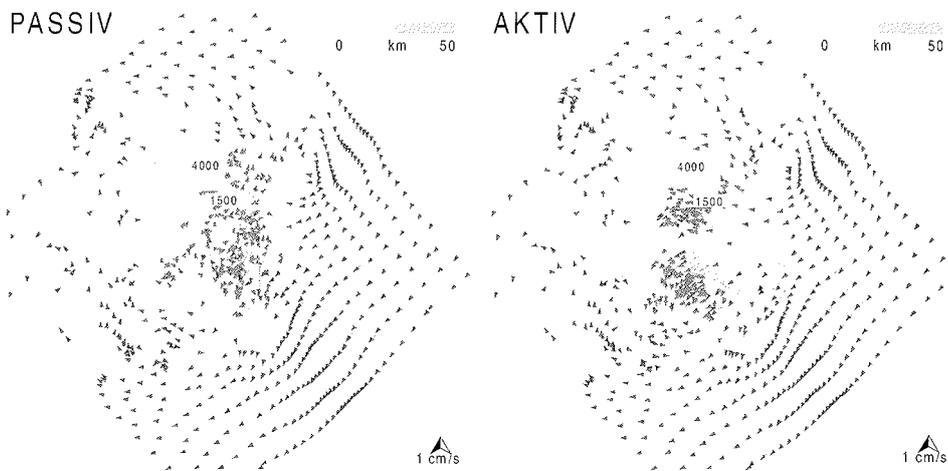


Abb. 7.a: Graphische Darstellung der Geschwindigkeit und Richtung von „Schwimmern“, die in 50 m Tiefe ausgesetzt wurden. Links: passiv treibende Partikel; rechts: aktiv vertikal migrierende Partikel im Bereich der Großen Meteorbank (verändert nach Beckmann & Mohn, 2002).

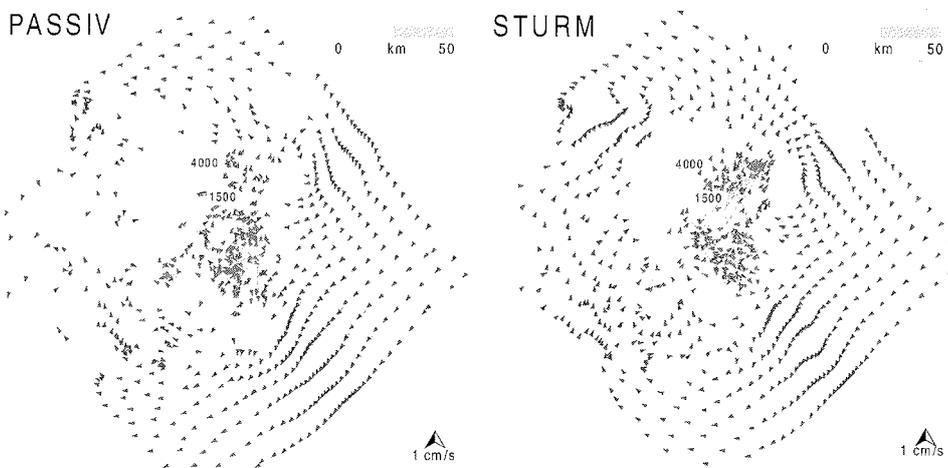


Abb. 7.b: Graphische Darstellung der Geschwindigkeit und Richtung von „Schwimmern“, die in 50 m Tiefe ausgesetzt wurden. Links: passiv treibende Partikel; rechts: unter dem Einfluss starker Winde im Bereich der Großen Meteorbank (verändert nach Beckmann & Mohn, 2002).

2.3.2. Sauerstoff

Auf der Großen Meteorbank zeigt der Gehalt an gelösten Sauerstoff eine leichte Übersättigung (mit einem Maximum von 100%) von der Oberfläche bis in 100m Tiefe (100% in 100m Tiefe). Die Konzentrationen nehmen mit zunehmender Tiefe ab. Das Sauerstoff-Minimum konnte in 800 bis 1000m Tiefe gemessen werden (Bröckel *et al.*, 1998). Ein maximaler Sauerstoff-Gehalt von $235\mu\text{mol/kg}$ befindet sich zwischen 30 und 120m Tiefe. Zusammen mit der Aufwölbung der Isothermen (Abb. 5) kommt es auch zu einer Aufwölbung der Sauerstoff-Isolinien an den Flanken der Bank. Direkt über dem Plateau ist der Sauerstoff-Gehalt geringer als an den Flanken.

2.3.3. Nährstoffe

Das Wasser der euphotischen Zone ist sowohl über als auch neben der Bank sehr arm an Nährstoffen. Nitrat (Abb. 8), Phosphat (Abb. 9) und Silikat liegen bis zu einer Tiefe von 75 bis 150m auf dem Plateau unter der Nachweisgrenze. Unterhalb der euphotischen Zone nehmen die Nährstoffe zu (Kaufmann, 2002). Ab einer Tiefe von 150m konnte ein kontinuierlicher Anstieg gemessen werden (von $\sim 1\mu\text{M}$ über $3\mu\text{M}$ in 200m Tiefe bis zu $6\mu\text{M}$ nahe am Boden bei 265m).

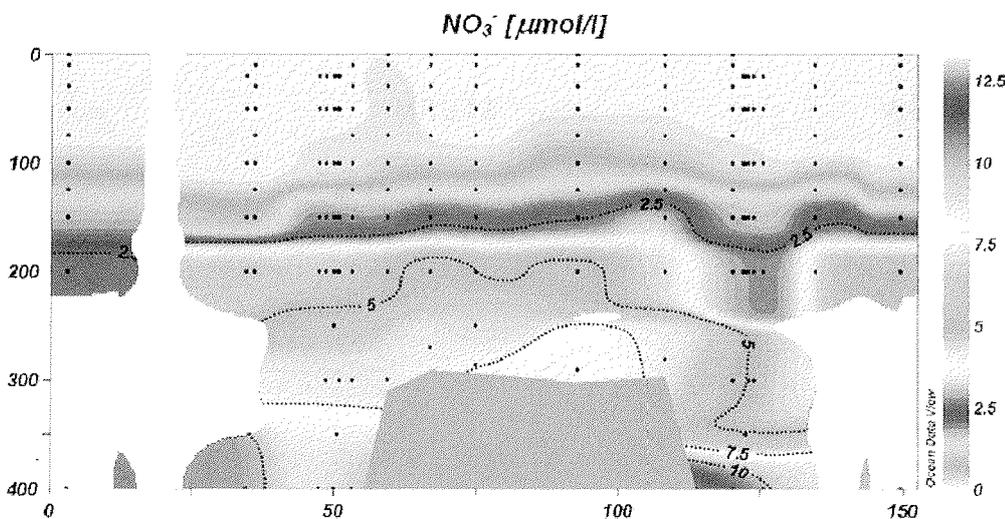


Abb. 8: Vertikale Verteilung des Nährstoffs Nitrat (Isolinien) auf einem Nordsüd-Transect über der Großen Meteorbank. y-Achse: Druck (dbar) bzw. Tiefe (m); x-Achse: horizontale Ausdehnung (km) (Kaufmann, 2002)

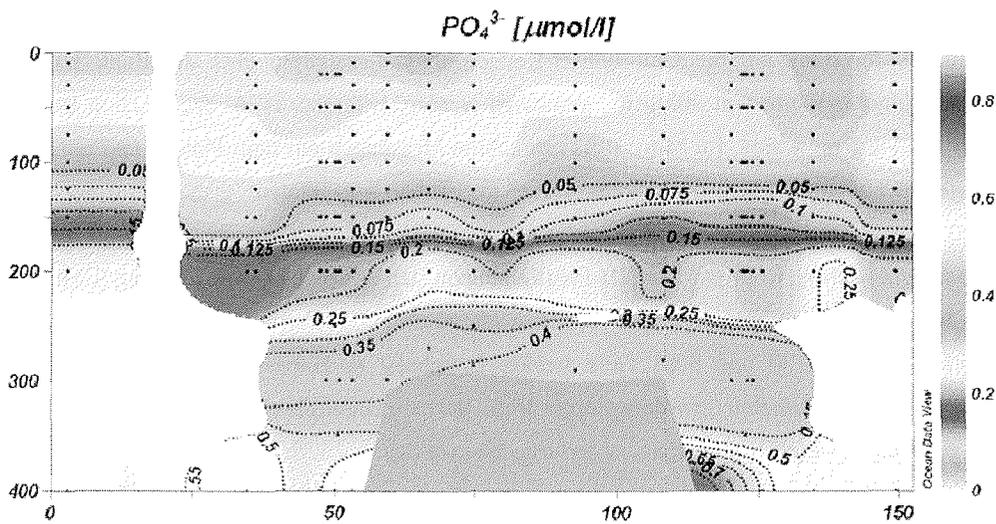


Abb. 9: Vertikale Verteilung des Nährstoffs Phosphat (Isolinien) auf einem Nordsüd-Transekt über der Großen Meteorbank. y-Achse: Druck (dbar) bzw. Tiefe (m); x-Achse: horizontale Ausdehnung (km) (Kaufmann, 2002)

2.3.4. Chlorophyll *a*

Die integrierten Chlorophyll-Werte in den oberen 150m liegen zwischen $7,1\mu\text{g/l}$ auf der ozeanischen Station 539 und $12,9\mu\text{g/l}$ auf der Plateau-Station 492 (Kaufmann, 2002). Ein Einfluss der Bank auf die Chlorophyll-Konzentration der oberen 150m ist nicht eindeutig erkennbar. An der Wasseroberfläche weisen alle Stationen niedrige Werte zwischen $0,016\mu\text{g/l}$ und $0,041\mu\text{g/l}$ auf (Abb. 10). Die Konzentrationen in größeren Tiefen unterscheiden sich ebenfalls wenig (Kaufmann, 2002). In mittleren Tiefen weisen die Chlorophyll *a* – Konzentrationen ein Maximum auf (Abb. 10). In einer Tiefe von 100m erreichen die Konzentrationen ihren höchsten Wert von $0,06$ bis $0,18\mu\text{g/l}$, danach sinken sie auf die Oberflächen-Werte ab. Der schnellere Anstieg des Nitrat- (Abb. 8) und Silikatgehaltes zwischen 50 und 150m korreliert mit dem Chlorophyll *a* –Maximum. Diese Beziehung zwischen der Vertikalstruktur des Chlorophylls und der Nährstoffe zeigen die meisten ozeanischen Gewässer unabhängig von saisonalen und regionalen Schwankungen (Longhurst & Harrison, 1989; Harrison *et al.*, 2001). Genin & Boehlert (1985) und Lophukin (1986) erklären das ausgeprägte Maximum der Chlorophyll-Werte auf den Plateau-Stationen anhand des Auftriebs von nährstoffreichem Tiefenwasser bis etwa 100m über dem Plateau (die höchste Grenze der Kälte-Aufwölbung).

Mouriño *et al.* (2001) konnten im Dezember 1993 über der Großen Meteorbank einen Einfluss der Bank auf die Chlorophyll-Konzentration feststellen: über der Bank konnten Chlorophyll *a*-Werte von 30mg m^{-3} gemessen werden, während es im ozeanischen Bereich nur $23\text{-}24\text{mg m}^{-3}$ waren. Im März 1992 erbrachten Messungen auf dem Plateau und am Hang dagegen nur um $0,15\text{mg m}^{-3}$ erhöhte Werte gegenüber dem Tiefenwasser (Mouriño *et al.*, 2001).

Über dem Seeberg Cobb im Nordost-Pazifik zeigten sich beispielsweise Chlorophyll-Maxima in 30 bis 45m Tiefe (Dower *et al.*, 1992), während diese üblicherweise in diesem Gebiet in Tiefen zwischen 70 und 80m Tiefe liegen (Longhurst & Harrison, 1989). Longhurst & Harrison (1989) konnten über dem Corner Rise -Seeberg ebenfalls ein Chlorophyll-Maximum in geringeren Tiefen erkennen als in der umgebenden See.

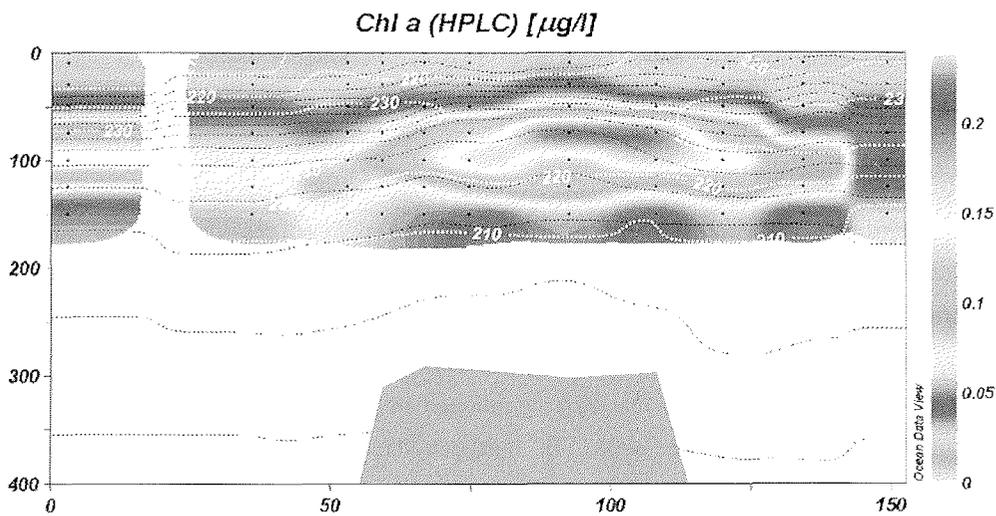


Abb. 10: Chlorophyll *a* -Verteilung (Isolinien) auf einem Nordsüd-Transekt über der Großen Meteorbank. y-Achse: Druck (dbar) bzw. Tiefe (m); x-Achse: horizontale Ausdehnung (km) (Kaufmann, 2002)

3. Material und Methoden

3.1. Probennahme

Das Zooplankton-Material wurde während der FS „Meteor“-Fahrt M 42/3 im September 1998 gesammelt und mir zur Bearbeitung übergeben. Die Proben wurden 2 Transekten über der Meteorbank entsprechend zugeordnet (Abb. 11): der erste Transekt (M 423-A) verläuft von Nordwest nach Südost und beinhaltet die Stationen 451, 452, 456, 455 und 493. Der zweite Transekt (M 423-B) erstreckt sich von Nordost nach Südwest und umfaßt die Stationen 511, 519 und 459. Die Stationen wurden gemäß ihrer Lage gruppiert. Drei Areale werden unterschieden: das Plateau des Seeberges, der Hang und der den Seeberg umgebende offene Ozean. Das Zooplankton wurde mit einem Multischließnetz (MSN) der Firma HydroBios (Kiel), ausgestattet mit fünf Netzen der Maschenweite 100µm, gefangen. Das Netz wurde vertikal gefahren und auf den Stationen 451, 452, 455, 493, 456 und 519 in fünf voneinander getrennten Tiefenlagen geöffnet beziehungsweise geschlossen: von 300m Tiefe (oder an flacheren Stationen ab 280m) bis zur Oberfläche in den Intervallen 300 (280) - 150 - 100 - 50 - 10 - 0m. Auf den Stationen 459 und 511 wurde dagegen in vier Tiefenlagen in den Intervallen 300 - 150 - 50 - 10 - 0m gefangen. Entsprechend der Transekte und der Lage der Stationen (Abb. 11) ist das Plateau des Seeberges mit 5 Stationen, der Hang mit 1 Station und der den Seeberg umgebende offene Ozean über der Tiefsee mit 2 Stationen vertreten (Tab. 1). Die in dieser Arbeit bearbeiteten Stationen werden im folgenden als Plateau- und Ozean-Stationen bezeichnet (Die Hang-Station 511 wird der Übersicht halber den Plateau-Stationen zugeordnet). Die Probennahmen erfolgten zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten und werden entsprechend unterschieden. Die Plankton-Proben wurden nach dem Fang sofort in einem mit Hexamin gepufferten 4% Formalin/Seewasser-Gemisch fixiert.

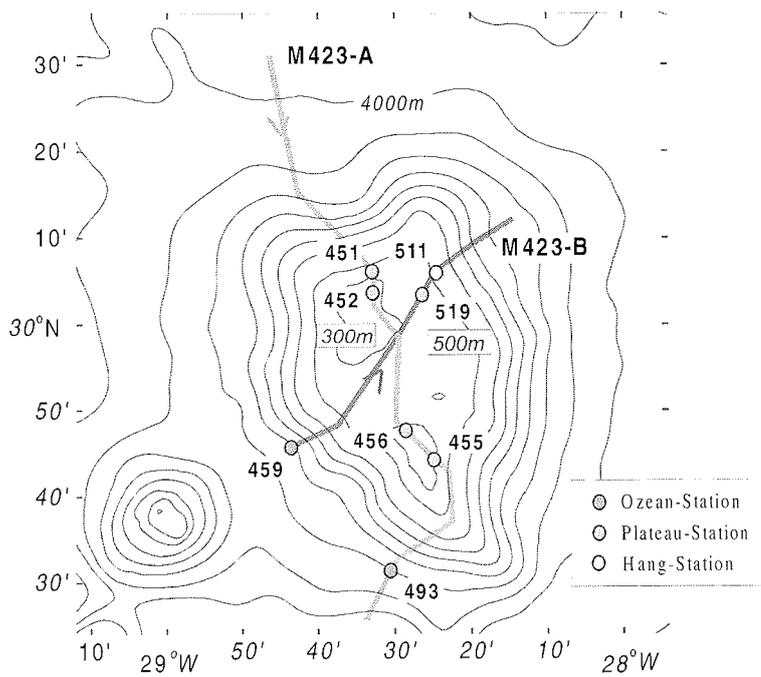


Abb. 11: Transekt M 423-A (NW-SE) und M 423-B (NE-SW) über der Großen Meteorbank mit den Stationen dieser Untersuchung.

Tab. 1: Beschreibung der bearbeiteten Stationen auf der Großen Meteorbank

Station (Position):	Datum / Uhrzeit:	Wassertiefe: (m)	Charakter:	Fangtiefen- Bereich (m)
451 (30°08,25' N/28°34,84' W)	01.09.98 / 23:55-00:25 (Nacht)	446m	Plateau	300-0
452 (30°05,69' N/28°32,70' W)	01.09.98 / 05:00-05:30 (Nacht)	311m	Plateau	300-0
455 (29°42,77' N/28°22,74' W)	03.09.98 / 02:40-03:05 (Nacht)	297m	Plateau	280-0
493 (29°32,63' N/28°29,72' W)	09.09.98 / 21:45-23:45 (Nacht)	3026m	Ozean	300-0
459 (29°54,52' N/28°44,47' W)	04.09.98 / 09:10-12:05 (Tag)	2786m	Ozean	300-0
456 (29°48,52' N/28°29,81' W)	03.09.98 / 10:30-10:55 (Tag)	302m	Plateau	280-0
519 (30°06,09' N/28°25,00' W)	14.09.98 / 11:00-11:30 (Tag)	349m	Plateau	300-0
511 (30°07,20' N/28°22,81' W)	13.09.98 / 11:30-12:10 (Tag)	607m	Hang / Plateau	300-0

3.2. Untersuchte Copepoden-Arten

Die für diese Untersuchung genutzten Copepoden-Arten (Tab. 2) wurden aus den Proben aussortiert, bis zur Art-Ebene bestimmt (E. Mizdalski) und ihre Abundanz (Individuen/m³) (Tab. 1 im Anhang) errechnet.

Tab. 2: Die Copepoden-Arten der vorliegenden (* quantitativen) Untersuchung

Ordnung Calanoida Sars, 1903

Familie Calanidae Dana, 1849

Nannocalanus minor (Claus, 1863)

Mesocalanus tenuicornis (Dana, 1849) °

Neocalanus gracilis (Dana, 1849)

Neocalanus robustior (Giesbrecht, 1888)

Familie Paracalanidae Giesbrecht, 1892

Paracalanus denudatus (Sewell, 1929) °

Paracalanus nanus (Sars, 1907) °

Parvocalanus crassirostris (Dahl, 1894) °

Familie Mecynoceridae Andronov, 1973

Mecynocera clausi (Thompson, 1888) °

Familie Clausocalanidae Giesbrecht, 1892

Clausocalanus furcatus (Brady, 1883) °

Clausocalanus paululus (Farran, 1926) °

Ctenocalanus vanus (Giesbrecht, 1888)

Familie Temoridae Giesbrecht, 1892

Temoropia mayumbaensis T. Scott, 1894

Familie Acartiidae Sars, 1903

Acartia negligens Dana, 1849

Für die quantitativen Untersuchungen dienten vornehmlich die mit einem * gekennzeichneten Arten der Tab. 2, da diese Arten in genügend großer Anzahl zur Verfügung standen. Qualitative Mageninhaltsanalysen wurden dagegen an allen Arten vorgenommen. Die Copepoden wurden vor dem Sezieren (Mageninhaltsanalyse, Mandibel-Morphologie) vom mit Hexamin gepufferten 4% Formalin/Seewasser -Gemisch in Glycerin überführt, um die Tiere für die Betrachtung und Sektion in eine stabile Position zu bringen.

3.3. Fraßaktivität

Die Fraß-Aktivität der Weibchen, Männchen und der Copepodid-Stadien (CV) wurde ermittelt, indem prozentual die Anzahl der Tiere mit gefülltem Darm bestimmt wurde. Die Copepoden wurden unter einem binokularem Mikroskop der Firma Leica (MZ APO) betrachtet und der Grad der Darmfüllung abgeschätzt (in Prozent). Wenn möglich, wurden mindestens 30 Individuen jeder Art und Entwicklungsstadium pro Station untersucht.

3.4. Ernährung

Die Analyse der Darminhalte umfasst die Identifikation, Größenbestimmung und Auszählung der Nahrungspartikel.

Die Zusammensetzung der Nahrung wurde mittels mikroskopischer Analyse des Mageninhalts bestimmt. Der Darm (Vorder-, Mittel- und Enddarm) großer Copepodenarten (*Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis* und *N. robustior*) wurde herauspräpariert und auf einem Objektträger in Polyvenyllactophenol mit Lignin Pink gebettet. Durch das Einfärben mit Lignin Pink können copepodeneigene Anteile, die sich rot färben, leichter von ingestierten Anteilen unterschieden werden. Anschließend wurde das Präparat mit dem Deckgläschen leicht gequetscht, so daß der Darminhalt hervortrat. Von kleinen Copepodenarten wurden Quetschpräparate ganzer Individuen hergestellt. Zuvor wurden die Anhänge (1. Antennen, Peraeopoden, Furcaläste) abpräpariert. Durch das leichte Quetschen mittels Deckgläschen trat auch hier der Darminhalt hervor. Die Därme der großen Arten beziehungsweise die präparierten Individuen kleiner Arten wurden mit einem Mikroskop der Firma Zeiss (806) mit einer 400- beziehungsweise 1000- fachen Vergrößerung betrachtet.

Tab. 3: Anzahl der auf Mageninhalte untersuchten Copepoden (CV = Copepodid CV, f = Weibchen, m = Männchen) auf den Stationen 452, 455, 493, 519 und 511.

	452			455			493			519			511			gesamt
	CV	f	m	CV	f	m	CV	f	m	CV	f	m	CV	f	m	
<i>N. minor</i>	4	3	4	2	3	1	0	0	0	1	2	4	0	0	0	24
<i>M. tenuicornis</i>	6	16	3	10	31	15	1	34	0	3	5	4	0	0	0	128
<i>N. gracilis</i>	3	2	3	13	10	2	0	4	4	1	2	0	0	4	0	48
<i>N. robustior</i>	0	0	0	13	10	12	3	0	0	1	2	1	11	12	1	66
<i>P. denudatus</i>	3	2	0	4	41	0	8	31	1	0	1	1	0	0	0	92
<i>P. nanus</i>	7	5	0	6	30	1	18	30	3	1	0	3	0	0	0	104
<i>P. crassirostris</i>	1	1	2	5	30	19	19	47	8	2	1	1	0	0	0	136
<i>M. clausi</i>	0	2	0	5	17	4	5	23	1	1	12	0	0	0	0	70
<i>C. furcatus</i>	0	9	0	1	30	1	3	31	31	0	3	0	0	0	0	109
<i>C. paululus</i>	1	3	1	0	38	1	0	37	14	0	5	1	0	0	0	101
<i>C. vanus</i>	2	2	1	2	6	0	0	0	0	1	4	2	0	0	0	20
<i>T. mayumbaensis</i>	0	0	0	0	5	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	11
<i>A. negligens</i>	0	1	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	7
gesamt	87			370			361			70			28			916

Insgesamt wurden die Mägen von 916 Copepoden untersucht (Tab. 3). Die meisten Individuen stammen von der Plateau-Station 455 (n=370) und der Ozean-Station 493 (n=361). Die Nahrungspartikel wurden, soweit möglich, identifiziert, gezählt und ihre Länge und Breite gemessen. Das Volumen der Nahrungspartikel wurde bestimmt, indem vergleichbare, einfache geometrische Formen (Kugel, Kegel, Zylinder etc.) als Vorbild zur Berechnung dienten. In einigen Fällen wurden die Volumenberechnungen aus anderen Arbeiten übernommen (Smetacek, 1975; Baltic Marine Environmental Protection Commission, 1988). Um die Zahl der Nahrungspartikel zu Gunsten der Übersicht zu reduzieren, wurden sie zu größeren Kategorien gruppiert und der Anteil der identifizierbaren Kategorien entsprechend der Größe separat behandelt:

Tab. 4: Kategorien und Größen der identifizierten Nahrungspartikel

Protozoen	Dinoflagellaten: $\leq / > 20\mu\text{m}$
Metazoen	Radiolarien: $\leq / > 50\mu\text{m}$
Diatomeen: $\leq / > 30\mu\text{m}$	Sonstige
Silicoflagellaten: $\leq / > 20\mu\text{m}$	unidentifizierbare Masse

Die Mandibeln ingestierter Copepoden wurden in zwei Kategorien eingeteilt sowie der Versuch unternommen, die betreffenden Mandibeln den Arten zuzuordnen (siehe Kap. 4.6.1 Gnathobasen-Morphologie).

Der Anteil der unidentifizierbaren Partikel, auch als „green“ oder „brown mass“ bezeichnet (u.a. Fournier, 1970; Berk *et al.*, 1977; Silver & Bruland, 1981), wurde errechnet, indem das Volumen der identifizierbaren Masse vom gesamten Darminhalt subtrahiert wurde (siehe Kap. 3.4 Fraßaktivität). Das Darmvolumen (μm^3) entspricht 100%. Zusammen mit der geschätzten Darmfüllung (%) konnte somit das Volumen dieser Darmfüllung errechnet werden. Die Subtraktion des Volumens der identifizierbaren Nahrungspartikel von dem Volumen der Darmfüllung ergab das Volumen der nicht-identifizierbaren Masse („green / brown mass“). Mit Hilfe der geschätzten Darmfüllung (%) wurde anschließend der prozentuale Anteil der identifizierbaren Nahrungspartikel und der „green mass“ ermittelt. Voraussetzung für diese Berechnung war die Bestimmung des Darmvolumens, die im Abschnitt Kap. 3.7 Histologie erläutert wird.

Während der Darminhaltsanalyse wurden ebenfalls die mit Parasiten der Familie Blastodinida (Dinoglagellata) befallenen Copepoda registriert.

Vor der mikroskopischen Analyse des Mageninhalts wurde die Cephalothoraxlänge der Copepoda mit einem Micrometer-Objektiv bestimmt. Die Cephalothoraxlänge weist auf den Ernährungszustand während der Entwicklung und damit auf die Nahrungsverfügbarkeit auf den betreffenden Stationen hin.

3.5. Histologie

Bei der lichtmikroskopischen Betrachtung vollständig erhaltener Tiere weisen die Männchen, in wenigen Fällen aber auch die Weibchen einiger untersuchter Copepodenarten keine Darmfüllung auf. Bei einigen Arten ist bekannt, daß die Männchen reduzierte Mundwerkzeuge besitzen (Beklemishev, 1959). Diese Männchen nehmen keine oder andere Nahrung auf als andere Stadien der selben Art mit vollständig entwickelten Mundwerkzeugen. Es besteht die Frage, ob bei diesen Männchen ein Darm vorhanden ist, oder ob auch dieser zusammen mit den Mundwerkzeugen reduziert wurde.

Abhängig von Entwicklungsstadium, Geschlecht und Jahreszeit zeigt sich der drüsenreiche Teil des Mitteldarmes in seiner Erscheinungsform variabel. Eine mangelhafte Versorgung mit Nährorganismen spiegelt sich beispielsweise in einer abnehmenden Aktivität der Verdauungsenzyme wieder (Hirche, 1979), die wiederum eine morphologische Veränderung des Mitteldarm-Epithels nach sich zieht. Eine vergleichende Betrachtung des Mitteldarmes kann somit Aufschluss über den Ernährungszustand der betreffenden Copepoda geben. Hierfür werden die Anzahl der B-Zellen und die maximale Höhe der Mitteldarm-Epithelzellen (Abb. 12) bestimmt (Hallberg & Hirche, 1980).

Das CV-Stadium befindet sich noch im Wachstum zum Adultus und damit zum geschlechtsreifen Tier, und ist daher auf Nahrung angewiesen. Die Beschaffenheit des Darms sollte sich somit bei im Wachstum befindlichen Copepoden in einem voll ausgebildeten Zustand befinden (wie in Abb. 12 dargestellt). Um den Zustand des Darmes der untersuchten Weibchen und Männchen beurteilen zu können, wurde das CV-Stadium zum Vergleich herangezogen. Da bei Tieren mit leeren Därmen lichtmikroskopisch keine Verdauungsorgane erkennbar waren, wurden histologische Schnitte dieser Copepoden angefertigt. Diese Methode erfolgte mit Ausnahme von *Ctenocalanus vanus* an allen untersuchten Copepoden. Für die Arten *Acartia negligens* und *Temoropia mayumbaensis* wurden nur weibliche Tiere betrachtet.

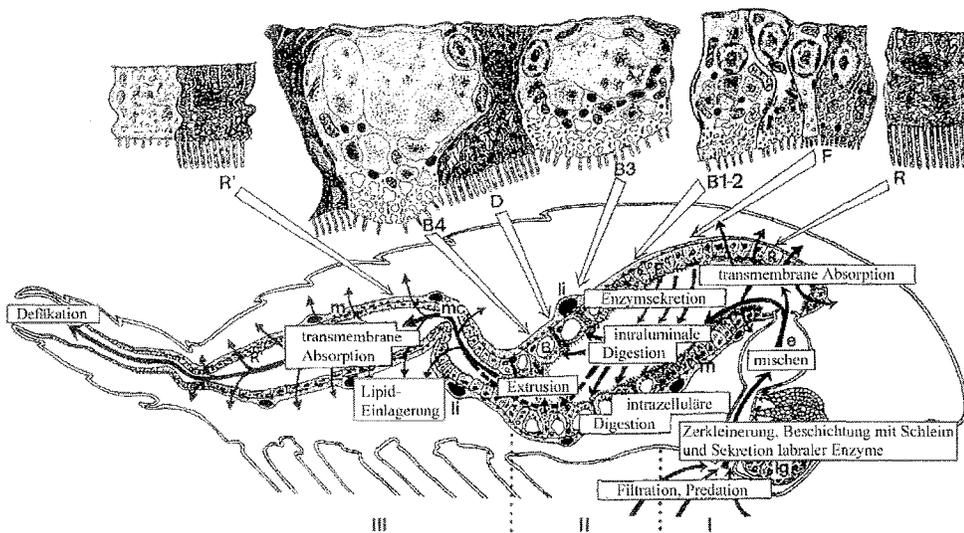


Abb. 12: Histologisches Diagramm des Copepodendarms. Dargestellt sind die Hauptfunktionen des Darms und des Labrums und die detaillierte Funktion der Mitteldarm-Zellen während des Verdauungsprozesses. e: Oesophagus; lg: labrale Drüsen; li: Lipide; m: Mesenterium; mc: Verengung des Mitteldarms; I: Zone I (vorderer Mitteldarm); II: Zone 2 (mittlerer Mitteldarm); III: Zone 3 (hinterer Mitteldarm). B1 - B4: Entwicklungsstadien der B-Zellen; D, F, R, R': Symbole, die sich auf die gleichnamigen Zellen beziehen (verändert nach Brunet *et al.*, 1994).

Um im Falle einer unterschiedlichen Nahrungssituation auf den verschiedenen Stationen, und damit einen Vergleich der Därme gut und schlecht genährter Tiere anstellen zu können, wurden jeweils Tiere einer Ozean- und einer Plateau-Station betrachtet. Für den Vergleich wurden die Weibchen folgender Arten ausgewählt: *Clausocalanus furcatus* (Plateau-Station 452, Ozean-Station 493), *C. paululus* (Plateau-Station 456, Ozean-Station 459), *Paracalanus denudatus* (Plateau-Station 452, Ozean-Station 493). Da einige der untersuchten Tiere

weniger gut Formalin-fixiert waren, war statt einer Bestimmung oftmals nur ein Vergleich der B-Zellen-Anzahl und der Höhe der Mitteldarm-Epithelzellen möglich.

Des Weiteren dienten die histologischen Schnitte der Volumenberechnung des Darmtraktes. Zu diesem Zweck wurden die Schnitte digital fotografiert (Axioskop 2 Plus und AxioCam HR von Zeiss) und die Flächen des Darmtraktes aller Schnitte berechnet (Axiovision 3.0 von Zeiss), summiert und mit der Summe der Schnittstärke multipliziert.

Da in einigen Fällen keine zusätzlichen Copepoden der betreffenden Arten, Stadien und Stationen für die histologischen Untersuchungen zur Verfügung standen, war eine Berechnung des Darmvolumens hier nicht möglich. Um dennoch den Anteil der Nahrung bestimmen zu können, wurden die Darmvolumina dieser fehlenden Stadien errechnet. Diesen Berechnungen lag das Verhältnis von Darmvolumen zur Cephalothoraxlänge anderer Arten/Stadien der selben Familie zugrunde. Die Cephalothoraxlängen der Stadien Copepodid CV, Weibchen und Männchen wurden anhand des Medians aller untersuchten Tiere der betreffenden Art ermittelt. Für die Bestimmung der Darmvolumina der Männchen von *Paracalanus denudatus* und *P. nanus* dienten die ermittelten Werte des Darmvolumens und der Cephalothoraxlänge der Art *Parvocalanus crassirostris* (Männchen), für Männchen von *Clausocalanus furcatus* die ermittelten Werte der Art *C. paululus* (Männchen) (s. Berechnung der folgenden Seite) und für die Berechnung der Darmvolumina der Stadien von *Neocalanus gracilis* die Werte der Art *N. robustior*.

Für die Berechnung des Darminhalts (Volumen) diente das Darm-Volumen (μm^3) der jeweiligen Arten und die Darmfüllung (%). Der prozentuale Anteil der nicht-identifizierbaren Nahrung konnte daraufhin anhand der ermittelten Volumina der identifizierten Futterpartikel (μm^3) und des Darminhalts (μm^3) des betreffenden Individuums bestimmt werden.

Beispiel für die Berechnung des Darmvolumens von *Clausocalanus furcatus* (Männchen):

Spezies	Darmvolumen (Median in μm^3)		Cephalothoraxlänge (Median in μm)	
	Weibchen	Männchen	Weibchen	Männchen
<i>C. furcatus</i>	2.599.135	?	780,0	525,0
<i>C. paululus</i>	515.209	142.025	500,0	362,5

1. Das Verhältnis Darmvolumen/Cephalothoraxlänge wird mit den gemessenen Werten der Art *C. paululus* für Weibchen und Männchen errechnet.

$$C. \text{ paululus: } \frac{\text{Darmvolumen (Weibchen)}}{\text{Cephalothoraxlänge (Weibchen)}} = \frac{515.209 \mu\text{m}^3}{500 \mu\text{m}} = 1030,4$$

$$C. \text{ paululus: } \frac{\text{Darmvolumen (Männchen)}}{\text{Cephalothoraxlänge (Männchen)}} = \frac{142.025 \mu\text{m}^3}{362,5 \mu\text{m}} = 391,8$$

2. Das Ergebnis für die Weibchen wird durch das Ergebnis für die Männchen dividiert und man erhält einen Faktor

$$\frac{1030,4}{391,8} = \underline{\underline{2,6}}$$

3. Das Verhältnis Darmvolumen/Cephalothoraxlänge wird mit den gemessenen Werten der Art *C. furcatus* für Weibchen errechnet.

$$C. \text{ furcatus: } \frac{\text{Darmvolumen (Weibchen)}}{\text{Cephalothoraxlänge (Weibchen)}} = \frac{2.599.135 \mu\text{m}^3}{780,0 \mu\text{m}} = 3332,2$$

4. Das Ergebnis für die Weibchen wird durch den erhaltenen Faktor für die Art *C. paululus* dividiert.

$$\frac{3332,2}{2,6} = 1267,0$$

5. Das Ergebnis wird mit dem gemessenen Wert der Cephalothoraxlänge für Männchen der Art *C. furcatus* multipliziert und man erhält den Wert des Darmvolumens für Männchen der Art *C. furcatus*.

$$C. \text{ furcatus: } 1267,0 \times \text{Cephalothoraxlänge (Männchen)} = 1267,0 \times 525,0 = 665.178$$

$$C. \text{ furcatus: } \Rightarrow \text{Darmvolumen (Männchen)} = 665.178 \mu\text{m}^3$$

3.5.1. Herstellung der Präparate

Fixierung, Entwässerung und Einbettung

Die Vorbereitung der Copepoden für die histologischen Schnitte wird bei Niehoff (1996) beschrieben. Eine Vorfixierung in einer 2,5% Glutaraldehyd-Lösung war in diesem Fall nicht möglich, da die zu untersuchenden Tiere bereits in einem mit Hexamin gepufferten 4% Formalin/Seewasser Gemisch fixiert waren. Demnach entfielen auch die Fixierung nach Karnovsky (1965), das Spülen und die Aufbewahrung in Natriumkakodylat-Puffer. Trotz dieser Umstände ließen sich später unterschiedliche Zelltypen erkennen.

Vor der Einbettung mußten die Tiere entwässert werden. Zuvor wurden den Tieren die Antennen und Extremitäten abpräpariert. Um die Entwässerung möglichst behutsam durchzuführen und damit das empfindliche Gewebe zu schützen, wurden die Proben durch eine aufsteigende Alkoholreihe in 10% Schritten (Ausnahme: 5%-Schritt zwischen 90 und 100%), beginnend mit 10%igen Ethanol, geführt (siehe Schema, S. 33). Abweichend von Niehoff (1996) wurde das Eosin dem 10%igen Ethanol zugesetzt. Das Eosin dient dem Anfärben der Tiere und wurde ursprünglich dem 95%igen Alkohol beigemischt. Durch das Anfärben lassen sich die Copepoden während der Anfertigung der Schnitte (s.u.) leichter erkennen. Da die Copepoden-Arten in dieser Untersuchung sehr klein sind und um ein leichteres Auffinden während der Entwässerungsphase zu ermöglichen, erfolgte das Anfärben der Tiere bereits zu Beginn der Entwässerungsphase.

Vor der Einbettung der Copepoden in einen Kunststoff (Technovit[®] 7100 der Firma Heraeus-Kulzer) auf der Basis von Glykolphosphorsäuremethacrylat, erfolgte die Präinfiltration und Infiltration (s. Schema der folgenden Seite). Nach der Infiltration wurde je ein Tier in eine spezielle Einbettungsform aus Teflon überführt. Der dann zugesetzte Härter löst die Polymerisation aus, so daß nach zwei bis sechs Stunden der fertige Block mit dem eingebetteten Tier entnommen werden kann.

Die Präparate mußten aufgrund der starren Struktur der Teflonformen mit einem speziellem Verfahren herausgelöst werden (Abb. 13). Auf den erstarrten Kunstharz wurde in eine Vertiefung der Einbettform eine dickflüssige Mischung von Technovit[®] 3040 –Lösung und –Pulver im Verhältnis 1:2 gegeben. Darauf wurde ein Holzblock gedrückt, der später in das Mikrotom eingepaßt wird (s. unten). Technovit[®] 3040 verbindet beim Aushärten den Kunstharz- und Holzblock miteinander, so daß das Präparat mit Hilfe des aufgesetzten Holzblocks nach zirka 5 Minuten herausgelöst werden kann.

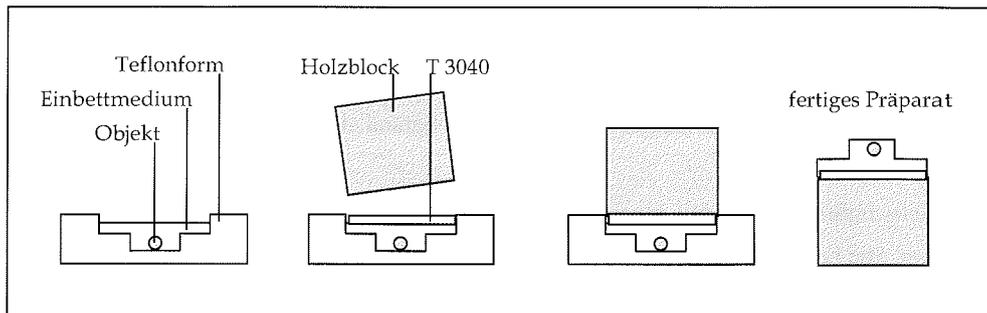


Abb. 13: Schematische Darstellung des HerauslöSENS der Kunstharz-Präparate aus Teflon-Einbettformen.
EM = Einbettmedium (Technovit® 7100), T 3040 = Technovit® 3040 (verändert nach Niehoff, 1996)

Schematische Übersicht über die histologischen Arbeitsgänge (verändert nach Niehoff, 1996):

Arbeitsgang	Dauer	Lösung: Zusammensetzung
Aufbewahrung	seit 1998	• Hexamin gepuffertes 4%iges Formalin/Seewasser Gemisch
Entfernen der Antennen und Extremitäten		
Entwässerung	5 Minuten	• 10% Ethanol + Eosin
	je 5 Minuten	• 20%, 30% Ethanol
	je 10 Minuten	• 40%, 50%, 60% Ethanol
	20 Minuten	• 70% Ethanol
	40 Minuten	• 80% Ethanol
	90 Minuten	• 90% Ethanol
	30 Minuten	• 95% Ethanol
	3 x 30 Minuten	• 100% Ethanol (unvergällt)
Präinfiltration	2 – 4 Stunden	• Präinfiltrationsmedium: 100% Ethanol + Basis Technovit® 7100 (1:1)
Infiltration	12 – 18 Stunden	• Infiltrationsmedium: Basis Technovit® 7100 + 1g Dibenzolperoxid (Härter I)
Einbettung		• Einbettmedium: 15ml Infiltrationsmedium + 1ml Beschleuniger mit Barbitursäurederivat (Härter II)
Aushärtung	2 – 6 Stunden	
HerauslöSEN der Präparate		
Schneiden, Spreiten und Trocknen		
Färbung	2 – 5 Sekunden	• Richardson Färbelösung: Richardson Blue = Methylenblau-Azur II / 2 %ige Lösung von Azur II in 0,5 %igem Borax

Anfertigung der Schnitte

Vor dem Anfertigen der Schnitte wurde der Kunstharzblock mit Hilfe einer Rasierklinge zu einer Pyramide getrimmt. Der eingebettete Copepode befand sich danach in der Spitze dieser Pyramide.

Die Serienschnitte wurden mit einem Mikrotom (Autocut 2040 der Firma Reichert-Jung) angefertigt. Die benötigten Glasmesser wurden mit einem Messerbrecher (KnifeMaker 7800B LKB Produkter AB) hergestellt. Entgegen der bei Niehoff (1996) verwendeten Standard-Schnittdicke von 5µm wurden hier die Schnittdicken den Körperumfängen der jeweils untersuchten Arten angepasst:

1. Schnittdicke von 2µm für kleine Arten der Familien Clausocalanidae, Paracalanidae und für die Arten *Acartia negligens* und *Temoropia mayumbaensis*
2. Schnittdicke von 3µm für die mittelgroße Art *Mecynocera clausi*
3. Schnittdicke von 5µm für große Arten der Familie Calanidae

Bearbeitung der histologischen Präparate

Die fertigen Schnitte wurden zum Spreiten auf Wassertropfen auf einen Objektträger übertragen und bei 60-80°C getrocknet (Niehoff, 1996). Daraufhin wurden die Schnitte mit Richardson Blue (Schnellfärbung mit Methylenblau-Azur II / 2%ige Lösung von Azur II in 0,5%igem Borax) (Richardson *et al.*, 1960) gefärbt und anschließend als Dauerpräparate mit Malinol (Kunstharz der Firma Merck) eingebettet.

3.6. Gnathobasen-Morphologie

Die Morphologie der Mandibel-Gnathobasen („Kauladen“) kann auf die Ernährungsweise der betreffenden Copepoda deuten. Für die Betrachtung der morphologischen Details wurden Dauerpräparate der Kauladen hergestellt (mit Ausnahme von *Temoropia mayumbaensis* und *Acartia negligens*). Mit Hilfe eines Zeichentubus wurde jede Kaulade gezeichnet.

Diese Zeichnungen dienen der Bestimmung des "edge index" (Itoh, 1970) und somit der Charakterisierung der Nahrungspräferenz der untersuchten Copepoden. Für die Bestimmung wurden neben den Zeichnungen auch Gnathobasen genutzt, die bei der Präparation für die Mageninhaltsanalysen (Quetschpräparate) anfielen und fotografiert wurden. Es wurden je Art und Entwicklungsstadium (Männchen, Weibchen, CV) drei bis fünf Gnathobasen vermessen. Der "edge index" (I_e) gibt das Verhältnis der Längen der „Zähne“ zum Abstand zwischen den „Zähnen“ im Vergleich zu der Gesamtbreite der Kaulade wider (Abb. 14). Die Anzahl der „Zähne“ geht mit „N“ ein. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$I_e = \sum \left(\frac{w_i h_i}{W H} 10^4 \right) / N \quad \text{Folgende Längen gelten:}$$

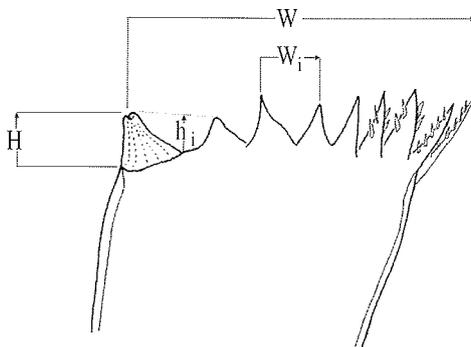


Abb. 14: Darstellung der geltenden Längenmessung für den "edge index" (I_e) (Itoh, 1970)

In Abhängigkeit vom "edge index" (I_e) lassen sich drei Gruppen von Copepoden unterscheiden:

- Gruppe I ($I_e < 500$) \Rightarrow „herbivore“ Copepoden
- Gruppe II ($I_e = 500-900$) \Rightarrow omnivore Copepoden
- Gruppe III ($I_e > 900$) \Rightarrow carnivore Copepoden

Die Gnathobasen-,„Zähne“ können in drei Gruppen getrennt werden (Beklemishev, 1954a; Sullivan *et al.*, 1975): beginnend mit der ventralen Seite der Mandibel-Kante und fortfahrend zu der dorsalen Kante sind dies also ventrale, zentrale und dorsale Gruppe. Die Kennzeichnung der Gnathobasen-,„Zähne“ (Abb. 15) erfolgte nach Beklemishev (1959).

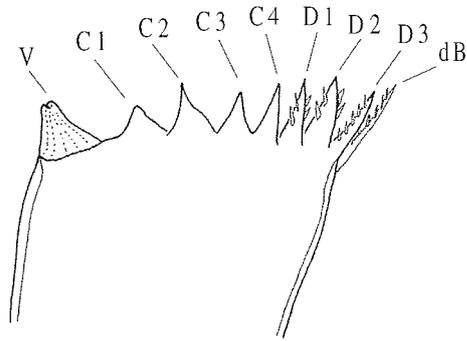


Abb. 15: Kennzeichnung der Gnathobasen-,„Zähne“ (nach Beklemishev, 1959). V: ventraler Zahn; C1-C4: zentrale Zähne 1-4; D1-D3: distale Zähne 1-3; dB: distale Borste

Je nach geographischer Herkunft bilden einige Copepoda einen zweiten ventralen Zahn (V2) aus (Beklemishev, 1959; Sullivan *et al.*, 1975; Vyshkvartseva, 1975; Schnack, 1989).

3.6.1. Herstellung der Dauerpräparate

Die Kauladen der Männchen, Weibchen und des Stadiums CV jeder Art wurden mit Minutiennadeln abpräpariert und in Glycerin gebettet. Mittels Paraffin und Deckgläschen wurden Dauerpräparate nach folgendem Muster angefertigt (Abb. 16):

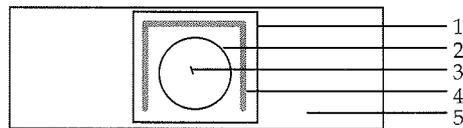


Abb. 16: Herstellung eines Dauerpräparates

1. Deckgläschen; 2. Glycerin; 3. Objekt; 4. Paraffin; 5. Objektträger

Mit Hilfe eines Spatels, dessen Kantenlänge in etwa der eines Deckgläschens entspricht, wird geschmolzenes Paraffin in „U“-Form auf den Objektträger aufgetragen. Dabei bleibt eine Kante ausgespart (siehe Abb. 16). In der Mitte dieser Form wird ein kleiner Tropfen Glycerin gegeben und das gewünschte Objekt darin abgesetzt. Anschließend wird das Objekt in die gewünschte Lage gebracht. Daraufhin wird das Deckglas passend auf die Kanten des Paraffins gelegt. Das Paraffin sollte so dünn aufgetragen sein, dass das darauf ruhende Deckglas Kontakt zum Glycerin erhält. Der Objektträger wird dann mit einer Gasflamme auf der Unterseite leicht erhitzt. Dabei ist auf eine gleichmäßige und langsame Erwärmung zu achten: Das geschmolzene Paraffin soll das Glycerin und somit das eingebettete Präparat ohne Lufteinschlüsse umlagern. Nach dem Abkühlen und Erstarren des Paraffins ist das Präparat in seiner bestehenden Position fixiert und luftdicht abgeschlossen. Für eine Lageveränderung des Präparates wird der Objektträger erneut erhitzt und durch leichtes Verschieben des Deckglases eine andere Lage des Objektes erzielt.

3.7. Statistische Verfahren

In der vorliegenden Arbeit wird als Mittelwert der Median dem arithmetischen Mittel vorgezogen. Der Median (Z) wird bei asymmetrischen Verteilungen genutzt, während das arithmetische Mittel (ξ) bei symmetrischen Verteilungen dienlich ist (Lozán, 1992). Zudem bleibt der Median von extremen Werten unbeeinflusst – diese Ausreißer-Unempfindlichkeit des Medians nennt man Robustheit (Lozán, 1992; Sachs, 1993). Für die Auswertung der mittleren Cephalothoraxlängen und Darm-Füllungsgrade wurde der Median gewählt, da es sich bei den betreffenden Daten um kleine Stichproben-Umfänge handelt, die meist schief verteilt (also asymmetrisch) sind und teilweise Extremwerte aufweisen.

Im vorliegenden Fall ist die Prüfung auf Nicht-Normalverteilung in zwei Fällen (Datenumfang $\bullet 50$; nach Sachs, 1993) möglich gewesen. Im ersten Fall handelt es sich um die Cephalothoraxlänge der Art *Clausocalanus furcatus* (Weibchen) der Station 455 (189 Werte), im zweiten Fall die der Art *Parvocalanus crassirostris* (Weibchen) der Station 493 (50 Werte). Ein Hinweis für Normalverteilung liegt ebenfalls vor, wenn Median und Mittelwert zusammen fallen (Köhler *et al.*, 1995). Für die Berechnung wurde der Kolmogoroff-Smirnoff-(K-S-) Test des Programms StatView Vers. 5.0 verwendet.

Bei Feststellung von Nicht-Normalverteilung sind parameterfreie Verfahren und entsprechende Signifikanzprüfungen zu verwenden.

Der (Kruskal-Wallis-) H-Test dient der Prüfung, ob die beobachteten Unterschiede zwischen mehreren zu vergleichenden (unabhängigen) Stichproben als signifikant anzusehen sind. Der H-Test stellt eine Generalisierung des (Mann-Whitney-) U-Tests dar (Lozán, 1992). Der U-Test prüft, ob die Mediane zweier unabhängiger Stichproben X und Y signifikant verschieden sind. Er basiert auf der Vergabe von Rangzahlen und kann mit einem Stichprobenumfang von $N \bullet 8$ durchgeführt werden (Köhler *et al.*, 1995). Die Berechnungen wurden mit dem Programm StatView Vers. 5.0 durchgeführt.

Der Signifikanz-Test nach Kolmogoroff-Smirnoff (K-S-Test) prüft, ob zwei unabhängige Stichproben von Ordinaldaten sich in bestimmten Parametern (Lage, Streuung, Skewness, Kurtosis) unterscheiden. Für sehr kleine Stichproben (hier: $N < 8$) ist der Kolmogoroff-Smirnoff-Test dem Mann-Whitney-Test vorzuziehen (Engel, 1997).

Die angegebenen p-Werte zeigen an, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine ebenso große und größere Prüfgröße, wie die berechnete, erwartet werden kann, wenn zwischen den beiden Mittelwerten μ_1 und μ_2 der Nullhypothese entsprechend kein Unterschied vorliegt. Ist diese

Wahrscheinlichkeit kleiner als üblicherweise 5%, so schließt man, dass anhand der vorliegenden Stichproben die Nullhypothese auf dem 5%-Signifikanzniveau abgelehnt wird. Zur Kennzeichnung auf dem 5%-, 1%-, 0,1%-Niveau statistisch signifikanter Befunde wurde die Sternsymbolik benutzt:

- * 0,05 • p > 0,01
- ** 0,01 • p > 0,001
- *** p • 0,001

Die Berechnungen wurden mit dem Programm StatView Vers. 5.0 durchgeführt.

Mit Hilfe der 1. Quartile, 3. Quartile und des Medians für die bestimmten Cephalothoraxlängen und den Grad der Darmfüllung wurden Multi Dimensional Scaling- (MDS-) Plots erstellt. Die ermittelten Werte basieren auf den Messungen der folgenden Arten: *Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*, *Mecynocera clausi*, *Mesocalanus tenuicornis* und *Parvocalanus crassirostris*. Die Berechnung der Quartilen ist mit mindestens 12 Werten möglich (Sachs, 1993). Mit dem Programm MVSP (Multi Variate Statistical Package) Vers. 3.1 wurde eine Ähnlichkeitsanalyse durchgeführt. Da die Cephalothoraxlängenverteilung für jede Art spezifisch ist und somit die Cephalothoraxlängen der verschiedenen Arten nicht direkt vergleichbar sind, wurde als Dissimilaritätsmaß für die Ähnlichkeitsanalyse der Cephalothoraxlängen die Canberra-Metrik gewählt, da diese die Daten automatisch standardisiert.

Canberra-Metrik:
$$CMd_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{(x_{ik} + x_{jk})}$$

Die Gemeinschaftsanalyse mit Hilfe der Abundanz der untersuchten Copepoda wurde ebenfalls mit der Canberra-Metrik durchgeführt.

Die Ähnlichkeitsanalyse für den Grad der Darmfüllung wurde mit dem nicht standardisierenden Bray-Curtis-Maß durchgeführt, da die prozentuale Darmfüllung kein Merkmal einer Art darstellt und somit für alle Arten vergleichbar ist.

$$\text{Bray-Curtis-Ma\ss: } \text{BCd}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_{k=1}^n (x_{ik} + x_{jk})}$$

Mit dem Programm Primer Vers. 5.0 wurde anhand der Ähnlichkeits- (Dissimilaritäts-) Matrizen ein MDS -Plot erstellt. Es wurden jeweils 20 Anfangskonfigurationen getestet, von denen für den MDS-Plot diejenige ausgewählt wurde, die den geringsten Stress aufwies. Der Stress gibt an, inwieweit die Distanzen der Punkte im Plot zueinander die Werte der Similaritätsmatrix repräsentieren. Ein Stress-Wert von $< 0,05$ gibt eine sehr gute Repräsentanz wieder und lässt kaum Fehlinterpretationen zu. Eine hervorragende Repräsentanz wird durch einen Stress von $< 0,01$ wiedergegeben (Clarke & Warwick, 2001). Die MDS-Plots wurden in zwei Dimensionen ordniert.

4. Ergebnisse

4.1. Verteilung und Abundanz der dominanten Copepoda

Die Abb. 17a-m geben die Vertikalverteilung, die Tab. 1 im Anhang gibt die Abundanz der Weibchen der untersuchten dominanten Copepodenarten auf der Großen Meteorbank und des umgebenden Ozeans wieder. Die Stationen werden getrennt nach Tages- und Nachtfängen behandelt.

Calanidae

Nannocalanus minor zeigt deutliche Tag-Nacht-Unterschiede in der Verteilung (Abb. 17a). Tagsüber scheint *N. minor* auf dem Plateau (Station 456, 519 und 511) die Wasserschichten innerhalb der Pyknokline zwischen 50 und 100m Tiefe (150m auf Station 459 und 511) zu bevorzugen. Oberhalb von 50m Tiefe befinden sich nur wenige Individuen. Über der tieferen See (Station 459 / 2786m) tendiert *N. minor* dagegen auch zu geringeren Tiefen (10 bis 50m). Die Abundanz-Unterschiede zwischen Plateau und Ozean sind gering (55 bzw. 51 Weibchen/100m³) (Tab. 6). Vollkommen anders verhält sich die Art während der Nacht: auf allen Stationen sind die Tiere in höchster Abundanz in den oberen 10m zu finden. Die Abundanz auf dem Plateau ist gegenüber dem Ozean doppelt so hoch (53 bzw. 25 Weibchen/100m³).

Bei *Mesocalanus tenuicornis* ist kein deutlicher Tag-Nacht-Unterschied in der Verteilung zu erkennen (Abb. 17b). Tagsüber werden von *M. tenuicornis* sowohl auf den Plateau- als auch auf der Ozean-Stationen Tiefen zwischen 50 und 150m aufgesucht. Im Gegensatz zu den Ozean-Station tendieren die Tiere auf dem Plateau in der Nacht auch zu geringeren Tiefen (0-50m). Die Abundanz ist in der Nacht auf allen Stationen höher (201 gegenüber 140 Weibchen/100m³). Besonders deutlich ist dies über dem Plateau (201 Weibchen/100m³ in der Nacht gegenüber 63 Weibchen/100m³ am Tage) (Tab. 6). Auf allen Nacht-Stationen haben die Tiere ihr Abundanz-Maximum zwischen 50 und 100m Tiefe.

Abb. 17a, b

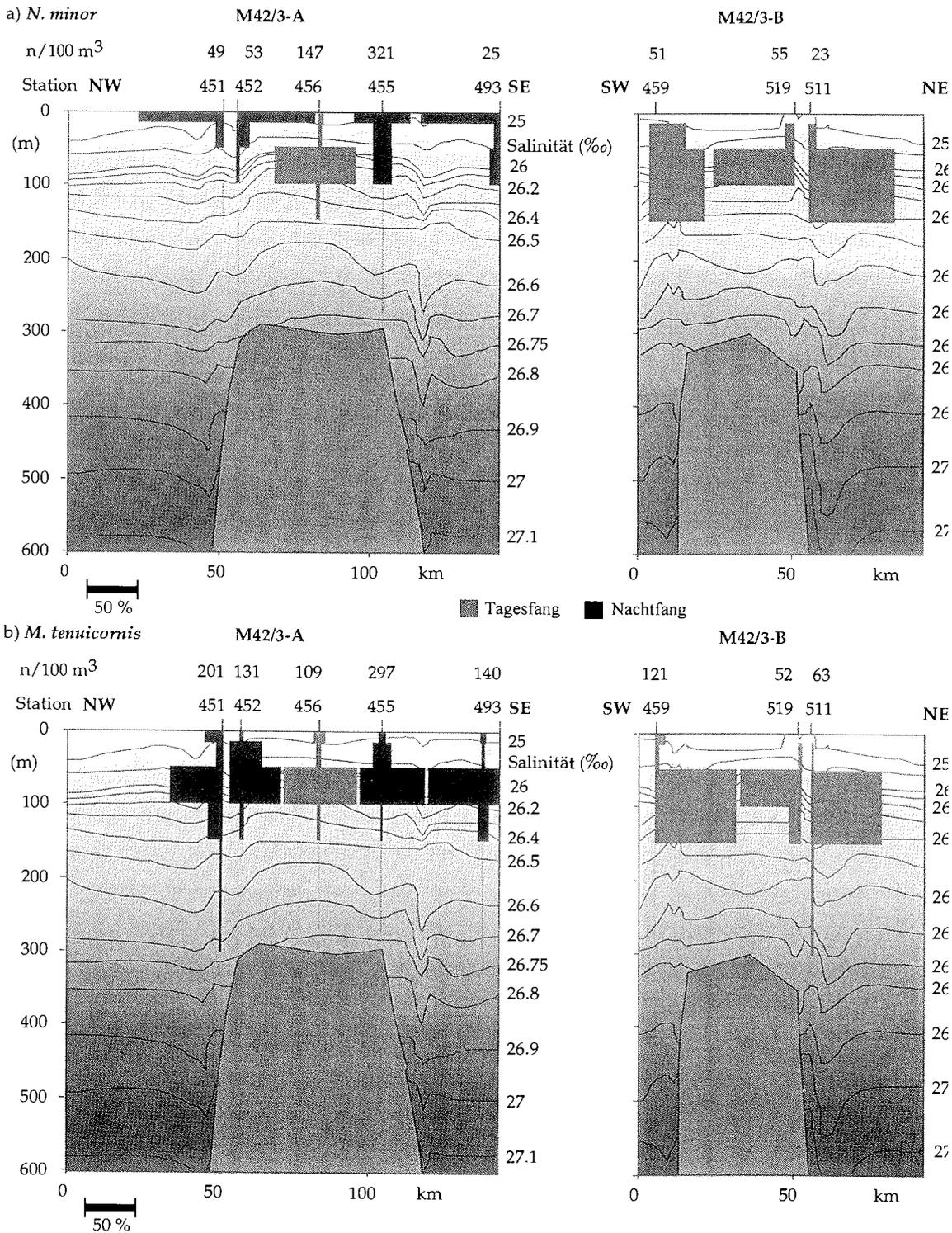


Abb. 17 a, b: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *N. minor* und *M. tenuicornis*, Isopyknen auf Transekten M 42/3 A und M 42/3 B

Die Vertikalverteilung von *Neocalanus gracilis* variiert stark in der Nacht (Abb. 17c); eine einheitliche Tendenz ist nicht zu erkennen. Auffällig ist, dass sich ein relativ großer Teil der Tiere auf der Station 493 unterhalb der Pyknokline befindet. Am Tage ist die Verteilung unabhängig vom Gebiet einheitlicher mit Abundanz-Maxima zwischen 50 und 100m (Station 456 und 519), beziehungsweise zwischen 50 und 150m (Station 459 und 511). Auf der Station 519 befindet sich wiederum ein relativ großer Teil der Tiere unterhalb der Pyknokline. Die Abundanz unterscheidet sich deutlich: Während die Abundanz in der Nacht über dem Plateau immer höher ist als über der Tiefsee (9 gegenüber 4 Weibchen/100m³) (Tab. 6), finden sich am Tage oft mehr als doppelt so viele Weibchen über der Tiefsee (8 Weibchen/100m³ über dem Plateau gegenüber 17 Weibchen/100m³ über der Tiefsee).

Neocalanus robustior (Abb. 17d) wurde nachts auf den im Nordwesten des Seeberges gelegenen Stationen 451 und 452 (Plateau) nicht angetroffen, ist aber auf der im Süden gelegenen Plateau-Station 455 und auf der Station 493 (Ozean) zwischen 10 und 100m, und hier ausschließlich, vorhanden. Damit ist das nächtliche Verteilungsmuster von *N. robustior* vor allem über der Tiefsee von dem der anderen untersuchten Calanidae sehr unterschiedlich. Während die Verteilung von *N. gracilis* in der Nacht stark variierte, variiert sie bei *N. robustior* am Tage: Die Tiere hielten sich zwischen 10 und 50m (Station 459) beziehungsweise 50 und 100m (Station 519) auf. Station 456 zeigt eine gleichmäßige Verteilung zwischen 10 und 100m. Die Hang-Station 511 weist die meisten Tiere in 10 bis 50m Tiefe auf, wobei sich allerdings auch ein großer Anteil nahe der Oberfläche (0-10m) befindet. Die Abundanz ist insgesamt niedrig und variiert sehr; wesentliche Tag-Nacht-Unterschiede lassen sich zwischen Plateau und Ozean nicht erkennen.

Abb. 17c, d

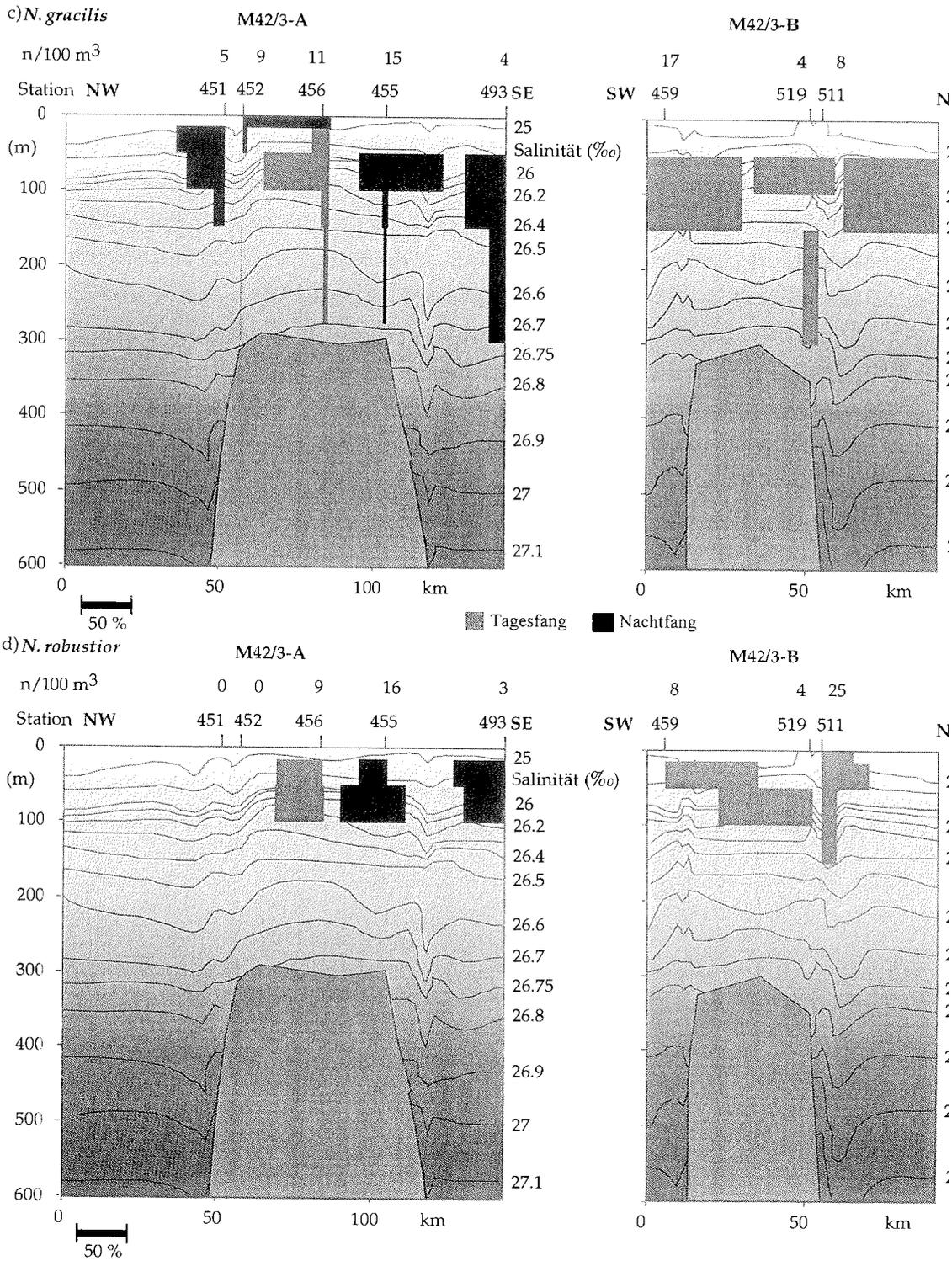


Abb. 17 c, d: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *N. gracilis* und *N. robustior*, Isopyknen auf Transekten M 42/3 A und M 42/3 B

Zusammenfassend ergeben sich für *N. minor* geringfügige, für *M. tenuicornis* dagegen keine Tag-Nacht-Unterschiede. Die höchste Abundanz für *N. minor*, *M. tenuicornis* und *N. gracilis* liegt am Tage innerhalb der Dichtesprungschicht (Pyknokline), zwischen 50 und 100m, beziehungsweise zwischen 50 und 150m. Bei *N. robustior* variiert die Verteilung dagegen stark und ist auf keiner der untersuchten Tages-Stationen vergleichbar mit der anderer Calanidae. Umgekehrt zeigt *N. gracilis* ein extrem variierendes Verteilungsmuster in der Nacht, während *N. minor* (0 – 10m) und *M. tenuicornis* (50 – 100m) relativ gleichmäßig im gesamten untersuchten Gebiet verteilt sind. *N. robustior* findet sich nachts, ebenfalls recht gleichmäßig verteilt (10 – 100m), nur auf den untersuchten Stationen im Südosten. Bis auf *N. robustior* halten sich die untersuchten Calanidae nachts in größerer Zahl über als neben dem Plateau auf. Am Tage weisen *M. tenuicornis* und *N. gracilis* dagegen eine doppelt so hohe Abundanz neben dem Plateau auf.

Paracalanidae

Paracalanus denudatus zeigt nachts auf allen Stationen die höchste Abundanz zwischen 50 und 100m (Abb. 17e). Das Verteilungsmuster ist dem von *M. tenuicornis* sehr ähnlich, nicht jedoch die Abundanzverhältnisse: *P. denudatus* findet sich während der Nacht in höherer Abundanz über der Tiefsee. Während des Tages scheinen sich die Tiere bevorzugt in höheren Wasserschichten aufzuhalten. Dies trifft vor allem für die Station 456 (Plateau) zu. Aber auch die anderen Plateau-Stationen 511 und 519 und die Ozean-Station 459 zeigen eine hohe Abundanz in geringeren Wassertiefen. *P. denudatus* findet sich im Vergleich zur Nacht am Tage häufiger über dem Plateau als im ozeanischen Bereich.

Paracalanus nanus weist nachts eine hohe Abundanz in den oberen 100m Wassersäule auf (Abb. 17f). Auf den Plateau-Stationen im Nordwesten (451 und 452) zeigt sich allerdings eine Tendenz zu geringeren Wassertiefen (10 bis 50m), während im Südosten (455 und 493) eine Tendenz zu 100m Tiefe besteht. Die Verteilung am Tage weicht nur geringfügig von der in der Nacht ab. Innerhalb der Paracalanidae fällt auf, dass sich auf den Plateau-Stationen 456 und 519 keine *P. nanus* in den oberen 10m finden lassen. *P. nanus* tritt in insgesamt höherer Abundanz als *P. denudatus* auf. Außerdem verhält sich *P. nanus* im Vergleich zu *P. denudatus* vollkommen gegensätzlich: nachts sind die Tiere mehr als doppelt so häufig über dem Plateau anzutreffen, am Tage dagegen mehr als doppelt so häufig neben dem Plateau.

Abb. 17e, f

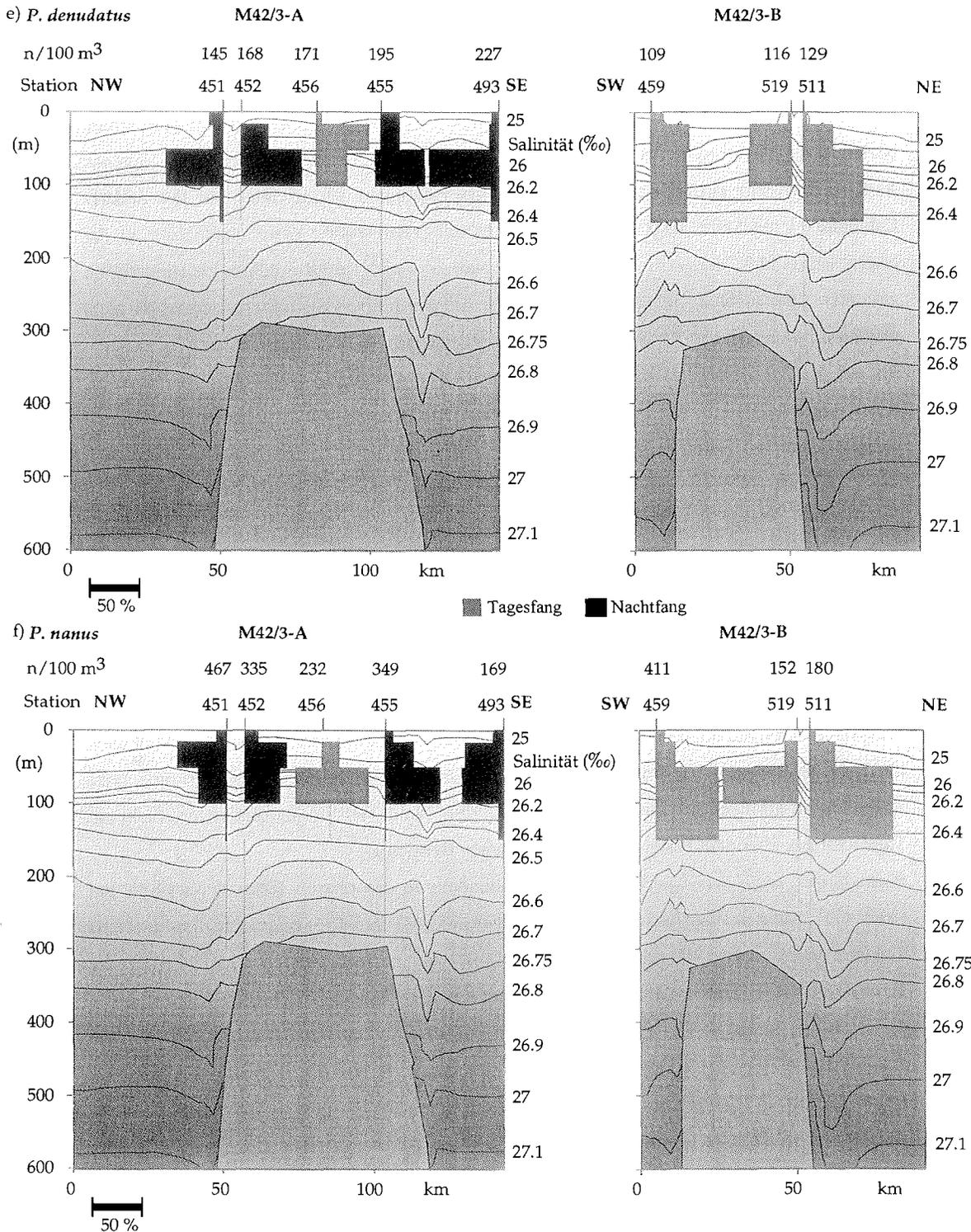


Abb. 17 e, f: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *P. denudatus* und *P. nanus*, Isopyknen auf den Transekten M 42/3 A und M 42/3 B

Die Verteilung der Art *Parvocalanus crassirostris* während der Nacht entspricht weitestgehend derjenigen von *N. minor* (Abb. 17g): eine starke Konzentration dieser Art in den Wasserschichten oberhalb der Pyknokline (0-50m). Neben der Verteilung sind ebenfalls die Abundanzverhältnisse mit *N. minor* zu vergleichen: Das Plateau zeigt gegenüber dem Ozean eine 2 bis 5-fache Abundanz. Während des Tages findet sich eine hohe Abundanz in den unteren Wasserschichten zwischen 50 und 150m und ist damit am ehesten mit der Verteilung von *P. nanus* innerhalb der untersuchten Paracalanidae zu vergleichen. Ein Abundanzunterschied zwischen Plateau und Ozean ist nicht feststellbar.

Für alle Paracalanidae ergeben sich Tag-Nacht-Unterschiede in der Vertikalverteilung. Bei *P. crassirostris* sind diese am deutlichsten ausgeprägt (nachts oberhalb 50m Tiefe, am Tage unterhalb 50m Tiefe). Dies betrifft ebenfalls die Abundanzverhältnisse in der Nacht (479 [Minimum: 525/Maximum: 1395] Weibchen/100m³ über dem Plateau gegenüber 261 Weibchen/100m³ über der Tiefsee). *P. nanus* zeigt am Tage eine Tendenz zu größeren Tiefen (> 50m) als *P. denudatus* (> 10m). Außerdem ist *P. nanus* häufiger über der Tiefsee als über dem Plateau, während sich *P. denudatus* gegenteilig verhält. Umgekehrt tendiert *P. nanus* in der Nacht zu geringeren Tiefen als *P. denudatus*. Dies betrifft vor allem die Plateau-Stationen im Nordwesten. *P. nanus* ist im Gegensatz zu *P. denudatus* nachts häufiger über dem Plateau als daneben.

Mecynoceridae

Tagsüber werden von *Mecynocera clausi* sowohl auf den Plateau- als auch auf den Ozean-Stationen bevorzugt Tiefen innerhalb der Pyknokline zwischen 50 und 100m (Station 456 und 519), beziehungsweise zwischen 50 und 150m (Station 459 und 511) aufgesucht (Abb. 17h). Die Nachtfänge auf dem Plateau und über der Tiefsee ergeben ebenfalls die höchste Abundanz in 50 bis 100m Tiefe. Die Abundanz ist sowohl am Tage als auch in der Nacht über der Tiefsee nur geringfügig höher als über dem Plateau (Tab. 6). Ein deutlicher Tag-Nacht-Unterschied ist somit kaum vorhanden.

Clausocalanidae

Die Arten *Clausocalanus furcatus* und *C. paululus* unterscheiden sich deutlich in ihrer Vertikalverteilung (Tab. 5).

Abb. 17 g, h

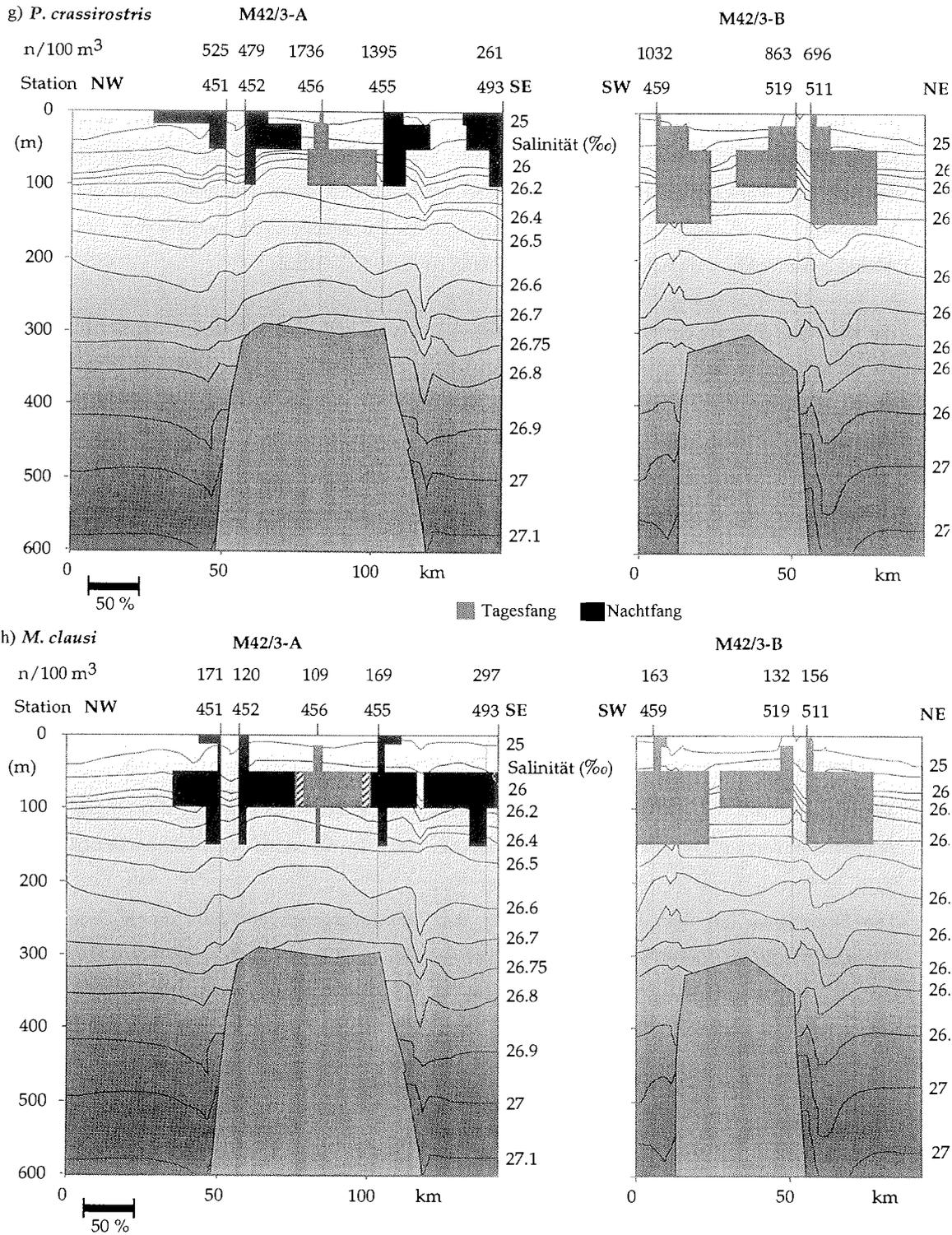


Abb. 17 g, h: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *P. crassirostris* und *M. clausi*, Isopyknen auf den Transekten M 42/3 A und M 42/3 B

C. furcatus zeigt einen deutlichen Tag-Nacht-Unterschied (Abb. 17i): Während diese Art tagsüber ein Maximum in der Wasserschicht zwischen 50 und 100/150m Tiefe hat, ist die Abundanz in der Nacht oberhalb der ersten 50m erhöht. Auffallend ist die hohe Abundanz zwischen 10 und 50m über der Tiefsee am Tage. Dieser Tag-Nacht-Unterschied ist bei den Abundanzverhältnissen weniger deutlich. Während diese Art nachts häufiger über dem Plateau vorkommt (771 [Minimum: 413/Maximum: 1955]/100m³ gegenüber 323 Weibchen/100m³ über der Tiefsee), ist sie am Tage über der Tiefsee geringfügig häufiger.

Die Verteilung und die Abundanzverhältnisse betreffend ist der Tag-Nacht-Unterschied bei *C. paululus* weniger deutlich (Abb. 17j). Diese Art hat ihren Verteilungsschwerpunkt sowohl am Tage als auch in der Nacht in tieferen Wasserschichten (ab 50m Wassertiefe). Der deutlichste Unterschied zur Nacht ist, dass die Tiere auf den Tages-Stationen auch ab 150m häufiger anzutreffen sind, also deutlich unterhalb der Pyknokline. Auffallend ist die Verteilung auf der Ozean-Station 493. Das Abundanz-Maximum liegt hier zwischen 100 und 150m, also unterhalb der Pyknokline, während es auf dem Plateau zwischen 50 und 100m liegt. In der Nacht finden sich mehr Tiere über der Tiefsee als über dem Plateau – damit verhält sich *C. paululus* in der Nacht gegensätzlich zu *C. furcatus*. Mit 1632 Weibchen/100m³ über der Tiefsee (Nacht-Station 493) ist *C. paululus* die häufigste Art dieser Untersuchung (Tab. 6).

Ctenocalanus vanus hat in der Nacht und am Tage ein ähnliches Verteilungsmuster wie *C. paululus* (Abb. 17k). *C. vanus* konzentriert sich von allen Clausocalanidae am stärksten auf die Pyknokline zwischen 50 und 100m (150m auf Station 459 und 511). Somit ist auch die Tendenz auf den Tages-Stationen zu größeren Tiefen weniger stark ausgeprägt als bei *C. paululus*. Die Abundanzverhältnisse auf den untersuchten Stationen ergeben weder in der Nacht noch am Tage Unterschiede zwischen Tiefsee und Plateau.

C. furcatus zeigt im Gegensatz zu *C. paululus* und *C. vanus* einen deutlichen Tag-Nacht-Unterschied in der Vertikalverteilung. *C. paululus* und *C. vanus* verhalten sich ähnlich, wobei *C. paululus* am Tage eine geringfügig höhere Tendenz zu größeren Tiefen zeigt. Bei *C. furcatus* wird dieser Tag-Nacht-Unterschied auch anhand der Abundanzverhältnisse deutlich – die Abundanz ist während der Nacht über dem Plateau höher, am Tage dagegen über der Tiefsee. Während *C. paululus* nur in der Nacht eine deutlich höhere Abundanz über der Tiefsee zeigt, sind bei *C. vanus* keine Unterschiede erkennbar. *C. paululus* ist die häufigste Art dieser Untersuchung.

Abb. 17i, j

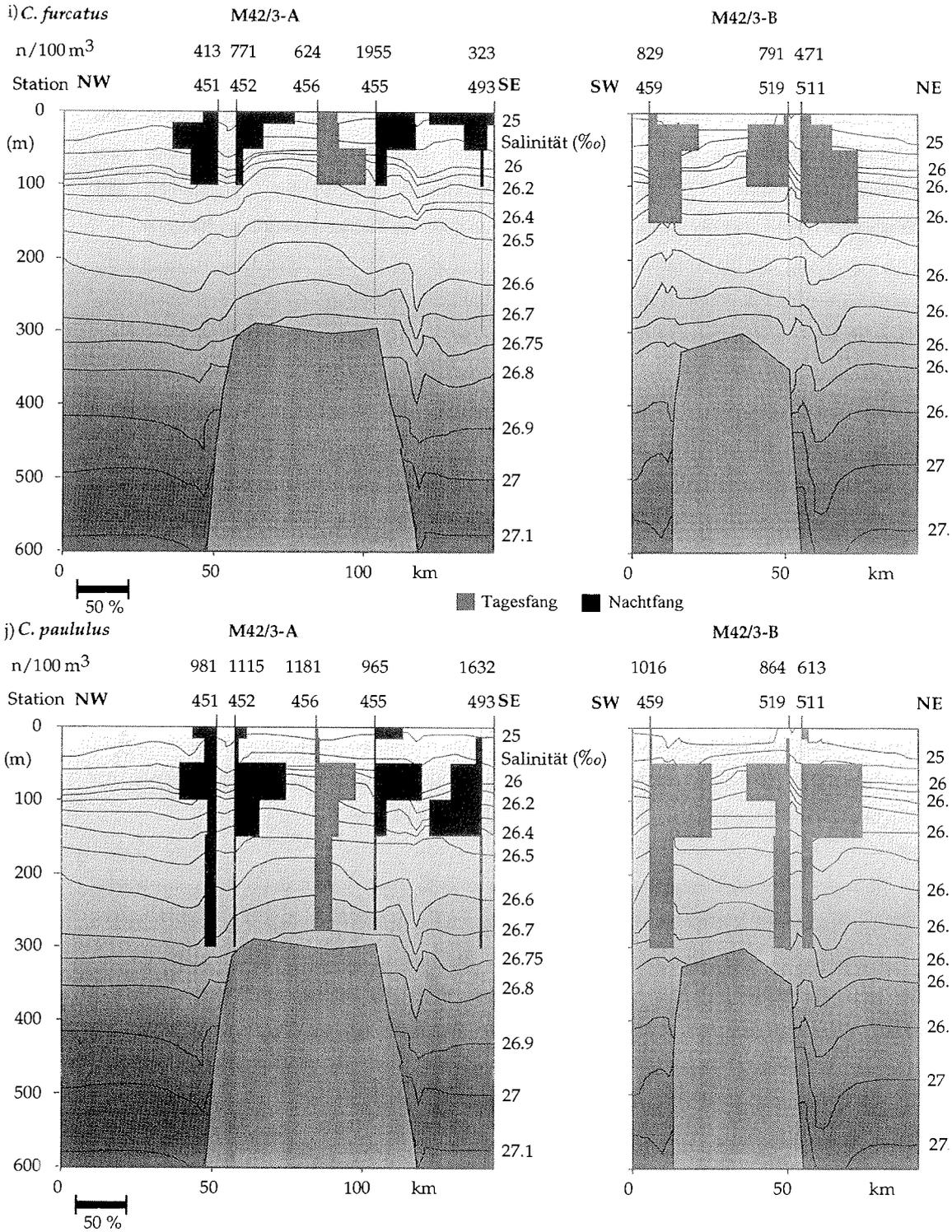


Abb. 17 i, j: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *C. furcatus* und *C. paululus*, Isopyknen au Transekten M 42/3 A und M 42/3 B

Temoridae

Temoropia mayumbaensis hat von allen untersuchten Arten die höchste Tendenz zu größeren Tiefen (Abb. 17 l). Am Tage ist diese Art deutlich zwischen 100-150m Tiefe und 300m Tiefe zu finden. Auf den Nacht-Stationen kommt diese Art am häufigsten innerhalb der Pyknokline und tiefer vor. Nur auf der Plateau-Station 455 kommt *T. mayumbaensis* bis an die Oberfläche. Abundanzunterschiede zwischen Plateau und Tiefsee sind weder am Tage noch in der Nacht vorhanden (Tab. 6).

Acartiidae

Acartia negligens (Abb. 17m) kommt am Tage und in der Nacht in den oberen Wasserschichten vor. Am Tage zeigen sich Maxima zwischen 10 und 50m (bis 150m auf der Station 511), nachts liegt das Hauptvorkommen dagegen deutlich in den oberen 10m. Die Abundanz ist am Tage über dem Plateau höher als über der Tiefsee; in der Nacht ergibt sich kein deutlicher Unterschied.

Abb. 17k, I

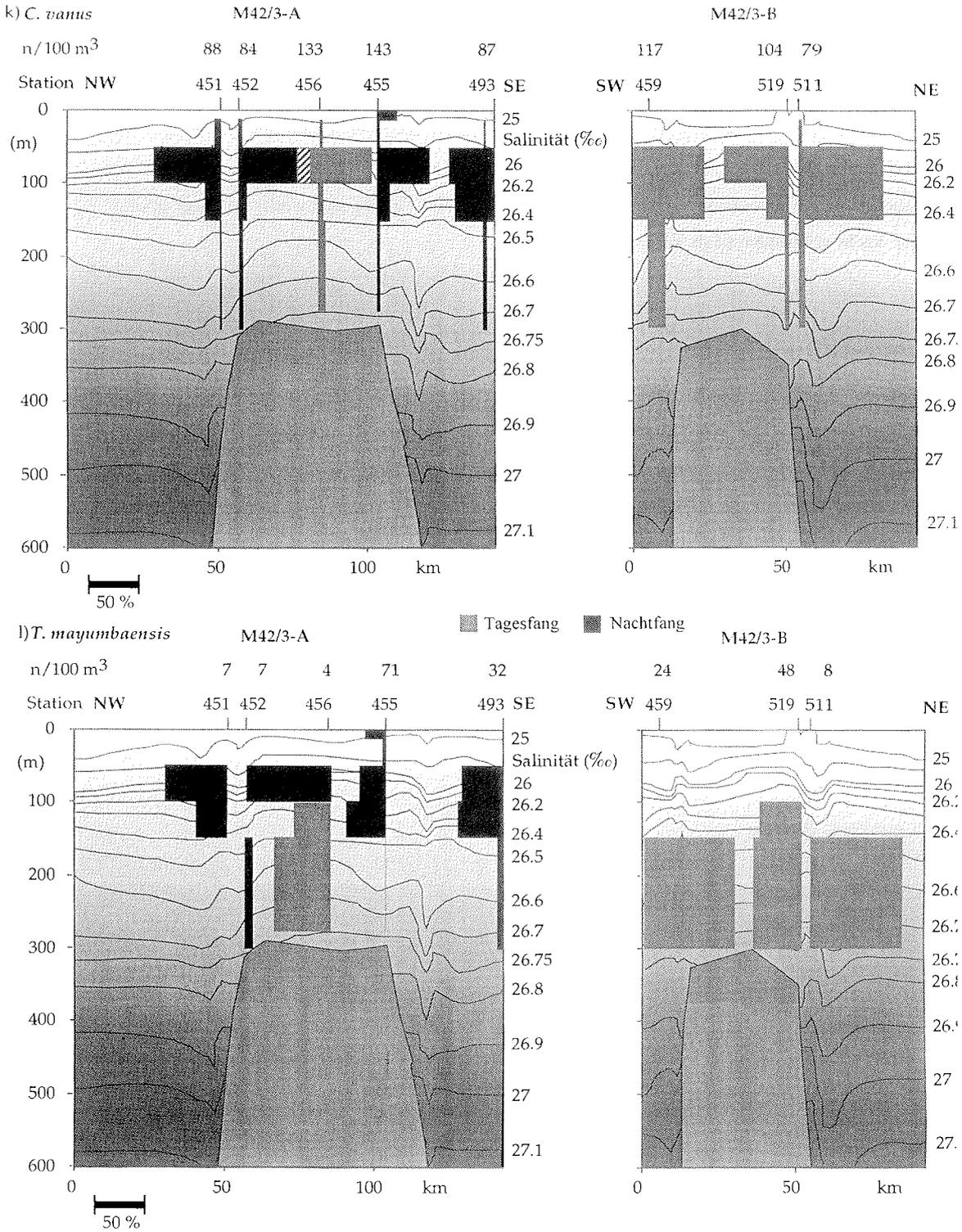


Abb. 17 k, I: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *C. vanus* und *T. mayumbaensis*, Isopyknen au Transekten M 42/3 A und M 42/3 B.

Abb. 17m

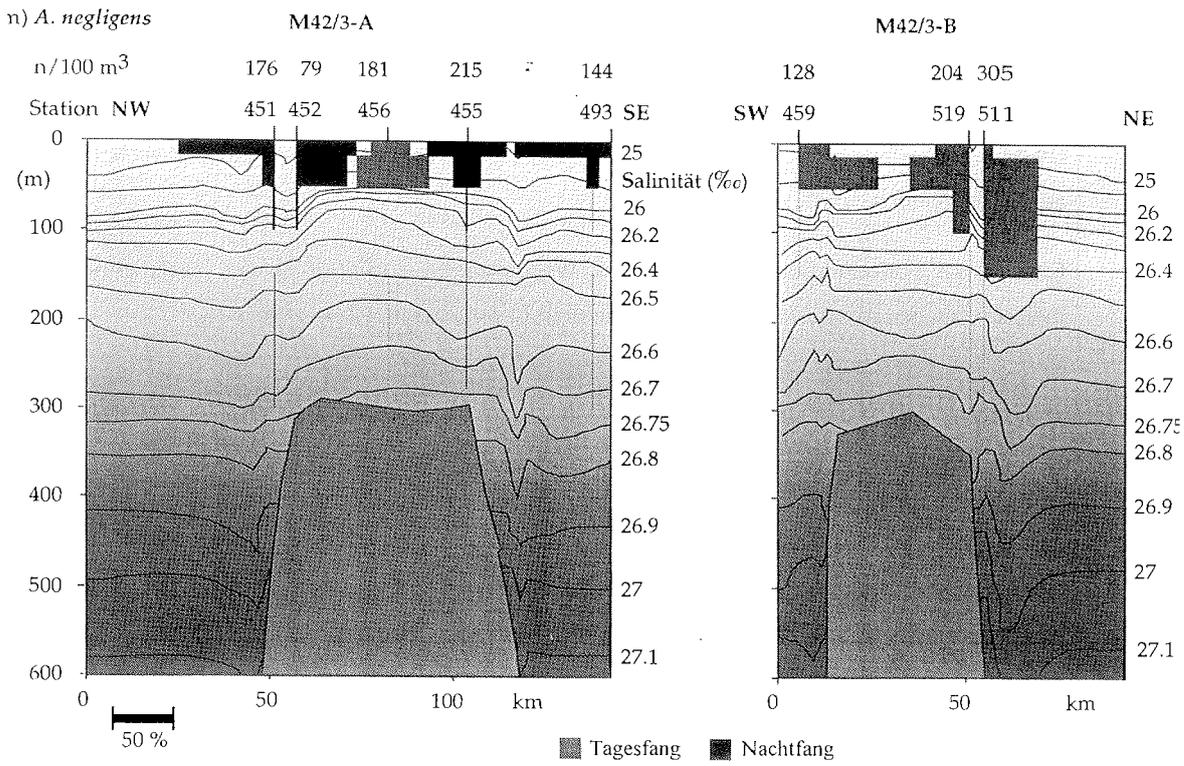


Abb. 17 m: Vertikalverteilung (%) und Abundanz (n/100 m³) der Weibchen von *A. negligens*, Isopyknen auf den Transekten M 42/3 A und M 42/3 B.

Paracalanus denudatus, *Clausocalanus furcatus* und *Parvocalanus crassirostris* sind die einzigen Copepoda, die bei dieser Untersuchung auf der Plateau-Station 519 (Tagesfang) in 0 bis 10m Tiefe zu finden waren. Neben den bereits genannten Arten wird die Station 456 (Plateau, Tagesfang) in 0 bis 10m Tiefe außerdem nur von drei weiteren Arten aufgesucht (*N. minor*, *M. tenuicornis*, *C. paululus*).

Eine starke Konzentration in den obersten Wasserschichten (0-50m) in der Nacht erfolgt lediglich bei den Arten *N. minor*, *P. crassirostris*, *C. furcatus* und *A. negligens*.

M. tenuicornis verhält sich bezüglich der Vertikalverteilung sowohl auf den untersuchten Tages- als auch auf den Nacht-Stationen wie *C. paululus*, *C. vanus* und *M. clausi*.

Tabelle 5 der folgenden Seite zeigt eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse.

Die untersuchten Arten *N. gracilis*, *P. nanus* und *C. furcatus* zeigen nachts eine hohe Abundanz über dem Plateau und am Tage über der Tiefsee. *N. minor*, *P. crassirostris* und *C. paululus* sind nachts ebenfalls häufiger über dem Plateau, zeigen jedoch keine Abundanzunterschiede am Tage.

Während *M. clausi* grundsätzlich eine hohe Abundanz über der Tiefsee zeigt, sind bei *M. tenuicornis* keine Abundanzunterschiede in der Nacht feststellbar. *A. negligens* zeigt in der Nacht ebenfalls keine Unterschiede, weist dagegen am Tage aber eine höhere Abundanz über dem Plateau auf.

P. denudatus zeigt als einzige Art nachts eine niedrigere Abundanz, am Tage dagegen eine höhere Abundanz über dem Plateau.

Die Arten *N. robustior*, *C. vanus* und *T. mayumbaensis* weisen grundsätzlich keine Abundanzunterschiede auf.

Tabelle 6 der folgenden Seite zeigt eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse.

Tab. 5: Vertikalverteilung der untersuchten Copepoda (Weibchen). Angegeben ist die mittlere Tiefe (m) mit der höchsten Abundanz auf der Großen Meteorbank und des umgebenden Ozeans. Die Tiefen sind nach Tag- und Nachtfängen getrennt aufgeführt. Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Stationen 459 und 511 (ohne Multinetz Nr. 3 von 50–100m).

		Vertikalverteilung (m)				Vertikalverteilung (m)	
		Nacht	Tag			Nacht	Tag
<i>N. minor</i>	Plateau	0 -10	50-100 (150)	<i>M. clausi</i>	Plateau	50-100	50-100 (150)
	Ozean	0 -10	10-100 (150)		Ozean	50-100	50-100 (150)
<i>M. tenuicornis</i>	Plateau	50-100	50-100 (150)	<i>C. furcatus</i>	Plateau	0 -50	50-100 (150)
	Ozean	50-100	50-100 (150)		Ozean	0 -10	10 -50 (150)
<i>N. gracilis</i>	Plateau	0-100	50-100 (150)	<i>C. paululus</i>	Plateau	50-100	50-100 (150)
	Ozean	50-150	50-100 (150)		Ozean	100-150	50-100 (150)
<i>N. robustior</i>	Plateau	50-100	10-100	<i>C. vanus</i>	Plateau	50-100	50-100 (150)
	Ozean	10-100	10 -50		Ozean	50-150	50-100 (150)
<i>P. denudatus</i>	Plateau	50-100	10-100 (150)	<i>T. mayumbaensis</i>	Plateau	50-150	100-280
	Ozean	50-100	10-100 (150)		Ozean	50-150	150-300
<i>P. nanus</i>	Plateau	10-100	50-100 (150)	<i>A. negligens</i>	Plateau	0 -10	10 -50 (150)
	Ozean	10-100	50-100 (150)		Ozean	0 -10	10 -50
<i>P. crassirostris</i>	Plateau	0 -50	50-100 (150)				
	Ozean	0 -50	50-100 (150)				

Tab. 6: Abundanz (n/100m³) (Median [Min./Max.]) der untersuchten dominanten Copepoda (Weibchen) auf der Großen Meteorbank und des umgebenden Ozeans. Die Abundanz ist nach Tag- und Nachtfängen getrennt aufgeführt.

		Abundanz (n/100m ³)				Abundanz (n/100m ³)	
		Nacht	Tag			Nacht	Tag
<i>N. minor</i>	Plateau	53 [49/321]	55 [23/147]	<i>M. clausi</i>	Plateau	169 [120/171]	132 [109/156]
	Ozean	25	51		Ozean	297	163
<i>M. tenuicornis</i>	Plateau	201 [131/297]	63 [52/109]	<i>C. furcatus</i>	Plateau	771 [413/1955]	471 [624/791]
	Ozean	140	121		Ozean	323	829
<i>N. gracilis</i>	Plateau	9 [5/15]	8 [4/11]	<i>C. paululus</i>	Plateau	981 [965/1115]	864 [613/1181]
	Ozean	4	17		Ozean	1632	1016
<i>N. robustior</i>	Plateau	0 [0/16]	9 [4/25]	<i>C. vanus</i>	Plateau	88 [84/143]	104 [79/133]
	Ozean	3	8		Ozean	87	117
<i>P. denudatus</i>	Plateau	168 [145/195]	129 [116/171]	<i>T. mayumbaensis</i>	Plateau	7 [7/71]	8 [4/48]
	Ozean	227	109		Ozean	32	24
<i>P. nanus</i>	Plateau	349 [335/467]	180 [152/232]	<i>A. negligens</i>	Plateau	176 [79/215]	204 [181/305]
	Ozean	169	411		Ozean	144	128
<i>P. crassirostris</i>	Plateau	479 [525/1395]	863 [696/1736]				
	Ozean	261	1032				

4.1.1. MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für die Abundanz

Für die Dissimilaritäts-Matrix (Tab. 7) der MDS- (Multi Dimensional Scaling) Plots der Abundanz (Abb. 18) wurden die Werte aller Stationen und Arten zusammengefasst. Sieben der 20 Anfangskonfigurationen hatten den geringsten Stress von 0,09. Tab. 8 gibt die Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots wieder.

Tab. 7: Dissimilaritäts-Matrix für die Werte der Abundanz ($n/100 \text{ m}^3$) (Canberra-Metrik). Die gesamten Arten und Stationen dieser Untersuchung wurden berücksichtigt.

	451	452	455	493	456	511	519	459
451	0	—	—	—	—	—	—	—
452	1,75	0	—	—	—	—	—	—
455	4,97	5,14	0	—	—	—	—	—
493	4,07	4,55	5,67	0	—	—	—	—
456	4,07	3,44	3,48	4,92	0	—	—	—
511	3,49	3,82	5,03	4,29	3,78	0	—	—
519	4,06	4,18	4,44	3,51	3,80	3,37	0	—
459	3,56	3,24	3,37	4,20	2,96	3,91	2,81	0

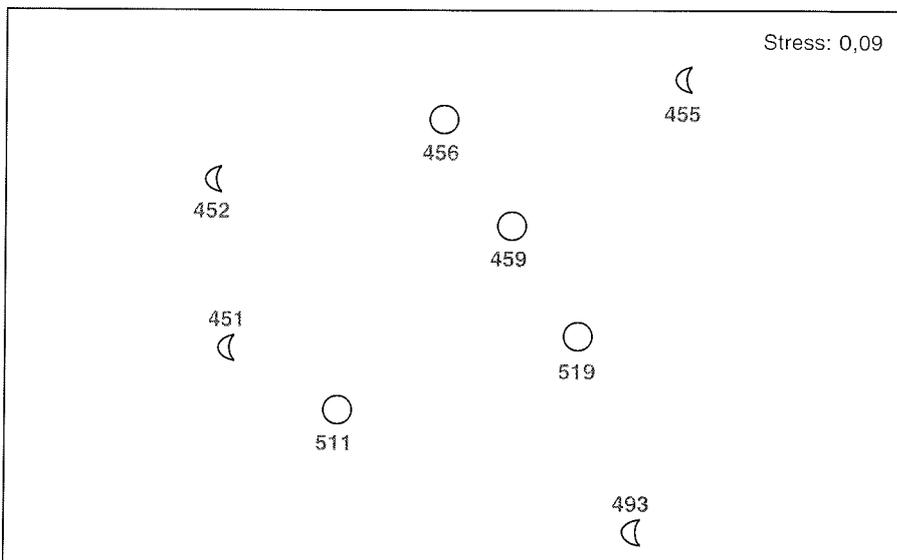


Abb. 18: MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plot für die Abundanz. Die Zahlen weisen auf die Tiefsee- bzw. Plateau-Stationen. Station 511 ist die Hang-Station. Der Halbmond symbolisiert Nachtfänge, während der Kreis Tagesfänge anzeigt.

Tab. 8: Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots (Abb. 18)

Station	x - Wert	y - Wert
451	0,57	- 0,77
452	- 0,05	- 1,02
455	- 1,32	0,59
493	0,94	1,05
456	-0,79	- 0,33
511	0,85	- 0,16
519	0,17	0,53
459	- 0,38	0,11

Die Plateau-Station 455 im Südosten des Plateaus und die Ozean-Station 493 im Süden zeigen eine isolierte Stellung gegenüber allen anderen Stationen. Auf der Station 455 lassen sich vor allem häufig Arten der Clausocalanidae, Paracalanidae und Calanidae finden (Abb. 19). Die Station 493 zeichnet sich besonders durch die geringe Abundanz der Paracalanidae *Paracalanus nanus* (Abb. 17f) und *Parvocalanus crassirostris* aus (Abb. 17g). Gleichzeitig ist hier aber auch die Art *Mecynocera clausi* häufiger als auf allen anderen Stationen.

Der MDS-Plot zeigt weiterhin, dass die Tages-Stationen 456, 459 und 519 sehr ähnlich sind. Ähnlich der Station 455 sind bei gleichzeitig hoher Präsenz der Clausocalanidae vor allem die Paracalanidae in hohem Maße vertreten.

Entsprechend der Abb. 19 zeigt auch der MDS-Plot Gemeinsamkeiten zwischen den Nacht-Stationen 452 und 451. Die Situation entspricht der der Station 455, allerdings finden sich hier sehr viel weniger Temoridae. Die Hang-Station 511 zeigt eine hohe Abundanz der Acartiidae und weist die geringste Abundanz an Clausocalanidae auf (Abb. 19).

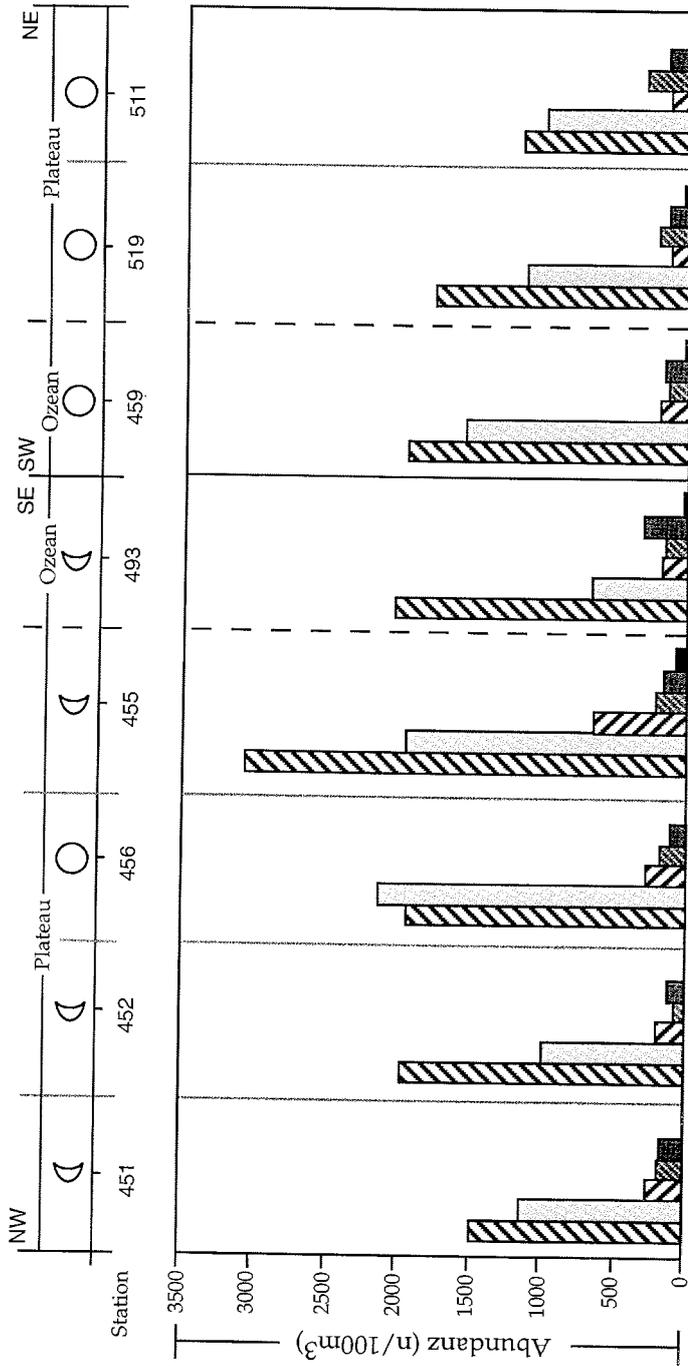


Abb. 19: Abundanz der Copepodenweibchen (zusammengefasst zu Familien) auf den untersuchten Stationen der Großen Meteorbank.

- ▨ = Clausocalanidae (*Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*, *Ctenocalanus vanus*)
 - ▩ = Paracalanidae (*Paracalanus denudatus*, *P. nanus*, *Parvocalanus crassirostris*)
 - ▧ = Calanidae (*Nannocalanus minor*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis*, *N. robustior*)
 - ▦ = Acartiidae (*Acartia negligens*)
 - ▤ = Mecynoceridae (*Mecynocera clausi*)
 - ▣ = Temoridae (*Temoropia mayumbaensis*)
- ☾ = Nacht-Station ○ = Tages-Station

4.2 Cephalothoraxlängen

4.2.1 Prüfung der Cephalothoraxlängen auf Abweichung von der Normalverteilung

Der Kolmogoroff-Smirnoff- (K-S-) Test ergibt für die Weibchen der Arten *Clausocalanus furcatus* (Station 455) (Abb. 20a), *Parvocalanus crassirostris* (Station 493) (Abb. 20b) und *Mecynocera clausi* (Station 452) (Abb. 20c) keine Normalverteilung. In letzterem Fall wurde eine Prüfung auf Normalverteilung durchgeführt, weil der Median und das arithmetische Mittel übereinstimmten (s. Kap. 3.7.).

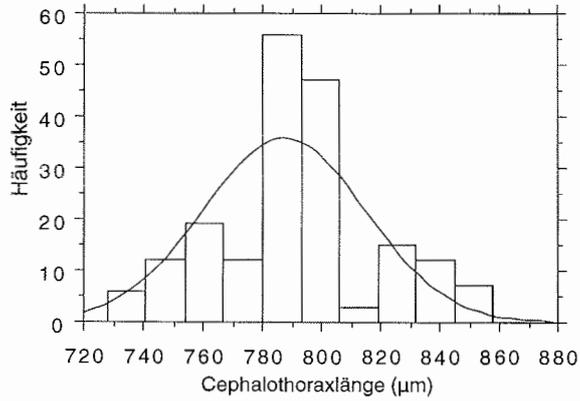
4.2.2 Vergleich der Cephalothoraxlängen auf den untersuchten Stationen

Die Cephalothoraxlängen der Weibchen (Abb. 21.1/2) werden innerhalb einer Art auf unterschiedlichen Stationen (Tab. 9) verglichen.

Für *Mesocalanus tenuicornis* hat die westliche Seite des Plateaus (Station 451 und 452) eine bedeutende Stellung: die Tiere sind hier meist hoch signifikant (Wahrscheinlichkeitswert $p=0,0002$ bis $<0,0001$) größer als auf der östlich liegenden Station 519. Selbst der Vergleich der Plateau-Station 519 mit der Ozean-Station 493 im Süden, die ebenfalls kleine Tiere aufweist, ergibt einen hoch signifikanten Unterschied mit $p<0,0001$. Weitere signifikante Unterschiede zeigen sich zwischen den beiden Plateau-Stationen im Süden (456 und 455), mit relativ großen Tieren, und der Ozean-Station 493. Die Verhältnisse für *Mesocalanus tenuicornis* sind bezüglich der Größenverhältnisse mit keiner der folgenden Arten vergleichbar (Tab. 9; Abb. 21.1).

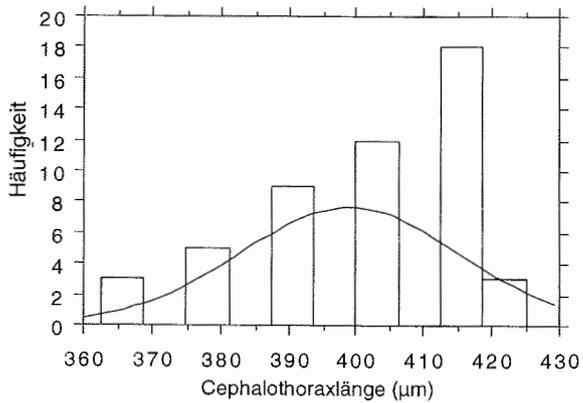
Abb. 20 K-S-Test

a) *Clausocalanus furcatus* (w), Station 455, n=189



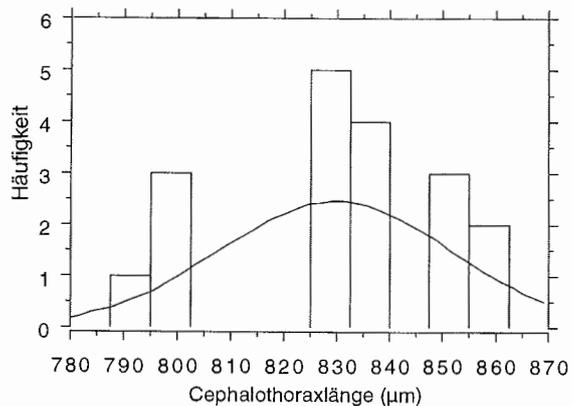
Median 780
Mittelwert 787

b) *Parvocalanus crassirostris* (w), Station 493, n=50



Median 400
Mittelwert 399

c) *Mecynocera clausi* (w), Station 452, n=16



Median 831
Mittelwert 831

Abb. 20: Prüfung auf Normalverteilung (K-S-Test) der Cephalothoraxlänge für die Weibchen (f) der Arten *Clausocalanus furcatus* (a), *Parvocalanus crassirostris* (b) und *Mecynocera clausi* (c).

Tab. 9: Ergebnis des Mann-Whitney- (U-) Tests für den Vergleich der Cephalothoraxlängen auf den Stationen.
 f = Weibchen; * (0,05 • p > 0,01); ** (0,01 • p > 0,001); *** (p • 0,001)

<i>M. tenuicornis</i> (f)		451	452	455	456	493	
452		0,4177					
455		0,0945	0,4891				
456		0,1341	0,7187	0,8831			
493		0,6894	0,0825	**0,0007	**0,0086		
519		***0,0002	***<0,0001	***<0,0001	***<0,0001	***<0,0001	
<i>P. denudatus</i> (f)		451	455	456			
455		0,8961					
456		0,4488	0,2023				
493		0,3959	0,1152	0,9692			
<i>P. nanus</i> (f)		451	452	455	456	459	
452		0,4363					
455		0,1002	0,3298				
456		***<0,0001	***<0,0001	***<0,0001			
459		**0,0035	*0,0127	0,2632	**0,0002		
493		**0,0071	**0,0054	***0,0001	***<0,0001	***<0,0001	
<i>P. crassirostris</i> (f)		451	452	455	456	459	493
452		0,0925					
455		***<0,0001	**0,0005				
456		0,6652	0,1709	***<0,0001			
459		0,7251	*0,0266	***<0,0001	0,3169		
493		***<0,0001	**0,0004	0,9643	***<0,0001	***<0,0001	
519		**0,0043	0,1188	0,3014	**0,0098	**0,0012	0,1620
<i>M. clausi</i> (f)		451	452	455	456	459	493
452		*0,0263					
455		0,1799	0,2689				
456		0,8735	0,1164	0,4494			
459		0,2058	0,3302	0,9823	0,3653		
493		**0,0071	***0,0002	**0,0018	*0,0250	**0,0037	
519		0,1611	**0,0049	*0,0131	0,1782	**0,0073	0,0988
<i>C. furcatus</i> (f)		451	452	455	456	493	
452		**0,0086					
455		***<0,0001	*0,0141				
456		**0,0008	0,8610	***0,0006			
493		**0,0025	***<0,0001	***<0,0001	***<0,0001		
519		**0,0084	0,4516	***<0,0001	0,1564	***<0,0001	
<i>C. paululus</i> (f)		451	452	455	456	493	
452		*0,0360					
455		0,9088	**0,0079				
456		0,0679	***0,0009	*0,0240			
493		0,4319	0,1180	0,3192	**0,0058		
519		0,2307	0,3648	0,1184	**0,0066	0,5243	

Die Cephalothoraxlängen der Weibchen von *Paracalanus denudatus* zeigen auf den Stationen 451, 455 und 456 (Plateau) und 493 (Ozean) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stationen (Tab. 9; Abb. 21.1).

Für *Paracalanus nanus* finden sich hoch signifikante Größenunterschiede ($p < 0,0001$) zwischen der Ozean-Station 493 und nördlich gelegenen Plateau-Stationen 456 und 455 und der Ozean-Station 459. Die Station 456, auf der im Mittel die größten Tiere zu finden sind, unterscheidet sich ebenfalls hoch signifikant von der Station 451 und 452 im Nordwesten, aber auch von der Station 455. Der Vergleich beider Ozean-Stationen (459 und 493) ergibt ebenfalls einen hoch signifikanten Unterschied, wobei die Tiere auf der Station 459 größer sind. Des Weiteren scheinen sich die nordwestlich gelegenen Stationen des Plateaus (451/452) gegenüber den Ozean-Stationen im Süden abzugrenzen: im Fall der Station 493 sind die Tiere dieser beiden Plateau-Stationen größer, im Fall der Station 459 jedoch kleiner (Tab. 9; Abb. 21.1).

Für *Parvocalanus crassirostris* ergibt der Größenvergleich der Tiere eine klare Abgrenzung der Stationen 455 und 519 (Plateau) und 493 (Ozean) gegenüber allen anderen Stationen. Während die genannten drei Stationen untereinander keine Unterschiede aufweisen (hier finden sich die kleinsten Tiere dieser Art), sind sie allen anderen gegenüber zum Teil hoch signifikant unterschiedlich. Die meisten signifikanten Unterschiede zu allen anderen Plateau-Stationen (ausgenommen 519) und zu der Ozean-Station 459 zeigen die Stationen 455 und 493 im Süden. Dem entgegen steht die Plateau-Station 451 im Nordwesten, die wiederum hoch signifikant ($p < 0,0001$) unterschiedlich gegenüber den beiden Stationen im Süden (455 und 493), aber auch gegenüber der Station 519 im Nordosten ($p=0,0043$) ist. Station 459 zeigt in diesem Fall die größten Tiere (Tab. 9; Abb. 21.1).

Im Fall von *Mecynocera clausi* wird bei dem Stationsvergleich für die Cephalothoraxlängen die isolierte Stellung der ozeanischen Station 493 über der Tiefsee deutlich – die Tiere sind hier im Median am kleinsten. Am deutlichsten wird dies an den entlegensten Plateau-Stationen 451 und 452 im Nordwesten ($p=0,0071$ bzw. $0,0002$), aber auch an der Station 455 ($p=0,0018$) und 456 ($p=0,0250$). Die kleineren Tiere der Station 493 sind jedoch kein Charakteristikum der Ozean-Stationen, denn der Vergleich mit der Ozean-Station 459 zeigt einen signifikanten Unterschied. Die relativ großen Tiere der Ozean-Station 459 sind den Tieren auf der ihr zugewandten Plateauseite (Station 451, 452, 455, 456) ähnlich, während die

kleineren Tiere der abgewandten Seite im Nordosten (Station 519) denen der Ozean-Station 493 nahe zu stehen scheinen (Tab. 9; Abb. 21.2).

Der Median der Längen (Abb. 21.2) ergibt für *Clausocalanus furcatus* auf der Plateau-Station 455 die größten Tiere. Betrachtet man dagegen die p-Werte zwischen den einzelnen Stationen (Tab. 9), so lassen sich weit mehr Unterschiede aufzeigen. Im Vergleich zwischen Ozean und Plateau zeigen alle Stationen einen signifikanten Unterschied untereinander. Am geringsten ist dieser zwischen den am weitesten auseinander liegenden Stationen 451 im Nordwesten des Plateaus und der Ozean-Station 493 im Südosten ($p=0,0025$). Auf beiden Stationen finden sich kleinere Tiere. Alle anderen untersuchten Plateau-Stationen (452, 456, 455) mit relativ großen Tieren unterscheiden sich dagegen hoch signifikant ($p<0,0001$) von der Station über der Tiefsee (493). Der Vergleich der Cephalothorax-Längen auf dem Plateau macht die isolierte Stellung der Station 451 mit ihren kleineren Tieren ebenfalls deutlich. Auffallend ist zudem die Plateau-Station 455 im Südosten: Diese Station mit ihren großen Tieren trennt sich deutlich von den Stationen 452, 456 und 519, die näher am Zentrum des Plateaus liegen und untereinander keinen signifikanten Unterschied zeigen.

Ähnlich der Größenverteilung von *Paracalanus nanus* verhält es sich mit *C. paululus*: hier finden sich ebenfalls auf der Station 456 die größten Tiere. Die Unterschiede der Cephalothorax-Längen sind für die untersuchten *C. paululus* auf dem Plateau nicht so extrem. Ein hoch signifikanter Unterschied ($p=0,0009$) besteht lediglich zwischen den Plateau-Stationen 456 (im Zentrum) und 452 (im Nordwesten). Hervorzuheben ist allerdings auch der signifikante Unterschied der Station 456 zu den Stationen 493 (ozeanisch) ($p=0,0058$) und 519 (im Nordosten) ($p=0,0066$). Für *C. paululus* und *P. nanus* scheint die Station 456 eine Schlüsselstellung zu haben – hier finden sich die größten Tiere (Tab. 9; Abb. 21.1 u. 21.2).

Abb. 21.1. Cephalothoraxlängen der Weibchen auf den untersuchten Stationen (Box-Whisker-Plots)

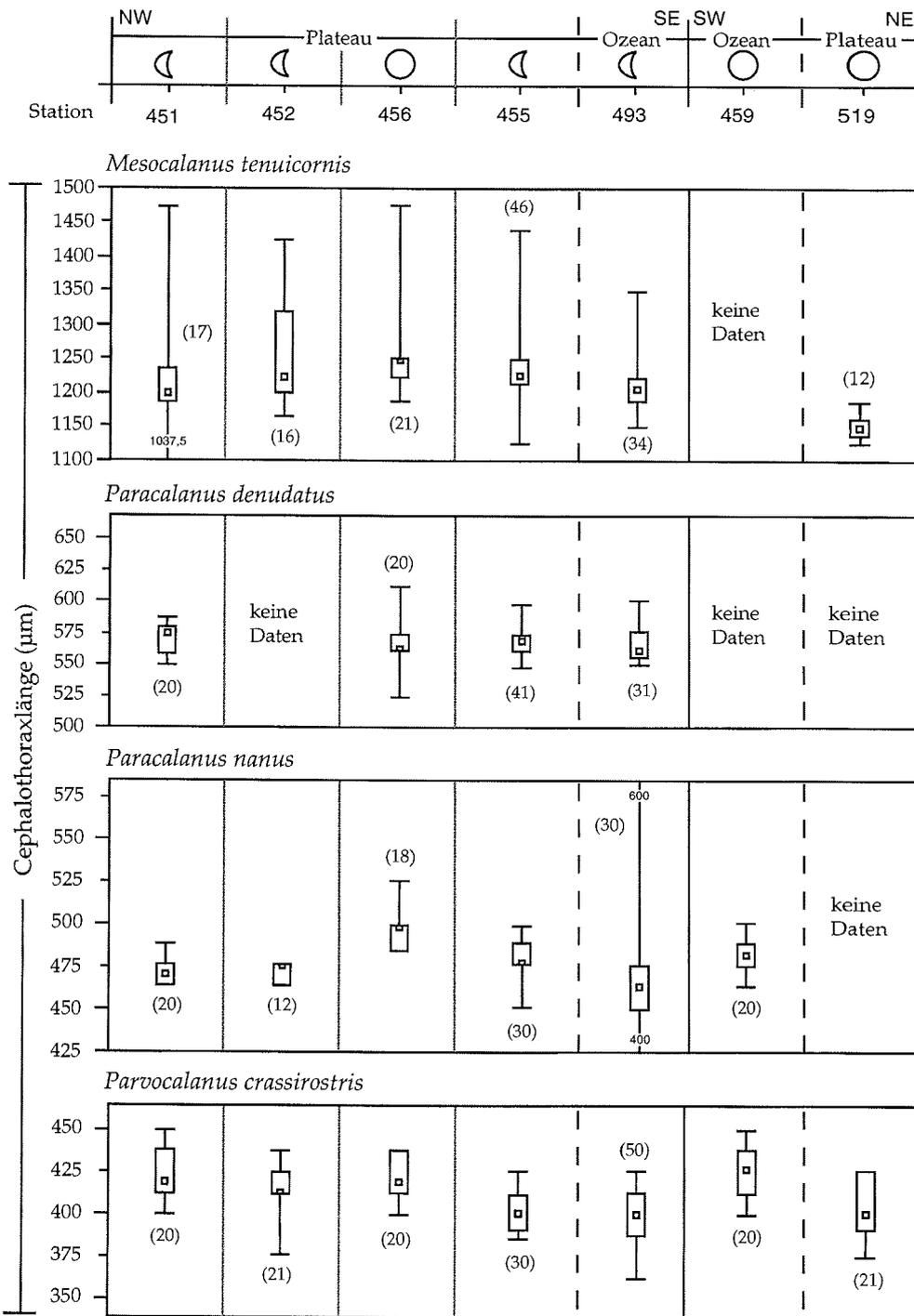


Abb. 21.1: Cephalothoraxlängen der untersuchten Weibchen. Dargestellt sind Minimum, 1. Quartile, Median, 3. Quartile und das Maximum (Box-and-Whisker-Plot). Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl untersuchter Weibchen wieder.

☾ = Nacht-Station, ○ = Tages-Station

Abb. 21.2. Cephalothoraxlängen der Weibchen auf den untersuchten Stationen (Box-Whisker-Plots)

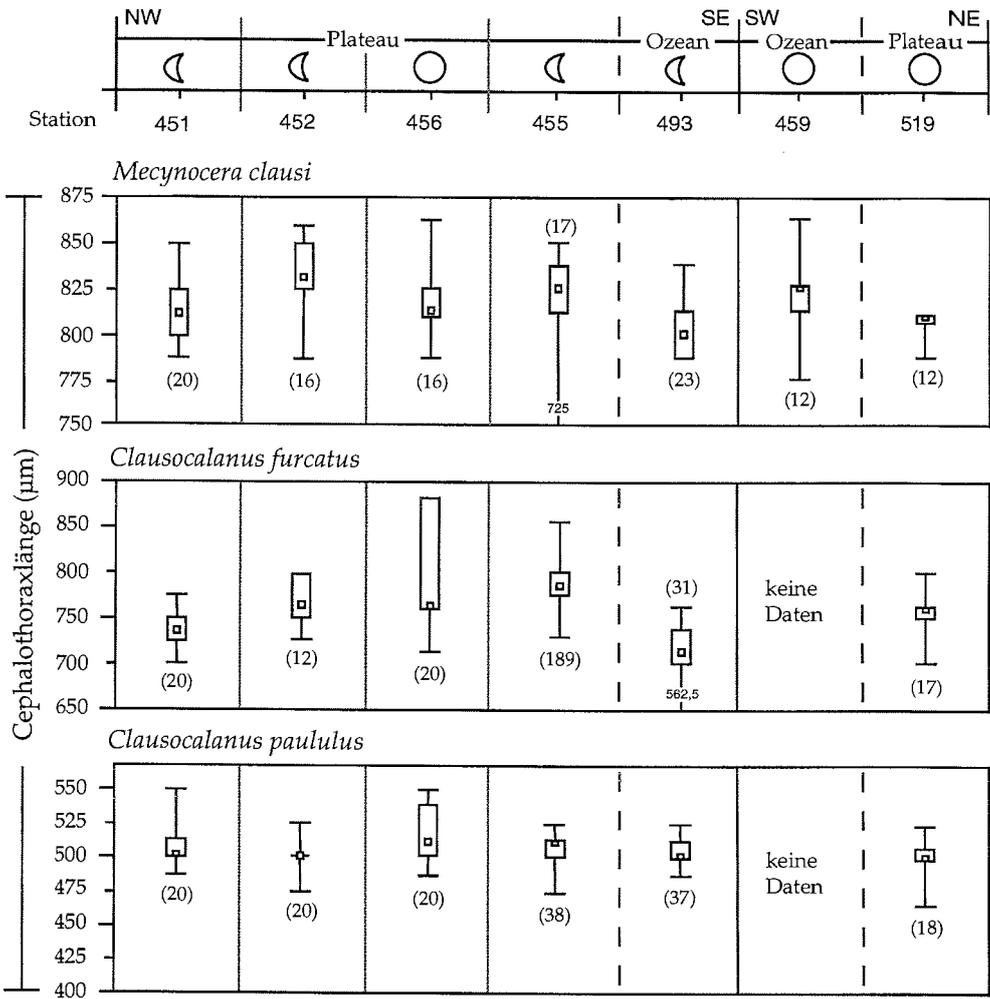


Abb. 21.2: Cephalothoraxlängen der untersuchten Weibchen. Dargestellt sind Minimum, 1. Quartile, Median, 3. Quartile und das Maximum (Box-and-Whisker-Plot). Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl untersuchter Weibchen wieder.
 ☾ = Nacht-Station, ○ = Tages-Station

4.2.3 Tiefenvergleich der Cephalothoraxlängen auf den untersuchten Stationen

Die Cephalothoraxlänge ergab nur für die Arten *Mesocalanus tenuicornis*, *Clausocalanus furcatus* und *C. paululus* einen signifikanten Unterschied (Tab. 10). In den Abb. 22.1 u. 22.2 werden nur die Arten vorgestellt, die auf den untersuchten Stationen Unterschiede innerhalb der Wassersäule aufzeigten.

Der Calanidae *M. tenuicornis* zeigt auf der Plateau-Station 455 größere Tiere in tieferen Wasserschichten. Einen signifikanten Unterschied ($p=0,0255$) erkennt man zwischen den Tiefenstufen 10-50m und 50-100m (Abb. 22.1).

Für *C. furcatus* ergeben sich auf der Plateau-Station 456 geringe signifikante Unterschiede ($p=0,0372$) zwischen 10-50m und 50-100m. Die gleichen Tiefen betreffend finden sich Unterschiede ($p=0,0466$) auf der Ozean-Station 493. Auf der Plateau-Station sind die Tiere der tieferen Wasserschichten kleiner, auf der ozeanischen Station jedoch größer als in darüber liegenden Wasserschichten. Einen deutlicheren Unterschied ($p=0,0019$) liefern die Proben zwischen 0-10m und 10-50m auf der Plateau-Station 455. Hier sind die Tiere der tiefer liegenden Schichten entsprechend der Plateau-Station 456 ebenfalls kleiner (Tab. 10; Abb. 22.1).

Die Art *C. paululus* zeigt bezüglich der Cephalothoraxlängen weit häufiger Übereinstimmungen innerhalb der untersuchten Wassersäule. Lediglich auf Station 456 ergeben sich signifikante Unterschiede ($p=0,0029$) zwischen den Proben aus 10-50m Tiefe und denen zwischen 100-150m (Abb. 22.2). Aus dem Zwischenbereich (50-100m) liegt kein ausgewertetes Probenmaterial vor. Die Art *C. furcatus* einbeziehend, zeigen die untersuchten Clausocalanidae auf der Station 456 kleinere Tiere in tieferen Wasserschichten (Tab. 10).

Zusammenfassend finden sich für die Art *M. tenuicornis* die größten Individuen in den tiefer liegenden Wasserschichten, während die Clausocalanidae *C. paululus* und *C. furcatus* in größeren Tiefen kleiner sind.

Tab. 10: Ergebnis des Mann-Whitney-Tests (Datenumfang • 8) beziehungsweise des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests (Datenumfang < 8) für den Vergleich der Cephalothoraxlängen innerhalb der untersuchten Wassersäule.
n = Anzahl der untersuchten Copepoda in den betreffenden Multinetzen
MN = Multinetz, 1 (300-150 m), 2 (150-100 m), 3 (100-50 m), 4 (50-10 m), 5 (10-0 m)
CV = Copepodid CV; f = Weibchen; m = Männchen; * (0,05 • p > 0,01); ** (0,01 • p > 0,001)

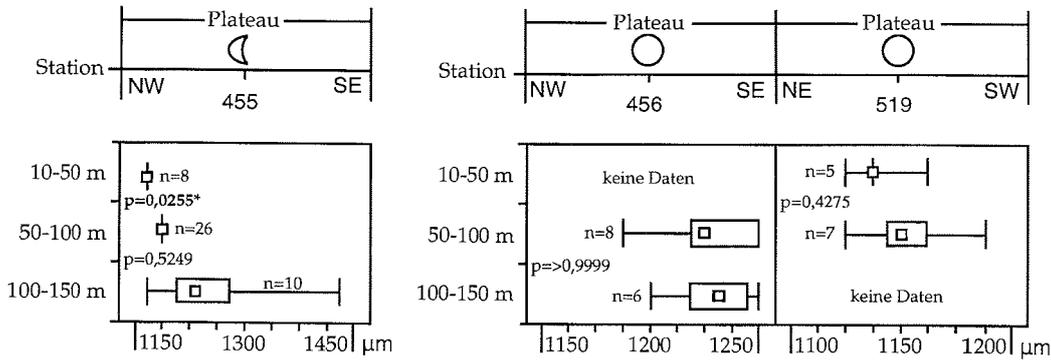
Art (Stadium)	Station	MN 1/2	MN 1/3	MN 2/3	MN 3/4	MN 4/5	MN 2/4	MN 3/5
<i>M. tenuicornis</i> (f)	455			0,5249 (n=10/26)	*0,0255 (n=26/8)			
<i>M. tenuicornis</i> (f)	456			> 0,9999 (n=6/8)				
<i>M. tenuicornis</i> (f)	519				0,4275 (n=7/5)			
<i>N. robustior</i> (CV)	455				> 0,9999 (n=7/6)			
<i>N. robustior</i> (CV)	511				0,7181 (n=5/6)			
<i>P. denudatus</i> (f)	451			0,5529 (n=7/7)	0,8944 (n=7/5)			
<i>P. denudatus</i> (f)	455				0,8829 (n=23/11)	> 0,9999 (n=11/7)		
<i>P. denudatus</i> (f)	456				0,5872 (n=5/12)			
<i>P. denudatus</i> (f)	493				0,1668 (n=25/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	451					> 0,9999 (n=13/7)		
<i>P. nanus</i> (f)	452				> 0,999 (n=5/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	455				0,423 (n=5/23)			
<i>P. nanus</i> (f)	456				> 0,9999 (n=12/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	459				0,9139 (n=12/7)			
<i>P. nanus</i> (f)	493				0,1334 (n=22/8)			
<i>P. crassirostris</i> (CV)	493					> 0,9999 (n=10/5)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	451					0,5051 (n=6/14)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	452				0,8848 (n=8/13)			
<i>P. crassirostris</i> (f)	456				0,7624 (n=10/10)			
<i>P. crassirostris</i> (f)	459				0,0742 (n=11/9)			

Fortsetzung der Tab. 10

Art (Stadium)	Station	MN 1/2	MN 1/3	MN 2/3	MN 3/4	MN 4/5	MN 2/4	MN 3/5
<i>P. crassirostris</i> (f)	493				0,8344 (n=10/29)	0,3964 (n=29/11)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	519				> 0,9999 (n=7/13)			
<i>M. clausi</i> (f)	451			0,3906 (n=5/15)				
<i>M. clausi</i> (f)	452			0,3976 (n=6/7)	> 0,9999 (n=7/5)			
<i>M. clausi</i> (f)	455			> 0,999 (n=5/9)				
<i>M. clausi</i> (f)	459						0,0815 (n=5/5)	
<i>C. furcatus</i> (f)	451				0,5967 (n=10/10)			
<i>C. furcatus</i> (f)	452							0,7181 (n=5/6)
<i>C. furcatus</i> (f)	455				0,674 (n=31/110)	**0,0019 (n=110/46)		
<i>C. furcatus</i> (f)	456				*0,0372 (n=8/12)			
<i>C. furcatus</i> (f)	493				*0,0466 (n=5/14)	0,5715 (n=14/12)		
<i>C. furcatus</i> (f)	519					> 0,9999 (n=7/7)		
<i>C. furcatus</i> (m)	493					0,2056 (n=14/15)		
<i>C. paululus</i> (f)	452	0,5915 (n=8/11)						
<i>C. paululus</i> (f)	455			0,0896 (n=24/9)				
<i>C. paululus</i> (f)	456						**0,0029 (n=5/15)	
<i>C. paululus</i> (f)	493				0,9146 (n=21/16)			
<i>C. paululus</i> (f)	519		> 0,9999 (n=5/7)		0,3976 (n=7/6)			

Abb. 22.1. Cephalothoraxlängen der Weibchen in den untersuchten Tiefen (Box-Whisker-Plots)

Mesocalanus tenuicornis
(Weibchen)



Clausocalanus furcatus
(Weibchen)

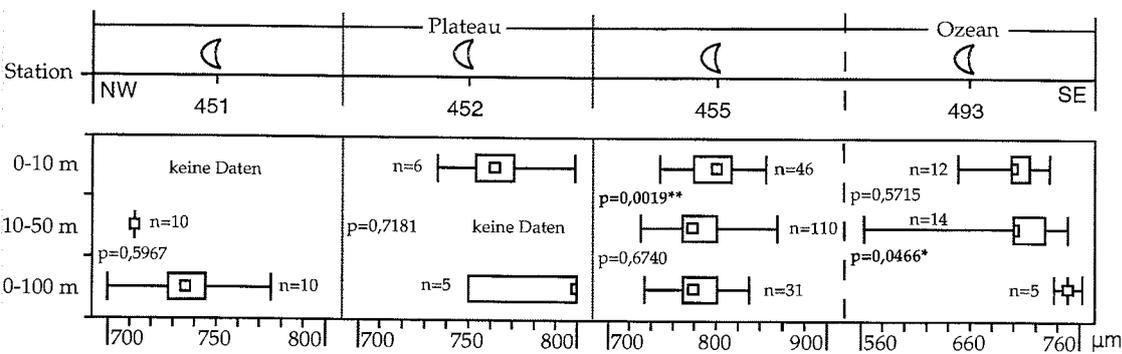
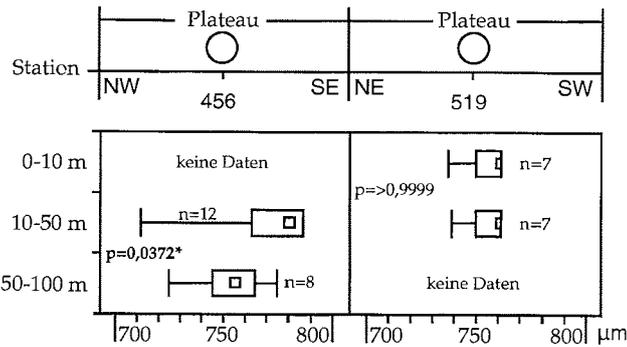


Abb. 22.1: Grafische Darstellung signifikanter Unterschiede der Cephalothoraxlängen für *M. tenuicornis* und *C. furcatus* innerhalb der untersuchten Wassersäule. Es sind nur die Arten dargestellt, die signifikante Unterschiede aufweisen.
Abhängig vom Signifikanz-Niveau, sind die betreffenden Werte mit Sternchen (*) gekennzeichnet.

Abb. 22.2. Cephalothoraxlängen der Weibchen in den untersuchten Tiefen (Box-Whisker-Plots) 2

Clausocalanus paululus
(Weibchen)

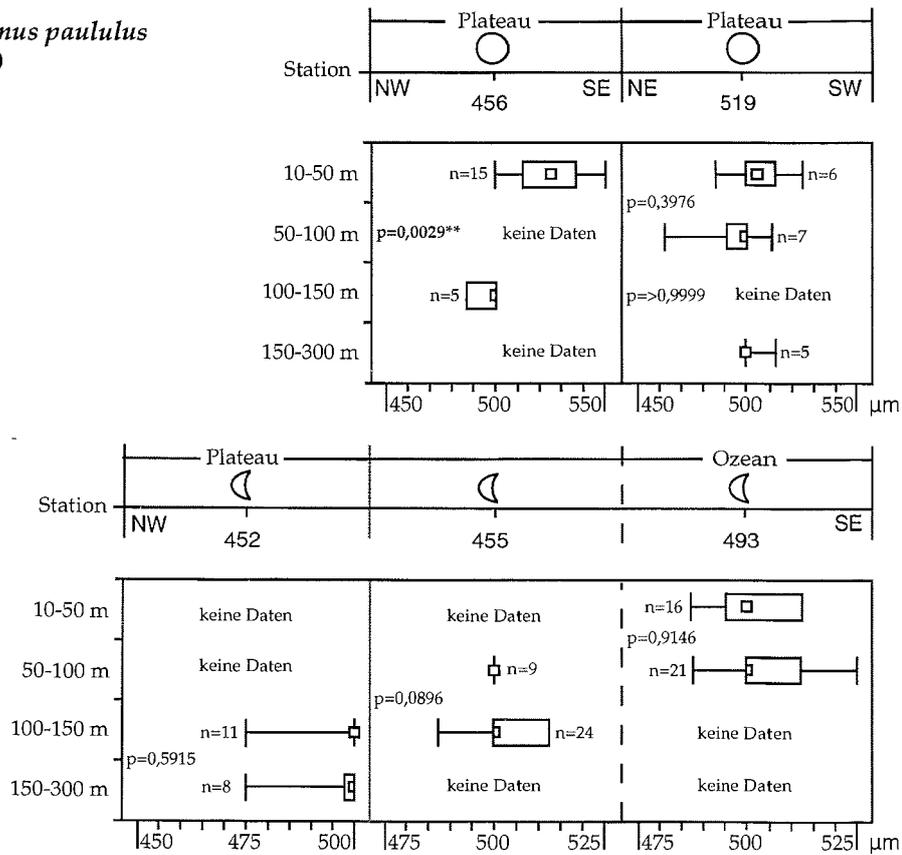


Abb. 22.2: Grafische Darstellung signifikanter Unterschiede der Cephalothoraxlängen für *C. paululus* innerhalb der untersuchten Wassersäule. Es sind nur die Arten dargestellt, die signifikante Unterschiede aufweisen. Abhängig vom Signifikanz-Niveau, sind die betreffenden Werte mit Sternchen (*) gekennzeichnet.

4.2.4 MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für die Cephalothoraxlänge

Für die Dissimilaritäts-Matrix (Tab. 11) der MDS- (Multi Dimensional Scaling) Plots (Abb. 23) wurden die Werte der Stationen 451, 452, 455, 493 (Nachtfänge) und 519, 456 (Tagesfänge) mit den fünf Arten *Mesocalanus tenuicornis*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus furcatus* und *C. paululus* zusammengefasst. Für die MDS-Plots der Cephalothoraxlängen hatten vier der 20 Anfangskonfigurationen den geringsten Stress von 0,10. Tab. 12 gibt die Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots wieder.

Tab. 11: Dissimilaritäts-Matrix für die Werte der Cephalothoraxlängen (Canberra-Metrik). Es wurden 6 Stationen (451, 452, 455, 456, 493, 519) und 5 Arten (*Mesocalanus tenuicornis*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*) berücksichtigt.

	451	452	455	456	493	519
451	0	—	—	—	—	—
452	0,19	0	—	—	—	—
455	0,24	0,17	0	—	—	—
456	0,15	0,17	0,17	0	—	—
493	0,16	0,30	0,23	0,30	0	—
519	0,21	0,24	0,22	0,26	0,20	0

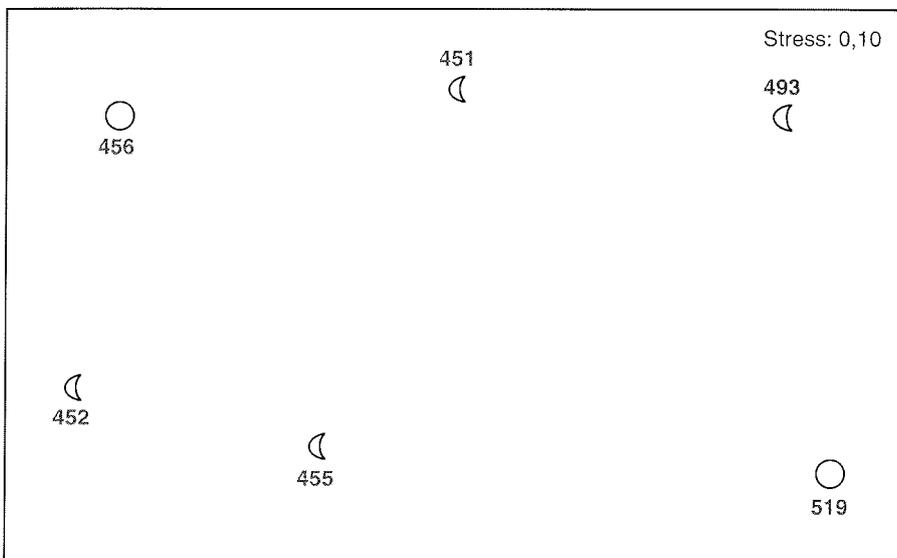


Abb. 23: MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plot für die Cephalothoraxlängen. Die Zahlen weisen auf die Tiefsee- bzw. Plateau-Stationen. Der Halbmond symbolisiert Nachtfänge, während der Kreis Tagesfänge anzeigt.

Tab. 12: Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots (Abb. 23)

Station	x - Wert	y - Wert
451	0,14	0,68
452	- 0,15	- 0,32
455	- 0,35	- 0,56
456	- 0,82	0,44
493	1,03	0,52
519	1,05	- 0,76

Bezüglich des Größenvergleichs zeigen sich geringfügige Unterschiede zwischen den Stationen. Hervorzuheben ist beispielsweise die Plateau-Station 456, die häufig große Tiere zeigt. Im Fall von *Paracalanus nanus* und *Clausocalanus paululus* lassen sich im Median die größten Werte im Stationsvergleich finden. Umgekehrt zeigt die Ozean-Station 493 vergleichsweise kleine Tiere. Im Fall von *Paracalanus nanus*, *Mecynocera clausi* und *Clausocalanus furcatus* zeigen sich hier im Median die niedrigsten Werte im Stationsvergleich. Des weiteren scheinen sich die Tiere des Plateaus in zwei Gruppen einteilen zu lassen: zum einen in eine Population, die sich von Nordwesten nach Südosten erstreckt und die Tiere der Stationen 451, 452, 455 und 456 einbezieht, und zum anderen eine im Nordosten der Großen Meteorbank (Station 519).

Eine deutliche Trennung zwischen Plateau- und Ozean-Stationen besteht aber nicht. Die Ozean-Station 493 unterscheidet sich offenbar von den Plateau-Stationen 452, 455 und 456, nicht aber von den von ihr am entferntesten Stationen im Norden (451 und 519). Dagegen ist die Ozean-Station 459 (aufgrund zu weniger Daten nicht im MDS-Plot aufgeführt) den Plateau-Stationen im Nordwesten ähnlich (451, 452), nicht aber denen im Nordosten (Station 519). Zwischen den beiden untersuchten Ozean-Stationen bestehen dagegen größere Unterschiede (Tab. 9; Abb. 21.1 u. 21.2). Signifikante Unterschiede ließen die Arten *P. nanus*, *P. crassirostris* und *M. clausi* erkennen.

Zusammenfassend ergibt sich für den Cephalothoraxlängen-Vergleich auf den untersuchten Stationen kein eindeutiger Einfluss der Großen Meteorbank. Dies macht auch der MDS-Plot (Abb. 23) deutlich.

4.3 Fraßaktivität

Der Anteil der Weibchen mit Darmfüllung wird innerhalb einer Art auf unterschiedlichen Stationen verglichen (Abb. 24.1/2).

Nannocalanus minor (Abb. 24.1) zeigt auf allen Stationen des Plateaus sowohl in der Morgendämmerung (Station 452 und 455) als auch am Tage (Station 519) Tiere mit gefüllten Därmen. Auf der am Tage untersuchten Ozean-Station 459 war die Nahrungsaufnahme geringfügig niedriger (86%).

Bei *Mesocalanus tenuicornis* (Abb. 24.1) finden sich weit häufiger als bei allen anderen untersuchten Arten und ausnahmslos auf allen Stationen Tiere mit Nahrung. In der Nacht sind die Unterschiede bezüglich der Anzahl Tiere mit Darmfüllung zwischen den Plateau-Stationen kaum vorhanden. Nur die Station 451 mit 94% zeigt etwas weniger Individuen mit Nahrungsaufnahme als die Stationen 452 und 455 (100%), die in den frühen Morgenstunden beprobt wurden. Der Unterschied zu der Ozean-Station 493 (82%) ist ebenfalls gering. Extremere Unterschiede ergeben sich bei der Betrachtung der Tagesfänge: Mit allen untersuchten Arten vergleichbar (ausgenommen *M. clausi*, s. unten), zeigt sich auf der Plateau-Station 456 (35%) eine sehr viel geringere Nahrungsaufnahme als auf der Plateau-Station 519 (100%). Allerdings ist kein Unterschied gegenüber der Ozean-Station 459 erkennbar (ebenfalls 100%).

Da die Ergebnisse der Arten *Neocalanus gracilis* und *N. robustior* (Abb. 24.1) überwiegend denen der Art *M. tenuicornis* entsprechen, werden sie trotz der geringen Anzahl untersuchter Individuen im Ergebnisteil aufgenommen. Durch einen zusätzlich untersuchten Tagesfang (Station 511 in 607m Tiefe) können die bei *M. tenuicornis* erbrachten Ergebnisse ergänzt werden: Die Plateau-Station 519 und 511 im Nordosten des Seeberges zeigen zu 100% Tiere mit Darmfüllung gegenüber 43% auf der Station 456 im zentralen Teil des Plateaus. Dem Tagesfang der Plateau-Station 456 scheint also auch in diesem Beispiel eine besondere Stellung zuzukommen.

Die Fraßaktivität bei *Paracalanus denudatus* (Abb. 24.1) zeigt eine hohe Nahrungsaufnahme während der Morgendämmerung auf den Plateau-Stationen 452 und 455, keine Aktivität auf der Station 451 (Nacht-Fang am Plateau-Rand im Nordwesten, 446 m Wassertiefe) und eine geringe Aktivität im ozeanischen Bereich (Station 493). Der Tagesfang der Plateau-Station 456 zeigt ebenfalls sehr wenig Tiere mit gefüllten Därmen.

P. nanus (Abb. 24.1) zeigt relativ viele Tiere mit Nahrung auf der Ozean-Station 493 (73%). Unter den Nachtfängen auf dem Plateau wird dies nur durch die Station 452 übertroffen (100%), die bereits in den Morgenstunden beprobt wurde. Der Tagesfang über der Tiefsee (Station 459) weist deutlich mehr Individuen mit Nahrung auf als auf dem Plateau (Station 456).

P. crassirostris (Abb. 24.1) zeigt eine höhere Fraß-Aktivität auf der Ozean-Station 493 (26%) gegenüber der Station 452 (14%), nicht aber gegenüber 455 (100%). Die Tagesfänge zeigen bei *P. crassirostris* viele Tiere mit Darmfüllung auf der Ozean-Station 459 (80%) gegenüber wenigen auf den Plateau-Stationen 456 (0%) und 519 (24%).

Mecynocera clausi (Abb. 24.1) zeigte auf allen Stationen eine Nahrungsaufnahme. Vergleichbar mit allen anderen untersuchten Arten zeigt auch diese Art in der Nacht die meisten Tiere auf den Plateau-Stationen 452 und 455 mit Nahrung. Bemerkenswert scheint, daß 35% der Tiere auf der Station 451 gefüllte Därme haben. Die Nachtfänge über der Tiefsee (Station 493) ergeben aber auch hier nur knapp 7% der Tiere mit Nahrung im Darm. Bei den Tagesfängen haben dagegen nur wenige Tiere des Plateaus (Station 456 und 519) Nahrung zu sich genommen, wohingegen knapp 60% der untersuchten Individuen auf der Ozean-Station 459 gefüllte Därme zeigen.

Die Füllungsgrade der Därme sind für die untersuchten Arten der Clausocalanidae (Abb. 24.2) auf den betreffenden Stationen sehr ähnlich.

Die Weibchen der Arten *Clausocalanus furcatus* und *C. paululus* zeigen nachts auf den Plateau-Stationen 451 leere Därme und auf den Stationen 452 und 455 die meisten Tiere mit Nahrung. Hervorzuheben ist allerdings, dass auf den letztgenannten Stationen viel weniger Tiere von *C. paululus* Nahrung in den Därmen hatten (25 bzw. 39,5%) als *C. furcatus* (über 90% auf beiden Stationen). Die ozeanische Station 493 zeigt bei beiden Arten sehr viel weniger Tiere mit gefüllten Därmen (unter 20%).

Auch die Tagesfänge zeigen für beide Arten ein ähnliches Muster. Während auf der nordwestlichen Station 519 einige Tiere von *C. furcatus* (über 20%) und *C. paululus* (über 30%) Nahrung aufweisen, sind es auf der zentralen Plateau-Station 456 keine (*C. furcatus*) beziehungsweise nur 5% (*C. paululus*) der untersuchten Individuen.

Da die untersuchten Individuen der Art *Ctenocalanus vanus* nur von Plateau-Stationen stammen, erlauben sie keinen Vergleich zwischen Plateau und Ozean-Station. Zudem wurden nur sehr wenige Tiere dieser Art untersucht. Im Vergleich mit der Fraßaktivität der anderen Clausocalanidae zeigen sie aber den gleichen Tag-Nacht-Unterschied: in der

Morgendämmerung weisen die Plateau-Stationen 452 und 455 ausschließlich Tiere mit Nahrung auf, während auf der Plateau-Station am Tage (Station 519) nur 50% der Tiere Nahrung aufnahmen.

Die Zahl der untersuchten *Temoropia mayumbaensis* war ebenfalls gering (Abb. 24.2). Die Tiere zeigen auf dem Plateau in der Morgendämmerung (452, 455) und am Tage ausschließlich Tiere mit Darminhalt. Somit zeigt sich kein Tag-Nacht-Unterschied in der Fraßaktivität.

Bei den vorangegangenen Ausführungen muss bedacht werden, dass die Fänge auf der Station 451 (Plateau) und 493 (Ozean) zwischen 21:45 und 00:25 Uhr stattfanden und diese nur sehr wenige Paracalanidae und Clausocalanidae mit gefüllten Därmen aufwiesen. Im Vergleich dazu zeigen sich sehr viel mehr Tiere mit Darmfüllung auf den später beprobten Plateau-Stationen 455 (02:40-03:05 Uhr) und 452 (05:00-05:30 Uhr).

Die Paracalanidae und Clausocalanidae dieser Untersuchung und *Mecynocera clausi* zeigen einen Tag-Nacht-Unterschied in ihrer Fraßaktivität. Nachts sind die Därme der Copepoda des Plateaus im allgemeinen häufiger gefüllt als bei Tieren im ozeanischen Bereich. Am Tage sind die Verhältnisse umgekehrt; die Tiere der untersuchten Ozean-Station 459 ergeben häufiger gefüllte Därme als die der Plateau-Stationen.

Die Calanidae dieser Untersuchung und *Temoropia mayumbaensis* zeigen sowohl in der Nacht als auch am Tage eine hohe Fraßaktivität auf allen Stationen (mit Ausnahme der Station 456).

Die Plateau-Station 456 zeigt mit Ausnahme von *M. clausi* grundsätzlich weniger Tiere mit gefüllten Därmen als alle anderen untersuchten Tages-Stationen.

Auf der Station 451 (Nacht-Fang am Plateau-Rand im Nordwesten, 446 m Wassertiefe) zeigten nur die Arten *M. tenuicornis* und *M. clausi* Fraßaktivität.

Abb. 24.1 Prozentualer Anteil der Weibchen mit Darminhalt

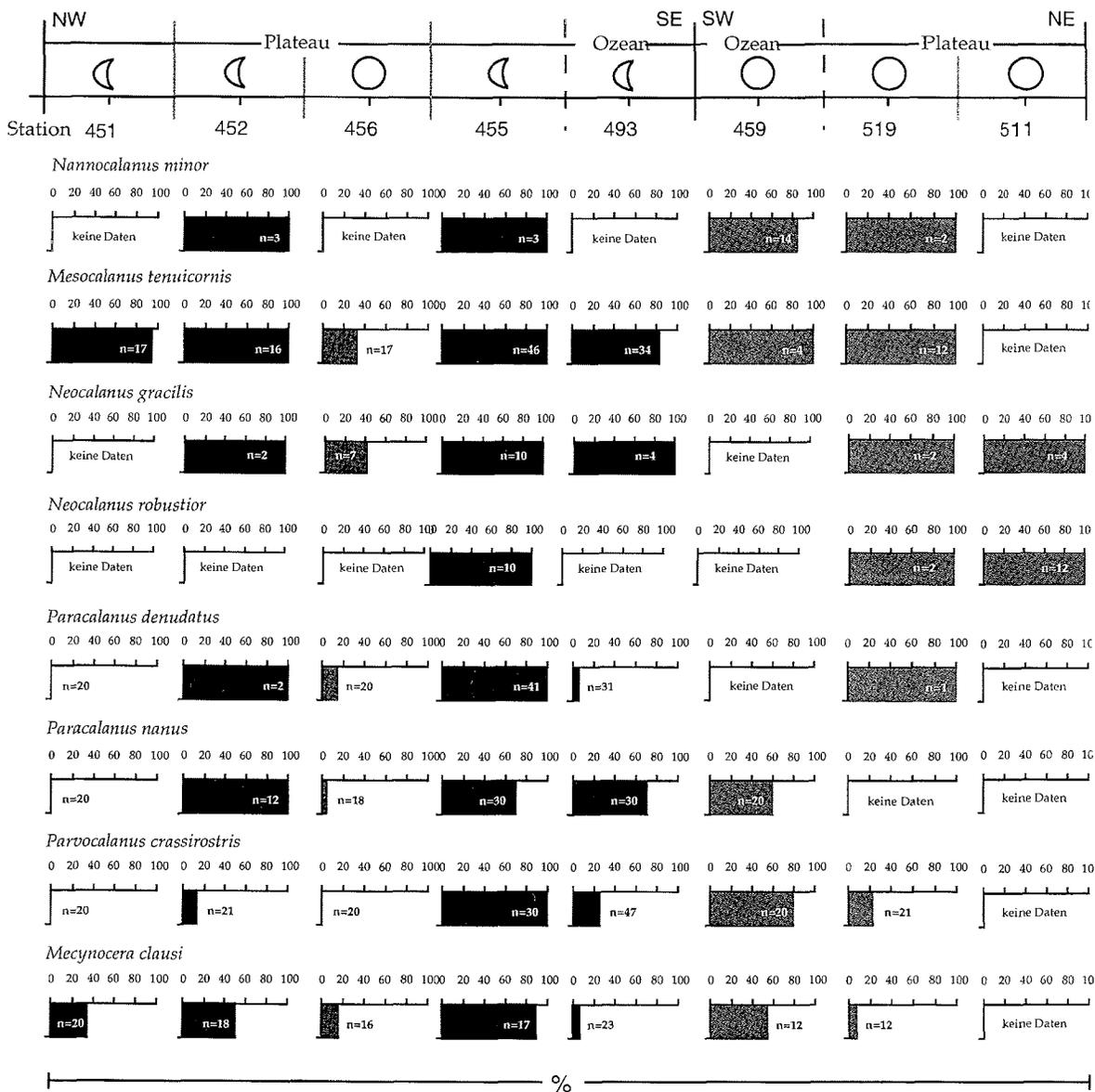


Abb. 24.1: Fraßaktivität der untersuchten Weibchen. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Weibchen mit Darminhalt.

n = Anzahl untersuchter Weibchen

☾ = Nacht-Station, ☉ = Tages-Station

Abb. 24.2 Prozentualer Anteil der Weibchen mit Darminhalt

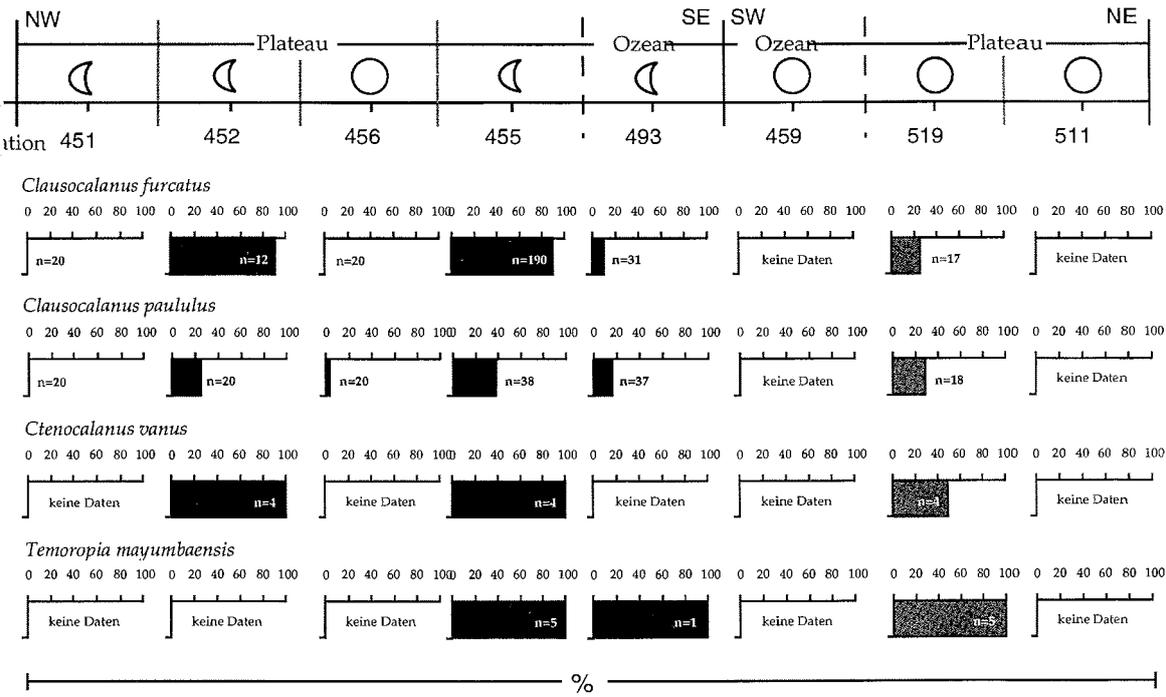


Abb. 24.2: Fraßaktivität der untersuchten Weibchen. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Weibchen mit Darminhalt.
 n = Anzahl untersuchter Weibchen
 ☾ = Nacht-Station, ○ = Tages-Station

4.3.1 Vergleich des Darmfüllungsgrades auf den untersuchten Stationen

Der Füllungsgrad des Darmes der Weibchen (Abb. 25.1/2) wird innerhalb einer Art auf unterschiedlichen Stationen (Tab. 13) verglichen.

Die Situation in der Nacht ist für *Mesocalanus tenuicornis* (Abb. 25.1) wie folgt: Der Grad der Darmfüllung ist zwischen der Station 493 (Ozean) und den Plateau-Stationen 452 und 455 teilweise hoch signifikant unterschiedlich ($p < 0,0001$ bzw. $p = 0,0211$). Die Tiere zeigen über der Tiefsee (493) geringe Darmfüllungen. Dagegen zeigt die Station 451 keinen Unterschied gegenüber der Station 455 und nur einen geringen ($p = 0,0143$) gegenüber Station 452. Hervorzuheben ist allerdings ein signifikanter Unterschied ($p < 0,0001$) zwischen den Plateau-Stationen 456 und 519 – Tiere der im Zentrum des Plateaus befindlichen Station 456 zeigen weniger stark gefüllte Därme.

Auf der Station 455 sind im Fall von *Paracalanus denudatus* (Abb. 25.1) nachts mehr gefüllte Därme zu finden als auf der Station 451 ($p < 0,0001$) und der Station 493 ($p < 0,0001$). Während zwischen Station 451 und Station 493 keine Unterschiede vorherrschen, sind sie zwischen der Station 455 und 493 signifikant hoch ($p < 0,0001$).

Für *Paracalanus nanus* steht die nordwestliche Plateau-Station 451 ebenfalls isoliert gegenüber den im Südosten gelegenen Stationen 455 (Plateau) und 493 (Ozean). Die Unterschiede sind in beiden Fällen hoch signifikant ($p < 0,0001$). Hinzu kommt allerdings ein ebenfalls hoch signifikanter Unterschied der Station 451 gegenüber der Station 452, die in unmittelbarer Nachbarschaft zur Station 451 liegt. Station 452 zeigt wiederum Unterschiede gegenüber der Plateau-Station 455 ($p = 0,0032$) und der Ozean-Station 493 ($p = 0,0108$). *P. nanus* zeigt nachts die am stärksten gefüllten Därme auf den Stationen 455 und 493. Bemerkenswert ist die Situation am Tage, die mit der der anderen untersuchten Arten übereinstimmt: auch hier zeigen die Tiere auf der Ozean-Station 459 mehr Darminhalt als auf der Plateau-Station 456 ($p = 0,0055$).

Nachts zeigt der Grad der Darmfüllung der Art *Parvocalanus crassirostris* (Abb. 25.1) eine deutlich isolierte Stellung der Station 455. Gegenüber den Plateau-Stationen 451 und 452 im Nordwesten und der Ozean-Station 493 wird deutlich, daß die Tiere der Station 455 die gefülltesten Därme aufweisen. Entgegen den Ausführungen bei *P. nanus*, zeigt *P. crassirostris* jedoch keinen Unterschied zwischen den beiden benachbarten Plateau-Stationen 451 und 452 im Nordwesten. Der Vergleich der Tagesfänge ergibt keinen Unterschied zwischen den beiden Plateau-Stationen 456 und 519. Der Unterschied zu der Ozean-Station 459 ist dagegen für beide Plateau-Stationen signifikant – am Tage haben die Tiere über der Tiefsee vollere Därme.

Tab. 13: Ergebnis des Mann-Whitney- (U-) Tests für den Vergleich der Darmfüllungen auf den Stationen.
 f = Weibchen; * (0,05 • p > 0,01); ** (0,01 • p > 0,001); *** (p • 0,001)

<i>M. tenuicornis</i> (f)	451	452	455	456	493	
452	*0,0143					
455	0,1455	***0,0002				
456	***0,0008	***<0,0001	***<0,0001			
493	**0,0089	***<0,0001	*0,0211	*0,0125		
519	***0,0005	**0,0062	***<0,0001	***<0,0001	***<0,0001	
<i>P. denudatus</i> (f)	451	455	456			
455	***<0,0001					
456	0,4171	***<0,0001				
493	0,6996	***<0,0001	0,5891			
<i>P. nanus</i> (f)	451	452	455	456	459	
452	***<0,0001					
455	***<0,0001	**0,0032				
456	0,7700	***<0,0001	***0,0001			
459	**0,0012	**0,0003	0,2761	**0,0055		
493	***<0,0001	*0,0108	0,4035	***<0,0001	0,0731	
<i>P. crassirostris</i> (f)	451	452	455	456	459	493
452	0,4339					
455	***<0,0001	***<0,0001				
456	0,9999	0,4339	***<0,0001			
459	***<0,0001	**0,0003	0,5929	***<0,0001		
493	0,1001	0,5459	***<0,0001	0,1001	***<0,0001	
519	0,1922	0,6689	***<0,0001	0,1922	**0,0003	0,9207
<i>M. clausi</i> (f)	451	452	455	456	459	493
452	0,2307					
455	***0,0006	0,0646				
456	0,3813	0,0701	***0,0001			
459	0,0645	0,3517	0,8076	*0,0291		
493	*0,0259	0,4384	0,2287	**0,0054	0,6514	
519	0,2590	0,0625	***0,0004	0,6931	*0,0304	**0,0078
<i>C. furcatus</i> (f)	451	452	455	456	493	
452	***<0,0001					
455	***<0,0001	0,7407				
456	0,9999	***<0,0001	***<0,0001			
493	0,5627	***<0,0001	***<0,0001	0,5627		
519	0,2228	**0,0040	***<0,0001	0,2228	0,4377	
<i>C. paululus</i> (f)	451	452	455	456	493	
452	0,1046					
455	*0,0141	0,5504				
456	0,7868	0,1636	*0,0266			
493	0,2418	0,5472	0,1683	0,3621		
519	0,0794	0,8378	0,7857	0,1178	0,4459	

Abb. 25.1 Darmfüllungen der Weibchen auf den untersuchten Stationen (Box-Whisker-Plots)

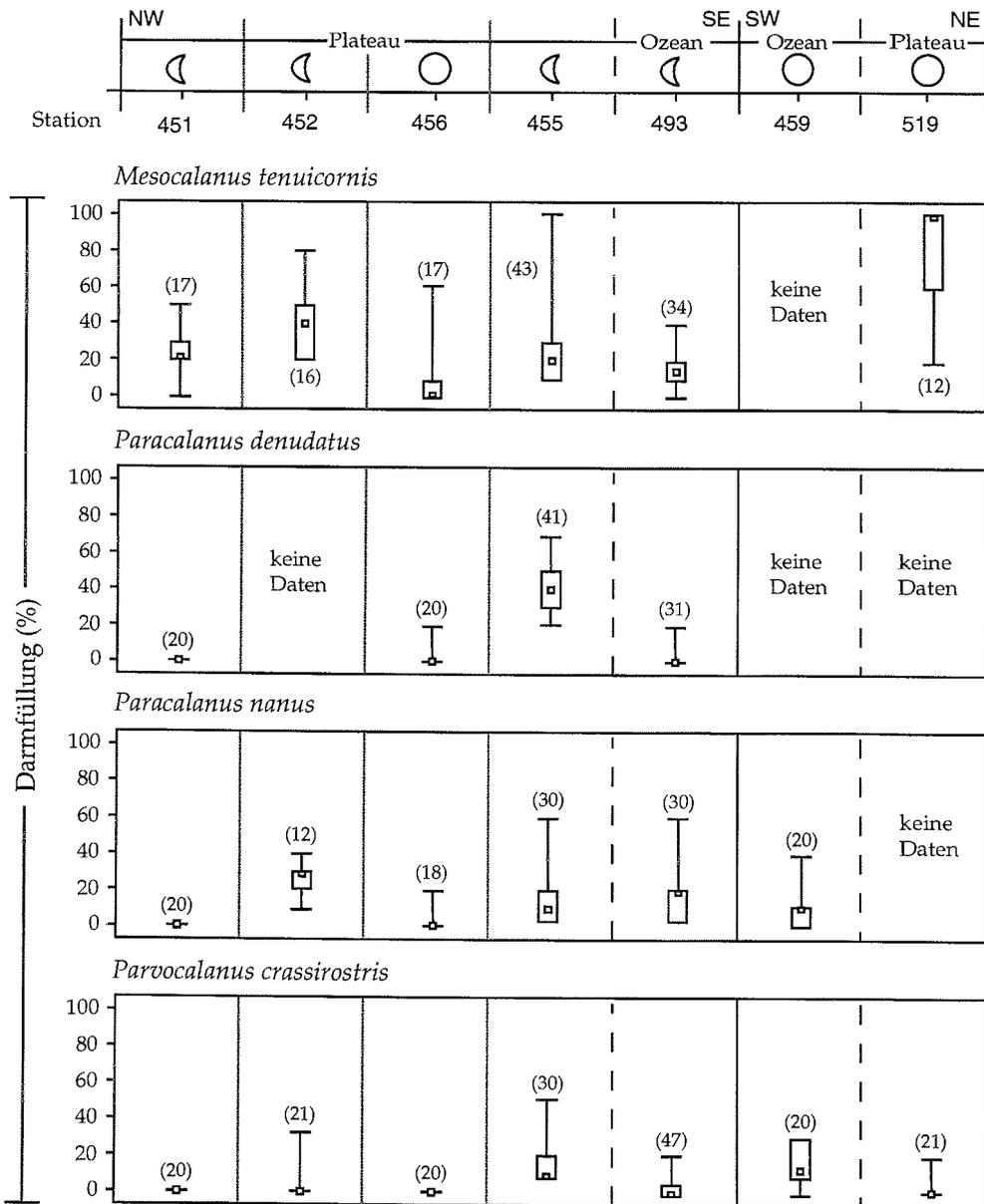


Abb. 25.1: Darmfüllung der untersuchten Weibchen. Dargestellt sind Minimum, 1. Quartile, Median, 3. Quartile und das Maximum (Box-and-Whisker-Plot). Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl untersuchter Weibchen wieder.

☾ = Nacht-Station, ○ = Tages-Station

Abb. 25.2 Darmfüllungen der Weibchen auf den untersuchten Stationen (Box-Whisker-Plots)

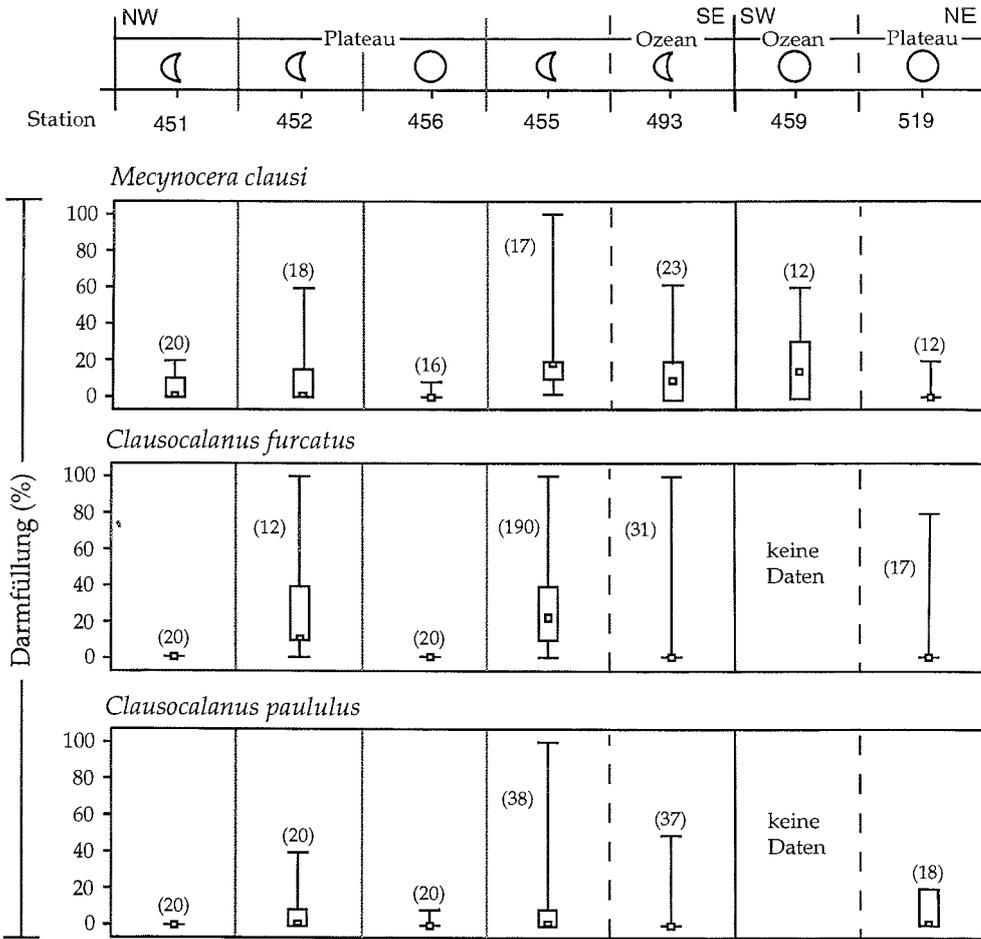


Abb. 25.2: Darmfüllung der untersuchten Weibchen. Dargestellt sind Minimum, 1. Quartile, Median, 3. Quartile und das Maximum (Box-and-Whisker-Plot). Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl untersuchter Weibchen wieder.

☾ = Nacht-Station, ○ = Tages-Station

Für *Mecynocera clausi* (Abb. 25.2) ergibt sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen der im Nordwesten liegenden Station 451 und der südöstlichen Station 455. Die Därme der untersuchten Individuen sind auf der Station 455 stärker gefüllt als auf Station 451. Anders allerdings die Situation gegenüber der Tiefsee-Station 493: hier ergeben sich ebenfalls geringfügige Unterschiede ($p=0,0259$) zu der Station 451. *M. clausi* zeigt wie *P. nanus* auf den Station 455 und 493 ähnlich gut gefüllte Därme. Bei den Tagesfängen ergibt sich nur ein geringer Unterschied ($p=0,0291$) zwischen der Plateau-Station 456 und der Ozean-Station 459, nicht aber zu der Plateau-Station 519.

Betrachtet man für *C. furcatus* (Abb. 25.2) ausschließlich die Nachtfänge auf dem Plateau, so ergibt sich ein hoch signifikanter Unterschied ($p<0,0001$) zwischen der Station 451 und der ebenfalls im Nordwesten liegenden Station 452 und der südöstlichen Station 455. Die ebenfalls während der Nacht beprobte Station 493 über der Tiefsee zeigt den selben Unterschied gegenüber den Stationen 452 und 455, die Tiere mit den am stärksten gefüllten Därmen aufweisen. Der Vergleich der Tagesfänge auf den Plateau-Stationen 456 und 519 ergibt keinen Unterschied in der Darmfüllung.

Den Grad der Darmfüllung betreffend zeigt *C. paululus* (Abb. 25.2) ebenfalls einen Unterschied zwischen der Station 451 und 455, wenn auch in geringerem Maße ($p=0,0141$). Die Därme der Tiere auf Station 455 sind im Vergleich stärker gefüllt. Die Station 452 im Norden des Plateaus unterscheidet sich nicht gegenüber der ebenfalls im Norden gelegenen Plateau-Station 451, aber auch nicht gegenüber der Plateau-Station 455 im Süden. Der Vergleich der Tagesfänge auf den Plateau-Stationen 456 und 519 ergibt auch hier keinen Unterschied in der Darmfüllung.

4.3.2 Tiefenvergleich des Darmfüllungsgrades auf den untersuchten Stationen

Dem Grad der Darmfüllung entsprechend ergaben sich für die Arten *Paracalanus denudatus* und *Clausocalanus furcatus* signifikante Unterschiede ($p=0,0080$ bzw. $p<0,0001$) in der Nacht auf der Plateau-Station 455 in Tiefenschichten zwischen 10-50m und 50-100m (Tab. 14). Beide Arten zeigten in den tiefer liegenden Wasserschichten vollere Därme (Abb. 26).

Tab. 14: Ergebnis des Mann-Whitney-Tests (Datenumfang = 8) beziehungsweise des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests (Datenumfang < 8) für den Vergleich der Darmfüllungen innerhalb der untersuchten Wassersäule.
n = Anzahl der untersuchten Copepoda in den betreffenden Multinetzen
MN = Multinetz. 1 (300-150 m), 2 (150-100 m), 3 (100-50 m), 4 (50-10 m), 5 (10-0 m)
CV = Copepodid CV; f = Weibchen; m = Männchen; ** (0,01 < p < 0,001); *** (p < 0,001)

Art (Stadium)	Station	MN 1/2	MN 1/3	MN 2/3	MN 3/4	MN 4/5	MN 2/4	MN 3/5
<i>M. tenuicornis</i> (f)	455			0,3966 (n=10/26)	0,1738 (n=26/8)			
<i>M. tenuicornis</i> (f)	456			0,7625 (n=6/8)				
<i>M. tenuicornis</i> (f)	519				> 0,9999 (n=7/5)			
<i>N. robustior</i> (CV)	455				0,3397 (n=7/6)			
<i>N. robustior</i> (CV)	511				> 0,9999 (n=5/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	451					> 0,9999 (n=13/7)		
<i>P. nanus</i> (f)	452				0,8356 (n=5/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	455				0,0799 (n=5/23)			
<i>P. nanus</i> (f)	456				> 0,999 (n=12/6)			
<i>P. nanus</i> (f)	459				0,8022 (n=12/7)			
<i>P. nanus</i> (f)	493				0,3483 (n=22/8)			
<i>P. denudatus</i> (f)	451			> 0,9999 (n=7/7)	> 0,9999 (n=7/5)			
<i>P. denudatus</i> (f)	455				**0,0080 (n=23/11)	0,6452 (n=11/7)		
<i>P. denudatus</i> (f)	456				> 0,9999 (n=5/12)			
<i>P. denudatus</i> (f)	493				> 0,9999 (n=25/6)			
<i>P. crassirostris</i> (CV)	493					> 0,9999 (n=10/5)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	451					> 0,9999 (n=6/14)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	452				0,1579 (n=8/13)			
<i>P. crassirostris</i> (f)	456				> 0,9999 (n=10/10)			
<i>P. crassirostris</i> (f)	459				0,0946 (n=11/9)			

Fortsetzung der Tab. 14

Art (Stadium)	Station	MN 1/2	MN 1/3	MN 2/3	MN 3/4	MN 4/5	MN 2/4	MN 3/5
<i>P. crassirostris</i> (f)	493				0,0521 (n=10/26)	0,1579 (n=26/11)		
<i>P. crassirostris</i> (f)	519				0,6491 (n=7/13)			
<i>M. clausi</i> (f)	451			> 0,9999 (n=5/15)				
<i>M. clausi</i> (f)	452			0,3397 (n=6/7)	0,8944 (n=7/5)			
<i>M. clausi</i> (f)	455			> 0,9999 (n=5/9)				
<i>M. clausi</i> (f)	459						0,3306 (n=5/5)	
<i>C. furcatus</i> (f)	451				> 0,9999 (n=10/10)			
<i>C. furcatus</i> (f)	452							0,1771 (n=5/6)
<i>C. furcatus</i> (f)	455				***<0,0001 (n=31/111)	0,8622 (n=111/46)		
<i>C. furcatus</i> (f)	456				> 0,9999 (n=8/12)			
<i>C. furcatus</i> (f)	493				> 0,9999 (n=5/14)	0,9795 (n=14/12)		
<i>C. furcatus</i> (f)	519					> 0,9999 (n=7/7)		
<i>C. furcatus</i> (m)	493					0,5412 (n=14/15)		
<i>C. paululus</i> (f)	452	0,3859 (n=8/11)						
<i>C. paululus</i> (f)	455			0,8557 (n=24/9)				
<i>C. paululus</i> (f)	456						0,5127 (n=5/15)	
<i>C. paululus</i> (f)	493				0,5602 (n=21/16)			
<i>C. paululus</i> (f)	519		0,4275 (n=5/7)		> 0,9999 (n=7/6)			

Abb. 26 Darmfüllungen der Weibchen in den untersuchten Tiefen (Box-Whisker-Plots)

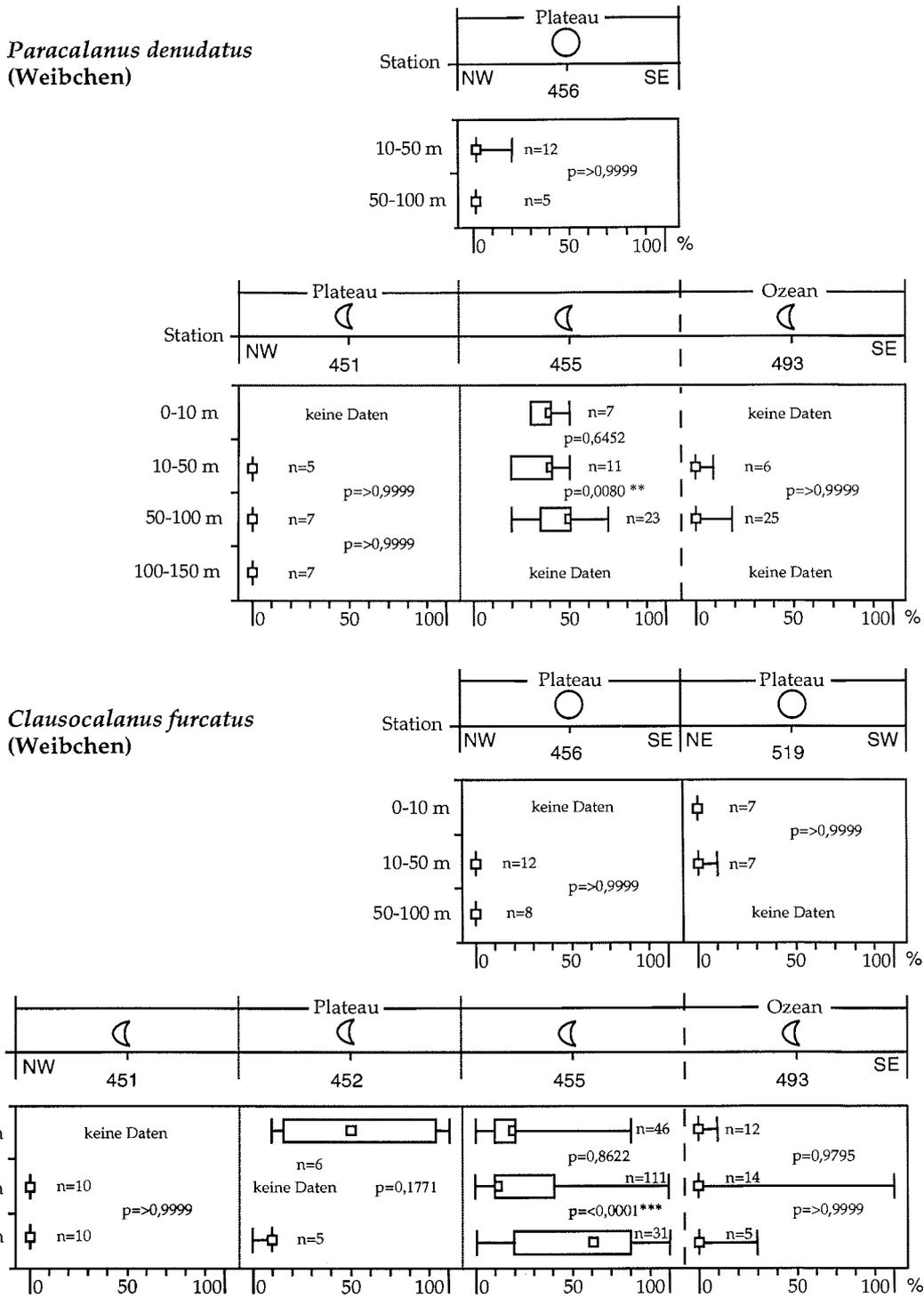


Abb. 26: Grafische Darstellung signifikanter Unterschiede der Darmfüllungen innerhalb der untersuchten Wassersäule. Es sind nur die Arten dargestellt, die signifikante Unterschiede aufweisen. Abhängig vom Signifikanz-Niveau, sind die betreffenden Werte mit Sternchen (*) gekennzeichnet.

4.3.3 MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots für den Grad der Darmfüllung

Für die Dissimilaritäts-Matrix (Tab. 15) der MDS- (Multi Dimensional Scaling) Plots (Abb. 27) wurden die Werte der Stationen 451, 452, 455, 493 (Nachtfänge) und 519, 456 (Tagesfänge) mit den fünf Arten *Mesocalanus tenuicornis*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus furcatus* und *C. paululus* zusammengefasst. Im Falle des MDS-Plots, der den Grad der Darmfüllung beschreibt, hatten drei der 20 Anfangskonfigurationen einen Stress von 0,00. Tab. 16 gibt die Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots wieder.

Tab. 15: Dissimilaritäts-Matrix für die Werte der Darmfüllung (Bray-Curtis). Es wurden 6 Stationen (451, 452, 455, 456, 493, 519) und 5 Arten (*Clausocalanus furcatus*, *C. paululus*, *Mecynocera clausi*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Parvocalanus crassirostris*) berücksichtigt.

	451	452	455	456	493	519
451	0	—	—	—	—	—
452	0,43	0	—	—	—	—
455	0,55	0,29	0	—	—	—
456	0,78	0,91	0,92	0	—	—
493	0,31	0,52	0,48	0,78	0	—
519	0,61	0,50	0,72	0,93	0,75	0

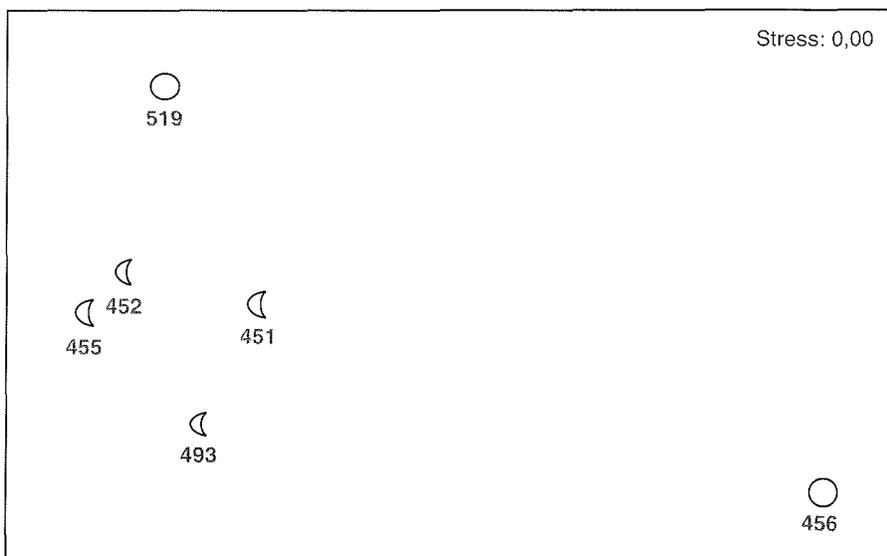


Abb. 27: MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plot für den Grad der Darmfüllung. Die Zahlen weisen auf die Tiefsee- bzw. Plateau-Stationen. Der Halbmond symbolisiert Nachtfänge, während der Kreis Tagesfänge anzeigt.

Tab. 16: Koordinaten für die Werte (Stationen) des MDS- (Multi Dimensional Scaling-) Plots (Abb. 27)

Station	x - Wert	y - Wert
451	0,00	0,04
452	- 0,63	- 0,04
455	- 0,68	- 0,29
456	1,97	0,11
493	- 0,02	- 0,51
519	- 0,64	0,70

Die Plateau-Station 451 im Nordwesten nimmt gegenüber den Plateau-Stationen 452 (ebenfalls im Nordwesten) und 455 (Südwesten) eine Sonderstellung ein. Ähnlich verhält es sich mit der Ozean-Station 493 im Südosten gegenüber den Plateau-Stationen. Bei den Tagesfängen kann man mit Hilfe des MDS-Plots eindeutig zwischen den Plateau-Stationen 456 und 519 unterscheiden. Der MDS-Plot zeigt weiterhin, dass der Tagesfang auf der Plateau-Station 519 im Nordosten der im Nordwesten liegenden Station 452 ähnlich ist. Die Ähnlichkeit der Station 519 zu 455 im Südosten ist dagegen geringer.

Die Ergebnisse des MDS-Plots werden teilweise durch die Erkenntnisse des Mann-Whitney-(U-) Tests bestätigt (s. Tab. 14). Der U-Test ergab in einigen Fällen (für *P. nanus* und *C. furcatus*) ebenfalls Unterschiede zwischen den Stationen 451 und 452. Die isolierte Stellung der Ozean-Station 493 wird anhand der Arten *M. tenuicornis* und *C. furcatus* deutlich. Der Unterschied zwischen den Stationen 456 und 519 wird nur in einem Fall (für *M. tenuicornis*) bestätigt. Obwohl die Stationen 456 und 455 auf dem Plateau recht nahe beieinander liegen, zeigt der U-Test hoch signifikante Unterschiede für die meisten Arten. Der U-Test bestätigt die Ähnlichkeit der Stationen 519 und 452 vor allem anhand der Arten *P. crassirostris* und *C. paululus*. Die geringere Ähnlichkeit der Station 519 zu der Station 455 wird bis auf *Clausocalanus paululus* an allen Arten deutlich.

Die Tiere der Plateau-Station 455 im Südosten zeigen die höchsten Darmfüllungsgrade. Damit nimmt Station 455 gegenüber den anderen Plateau-Stationen im Nordwesten (451/452) und der Ozean-Station 493 (Südost) eine Sonderstellung ein – auf diesen Stationen zeigen sich geringere Darmfüllungsgrade. In einigen Fällen (*P. nanus*, *C. furcatus*) variiert der Darmfüllungsgrad aber auch auf den Stationen 451 und 452 – Station 451 weist in diesen Fällen Tiere mit geringerer Darmfüllung auf. Hier sei nochmals bemerkt, dass es sich bei Station 451 um einen Fang um Mitternacht handelt, während die Plateau-Stationen 452 und 455 in den Morgenstunden befischt wurden. Bei den Tagesfängen kann man deutlich zwischen Plateau-Stationen (456/519) und der Ozean-Station 459 unterscheiden. Nur in einem Fall (*M. tenuicornis*) ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Plateau-Stationen der Tagesfänge, der bei den Clausocalanidae *C. furcatus* und *C. paululus*, bei *P. crassirostris* und *M. clausi* nicht besteht.

4.4. Darminhalt

4.4.1. Anteil der nicht-identifizierbaren Futterpartikel an der Gesamtnahrung

Das Ergebnis der in Kap. 3.6. beschriebenen Berechnung für das Darmvolumen und den Anteil der nicht-identifizierbaren Nahrung ist der Tab. 17 bzw. der Tab. 18 zu entnehmen.

Der Anteil an nicht-identifizierbarer Nahrung innerhalb der untersuchten Copepoda ist hoch und beträgt zwischen 89 und 100% (Tab. 18).

Tab. 17: Darmvolumina (Median in μm^3), Cephalothoraxlängen (Median in μm) und Anzahl (n) der jeweils untersuchten Copepoda. Mit einem \rightarrow gekennzeichnete Werte sind aus Berechnungen anderer Copepoda hervorgegangen (Darmvolumen-Cephalothoraxlängen-Verhältnis).

	Darmvolumen (Median in μm^3)	Anzahl (n) der untersuchten Copepoda	Cephalothoraxlänge (Median in μm)	Anzahl (n) der untersuchten Copepoda
<i>M. tenuicornis</i>				
Weibchen	6.461.981	3	1213	146
Männchen	5.044.178	1	1188	22
Copepodid CV	1.772.117	2	1106	20
<i>N. gracilis</i>				
Weibchen	\rightarrow 65.008.489	—	2450	29
Männchen	\rightarrow 9.659.483	—	2065	9
Copepodid CV	\rightarrow 8.650.408	—	1850	17
<i>N. robustior.</i>				
Weibchen	79.602.231	1	3000	24
Männchen	11.460.404	1	2450	14
Copepodid CV	11.035.116	1	2360	28
<i>P. denudatus</i>				
Weibchen	802.750	8	563	115
Männchen	\rightarrow 557.461	—	500	2
Copepodid CV	771.698	1	500	15
<i>P. nanus</i>				
Weibchen	207.019	3	475	130
Männchen	\rightarrow 161.734	—	475	5
Copepodid CV	154.294	1	450	32
<i>P. crassirostris</i>				
Weibchen	338.196	4	413	182
Männchen	200.562	1	313	30
Copepodid CV	196.547	1	338	27
<i>M. clausi</i>				
Weibchen	967.114	5	813	118
Männchen	339.267	1	750	5
Copepodid CV	504.023	1	750	16
<i>C. furcatus</i>				
Weibchen	2.599.135	6	780	290
Männchen	\rightarrow 665.178	—	525	32
Copepodid CV	1.763.320	1	519	4
<i>C. paululus</i>				
Weibchen	515.209	6	500	153
Männchen	142.025	1	363	17
Copepodid CV	471.851	1	450	1

Tab. 18: Prozentualer Anteil der identifizierbaren und nicht-identifizierbaren Nahrung und der Grad der Darmfüllung (%) der untersuchten Copepoda (CV = Copepodid, f = Weibchen, m = Männchen). Mit einem † gekennzeichnete Stadien zeigen Medianwerte der Darmfüllung (%) und den prozentualen Anteil der identifizierbaren und nicht-identifizierbaren Nahrung. Mit einem * gekennzeichnete Werte berücksichtigen nicht den Anteil ingestierter Copepoda (-Bruchstücke).

Spezies	Station	Geschlecht Stadium	Anzahl (n) untersuchter Copepoda mit identifizierbarer Nahrung	Darm-Füllung (%)	Anteil (%) identifizierbarer Nahrung	Anteil (%) nicht-identifizierbarer Nahrung
<i>M. tenuicornis</i>	452	† CV	2	45	3,575	96,425
	452	† f	11	40	* 0,560	99,440
	452	† m	2	40	* 4,104	95,896
	455	† CV	4	15	2,037	97,963
	455	† f	14	20	0,423	99,577
	455	† m	3	30	1,123	98,877
	493	† f	10	35	* 0,680	99,320
	<i>N. gracilis</i>	452	f	1	30	0,011
455		† CV	4	40	* 0,783	99,217
455		f	1	40	0,013	99,987
493		f	1	20	1,268	98,732
493		m	1	30	0,006	99,994
<i>N. robustior</i>	455	† CV	8	60	* 1,516	98,484
	455	† f	7	40	* 0,065	99,935
	455	† m	2	65	* 7,947	92,053
	493	CV	1	20	* 4,111	95,889
	511	† CV	6	20	* 3,930	96,070
	511	† f	11	50	* 0,042	99,958
	519	† f	2	55	* 0,209	99,791
	519	m	1	20	0,648	99,352
<i>M. clausi</i>	455	CV	1	80	0,110	98,900
	455	† f	3	10	2,675	97,325
<i>P. denudatus</i>	452	† CV	2	35	0,235	99,765
<i>P. nanus</i>	452	CV	1	10	2,753	97,247
	452	† f	2	30	1,368	98,632
	519	CV	1	80	11,198	88,802
<i>P. crassirostris</i>	455	† f	2	35	0,297	99,703
	455	m	1	50	0,013	99,987
	493	f	1	20	5,030	94,970
	519	m	1	10	1,831	98,169
<i>C. furcatus</i>	452	f	1	20	0,010	99,990
	455	† f	2	20	1,767	98,233
	493	CV	1	30	0,002	99,998
	493	m	1	10	1,003	98,997
<i>C. paululus</i>	452	† f	2	30	0,329	99,671
	452	m	1	10	3,943	96,057
	455	† f	3	20	1,086	98,914
	519	m	1	20	0,753	99,247

4.4.2. Copepoda mit identifizierbarem Darminhalt

Tab. 19 zeigt die identifizierten Nahrungspartikel der Darminhaltsanalyse aller untersuchten Copepoda. Abb. 28 und 29 zeigen Fotos einiger identifizierter Nahrungsorganismen. Der größte bestimmbare Anteil findet sich bei den großen und kleinen Dinoflagellaten, etwas geringer ist er bei den Diatomeen. Während bei den Radiolarien keine Artbestimmung möglich ist, konnte bei den Silicoflagellaten eine Art der Gattung *Dictiocha* identifiziert werden. Bei den Protozoa lassen sich ausschließlich Tintinnen bestimmen. Die Artenzahl der ingestierten Crustaceen ist nicht eindeutig feststellbar, da oftmals nur die Mandibeln erhalten sind und somit eine sichere Identifizierung nicht möglich ist. Vermutlich handelt es sich um Vertreter der Mecynoceridae (Calanoida), Acartiidae (Calanoida) und Oncaeidae (Poecilostomatoida) (Abb. 28a-f). Bei den unter „Sonstige“ aufgeführten *Alternaria* sp. und *Ulocladium* sp. handelt es sich um Pilzsporen (Abb. 29d-g).

Tab. 19: Liste der identifizierbaren Nahrungspartikel (Darminhaltsanalyse aller untersuchten Copepoda)

Metazoa	Crustacea	Diatomeen ≤ 30 µm	<i>Asteromphalus</i> sp. <i>Chaetocerus</i> sp.
Protozoa	Tintinnoinea		<i>Mesoporus perforatus</i> <i>Minutocellus</i> sp. „Gürtel“
Dinoflagellaten ≤ 20 µm			Spore zentrale unbestimmte
<i>Cladopyxis brachiolata</i>		Diatomeen > 30 µm	<i>Chaetocerus</i> sp.
<i>Cladopyxis quadrispina</i>			„Gürtel“
<i>Dinophysis</i> sp.			zentrale
<i>Goniaulax polygranma</i>			pennale
<i>Oxytoxum</i> sp.			unbestimmte
<i>Prorocentrum</i> sp.			
<i>Protoperidinium</i> sp.			
tecate			
unbestimmte		Silicoflagellaten ≤ 20 µm	
Dinoflagellaten > 20 µm		Silicoflagellaten > 20 µm	<i>Dictiocha</i> sp.
<i>Cladopyxis brachiolata</i>		Radiolarien ≤ 50 µm	
<i>Cladopyxis quadrispina</i>		Radiolarien > 50 µm	
<i>Dinophysis</i> sp.		Sonstige	Coccolithophoriden: (u.a. <i>Acanthoica quattrosipina</i>)
<i>Goniaulax</i> sp.			<i>Alternaria</i> sp.
<i>Ornithocerus</i> sp.			<i>Ulocladium</i> sp.
<i>Prorocentrum</i> sp.			Copepoden-Eier
<i>Protoceratium spinulosum</i>			Halosphaera
<i>Protoperidinium</i> sp.			Crysohycaea
tecate			
Cingular-Platten			
unbestimmte			

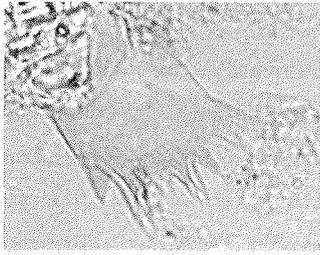
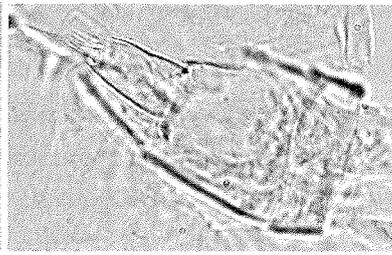


Abb. 28 a)



b)



c)

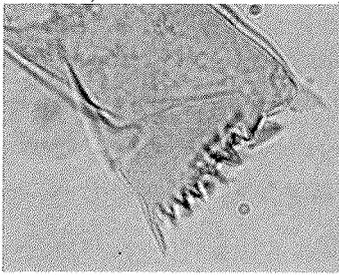
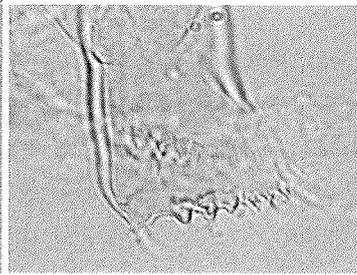
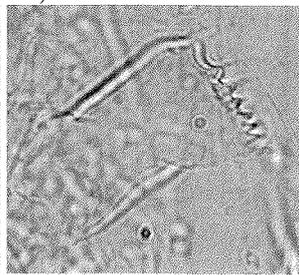


Abb. 28 d)



e)



f)

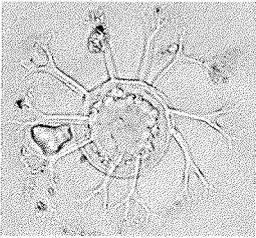
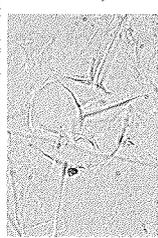
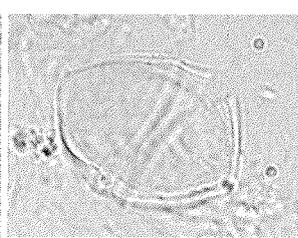


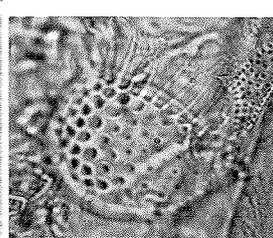
Abb. 28 g)



h)



i)



j)

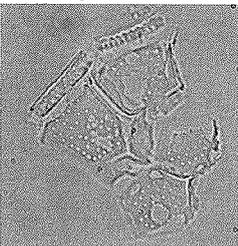
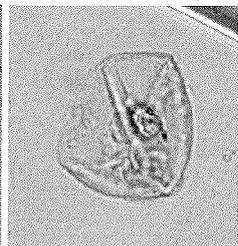
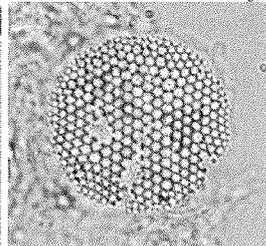


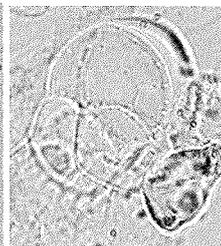
Abb. 28 k)



l)



m)



n)

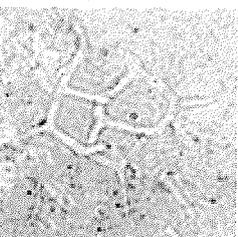
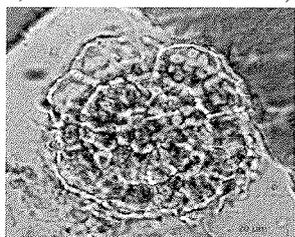
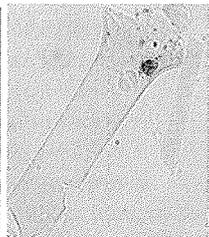


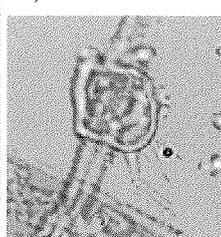
Abb. 28 o)



p)



q)



r)

Abb. 28: Fotos identifizierter Darminhalte

- a) Mandibel von *Acartia sp.* (Breite 15 µm) in *N. minor* (Weibchen)
- b) Abdomen von *Oncaea sp.* (Breite 50 µm) in *N. robustior* (Weibchen)
- c) Mandibel von *Oncaea sp.* (Breite 50 µm) in *N. robustior* (Weibchen)
- d) Mandibel von *M. clausi* (Breite 30 µm) in *N. gracilis* (CV-Stadium)
- e) Mandibel von *M. clausi* (Breite 25 µm) in *N. robustior* (Weibchen)
- f) Mandibel von *M. clausi* (Breite 23 µm) in *N. robustior* (Weibchen)
- g) *Cladopyxis brachiolata* (Durchmesser 100 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- h) *Cladopyxis quadrispina* (Durchmesser 75 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- i) *Prorocentrum sp.* (Durchmesser 12 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- j) *Ornithocerus sp.* (Durchmesser 56 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- k) *Dinophysis sp.* (Durchmesser 30 µm) in *N. minor* (Weibchen)
- l) *Asteromphalus sp.* (Durchmesser 25 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- m) zentrale Diatomee (Durchmesser 14 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- n) unbestimmter Dinoflagellat (Durchmesser 32 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- o) Silicoflagellat (Durchmesser 30 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- p) Radiolaria (Durchmesser 65 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- q) Tininoinea (Länge 84µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- r) *Acantoica quattrosipina* (Coccolithophoridae) (Durchmesser 11 µm) in *P. crassirostris* (Weibchen)

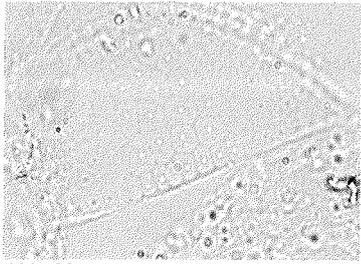
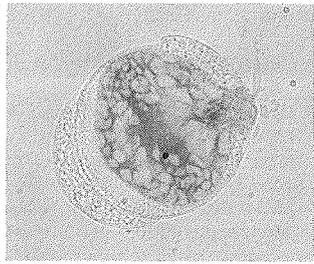
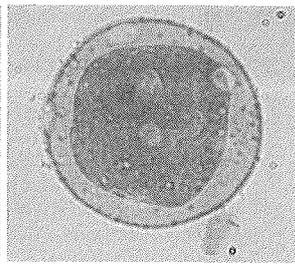


Abb. 29 a)



b)



c)

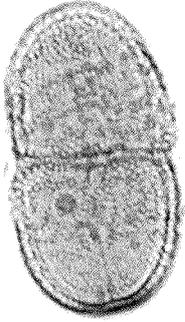
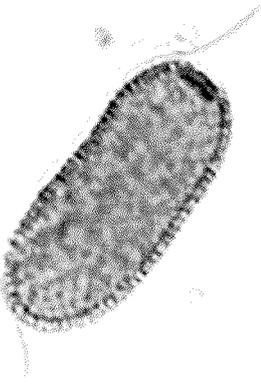


Abb. 29 d)



e)

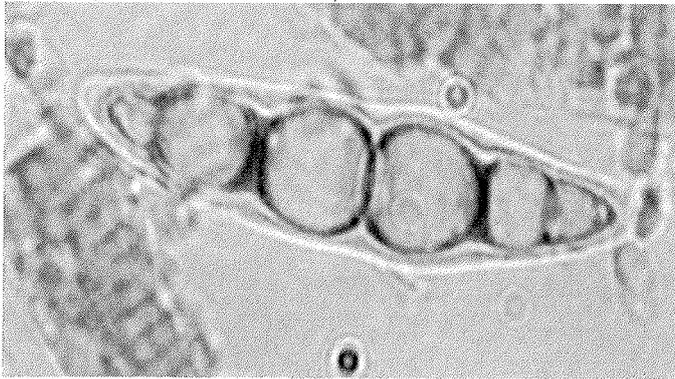
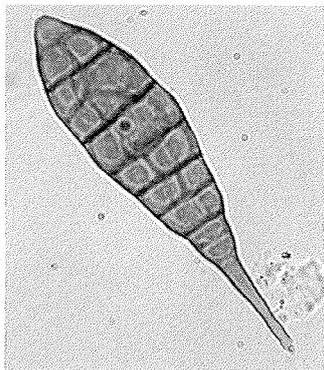


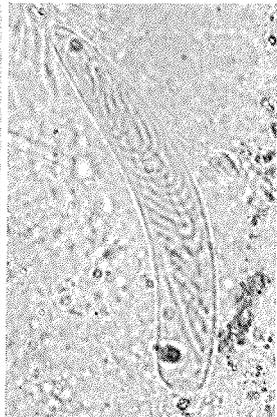
Abb. 29 f)



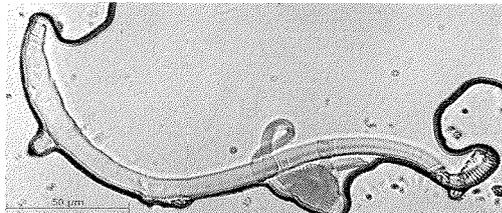
g)



Abb. 29 h)



i)



j)

Abb. 29: Fotos identifizierter Darminhalte

- a) Alge (*Chlorophyta*?) (Durchmesser 72 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)
- b) Copepoden-Ei (Durchmesser 55 µm) in *N. minor* (CIV-Stadium)
- c) Copepoden-Ei (Durchmesser 26 µm) in *C. furcatus* (Weibchen)
- d) *Ulocladium* sp. (Länge 12 µm) in *M. tenuicornis* (Männchen)
- e) *Ulocladium* sp. (Länge 10 µm) in *M. tenuicornis* (Männchen)
- f) *Alternaria* sp. (Länge 36 µm) in *C. furcatus* (Männchen)
- g) *Alternaria* sp. (Länge 45 µm) in *M. clausi* (Weibchen)
- h) unbestimmter Parasit (Länge 48 µm) in *C. paululus* (Weibchen)
- i) unbestimmter Parasit (Länge 39 µm) in *N. robustior* (CV-Stadium)
- j) Parasit (Nematode) (Länge 81 µm) in *M. tenuicornis* (Weibchen)

4.4.3. Zusammensetzung der identifizierbaren Nahrung

Tab. 20 gibt den prozentualen Anteil des identifizierbaren Nahrungsspektrums für alle untersuchten Stadien aller Stationen (Plateau/Ozean) wieder. Die Tab. 2 im Anhang macht detaillierte Angaben zu den identifizierbaren Darminhalten.

Calanidae

Die Weibchen von *Nannocalanus minor* (Tab. 20a) zeigen ein umfangreicheres Nahrungsspektrum als die Copepodide CV. Während der Darm eines Copepodid-Stadiums CV einen kleinen ($\leq 20\mu\text{m}$) Dinoflagellaten aufweist, sind es bei den Weibchen große ($> 20\mu\text{m}$) Dinoflagellaten. Insgesamt gesehen ist das Spektrum der Art *N. minor* weniger groß als das der anderen untersuchten Calanidae.

Weibliche *M. tenuicornis* (Tab. 20b) ingestieren alle Kategorien des untersuchten Nahrungsspektrums. In einem Fall (Station 452) findet sich ein vollständig erhaltener Copepode im Darm. Die Copepodid-Stadien CV scheinen sich dagegen auf wenige Organismen zu beschränken. Auf dem Plateau besteht der identifizierbare Anteil neben wenigen großen Radiolarien ($> 50\mu\text{m}$) hauptsächlich aus kleinen Diatomeen ($\leq 30\mu\text{m}$) und großen ($> 20\mu\text{m}$) Silicoflagellaten. Männliche *M. tenuicornis* zeigen eine ähnlich eingeschränkte Nahrungspräferenz wie das Copepodid-Stadium CV: Auf dem Plateau zeigen sich hauptsächlich „Sonstige“ (meist Ulocodium) und in geringerem Maße große Dinoflagellaten und Silicoflagellaten. Ebenfalls in geringem Maße werden in den Därmen der Männchen Metazoa gefunden. Auch hier zeigt sich in einem Fall (Station 452) ein vollständig erhaltener Copepode.

Die untersuchten Weibchen von *Neocalanus gracilis* haben auf dem Plateau Radiolaria und *Alternaria* sp. in den Därmen (Tab. 20c). Im Darm eines männlichen *N. gracilis* (Ozean) lässt sich ebenfalls *Alternaria* sp. erkennen. Die Copepodid-Stadien CV zeigen ein breiteres Spektrum (Metazoa, große Radiolarien, kleine und große Dinoflagellaten und Diatomeen).

Alle untersuchten Stadien von *N. robustior* (Tab. 20d) haben einen hohen Anteil an ingestierten Metazoa in den Därmen. Sowohl Weibchen als auch die Copepodid-Stadien CV des Plateaus weisen vollständig erhaltene Copepoden in ihren Därmen auf (Tab. 2 im Anhang, Abb. 28b). Der Anteil an Protozoa ist ebenfalls relativ hoch. Die untersuchten Copepodid-Stadien des Plateaus nehmen das gesamte Nahrungsspektrum zu sich; den größten Anteil bilden dabei große Dinoflagellaten. Während im Darm eines untersuchten Copepodid-Stadiums des Plateaus ein kleiner Silicoflagellat zu finden ist, sind in den Därmen der

Weibchen nur große und bei den Männchen keine Silicoflagellaten nachweisbar. Bei den Adulten ist innerhalb der Rubrik „Sonstige“ nur *Ulocladium* sp. zu finden. Die Copepodid-Stadien lassen nur *Alternaria* sp. erkennen.

Das Spektrum der Art *N. minor* ist weniger divers als das der anderen untersuchten Calanidae. Die Därme der Arten *N. robustior* und *M. tenuicornis* weisen das breiteste Nahrungsspektrum auf – das gesamte Spektrum an identifizierten Nährorganismen war bei diesen Arten zu finden. *M. tenuicornis* ist die einzige Art, in der häufig große (> 20µm) Silicoflagellaten zu finden sind. Daneben nimmt *M. tenuicornis* in der Hauptsache große Dinoflagellaten und kleine Diatomeen auf, während es bei *N. robustior* Metazoa und große Dinoflagellaten sind. Im Vergleich zu den anderen Calanidae ist der Anteil ingestierter Protozoa bei *N. robustior* hoch. Vollständig erhaltene Copepoden finden sich in den Därmen von *N. robustior* (Weibchen und Copepodid-Stadium CV) und von *M. tenuicornis* (Weibchen und Männchen). Im Gegensatz zu den Arten *M. tenuicornis* und *N. robustior* ist das Nahrungsspektrum von *Neocalanus gracilis* geringfügig kleiner. Die Copepodid-Stadien CV dieser Art zeigen ein breiteres Spektrum als die Adulten.

Tab. 20: Prozentualer Anteil der ingestierten Nährorganismen innerhalb der untersuchten Copepoda mit identifizierbarem Darminhalt. CV = Copepodid CV, f = Weibchen, m = Männchen
 n₁ = Anzahl der untersuchten Copepoda
 n₂ = Anzahl der untersuchten Copepoda mit identifizierbaren Nahrungspartikeln

<i>N. minor</i>	CV		f	
	Plateau	Plateau	Plateau	Plateau
	n ₁	2	3	
	n ₂	1	2	
Metazoa	—		14,3	
Dinoflagellaten •20,0µm	100,0		14,3	
Dinoflagellaten >20,0µm	—		42,8	
Diatomeen •30,0µm	—		14,3	
Sonstige	—		14,3	
Sonstige: <i>Ulocladium</i> sp.	—		100,0	

a)

<i>M. tenuicornis</i>	CV		f		m	
	Plateau	Plateau	Ozean	Plateau	Ozean	Plateau
	n ₁	16	47	34	18	
	n ₂	6	25	10	5	
Metazoa	—	1,5	5,6	0,0		
Protozoa	—	2,5	—	—	—	
Dinoflagellaten •20,0µm	—	6,5	22,2	—	—	
Dinoflagellaten >20,0µm	—	6,5	—	20,0	—	
Diatomeen •30,0µm	36,0	12,0	16,7	10,0	—	
Diatomeen >30,0µm	7,0	2,0	16,7	—	—	
Silicoflagellaten •20,0µm	—	4,0	—	—	—	
Silicoflagellaten >20,0µm	38,0	13,0	33,2	20,0	—	
Radiolarien •50,0µm	—	6,5	—	0,0	—	
Radiolarien >50,0µm	13,0	—	5,6	0,0	—	
Sonstige	6,0	45,5	—	49,0	—	
Sonstige: <i>Alternaria</i> sp.	—	13,4	—	< 4,8	—	
<i>Ulocladium</i> sp.	100,0	86,3	—	> 95,0	—	
Crysophyceen	—	0,3	—	—	—	

b)

<i>N. gracilis</i>	CV		f		m		<i>N. robustior</i>	CV		f		m	
	Plateau	Plateau	Ozean	Ozean	Plateau	Ozean		Plateau	Ozean	Plateau	Plateau	Ozean	Plateau
	n ₁	13	12	4	4		n ₁	24	3	24	13		
	n ₂	4	2	1	1		n ₂	14	1	20	3		
Metazoa	11,1	—	—	—	—	—	Metazoa	10,3	66,6	23,8	16,0	—	—
Protozoa	5,5	—	100,0	—	—	—	Protozoa	7,6	—	7,9	4,2	—	—
Dinoflagellaten •20,0µm	22,2	—	—	—	—	—	Dinoflagellaten •20,0µm	13,6	—	16,1	4,2	—	—
Dinoflagellaten >20,0µm	16,7	—	—	—	—	—	Dinoflagellaten >20,0µm	29,1	—	26,1	25,0	—	—
Diatomeen •30,0µm	11,1	—	—	—	—	—	Diatomeen •30,0µm	12,1	—	10,5	4,2	—	—
Diatomeen >30,0µm	16,7	—	—	—	—	—	Diatomeen >30,0µm	9,0	—	8,4	—	—	—
							Silicoflagellaten •20,0µm	3,6	—	—	—	—	—
							Silicoflagellaten >20,0µm	—	—	1,0	—	—	—
Radiolarien •50,0µm	16,7	25,0	—	—	—	—	Radiolarien •50,0µm	2,7	—	1,1	8,4	—	—
Radiolarien >50,0µm	—	25,0	—	—	—	—	Radiolarien >50,0µm	4,9	33,3	4,1	12,5	—	—
Sonstige	—	50,0	—	100,0	—	—	Sonstige	7,1	—	1,0	25,0	—	—
Sonstige: <i>Alternaria</i> sp.	100,0	100,0	—	100,0	—	—	Sonstige: <i>Alternaria</i> sp.	100,0	—	—	—	—	—
							<i>Ulocladium</i> sp.	—	—	100,0	100,0	—	—

c)

d)

Paracalanidae

Die identifizierbare Nahrung der Copepodide CV von *P. denudatus* besteht ausschließlich aus *Ulocladium* sp. (Tab. 20e).

Die Därme der Weibchen von *P. nanus* lassen ebenfalls nur *Ulocladium* sp. erkennen. Bei einem Copepodid-Stadium CV findet sich außerdem ein großer Dinoflagellat ($> 20\mu\text{m}$) (Tab. 20f).

Weibchen von *P. crassirostris* weisen Dinoflagellaten und „Sonstige“ (Coccolithophoriden und *Alternaria* sp.) auf. In den Därmen der männlichen Tieren finden sich dagegen ausschließlich kleine Diatomeen und *Ulocladium* sp. (Tab. 20g).

Die untersuchten Copepodide CV von *P. denudatus* und die Weibchen der Art *P. nanus* weisen unter den Paracalanidae das kleinste Nahrungsspektrum auf; es findet sich ausschließlich *Ulocladium* sp. in den Därmen. Die Därme von *P. crassirostris* weisen ein größeres Futterspektrum auf. Neben kleinen Futterpartikeln wie Coccolithophoriden, *Alternaria* sp. und *Ulocladium* sp., lassen sich Diatomeen und Dinoflagellaten beobachten.

Mecynoceridae

Der identifizierbare Anteil eines Copepodid-Stadiums CV von *Mecynocera clausi* besteht aus einem Coccolithophoriden. In den Därmen der Weibchen lassen sich Diatomeen, ein kleiner ($\leq 20\mu\text{m}$) Dinoflagellat und „Sonstige“ (*Alternaria* sp.) erkennen (Tab. 20h).

Clausocalanidae

Clausocalanus furcatus, *C. paululus* und *Ctenocalanus vanus* (Tab. 20i, j, k) unterscheiden sich bezüglich des Nahrungsspektrums nur wenig. In den Därmen aller Arten können kleine ($\leq 30\mu\text{m}$) Diatomeen und „Sonstige“ (*Ulocladium* sp.) identifiziert werden. Bei den Männchen von *C. furcatus* und *C. vanus* ist *Alternaria* sp. zu erkennen. Copepoden-Eier finden sich in den Därmen der Weibchen von *C. furcatus*. Männchen und Weibchen von *C. paululus* haben Coccolithophoriden in den Därmen.

Zusammenfassend betrachtet ernähren sich die drei Arten der Clausocalanidae in geringerem Maße von kleinen Diatomeen, hauptsächlich jedoch von „Sonstigen“ und nicht identifizierbaren Nahrungspartikeln.

Temoridae

Die Weibchen von *Temoropia mayumbaensis* zeigen Dinoflagellaten, Diatomeen und große Silicoflagellaten in ihren Därmen (Tab. 20m).

Acartiidae

In den Därmen der Weibchen von *Acartia negligens* findet sich ausschließlich *Ulocladium* sp. (Tab. 20 l).

Zusammenfassung:

Bis auf die Arten der Calanidae zeigen die Darminhaltsanalysen einen sehr geringen Anteil an Individuen mit identifizierbarer Nahrung im Darm.

Das bei weitem größte Nahrungsspektrum zeigen die untersuchten Weibchen der Calanidae *Mesocalanus tenuicornis* und *Neocalanus robustior*. In den Därmen beider Arten lassen sich unter anderem vollständig erhaltene Copepoden finden.

Innerhalb der Paracalanidae findet sich in den Mägen von *Parvocalanus crassirostris* das größte, von *Paracalanus denudatus* dagegen das kleinste Nahrungsspektrum.

Das Nahrungsspektrum der untersuchten Arten der Clausocalanidae ist sehr ähnlich; die Därme lassen in allen Fällen kleine Diatomeen und *Ulocladium* sp. erkennen.

Neben dem Calanidae *M. tenuicornis* ist *Temoropia mayumbaensis* die einzige Art, die große Silicoflagellaten im Darm aufweist.

Fortsetzung der Tab. 20

<i>P. denudatus</i>	CV	
	Plateau	
	n ₁	3
	n ₂	2
Sonstige:	<i>Ulocladium</i> sp.	100,0

e)

<i>P. crassirostris</i>	Plateau	f		m
		Ozean	Plateau	Plateau
	n ₁	30	47	20
	n ₂	2	1	2
Dinoflagellaten •20,0µm	—	50,0	—	—
Dinoflagellaten >20,0µm	50,0	—	—	—
Diatomeen •30,0µm	—	—	75,0	—
Sonstige	50,0	50,0	25,0	—
Sonstige: Coccolithophoriden	100,0	—	—	—
<i>Alternaria</i> sp.	—	100,0	—	—
<i>Ulocladium</i> sp.	—	—	100,0	—

g)

<i>C. furcatus</i>	CV	f		m
		Ozean	Plateau	Ozean
	n ₁	3	39	31
	n ₂	1	3	1
Diatomeen •30,0µm	100,0	25,0	—	—
Sonstige	—	75,0	100,0	—
Sonstige: <i>Alternaria</i> sp.	—	—	100,0	—
<i>Ulocladium</i> sp.	—	50,0	—	—
Copepoden-Eier	—	50,0	—	—

i)

<i>C. vanus</i>	CV	f		m
		Plateau	Plateau	Plateau
	n ₁	2	6	2
	n ₂	1	3	1
Diatomeen •30,0µm	—	16,7	—	—
Sonstige	100,0	83,3	100,0	—
Sonstige: <i>Alternaria</i> sp.	—	—	50,0	—
<i>Ulocladium</i> sp.	100,0	100,0	50,0	—

k)

<i>P. nanus</i>	CV	f	
		Plateau	Plateau
	n ₁	8	5
	n ₂	2	2
Dinoflagellaten >20,0µm	50,0	—	—
Sonstige	50,0	100,0	—
Sonstige: <i>Ulocladium</i> sp.	100,0	100,0	—

f)

<i>M. clausi</i>	CV	f	
		Plateau	Plateau
	n ₁	5	17
	n ₂	1	3
Dinoflagellaten •20,0µm	—	12,5	—
Diatomeen •30,0µm	—	50,0	—
Sonstige	100,0	37,5	—
Sonstige: Coccolithophoriden	100,0	—	—
<i>Alternaria</i> sp.	—	100,0	—

h)

<i>C. paululus</i>	f	m	
		Plateau	Plateau
	n ₁	41	2
	n ₂	5	2
Diatomeen •30,0µm	8,8	—	—
Sonstige	91,3	100,0	—
Sonstige: Coccolithophoriden	68,0	50,0	—
<i>Ulocladium</i> sp.	32,0	50,0	—

j)

<i>T. mayumbaensis</i>	f	
	Plateau	
	n ₁	5
	n ₂	3
Dinoflagellaten •20,0µm	33,3	—
Diatomeen •30,0µm	33,3	—
Silicoflagellaten >20,0µm	33,3	—

l)

<i>A. negligens</i>	f	
	Ozean	
	n ₁	4
	n ₂	2
Sonstige: <i>Ulocladium</i> sp.	100,0	—

m)

4.4.4. Vergleich der Nahrungsspektren auf den untersuchten Stationen

Tab. 21 gibt das Nahrungsspektrum für die untersuchten Copepoden-Familien auf den untersuchten Stationen wieder.

Die Darminhaltsanalyse der untersuchten Calanidae ergibt auf der Station 452 die höchste Vielfalt an Nahrung. Im Stationsvergleich ergeben sich keine deutlich erkennbaren Unterschiede im Nahrungsspektrum. Der Prozentsatz der Tiere mit identifizierbarer Nahrung zeigt dagegen Unterschiede im Stationsvergleich. Die Nachtfänge der Plateau-Stationen 452 und 455 und der Ozean-Station 493 weisen 37 bzw. 28% der Calanidae mit identifizierbarer Nahrung auf. Der Tagesfang der Plateau-Station 519 ergibt dagegen nur 12% der Calanidae mit identifizierbarer Nahrung im Darm, während es auf der Hang-Station 511 60% sind.

Paracalanidae der Station 452 lassen nur *Ulocladium* sp. in ihren Därmen erkennen. Der Anteil der Paracalanidae mit identifizierbaren Organismen in den Därmen ist sehr gering. Nachtfänge der Stationen 455 (Plateau) und 493 (Ozean) weisen bei 136 und 165 untersuchten Individuen nur 2 bzw. 1% der Tiere mit identifizierbarer Nahrung im Darm auf. Bei *Mecynocera clausi* kann nur auf einer Station (455) Nahrung identifiziert werden. 15 % der untersuchten Individuen haben identifizierbare Nahrungspartikel aufgenommen.

Die untersuchten Därme der Clausocalanidae lassen auf den Nachtfängen der Plateau-Stationen 452 und 455 und der Ozean-Station 493 ein ähnliches Nahrungsspektrum erkennen. Die Tiere der Station 519 haben nur *Ulocladium* sp. in ihren Därmen. Der Anteil der Clausocalanidae mit identifizierbaren Organismen in den Därmen ist sehr gering. Nachtfänge der Stationen 455 (Plateau) und 493 (Ozean) weisen bei 79 bzw. 116 untersuchten Individuen nur 6 bzw. 2% der Tiere mit identifizierbarer Nahrung im Darm auf.

Gegenüber den Paracalanidae, Mecynoceridae und Clausocalanidae ist das identifizierbare Nahrungsspektrum der Calanidae auf allen untersuchten Stationen deutlich größer. Das Nahrungsspektrum ergibt für die untersuchten Familien keine offensichtlich erkennbaren Unterschiede im Stationsvergleich. Die Därme der Art *Mecynocera clausi* weisen nur auf der Station 455 identifizierbare Nahrung auf.

Der Prozentsatz der Tiere mit identifizierbarer Nahrung im Darm zeigt Unterschiede im Stationsvergleich. Insgesamt weisen die Calanidae den größten Anteil an Individuen mit identifizierbaren Organismen auf. Innerhalb der Tagesfänge ergibt sich ein größerer Anteil an Calanidae über dem Hang als über dem Plateau. Der Anteil der Paracalanidae und Clausocalanidae an den untersuchten Nachtfängen der Stationen 455 (Plateau) und 493 (Ozean) ist sehr gering.

Tab. 21: Nachweis der identifizierten Nahrungspartikel (Darminhaltsanalyse) auf den untersuchten Stationen und für die jeweiligen Copepoden-Familien. (-) = kein Nachweis; (+) = Nachweis; (/) = keine Daten

Station	Nacht			Tag	
	Plateau 452	Plateau 455	Ozean 493	Hang/Plateau 511	Plateau 519
Calanidae					
untersuchte Individuen (n)	43	122	46	28	26
mit identifizierbaren Nahrungspartikeln (n)	16	46	13	17	3
Anteil (%)	(37)	(37)	(28)	(60)	(12)
Metazoa	+	+	+	+	+
Protozoa	+	+	+	+	+
Dinoflagellaten ≤ 20 µm	+	+	+	+	+
Dinoflagellaten > 20 µm	+	+	-	+	+
Diatomeen ≤ 30 µm	+	+	+	+	+
Diatomeen > 30 µm	+	+	+	+	+
Silicoflagellaten ≤ 20 µm	-	+	-	+	-
Silicoflagellaten > 20 µm	+	+	+	+	-
Radiolarien ≤ 50 µm	+	+	-	-	+
Radiolarien > 50 µm	+	+	+	+	+
<i>Ulocladium</i> sp.	+	+	-	+	+
<i>Alternaria</i> sp.	+	-	+	+	-
Crysophyceen-Zysten	+	-	-	-	-
identifizierbare Nahrungsgruppen (Σ)	12	11	8	11	9
Paracalanidae					
untersuchte Individuen (n)	21	136	165	/	10
mit identifizierbaren Nahrungspartikeln (n)	5	3	1	/	2
Anteil (%)	(24)	(2)	(1)	/	(20)
Dinoflagellaten ≤ 20 µm	-	-	+	/	-
Dinoflagellaten > 20 µm	-	+	-	/	+
Diatomeen ≤ 30 µm	-	+	-	/	+
<i>Ulocladium</i> sp.	+	-	-	/	+
<i>Alternaria</i> sp.	-	-	+	/	-
Coccolithophoriden	-	+	-	/	-
identifizierbare Nahrungsgruppen (Σ)	1	3	2	/	3
Mecynoceridae					
untersuchte Individuen (n)	2	26	29	/	13
mit identifizierbaren Nahrungspartikeln (n)	0	4	0	/	0
Anteil (%)	(0)	(15)	(0)	/	(0)
Dinoflagellaten ≤ 20 µm	-	+	-	/	-
Diatomeen ≤ 30 µm	-	+	-	/	-
<i>Alternaria</i> sp.	-	+	-	/	-
Coccolithophoriden	-	+	-	/	-
identifizierbare Nahrungsgruppen (Σ)	0	4	0	/	0
Clausocalanidae					
untersuchte Individuen (n)	19	79	116	/	16
mit identifizierbaren Nahrungspartikeln (n)	7	5	2	/	3
Anteil (%)	(37)	(6)	(2)	/	(19)
Diatomeen ≤ 30 µm	+	+	+	/	-
<i>Ulocladium</i> sp.	+	+	-	/	+
<i>Alternaria</i> sp.	-	-	+	/	-
Copepoden-Eier	-	+	-	/	-
Coccolithophoriden	+	+	-	/	-
identifizierbare Nahrungsgruppen (Σ)	3	4	2	/	1

4.5. Parasiten-Befall

In zwei Fällen lässt sich ein unbestimmter Parasit erkennen: im Darm eines Weibchens von *Clausocalanus paululus* (Abb. 29h) und im Darm eines Copepodid-Stadiums CV von *Neocalanus robustior* (Abb. 29i). In einem Fall findet sich ein parasitierender Nematode im Darm eines weiblichen *Mesocalanus tenuicornis* (Abb. 29j).

In den Därmen einiger untersuchter Copepoda findet sich der parasitische Dinoflagellat *Blastodinium* sp. der Familie Blastodinidae (Abb. 34a, b). Tab. 22 gibt den Anteil der mit *Blastodinium* sp. befallenen Individuen (CV-Stadien, Weibchen, Männchen) auf den betreffenden Stationen wieder. Bis auf *Paracalanus nanus*, *Parvocalanus crassirostris* und *Ctenocalanus vanus* sind ausschließlich Weibchen betroffen. Bei den genannten drei Arten handelt es sich dagegen um das Copepodid-Stadium CV.

Tab. 22: Anteil der Copepoda mit Befall des parasitären Dinoflagellaten Blastodinidae.
 n_1 = Anzahl der untersuchten Copepoda, n_2 = Anzahl der Copepoda mit Parasitenbefall

Spezies	Station	Plateau						Ozean	
		452		455		519		493	
		n_1	n_2	n_1	n_2	n_1	n_2	n_1	n_2
<i>N. minor</i>		11	0	6	0	7	2	0	-
<i>M. tenuicornis</i>		25	0	56	0	12	3	35	0
<i>P. nanus</i>		12	0	37	0	4	1	51	0
<i>P. crassirostris</i>		4	1	54	0	4	0	74	0
<i>M. clausi</i>		2	1	26	0	13	0	29	1
<i>C. furcatus</i>		9	3	32	4	3	0	65	0
<i>C. paululus</i>		5	0	39	6	6	0	51	0
<i>C. vanus</i>		5	1	8	0	7	0	0	-
<i>A. negligens</i>		1	0	1	1	0	-	5	0
	Summe	74	6	259	11	56	6	310	1
	Anteil (%)		8,1		4,2		10,7		0,3

4.6. Histologie

Calanidae

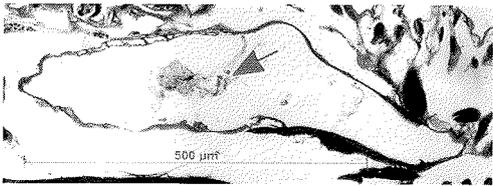
Die CV-Stadien und Weibchen der Arten *Nannocalanus minor* (Abb. 30a, b), *Mesocalanus tenuicornis* (Abb. 31a-i) und *Neocalanus robustior* (Abb. 32a-f) besitzen einen vollständig ausgebildeten Darm. Die untersuchten Männchen der Arten *N. minor* (Abb. 30c) und *M. tenuicornis* (Abb. 31j-l) haben ebenfalls einen vollständig ausgebildeten Mitteldarm. Der histologische Schnitt des Darms männlicher *M. tenuicornis* (Abb. 31j-l) lässt einen hohen Darmfüllungsgrad erkennen. Darmfüllung zeigt sich bei der lichtmikroskopischen Betrachtung bei allen Männchen der untersuchten Calanidae.

Paracalanidae

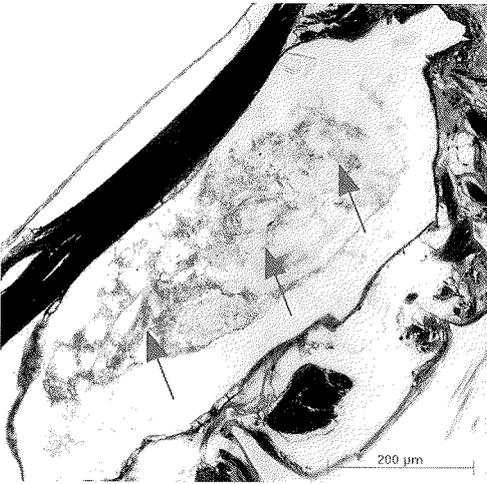
Die CV-Stadien und Weibchen der Arten *P. denudatus* (Abb. 33 a-d; Abb. 34 a), *Paracalanus nanus* (Abb. 35a-c) und *Parvocalanus crassirostris* (Abb. 36a-e) besitzen vollständig ausgebildete Därme. Die vergleichende Betrachtung des Mitteldarmes der Weibchen von *Paracalanus denudatus* (Abb. 33a, b und 33c, d) auf den untersuchten Stationen 452 (Plateau) und 493 (Ozean) ergibt keine nennenswerten Unterschiede. Die Anzahl der B-Zellen und die maximale Höhe der Epithelzellen sind auf den Stationen jeweils annähernd gleich. Der Ernährungszustand der betreffenden Weibchen ist demnach sowohl auf dem Plateau als auch über der Tiefsee gut. Die untersuchten Männchen der Art *P. nanus* (Abb. 35d) zeigen einen schlecht ausgebildeten Mitteldarm mit dünnen Epithelzellen und nicht erkennbaren B-Zellen. Ein Mitteldarm ist bei den Männchen der Art *P. crassirostris* (Abb. 36f) nicht zu erkennen.. Bei der lichtmikroskopischen Betrachtung der Männchen von *P. crassirostris* lässt sich jedoch eine geringfügige Darmfüllung erkennen (Tab. 2 im Anhang).

Mecynoceridae

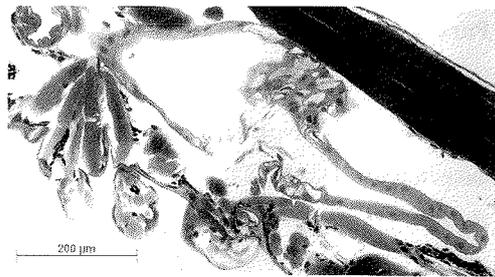
Die untersuchten CV-Stadien und Weibchen der Art *Mecynocera clausi* (Abb. 37a, c) besitzen vollständig ausgebildete Därme; der histologische Schnitt weist Darmfüllung auf. Die Männchen lassen trotz vollständig ausgebildeten Darms wenig Darminhalt sowohl im histologischen Schnitt als auch bei der lichtmikroskopischen Betrachtung erkennen (Abb. 37b).



a) Mitteldarm (Zone II) mit Darminhalt (Pfeil)

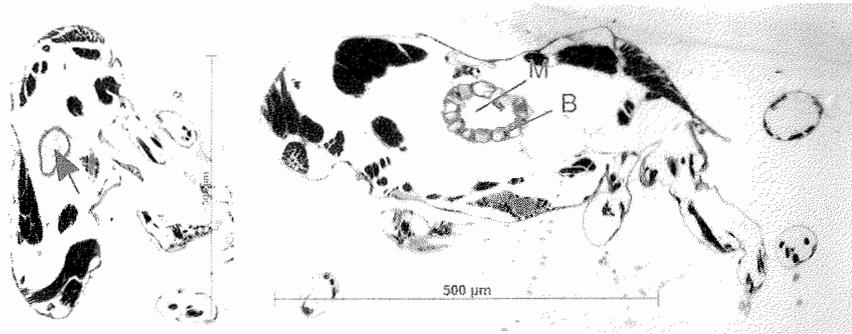


b) Mitteldarm (Zone II) mit Darminhalt (Pfeile)



c) Mitteldarm (Zone II)

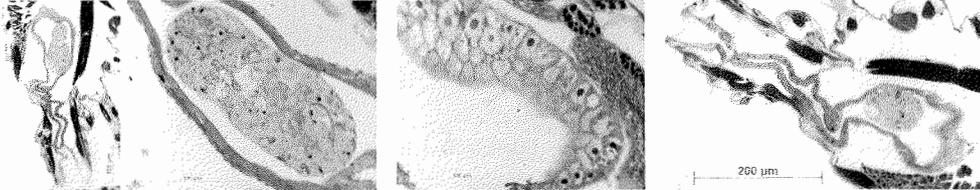
Abb. 30 a-c: Sagittalschnitte von *Nannocalanus minor*, a) CV-Stadium; b) Weibchen; c) Männchen



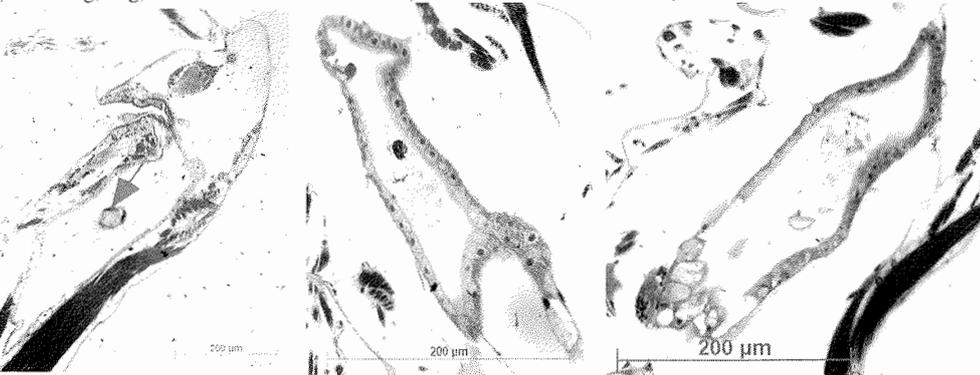
a) Darminhalt (Pfeil) b) Mitteldarm (M) mit B-Zellen (B)



c) Mitteldarm (Zone I/II) d) Mitteldarm (Zone II/III) e) Mitteldarm (Zone III)

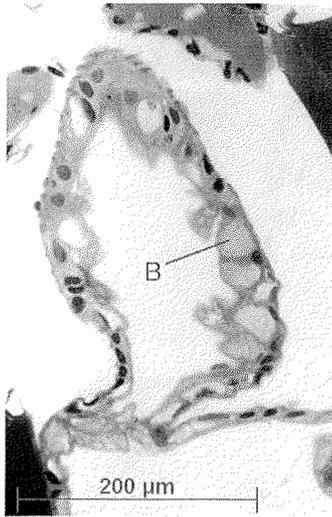


f) siehe 31g, i) g) Darminhalt in Zone III h) B-Zellen der Zone II i) Darminhalt in Zone III

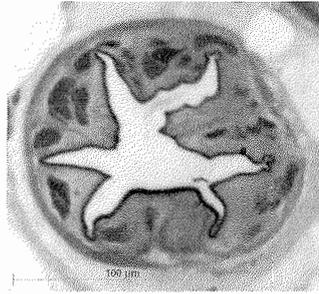


j) Darminhalt (Pfeil) in Zone II k) Darminhalt in Zone II l) Darminhalt in Zone II

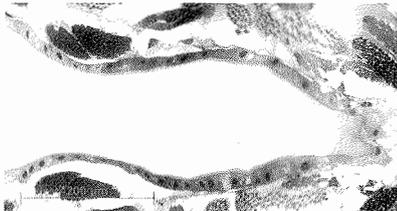
Abb. 31 a-l: Sagittalschnitte von *M. tenuicornis*, a, b) CV-Stadium; c-e) Weibchen 1; f-i) Weibchen 2; j-l) Männchen



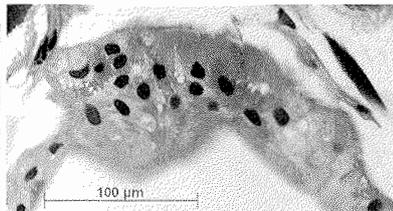
a) B-Zellen (B) der Mitteldarm-Zone II



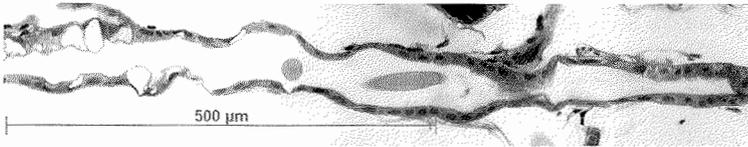
b) Oesophagus im Querschnitt



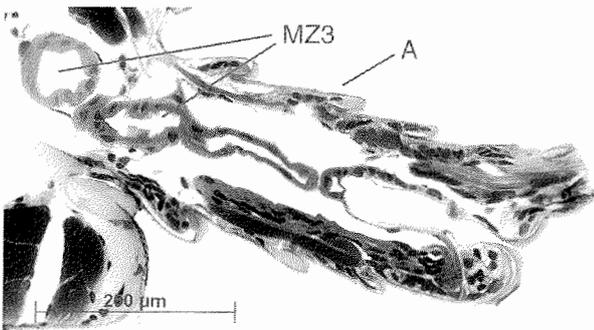
c) Mitteldarm (Zone II/III)



d) Epithelzellen der Mitteldarm-Zone III

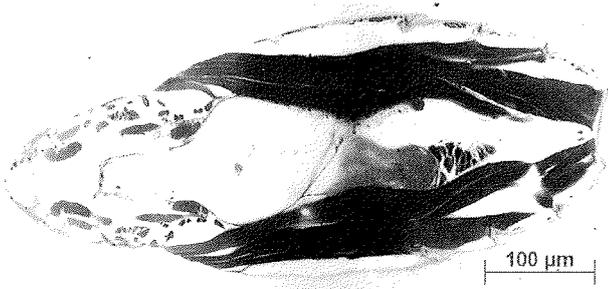


e) Mitteldarm: von Zone I (rechts im Bild) bis Zone III (links im Bild)

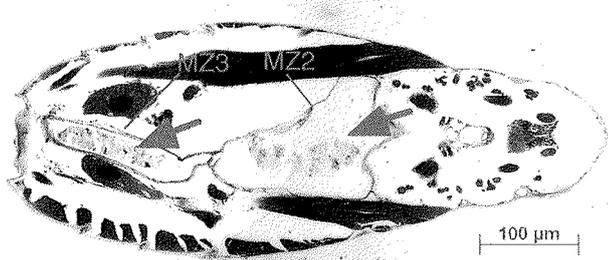


f) hinterer Mitteldarm (Zone III) (MZ3); A: Abdomen

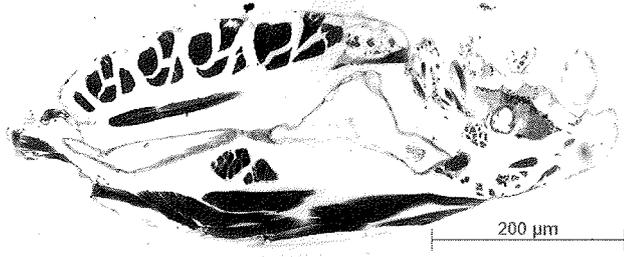
Abb. 32 a-c, e, f: Sagittalschnitte von *Neocalanus robustior*, a-c) Weibchen; e, f) CV-Stadium
 Abb. 32 d: Querschnitt von *Neocalanus robustior* (Weibchen)



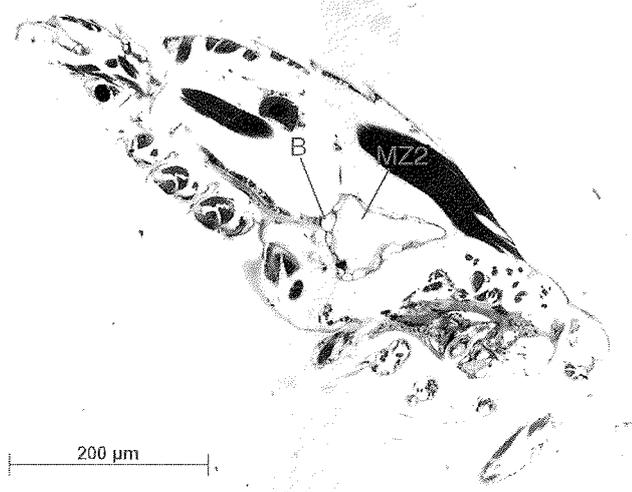
a) Mitteldarm (Zone I/II)



b) Darminhalt (Pfeile) der Mitteldarm-Zone II (MZ2) und III (MZ3)



c) Mitteldarm (Zone I – III)

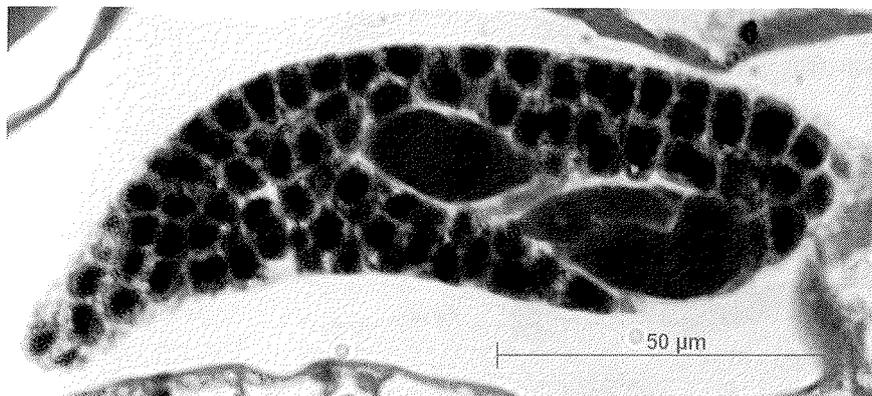


d) B-Zellen (B) der Mitteldarm-Zone II (MZ2)

Abb. 33 a-d: Sagittalschnitte von *P. denudatus* (Weibchen), a, b) Plateau-Station 452; c, d) Ozean-Station 493

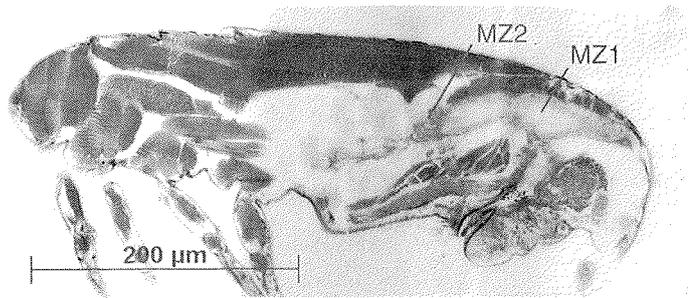


a) Mitteldarm mit parasitischem Dinoflagellat *Blastodinium* sp. (Blastodinidae) (Pfeil)

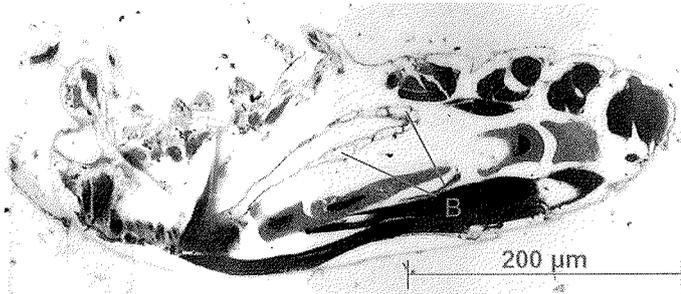


b) Vergrößerung von *Blastodinium* sp. (Abb. 34a)

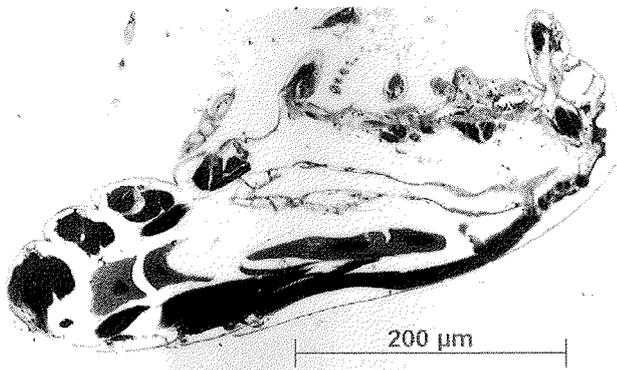
Abb. 34: Sagittalschnitt von *P. denudatus* (CV-Stadium) (M: Mitteldarm; B: B-Zelle)



a) Mitteldarm-Zone I/II (MZ1/MZ2)



b) B-Zellen (B) des Mitteldarms (Zone II)

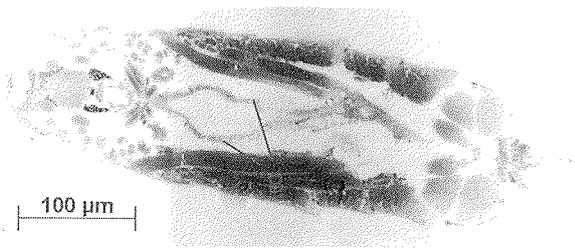


c) B-Zellen des Mitteldarms (Zone II)



d)

Abb. 35 a-d: Sagittalschnitte von *Paracalanus nanus*, a) CV-Stadium; b) Weibchen 1; c) Weibchen 2; d) Männchen

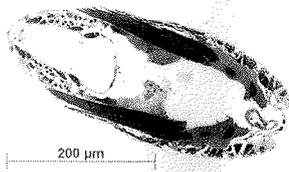


a)

Mitteldarm der Zone II mit B-Zellen (B)



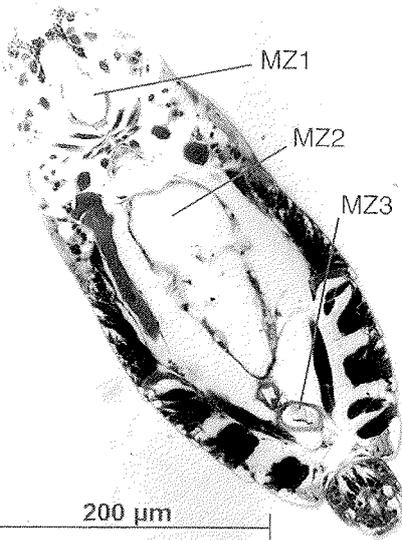
b) Zone II mit B-Zellen



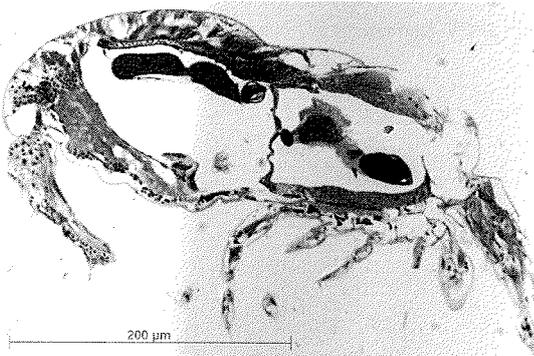
c) Mitteldarm der Zone I/II



d) Zone II mit B-Zellen

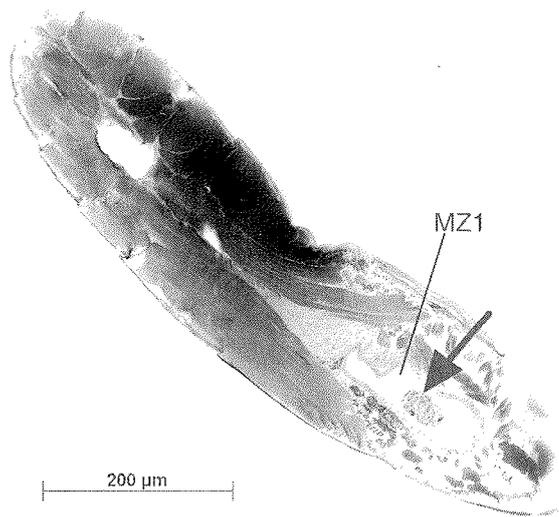


e) Mitteldarm-Zone I; II, III (MZ1, MZ2, MZ3)



f)

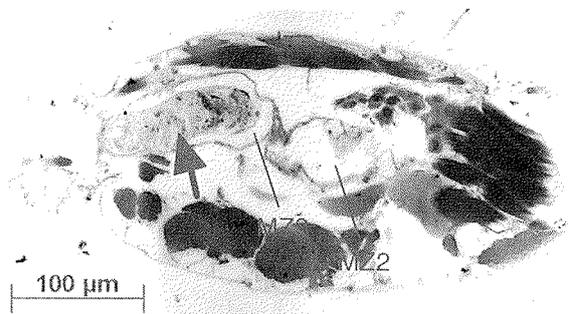
Abb. 36 a-g: Sagittalschnitte von *P. crassirostris*, a) CV-Stadium; b-e) Weibchen; f) Männchen



a) CV-Stadium mit Darminhalt (Pfeil) in der Mitteldarm-Zone I (MZ1)



b) Mitteldarm-Zone I – III des Männchens



c) Mitteldarm-Zone II (MZ2) und III (MZ3) des Weibchens; Zone III mit Darminhalt (Pfeil)

Abb. 37 a-c: Sagittalschnitte von *Mecynocera clausi*

Clausocalanidae

Die vergleichende Betrachtung des Mitteldarmes der Weibchen von *Clausocalanus furcatus* (Abb. 38a-d und 38e-g) auf den untersuchten Stationen 452 und 493 ergibt keine nennenswerten Unterschiede. Die Anzahl der B-Zellen und die maximale Höhe der Epithelzellen ist auf den Stationen jeweils annähernd gleich. Der Ernährungszustand der betreffenden Weibchen ist demnach sowohl auf dem Plateau als auch über der Tiefsee gut. Die vergleichende Betrachtung des Mitteldarmes der Weibchen von *C. paululus* lässt auf der Station 456 (Plateau) (Abb. 39a-c) eine geringere Anzahl der B-Zellen und eine geringere Höhe der Epithelzellen erkennen als auf der Station 459 (Abb. 39d-f).

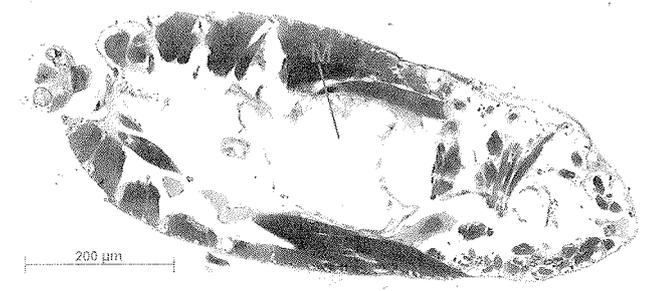
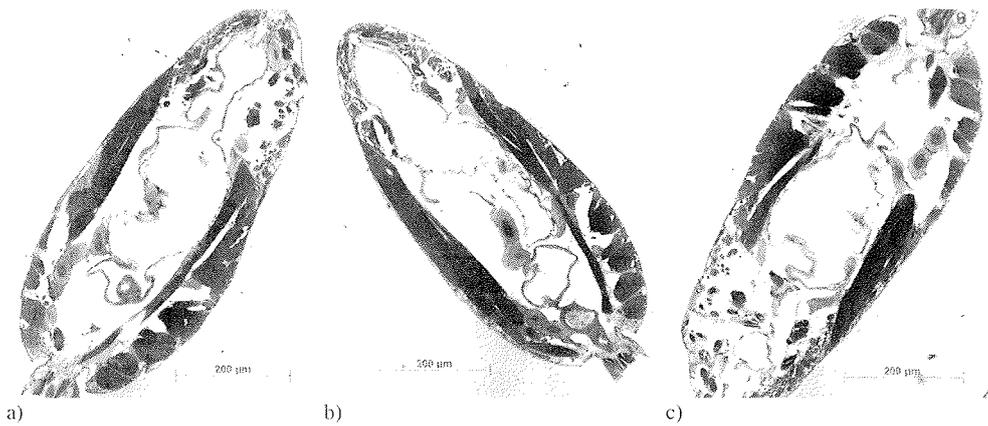
Die histologisch untersuchten Männchen der Arten *C. furcatus* (Abb. 40a, b) und *C. paululus* (Abb. 41b) zeigen keinen Darm. Die lichtmikroskopischen Betrachtungen der männlichen *Clausocalanus* spp. lassen jedoch geringe Darmfüllung erkennen (Tab. 2 im Anhang).

Temoridae

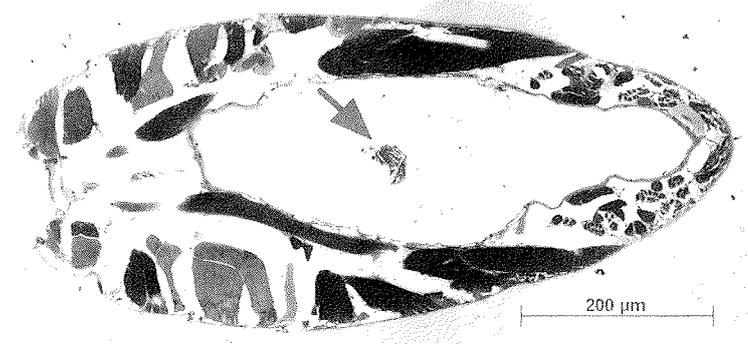
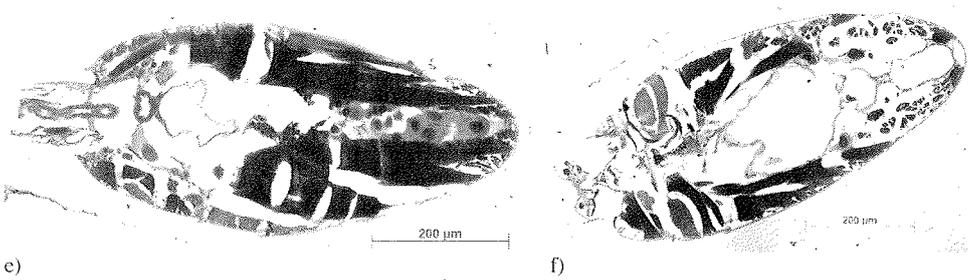
Die untersuchten Weibchen der Art *Temoropia mayumbaensis* (Abb. 42a, b) besitzen sehr dünne Epithelzellen; B-Zellen sind nicht erkennbar.

Acartiidae

Männchen und Weibchen der Art *Acartia negligens* (Abb. 43a-d) besitzen einen vollständig ausgebildeten Darm. Die untersuchten Männchen (Abb. 43a) besitzen sehr dünne Epithelzellen; B-Zellen sind nicht erkennbar.

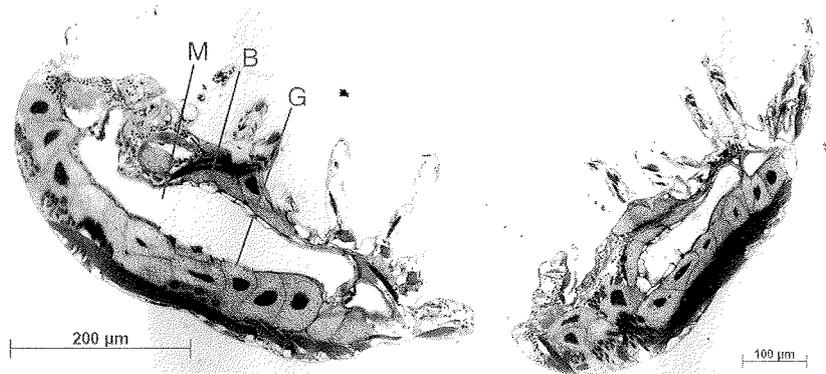


d) M: Mitteldarm

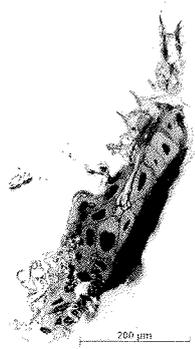


Darminhalt (Pfeil)

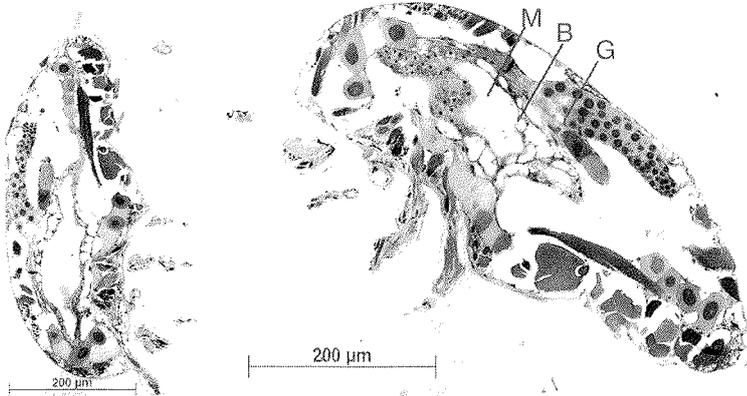
g) Abb. 38 a-g: Sagittalschnitte von *C. furcatus* (Weibchen), a-d) Plateau-Station 452; e-g) Ozean-Station 493



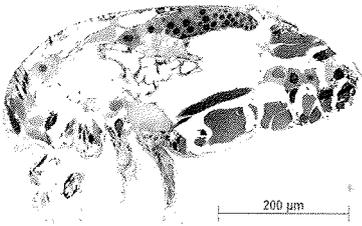
a) Mitteldarm (M)-Zone II mit B-Zellen (G: Gonade) b) s. 39a



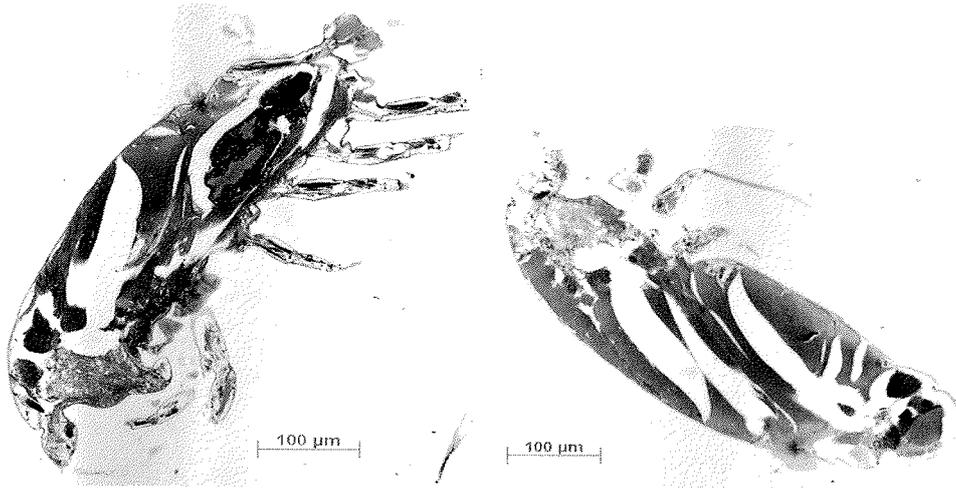
c)



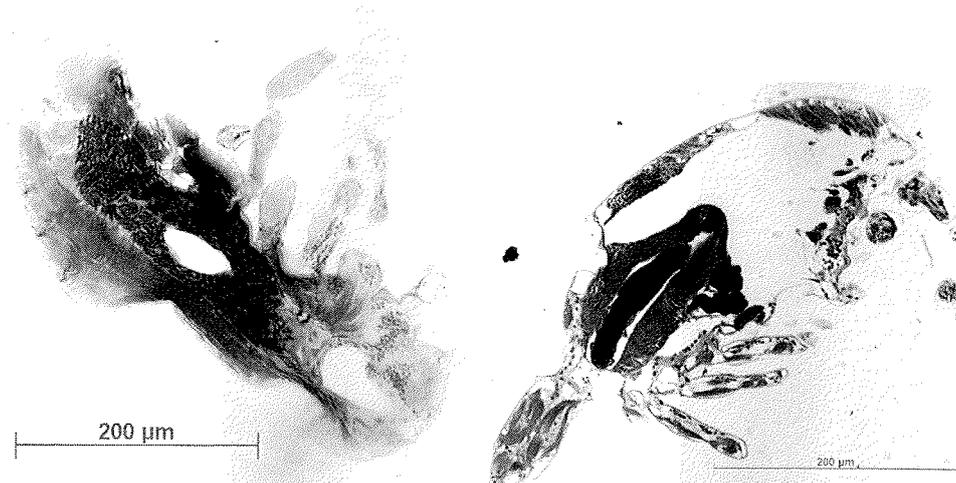
d) e) M: Mitteldarm; B: B-Zelle; G: Gonade



f)
Abb. 39 a-f: Sagittalschnitte von *C. paululus* (Weibchen), a-c) Plateau-Station 456; d-f) Ozean-Station 459



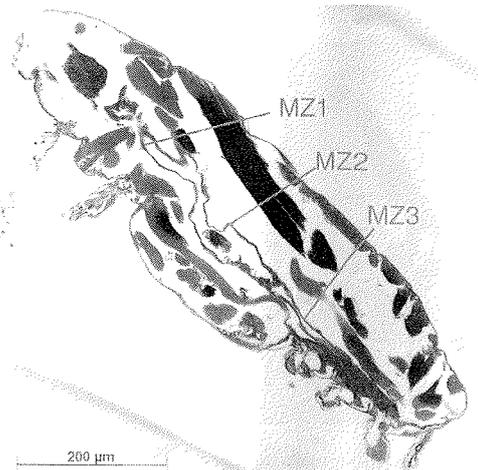
a) b)
Abb. 40 a, b: Sagittalschnitt von *C. furcatus*, a, b) Männchen



a) b)
Abb. 41 a, b: Sagittalschnitt von *C. paululus*, a) CV-Stadium; b) Männchen



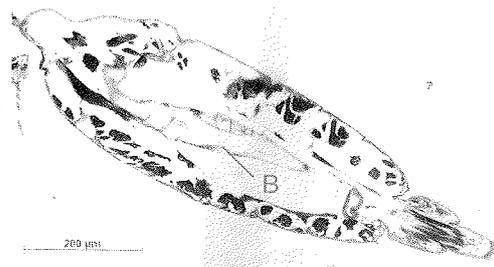
42 a) M: Mitteldarm



43 a) Mitteldarm-Zone I, II, III (MZ1, MZ2, MZ3)



42 b)



43 b) Mitteldarm-Zone II mit B-Zellen (B)



43 c) s. 43b



43 d) Mitteldarm-Zone I/II

Abb. 42 a, b: Sagittalschnitte von *T. mayumbaensis*, a) Weibchen 1; b) Weibchen 2

Abb. 43 a-d: Sagittalschnitte von *A. negligens*, a) Männchen; b) Weibchen 1; c) Weibchen 2; d) Weibchen 3

4.7. Mundwerkzeuge

4.7.1. Gnathobasen-Morphologie

Bis auf *Nannocalanus minor*, *Neocalanus robustior* und den beiden *Paracalanus*-Arten (*P. denudatus* und *P. nanus*) zeigen die Männchen der untersuchten Arten reduzierte Mandibeln (Tab. 23). Die Reduktion bezieht sich hauptsächlich auf die Gnathobasen (Kauladen). In allen Fällen ist nur noch die Basis mit Endo- und Exopodit der Mandibel vorhanden.

Tab. 23: Mandibelzustand der untersuchten Copepodenarten auf der „Großen Meteorbank“ (reduziert = die Gnathobase [Kaulade] fehlt vollständig).

	Zustand der Mandibel		
	CV	f	m
<i>N. minor</i>	vollständig	vollständig	vollständig
<i>M. tenuicornis</i>	vollständig	vollständig	reduziert
<i>N. gracilis</i>	vollständig	vollständig	reduziert
<i>N. robustior</i>	vollständig	vollständig	vollständig
<i>P. denudatus</i>	vollständig	vollständig	vollständig
<i>P. nanus</i>	vollständig	vollständig	vollständig
<i>P. crassirostris</i>	vollständig	vollständig	reduziert
<i>M. clausi</i>	vollständig	vollständig	reduziert
<i>C. furcatus</i>	vollständig	vollständig	reduziert
<i>C. paululus</i>	vollständig	vollständig	reduziert

Calanidae

Die Mandibel-Gnathobasen von *Nannocalanus minor* (Abb. 44a-c) besitzen einen großen ventralen Zahn (V1), der bei den Männchen zweigipfelig ausgebildet ist. Dorsal des V1 folgen vier zentrale Zähne (C1 – C4), die bei dem CV-Stadium und bei dem Männchen relativ flach, bei den Weibchen dagegen kräftig ausgebildet sind. Die dorsalen Zähne D1 und D2 sind relativ schlank, während der D3 von *Nannocalanus minor* länger und kräftiger ist. Der D3 besitzt keine Dornen.

Der V1 der Art *Mesocalanus tenuicornis* (Abb. 44d, e) ist weniger kräftig ausgebildet als bei *N. minor*. Zwischen den zentralen Zähnen C3 und C4 befinden sich ebenfalls zahnartige Strukturen. Die dorsalen Zähne D1 und D2 besitzen mehrere (maximal 3) Spitzen, während der D3, ähnlich der Art *N. minor*, länger und kräftiger ist. Der D3 ist ebenfalls ohne Dornen.

Ähnlich den bereits genannten Arten ist der V1 bei *Neocalanus gracilis* (Abb. 45a, b) kräftig und deutlich vom benachbarten Zahn abgesetzt. Die zentralen Zähne C1 - C3 der Weibchen und CV-Stadien weisen keine einheitliche Spitze auf und wirken gegenüber den anderen Zähnen der Gnathobase deformiert. Der C4 ist wiederum spitz ausgebildet. Die Weibchen

besitzen gegenüber den CV-Stadien 4 dorsale Zähne. Die dorsalen Zähne D1, D2 und D3 der Weibchen besitzen 2 Spitzen und sind mit Dornen besetzt. Der D3 beziehungsweise D4 der Weibchen ist länger und kräftiger als die übrigen dorsalen Zähne und ebenfalls mit Dornen besetzt. Die Mandibel des Männchen ist reduziert (Abb. 45c).

Während der V1 von *N. gracilis* immer eingipfelig ausgebildet ist, ist er bei *N. robustior* zweigipfelig (Abb. 45d, e). Die Männchen (Abb. 45f) zeigen eine eher schwache Ausbildung dieser Form. Die zentralen Zähne C1 und C2 der CV-Stadien sind spitz ausgebildet und besitzen eine kräftige Basis. C3 und C4 weisen dagegen keine einheitliche Spitze auf und wirken gegenüber den anderen Zähnen der Gnathobase deformiert. Bei den Weibchen erscheint nur der C2 deformiert; C1 und C3 sind spitz und kräftig, während C4 2 Spitzen besitzt. Die zentralen Zähne der Männchen sind normal ausgebildet, wirken allerdings weniger kräftig. Die dorsalen Zähne besitzen 2 Spitzen und sind mit Dornen besetzt. Der D3 ist länger und kräftiger als die übrigen dorsalen Zähne und ebenfalls mit Dornen besetzt.

Paracalanidae

Die untersuchten Arten der Gattung *Paracalanus* (*P. denudatus*, *P. nanus*) besitzen einen V2 (Abb. 46a-f). Der Abstand des V1 zum dorsal gelegenen C1 ist bei *P. denudatus* groß (Abb. 46a-c). C1 – C4 und D1 – D3 sind spitz ausgebildet. Die dorsalen Zähne D1 und D2 der Weibchen und Männchen besitzen Dornen, sowie der D3 aller untersuchten Stadien.

Die zentralen Zähne C1 – C4 und die dorsalen Zähne D1 – D3 von *P. nanus* (Abb. 46d-f) sind spitz ausgebildet. Die dorsalen Zähne aller untersuchten Stadien besitzen Dornen.

Ähnlich der Art *P. denudatus* ist der Abstand des V1 zum dorsal gelegenen C1 auch bei *P. crassirostris* groß (Abb. 47a, b). Der C1 ist bei den Weibchen und CV-Stadien zweigipfelig ausgebildet. Der zentrale Zahn C4 und die dorsalen Zähne D1 – D3 der Weibchen und CV-Stadien sind mit Dornen besetzt.

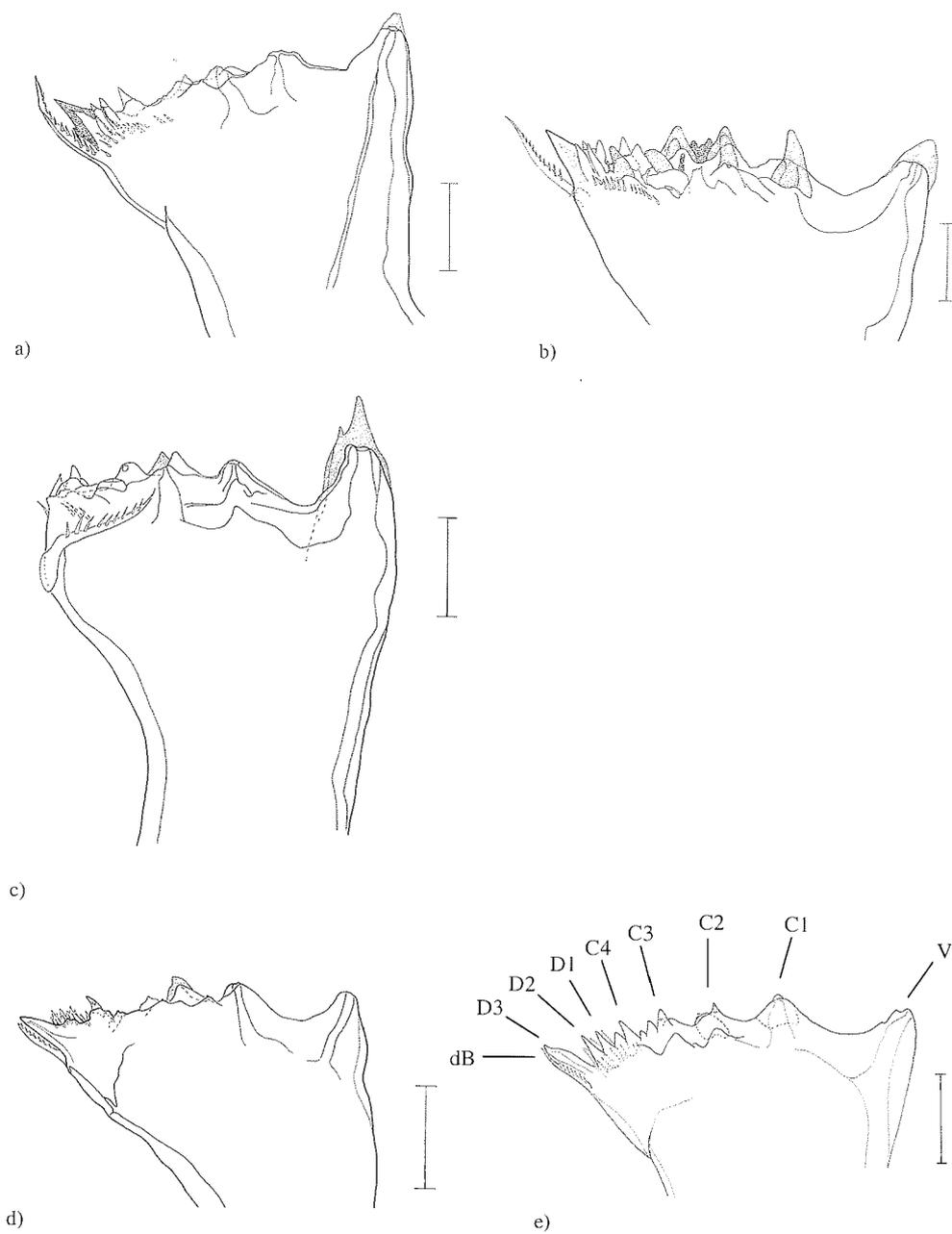


Abb. 44: a) Gnathobase von *N. minor* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *N. minor* (Weibchen)
 c) Gnathobase von *N. minor* (Männchen)
 d) Gnathobase von *M. tenuicornis* (CV-Stadium)
 e) Gnathobase von *M. tenuicornis* (Weibchen)

a – e) Maßstab: 20 μ m

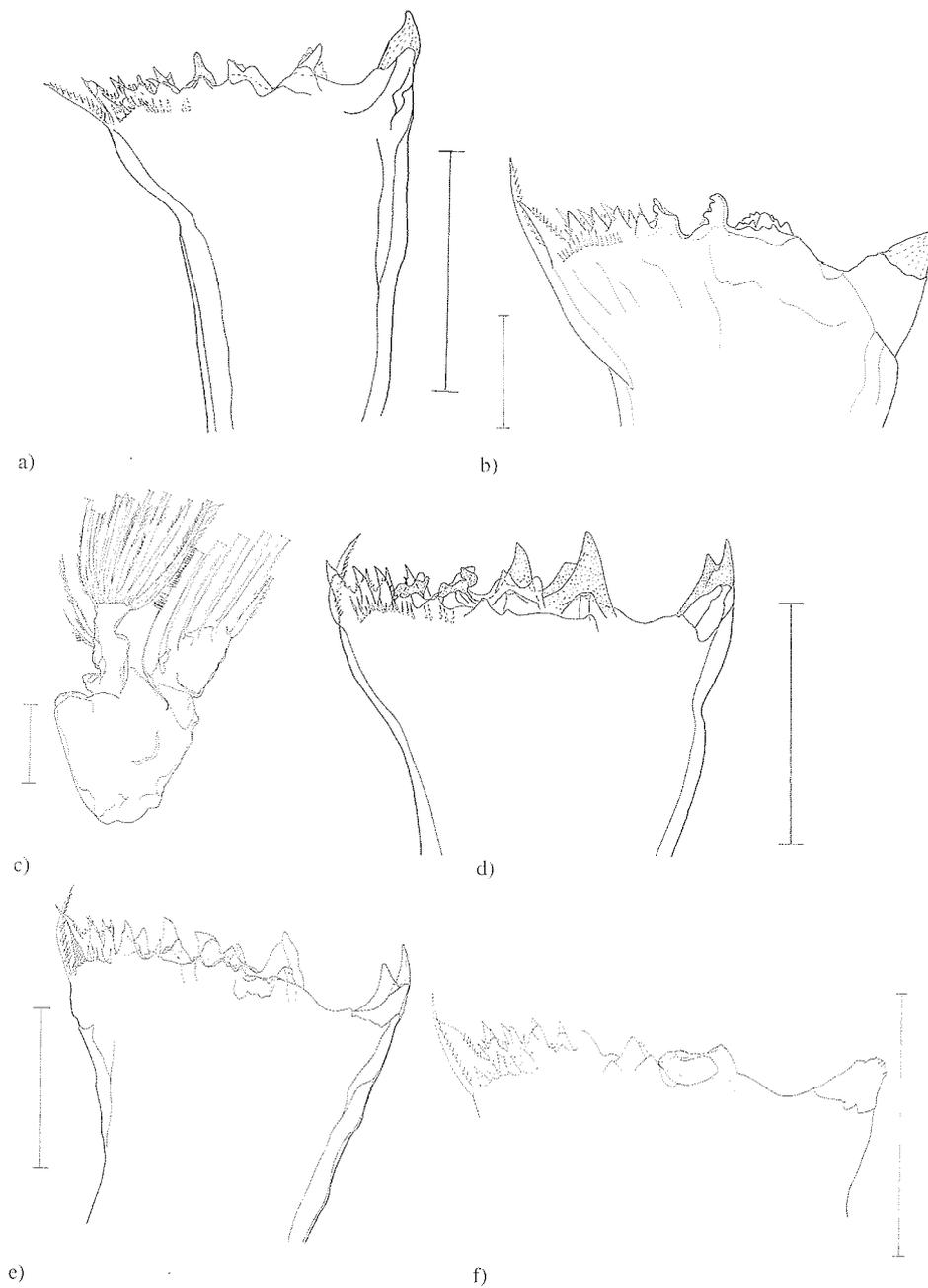
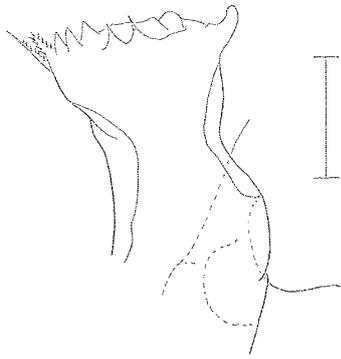


Abb. 45: a) Gnathobase von *N. gracilis* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *N. gracilis* (Weibchen)
 c) Mandibel von *N. gracilis* (Männchen)
 d) Gnathobase von *N. robustior* (CV-Stadium)
 e) Gnathobase von *N. robustior* (Weibchen)
 f) Gnathobase von *N. robustior* (Männchen)

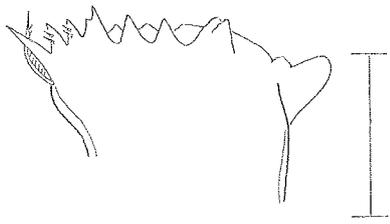
a. c – f) Maßstab: 100 μm
 b) Maßstab: 20 μm



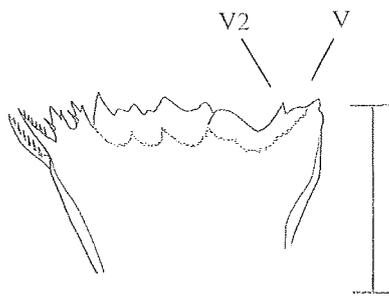
a)



b)



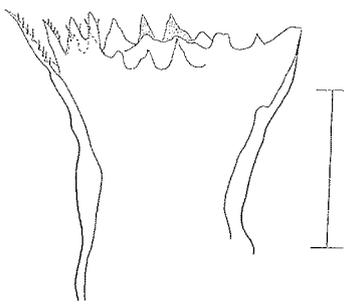
c)



d)



e)



f)

Abb. 46: a) Gnathobase von *P. denudatus* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *P. denudatus* (Weibchen)
 c) Gnathobase von *P. denudatus* (Männchen)
 d) Gnathobase von *P. nanus* (CV-Stadium)
 e) Gnathobase von *P. nanus* (Weibchen)
 f) Gnathobase von *P. nanus* (Männchen)

a – f) Maßstab: 20 µm

Mecynoceridae

Mecynocera clausi besitzt einen stumpfen V1 ohne deutlich ausgebildete Spitze (Abb. 47c, d). Auch die dorsal folgenden Zähne C1-C3 sind stark abgeflacht, während der C4 als Spitze ausgebildet ist. Der dorsale Zahn D2 der Copepodid-Stadien CV und Weibchen besitzt Dornen, die Zähne D1 und D3 sind dagegen ohne Dornen. Die Mandibel des Männchen ist reduziert (Abb. 47e).

Clausocalanidae

Der V1 der Weibchen von *C. furcatus* ist im Vergleich zum CV-Stadium höher ausgebildet (Abb. 48b). Die zentralen Zähne C1, C2 und C4 sind spitz ausgebildet. Der C3 der Weibchen und CV-Stadien zeigt ähnlich den *Neocalanus*-Arten eine deformiert wirkende Ausbildung (Abb. 48a, b). Die caudale Seite der Gnathobase zeigt im Basis-Bereich des C3 eine Reihe von 5 relativ kräftigen Dornen. Die dorsalen Zähne der Copepodid-Stadien CV und Weibchen besitzen Dornen. Die Mandibel des Männchen ist reduziert (Abb. 48c).

Im Gegensatz zu *C. furcatus* zeigen die Weibchen von *C. paululus* einen normal ausgebildeten V1 und keinen deformiert wirkenden C3. Die dorsalen Zähne der Copepodid-Stadien CV und Weibchen besitzen ebenfalls Dornen (Abb. 48d, e). Die Mandibel des Männchen ist reduziert (Abb. 48f).

Die zentralen Zähne C3 und C4 der Art *Ctenocalanus vanus* (Abb. 49a, b) sind zwei-gipfelig ausgebildet. Die caudale Seite der Gnathobase zeigt im Basis-Bereich zwischen dem C3 und C4 eine Reihe von 4 schlanken Dornen. Die dorsalen Zähne der Copepodid-Stadien CV und Weibchen besitzen Dornen.

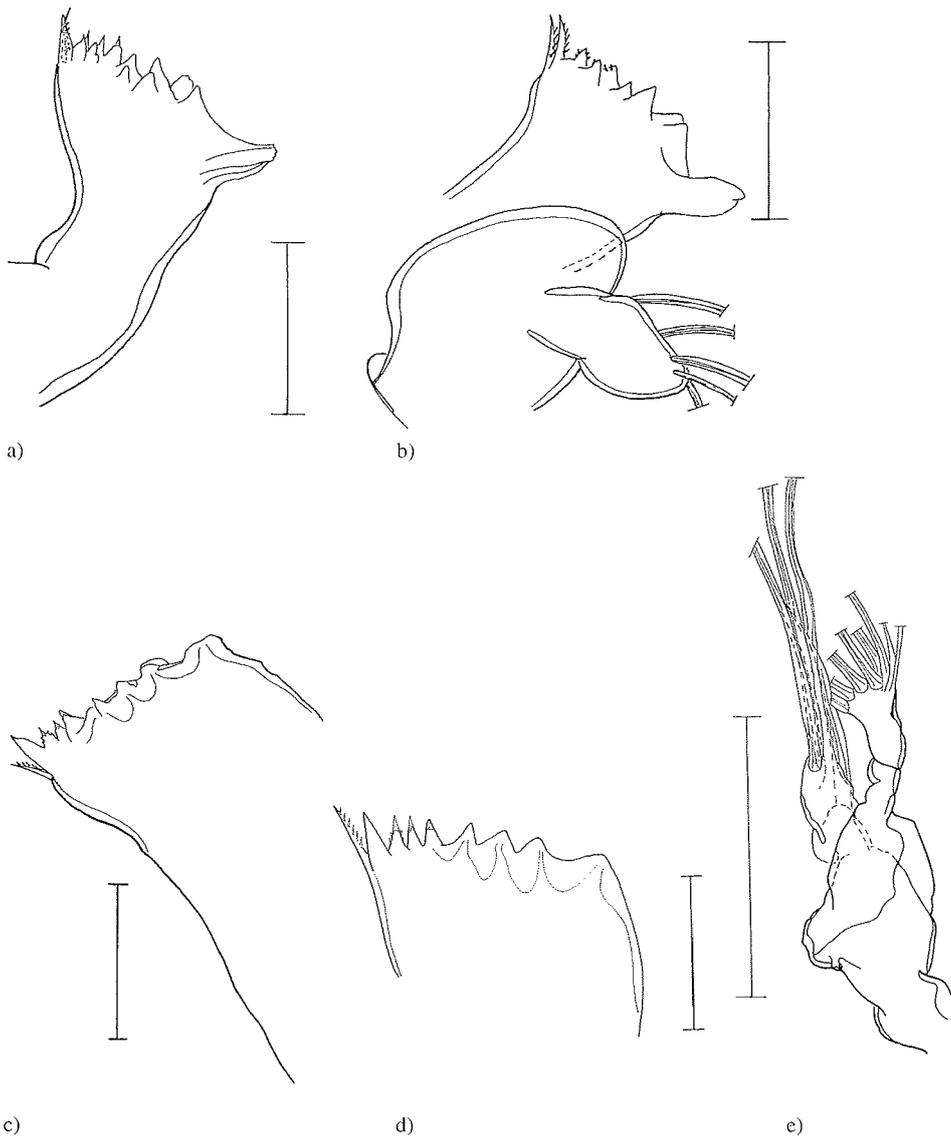


Abb. 47 a) Gnathobase von *P. crassirostris* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *P. crassirostris* (Weibchen)
 c) Gnathobase von *M. clausi* (CV-Stadium)
 d) Gnathobase von *M. clausi* (Weibchen)
 e) Mandibel von *M. clausi* (Männchen)

a – d) Maßstab: 20 µm
 e) Maßstab: 100 µm

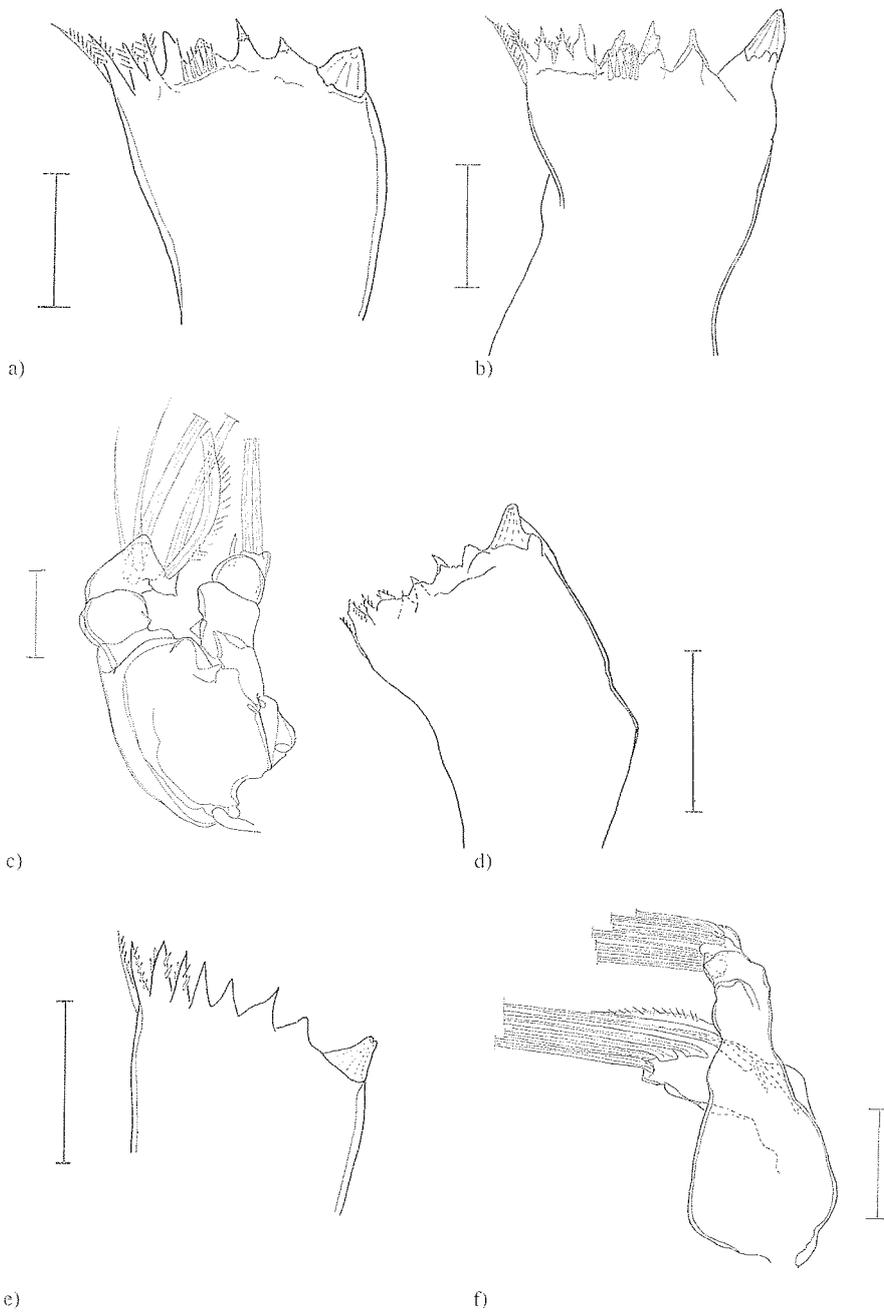
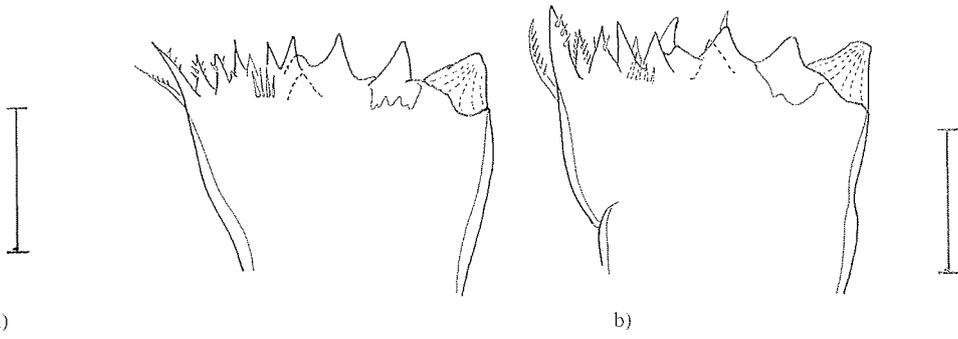


Abb. 48: a) Gnathobase von *C. furcatus* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *C. furcatus* (Weibchen)
 c) Mandibel von *C. furcatus* (Männchen)
 d) Gnathobase von *C. paululus* (CV-Stadium)
 e) Gnathobase von *C. paululus* (Weibchen)
 f) Mandibel von *C. paululus* (Männchen)

a – f) Maßstab: 20 μ m



a)

b)

Abb. 49: a) Gnathobase von *C. vanus* (CV-Stadium)
 b) Gnathobase von *C. vanus* (Weibchen)

a – b): Maßstab: 20 µm

4.7.2. Bestimmung des Edge-Index (nach Itoh, 1970)

Tab. 24 zeigt die ermittelten Werte der Edge-Indices (nach Itoh, 1970) für die untersuchten Copepoden-Arten und die Anzahl der Gnathobasen-„Zähne“.

Tab. 24: Edge-Indices und Anzahl der Gnathobasen-„Zähne“ der untersuchten Copepoden-Arten (V2 = 2. ventraler Zahn)

	Edge-Index der Gnathobase			Anzahl der „Zähne“		
	CV	f	m	CV	f	m
<i>N. minor</i>	324	503	300	8	8	8
<i>M. tenuicornis</i>	370	340	—	8	8	—
<i>N. gracilis</i>	447	424	—	8	9	—
<i>N. robustior</i>	756	742	700	8	8	8
<i>P. denudatus</i>	300	437	362	8+V2	8+V2	8+V2
<i>P. nanus</i>	387	511	465	8+V2	8+V2	8+V2
<i>P. crassirostris</i>	375	450	—	8	8	—
<i>M. clausi</i>	550	970	—	8	8	—
<i>C. furcatus</i>	737	800	—	8	8	—
<i>C. paululus</i>	530	636	—	8	8	—
<i>C. vanus</i>	688	750	—	8	8	—

Der Edge-Index (I_e) von *Nannocalanus minor* weist die Tiere als vorwiegend phytoplanktonfressend (I_e -Wert < 500) aus. Lediglich die Weibchen zeigen mit einem I_e -Wert von 503 eine Tendenz zu einer omnivoren Ernährungsweise (I_e -Wert 500-900). *Mesocalanus tenuicornis* und *Neocalanus gracilis* können entsprechend des I_e -Wertes ebenfalls als phytoplanktonfressend bezeichnet werden. Sämtliche Entwicklungsstadien von *N. robustior* weisen dagegen extreme I_e -Werte von über 700 auf. Damit sind sie eindeutig als omnivor einzustufen.

Die untersuchten Entwicklungsstadien der Art *Paracalanus denudatus* sind phytoplanktonfressend (I_e -Wert < 500). Der I_e -Wert der CV-Stadien und Männchen ist gegenüber dem der Weibchen jedoch deutlich kleiner (Tab. 24). Ähnlich verhält es sich mit der Art *P. nanus*. Die Weibchen dieser Art tendieren gemäß ihrem I_e -Wert (511) zu einer omnivoren Ernährungsweise. *Parvocalanus crassirostris* zeigt ähnliche I_e -Werte wie die verwandten Arten *P. denudatus* und *P. nanus*. Der I_e -Wert der Weibchen ist gegenüber dem der CV-Stadien jedoch noch geringer.

Mecynocera clausi zeigt mit seinen relativ flachen V1 und C1-3 (s. Kap.: 4.6.1 Gnathobasen-Morphologie) sehr hohe I_e -Werte. Die CV-Stadien sind mit einem Wert von 550 als omnivor

einzustufen, während die Weibchen (I_c -Wert = 970) die Tendenz zu einer carnivoren Ernährungsweise zeigen (I_c -Wert > 900).

Die untersuchten Clausocalanidae (*Clausocalanus paululus*, *C. furcatus*, *Ctenocalanus vanus*) sind mit I_c -Werten von über 500 omnivor. *Clausocalanus furcatus*-Weibchen zeigen den höchsten Wert von 800. Die CV-Stadien zeigen insgesamt geringere I_c -Werte als die Weibchen.

Bis auf die Weibchen der Art *Neocalanus gracilis* (mit neun Zähnen) weisen alle Stadien der untersuchten Arten mit vollständig entwickelten Mandibeln acht Zähne an der Gnathobase auf. *Paracalanus denudatus* und *P. nanus* besitzen im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Copepoden einen zweiten ventralen Zahn. Die Mandibeln der Männchen von *Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis*, *Parvocalanus crassirostris*, *Mecynocera clausi* und aller untersuchten Clausocalanidae sind reduziert.

Dem Edge-Index (Itoh, 1970) zufolge handelt es sich bei den relativ großen Calanidae (bis auf den omnivoren *Neocalanus robustior*) und den Paracalanidae um phytoplanktonfressende („herbivore“) Tiere. Die verhältnismäßig kleinen Clausocalanidae erweisen sich dagegen als omnivor. Weibchen von *Mecynocera clausi* zeigen als einzige der untersuchten Arten eine Tendenz zur carnivoren Ernährungsweise.

5. Diskussion

5.1 Methodendiskussion

Der Einflussbereich der Seeberg-Topografie übersteigt die eigentliche Fläche des Plateaus um das vierfache und schließt damit einen Großteil der Tiefsee (Tiefenbereich $< 4400\text{m}$) ein (Beckmann & Mohn, 2002). Laut Mohn (pers. Mitteilung.) liegen die Ozean-Stationen der vorliegenden Untersuchung (Station 459 und 493) trotz ihrer Entfernung vom Plateau im Einflussbereich des Seeberges. Am Beispiel des Cobb Seamounts konnten auch Dower & Mackas (1996) dessen Einfluss in 30 Kilometer Entfernung auf das umgebende Wasser feststellen.

Vor diesem Hintergrund müssen im Folgenden alle untersuchten Stationen des Plateaus und des Ozeans als Einheit des Seeberg-Regimes betrachtet werden. Somit wird auch der Einfluss des Seeberges auf die als Ozean-Stationen bezeichneten Stationen 459 und 493 weniger stark fokussiert. Vielmehr wird dem Einfluss lokaler Eigenarten, wie beispielsweise der Strömungen über der Großen Meteorbank, auf das Verhalten der untersuchten Copepoden-Arten Rechnung getragen.

Des Weiteren ist die Beobachtung der vorliegenden Studie nur eine Momentaufnahme, die keine generelle Aussage zulässt. So konnten Mouriño *et al.* (2001) feststellen, dass die Bedingungen auf der Großen Meteorbank nicht stetig sind. Es finden sich im Jahresgang unterschiedliche Situationen, die die Verteilung der Organismen beeinflussen.

Verteilung der dominanten Copepoda

Auf den Stationen 459 (Ozean-Station) und 511 (Hang-Station) kamen nur vier Multinetze in den oberen 300m zum Einsatz, so dass hier der Tiefenbereich zwischen 50 und 150m in einem Fang (Multinetz-Nr. 3) zusammengefasst ist. Im Vergleich zu anderen (mit fünf Multinetzen) untersuchten Stationen, die die Tiefenzone zwischen 50 bis 100m und 100 bis 150m mittels der Multinetze MN 3 und MN 2 unterscheiden, lässt sich für die Stationen 459 und 511 nicht bestimmen, ob sich die Copepoda zwischen 50 und 100m oder 100 und 150m konzentrieren.

Des Weiteren ist ein direkter Stationsvergleich zwischen Tag und Nacht nicht anzustellen. Da die am Tage beprobten Stationen über der Tiefsee und über dem Plateau nicht denen in der Nacht beprobten Stationen entsprechen, kann nur eine generelle Aussage für die Situation auf dem Plateau und über der Tiefsee im Tag-Nacht-Vergleich getroffen werden. Außerdem

zeigen die in jüngster Zeit erbrachten Erkenntnisse von Beckmann & Mohn (2002), dass die Stationen des Plateaus nicht als eine Einheit angesehen werden dürfen. Da es aufgrund der Strömungen in Bodennähe (SSL) und oberhalb der Thermokline (UTL) stationsabhängige Unterschiede über dem Plateau gibt, ist ein zeitabhängiger Vergleich des Migrationsverhaltens und der Verteilung nicht möglich.

Fraßaktivität

Bei den folgenden Ausführungen zum Vergleich der Nachtfänge muss bedacht werden, dass die Fänge auf der Station 451 (Plateau) und 493 (Ozean) um Mitternacht beziehungsweise zwischen 21:45 und 23:45 Uhr stattfanden. Im Gegensatz zu den später beprobten Plateau-Stationen 452 (05:00-05:30 Uhr) und 455 (02:40-03:05 Uhr) weisen beide Stationen nur sehr wenige der untersuchten Paracalanidae und Clausocalanidae mit gefüllten Därmen auf. Pasternak (1995) konnte dagegen maximale Darmfüllungen in der Zeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr finden. Folglich sind bei den Nachtfängen in Bezug auf die Fraßaktivität neben dem Zeitpunkt der Probennahme auch andere Faktoren zu berücksichtigen.

Weiterhin ist zu bedenken, dass die Fangtiefe nicht gleichbedeutend mit der Tiefe ist, in der Nahrung aufgenommen wurde oder Verdauung und Defäkation stattfanden. Somit ist es beispielsweise schwer, die Fraßaktivität oder auch die Kotballen-Bildung mit Chlorophyll-Konzentrationen oder Temperaturen in Relation zu setzen (Moloney & Gibbons, 1996). Des weiteren nehmen Copepoda oft unstetig Nahrung zu sich. Copepoda wie *Calanus pacificus* fressen beispielsweise diskontinuierlich, nehmen also kurzzeitig große Mengen zu sich, um dann wiederum lange Zeit nicht zu fressen (Runge, 1980), so dass nicht sämtliche Tiere vor der Probennahme Nahrung aufgenommen haben und somit leere Därme zeigen (Gowing & Wishner, 1992). Erschwert wird die Beurteilung des Darminhalts außerdem dadurch, dass die Zeit der Darm-Entleerung exponentiell verläuft und nicht linear, das heißt, dass pro Zeiteinheit eine konstante Menge des Darminhalts abgegeben wird. Folglich wird bei Beendigung der Ingestierung der Darminhalt pro Zeiteinheit geringer, bleibt jedoch konstant wenn die Ingestierung fortgesetzt wird (Dagg & Wyman, 1983). Die Verweildauer der Nahrung im Darm variiert, dauert aber zwischen 20 und 60 Min. an (Wang & Conover, 1986; Ohman, 1987).

Darminhaltsanalyse

Licht-Mikroskopie für Darminhaltsanalysen wurde von vielen Autoren genutzt (Chindonova, 1959; Harding, 1974; Hopkins, 1985; Pasternak & Schnack-Schiel, 2001a, b; Schnetzer & Steinberg, 2002). Der Vorteil der Licht-Mikroskopie liegt in der Betrachtung des vollständig erhaltenen Darmes und damit auch ganzer Zellen und Organismen. Mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops (REM) lässt sich dagegen nur die Oberfläche erkennen. Das Betrachten der unterschiedlichen Ebenen des Objektes ist hier nicht möglich. Die Vorbereitung der Proben für die Untersuchung ist zudem schneller und unkomplizierter als beispielsweise für das REM. Somit können umfangreichere Proben schneller untersucht werden. Der Vergleich der Nahrungskategorien der selben Arten und Gattungen in unterschiedlichen Studien, die unterschiedliche Techniken anwendeten (REM und Licht-Mikroskopie), ergab nahezu die gleichen Ergebnisse (Gowing & Wishner, 1992). Unterschiede können sich durch geographische Variabilität oder Variabilität des Fressens innerhalb einer Art oder Gruppe ergeben. Außerdem können die Unterscheide auf der Analysen-Methode basieren.

Mageninhalts-Analysen mit Hilfe der Licht-Mikroskopie haben jedoch auch Nachteile (Pasternak & Schnack-Schiel, 2001a, b). So können die weichen athecaten Formen im Mageninhalt nicht erkannt werden. Damit wird die Gesamtheit der filigranen und fragilen Phytoplankter, ebenso der athecaten Ciliaten und Dinoflagellaten unterschätzt (Atkinson, 1994). Kettenbildende Phytoplankter und längliche Diatomeen sind üblicherweise nur noch in Bruchstücken im Copepoden-Darm zu finden, somit wird auch die Größe dieser Partikel oft unterschätzt. Eine quantitative Bestimmung wird anhand dieser Bruchstücke ebenfalls erschwert (Turner, 1984). Oftmals werden die Schalen großer und/oder mit Spitzen besetzter Phytoplanktonarten aufgebrochen und nur der Inhalt ingestiert. Dies wurde beispielsweise für die Diatomee *Biddulphia regia* (Marshall & Orr, 1962) und für den Dinoflagellaten *Ceratium tripos* (Elbrächter, 1973) beobachtet. In diesem Fall ist weder eine quantitative noch qualitative Bestimmung des Darminhalts möglich. Ein weiteres Problem besteht in der exakten Größenbestimmung der Metazoen-Beute. Von ingestierten Copepoden sind häufig nur die Gnathobasen der Mandibeln zu erkennen; ein Rückschluss auf die Größe des Beutetiers erweist sich daher oft als schwierig. Die Bedeutung großer, jedoch selten beobachteter Nahrungspartikel wird im Vergleich zu kleinen und häufig auftretenden Partikeln ebenfalls unterschätzt. Aufgrund dessen kann der Versuch der Darminhaltsanalyse auf dem beschriebenen Wege nur als ein semi-quantitativer bezeichnet werden. Die semi-quantitative Darminhaltsanalyse unterschätzt den Anteil athecater Formen, die zwar oft eine

Protozoen-Gemeinschaft dominieren (Garrison, 1991), aber nicht in den Darminhalten der Copepoda zu finden sind. Somit gibt diese Art der Untersuchung keinen Aufschluss über die Bedeutung der oligotrichen Ciliaten und unbeschalteten heterotrophen Dinoflagellaten in der Nahrung der untersuchten Copepoda. Entsprechend den Ausführungen von Arashkevich (1969) besteht bezüglich der Ernährungsweise weiterhin die Schwierigkeit einer Zuordnung. Finden sich im Darminhalt eines Copepoden Reste anderer Copepoda und Phytoplankton, ist nicht eindeutig zu bestimmen, ob sich der betreffende Copepode omnivor ernährt oder ob die pflanzlichen Anteile eventuell von einem phytophagen Beutetier stammen. Somit wäre der untersuchte Copepode als carnivor einzustufen.

Trotz dieser Einschränkungen ist die semi-quantitative Mageninhalts-Analyse eine Methode, die vergleichbare Studien der Ernährungsmuster von Copepoden an Seebergen ermöglicht.

Gnathobasen-Morphologie (Berechnung des Edge-Index I_e)

Die für den I_e von Itoh (1970) benötigten Messungen (s. Abb. 14) erweisen sich oft als fehlerhaft. Vor allem die Messung der Größe H und h_1 bereitet bei relativ kurzen ventralen und zentralen Zähnen (s. Abb. 15) Schwierigkeiten. Da die distale Borste recht flexibel ist, ergeben sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausrichtung außerdem Schwierigkeiten bei der Messung der Länge W (Abstand zwischen ventralem Zahn V und distaler Borste dB). Itoh (1970) berücksichtigt in seinen Ausführungen nicht das Vorhandensein des zweiten ventralen Zahns ($V2$) einiger Copepoda. Durch den $V2$ würde sich die Zahl N erhöhen, was wiederum zu einem niedrigeren I_e führen würde. Weiterhin ergeben sich bei der Lichtmikroskopie je nach Lage der Gnathobase unterschiedliche Betrachtungswinkel und somit unterschiedliche Abstände zwischen den Zähnen. Dieser Fehler konnte jedoch durch eine genügend große Anzahl der Präparate und Messungen klein gehalten werden. Den Ergebnissen dieser Untersuchung zu Folge reicht der Edge-Index nur für eine grobe Einschätzung der Nahrungspräferenz der untersuchten Copepoda aus. Sullivan *et al.* (1975) und Turner (1978) bemerken in diesem Zusammenhang, dass sich derart komplexe, drei-dimensionale Gebilde wie die Mandibeln durch zwei-dimensionale Messungen nur unzureichend charakterisieren lassen. Eine verlässliche Berechnung des I_e ergibt sich bei der Verwendung von REM-Aufnahmen, wie sie Michels (2003) durchführte.

Histologie

Da eine Vorfixierung der Copepoda entsprechend den Ausführungen von Niehoff (1996) nicht stattfand, ist die Qualität der histologischen Schnitte nicht ausreichend, um die unterschiedlichen Zellen des Darmepithels (Abb. 12) zu identifizieren. Es können dennoch Höhe der Epithelzellen, unterschiedliche Entwicklungsstadien und Anzahl der B-Zellen erkannt werden, so dass die Ergebnisse Aufschluss über den Ernährungszustand der untersuchten Copepoda geben können.

5.2. Vertikalverteilung und Abundanz im Bereich der Großen Meteorbank

Isaacs & Schwartzlose (1965) konnten erstmals beobachten, dass vertikalwandernde Tiere durch Seeberge aufgehalten und folglich konzentriert werden. Diese auf physikalischem Wege konzentrierte Anhäufung von Beuteorganismen zieht Räuber scheinbar an und würde deren Ansammlung an Seebergen erklären (Koslow, 1997). Einige Autoren bestätigen den Anstieg der Zooplankton-Abundanz über Seebergen (z.B. Fedosova, 1974; Genin & Boehlert, 1985; Boehlert, 1988, Parker & Tunnicliffe, 1994). Ein erhöhtes Copepoda-Aufkommen (2- bis 8-facher Anstieg) an verschiedenen Bänken der Hawaii-Inselketten konnte beispielsweise von Fedosova (1974) beobachtet werden. Ausschließlich erhöhte Abundanz über der Großen Meteorbank gegenüber dem ozeanischen Bereich ergab sich allerdings für keine der untersuchten Arten in der vorliegenden Arbeit.

Eine reduzierte Zooplankton-Abundanz über Seebergen wurde ebenfalls des öfteren festgestellt (u.a. Fedosova, 1974; Genin *et al.*, 1988, 1994; Dower 1994, Huskin *et al.*, 2001). Als Gründe für dieses Phänomen werden die flache Topographie und vertikale Wanderungen der Zooplankter sowie ein erhöhter Fraßdruck durch Fische genannt (Hesthagen, 1970; Genin *et al.*, 1988, 1994; Haury *et al.*, 1995). So resultiert nach Ansicht von Genin *et al.* (1988) allgemein eine niedrige Plankton-Abundanz am späten Nachmittag bzw. am frühen Abend über Seebergen (hier: Niderver Bank im Nordwest-Pazifik) aus einer Verschiebung der Wassermassen. Der Wasserkörper, der sich am Tage über der Seebank befindet, wird durch Wasser aus der umgebenden See ersetzt; der ersetzte Wasserkörper ist jedoch frei von den Migratoren, die in den Morgenstunden in Tiefen hinabwanderten, die größer waren, als das Plateau / die Spitze des Seeberges. Kinzer & Hempel (1970) bemerken in diesem Zusammenhang, dass das Plankton der ozeanischen „deep scattering layer“ (DSL) in den nächtlichen Planktonfängen über der Großen Meteorbank fehlen würde. Diese niedrige Abundanz über Seebergen in den frühen Abendstunden wird auch von anderen Autoren

bestätigt (Nellen, 1973; Boehlert & Seki, 1984). Reduzierte Crustaceen-Abundanz wurde auch von Moiseyev (1986) über einigen Seebergen des Pazifiks beobachtet.

Dower & Mackas (1996) halten eine reduzierte Zooplankton-Biomasse über flachen Seebergen für typisch. In der vorliegenden Untersuchung kann eine generell niedrige Abundanz (Nacht und Tag) über der Großen Meteorbank für keine der untersuchten Arten festgestellt werden. Abundanzunterschiede zwischen Tag- und Nacht über der Bank konnten entsprechend den Ergebnisse von Huskin *et al.* (2001) auch in der vorliegenden Arbeit für *Mecynocera clausi* nicht festgestellt werden. Nach Huskin *et al.*, (2001) war die Abundanz der Copepoda zwischen 200 und 1000µm im Bereich des GMT geringfügig kleiner als im umgebenden Ozean. Des weiteren war auch die Biomasse des Mesozooplanktons im Bereich der Großen Meteorbank geringer als in den meisten Proben des untersuchten umgebenden Ozeans. Auch Cobb Seamount im Nordpazifik zeigt keine Anreicherung von Zooplankton in seiner näheren Umgebung. Bei Cobb Seamount handelt es sich um einen sehr flachen Seeberg in 2300m Wassertiefe (minimale Tiefe <25m); eine Vertikalwanderung des Zooplanktons war hier, wie auch in vorliegendem Fall für *M. clausi*, nicht feststellbar (LeBrasseur, 1965; Frost, 1987; Mackas *et al.*, 1993).

Ehrich (1977) bezweifelt den „Falleneffekt“ der Großen Meteorbank, da seiner Meinung nach die geringe Geschwindigkeit des Oberflächenstroms (6cm/sec.; Meincke, 1971) nicht ausreicht, um das am Abend aus der ozeanischen DSL aufsteigende Zooplankton in einer Nacht über die Bank zu verdriften. In diesem Zusammenhang zeigen Beckmann & Mohn (2002), dass die Retention für migrierende Organismen auf der Großen Meteorbank tatsächlich deutlich reduziert ist (s. Abb. 7a). Das Verdriften passiver, nicht-migrierender Arten kann jedoch nach Meinung der Autoren ausgeschlossen werden. Oberflächennahes Zooplankton kann demnach nur durch starke Winde aus der Retentionszone verdriftet werden (s. Abb. 7b). Diese Ergebnisse gleichen denen von Haury *et al.* (2000). Auf dem Fieberling-Seeberg im Nordost-Pazifik wiesen 19 von 23 Copepodenarten eine geringere Abundanz über dem Plateau auf. Acht dieser 19 Arten wurden von den Autoren als schwache beziehungsweise Nichtmigrierer bezeichnet.

Andere Autoren sehen wiederum keine Abundanzunterschiede zum umgebenden Ozean (Belyanina, 1985; Voronina & Timonin, 1986). Dieses Ergebnis wird in der vorliegenden Untersuchung nur anhand der Arten *Neocalanus robustior*, *Ctenocalanus vanus* und *Temoropia mayumbaensis* bestätigt. *Acartia negligens* und *Mesocalanus tenuicornis* zeigen nur am Tage, *Nannocalanus minor*, *Clausocalanus paululus* und *Parvocalanus crassirostris* dagegen nur in der Nacht Abundanzunterschiede. Dower & Mackas (1996) bemerken, dass

ungefähr die Hälfte der untersuchten Taxa eine hohe Abundanz auf dem Cobb Seamount zeigte, während die andere Hälfte stärker im umgebendem Gewässer vertreten war.

Der allgemeine Vergleich zwischen dem Plateau der Großen Meteorbank und dem umliegenden Ozean ergibt für die vorliegende Untersuchung keinen eindeutigen Beweis für den Einfluss der Großen Meteorbank auf die Verteilung der untersuchten Copepoda.

Roe (1988) konnte für das Gebiet um Madeira in den ersten 500m die meisten Copepoda beobachten. Diese Beobachtung ergibt sich ebenfalls für die untersuchten Copepoda der Großen Meteorbank, die mit 90% das häufigste Taxon des Seeberges darstellen (Schnack-Schiel & Henning, im Druck). Kinzer (1969) bemerkt, dass die „deep scattering layer“ (DSL) der Großen Meteorbank zu einem großen Teil Copepoda und Euphausiacea beinhaltet und sich am Tage zwischen 450 und 600m erstreckt. Martin (2002) fand dagegen drei voneinander getrennte DSL im ozeanischen Bereich: eine breite zwischen 400 und 600m, eine dünne in 200m am Tage und in der Nacht und eine breitere von 0 bis 130m in der Nacht. Über dem Plateau lag die DSL dagegen bei 100m und eine weitere nahe des Plateaubodens. In der Nacht erstreckte sich die DSL von der Oberfläche bis in 130m Tiefe.

Schirmer (1975), dessen Beobachtungen aus dem Gebiet der Großen Meteorbank (ca. 23°W/29°N - also nicht im unmittelbaren Einflussbereich der Großen Meteorbank) stammen, weist darauf hin, dass sich Zooplankter bevorzugt im Bereich starker physikalischer Gradienten sammeln, d.h. in Oberflächennähe und im Sprungschichtbereich. Die größte Planktondichte herrscht im Gebiet der Großen Meteorbank am Tage direkt über der Sprungschicht, die in Schirmers Untersuchungsgebiet im Mittel oberhalb 161m lag. Die Sprungschicht über der Großen Meteorbank wird in geringere Tiefen (50-100m) verlagert, so dass sich in der vorliegenden Untersuchung in Oberflächennähe und direkt über der Sprungschicht nur *Acartia negligens* beobachten lässt. Schirmer (1975) konnte für die Acartiidae im Gebiet der Großen Meteorbank eine erhöhte Abundanz in folgenden Tiefen erkennen: oberhalb der Thermokline (ca. 160m Tiefe) am Tage in 81 ± 13 m Tiefe und in der Nacht in 46 ± 18 m Tiefe. Die Verteilung der Acartiidae korrelierte demnach nur in geringem Maße mit dem Isothermenverlauf. Die vorliegende Arbeit kann diese Ergebnisse nicht bestätigen. Die Tiere sind immer in geringeren Tiefen zu finden. Dies könnte eine Folge des gewölbten Wasserkörpers über dem Seeberg sein, dem die Tiere folgen.

A. negligens zeigte auf dem Plateau des Equator Seamount eine höhere Abundanz als im umgebenden Ozean am Tage (Voronina & Timonin, 1986) und damit ein ähnliches Verhalten

wie in dieser Untersuchung. Die Abundanz und die vertikale Verteilung von *A. negligens* über dem Seeberg und im umgebenden Wasser ergaben in der Nacht keine deutlichen Unterschiede. Dies entspricht ebenfalls der Situation auf Equator Seamount und Fred Seamount (Voronina & Timonin, 1986).

Der größere Teil der untersuchten Copepoden-Arten dieser Arbeit hielt sich am Tage und in der Nacht sowohl über als auch neben dem Seeberg innerhalb der Dichte-Sprungschicht in 50 bis 100m (150m auf den Stationen 459 und 511) auf (*Mesocalanus tenuicornis*, *Neocalanus gracilis*, *N. robustior*, *Paracalanus nanus*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus paululus*, *Ctenocalanus vanus*). Eine Vertikalwanderung ist bei diesen Arten nicht erkennbar. Der damit verbundene Nachteil des erhöhten Räuberdrucks fällt gegenüber dem Vorteil des kontinuierlichen Fraßes aber weniger ins Gewicht (Tsuda *et al.*, 1998).

Vergleicht man die Ergebnisse der Vertikalverteilung von Schirmer (1975) für die Calanidae mit der Verteilung der Arten *M. tenuicornis*, *N. gracilis* und *N. robustior* der vorliegenden Untersuchung, so finden sich sowohl auf den Plateau- als auch auf den Ozean-Stationen ähnliche Verteilungsmuster. Die Verteilung der Calanidae korrelierte nach Schirmer nur mit dem Isothermenverlauf. Obwohl die Große Meteorbank den Isothermenverlauf beeinflusst, scheint dies keine Auswirkungen auf die Verteilung der genannten Arten zu haben. Neben den genannten Calanidae trifft diese Beobachtung auch für *Paracalanus nanus*, *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus paululus* und *Ctenocalanus vanus* zu.

Da sich die Verteilungsmuster der untersuchten Calanidae zwischen Atlantik und Pazifik nur geringfügig unterscheiden (Ambler & Miller, 1987), werden sie hier vergleichend betrachtet. Ambler & Miller (1987) zeigen entsprechend den vorliegenden Ergebnissen für die Weibchen der Art *Mesocalanus (Calanus) tenuicornis* im Nordpazifik die höchste Abundanz in 75 bis 100m Tiefe. In 25 bis 50m sind sie selten anzutreffen – dies bezieht sich auf Nacht- und Tagesfänge. Entgegen den Ergebnissen von Ambler & Miller (1987) konnte *M. tenuicornis* auf der Großen Meteorbank aber in der Nacht im Oberflächenwasser nachgewiesen werden.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von Ambler & Miller (1987) ergeben sich für die Nachtfänge von *Neocalanus gracilis* auf der Ozean-Station 493 geringfügige Abweichungen. Obwohl die Autoren feststellen, dass *Neocalanus* spp. keine tagesrhythmischen Wanderungen vollziehen, besteht für einen Teil der Population auf dieser Station scheinbar eine Tendenz zu größeren Tiefen (bis 300m). Die Erkenntnisse von Ambler & Miller (1987) treffen nur in sofern zu, als dass *N. gracilis* am Tage und in der Nacht in 75 bis 100m Tiefe hohe Abundanz zeigt, somit also keine ausgeprägten Vertikalwanderungen über dem Seeberg unternimmt. Die hohe Abundanz im oberflächennahen Wasser der Stationen 451 und 452 lässt sich durch

Konkurrenzvermeidung zu der Art *M. tenuicornis* erklären. Die Gnathobasen-Struktur und der Darminhalt ist bei beiden Arten ähnlich, so dass eine Konkurrenzvermeidung aufgrund gleicher Ernährungsweise begründet scheint. Offenbar beeinflussen jedoch auch andere Faktoren das Migrationsverhalten der beiden Arten, da sie auf den anderen Stationen ein ähnliches Verteilungsmuster zeigen.

Hohe Individuendichten zwischen 20-50m Tiefe, wie sie Schirmer (1975) für das Gebiet der Großen Meteorbank beschreibt, finden sich neben *A. negligens* nur für *Neocalanus robustior*. Diese Art zeigt jedoch nur auf zwei Stationen (459 und 511) die größte Dichte oberhalb von 50m und scheint auch schon vor Sonnenuntergang zu fressen (s. Kap. 4.3). Dieses Verhalten widerspricht den Ergebnissen von Dagg *et al.* (1989). Demnach wandert *Calanus pacificus*, eine calanide Art des tropischen Pazifiks, bereits vor Sonnenuntergang an die Oberfläche, frisst aber erst nach Sonnenuntergang. Damit scheinen das nächtliche Fressen und die täglichen Vertikalwanderungen voneinander unabhängige Prozesse zu sein – der Grund für dieses Verhalten liegt nach Dagg *et al.* (1989) wahrscheinlich in der Verminderung des Feinddrucks. Steigen die Tiere vor Sonnenuntergang in geringere Tiefen, sind deren Därme noch leer und die Copepoda somit weniger gut sichtbar für Räuber. *Neocalanus robustior* hält sich neben den genannten Stationen zusätzlich über der Tiefsee-Stationen 493 in geringeren Tiefen auf als sein naher Verwandter *N. gracilis*. Da nach Ambler & Miller (1987) besonders nahe verwandte Arten ohne Ausnahme unterschiedliche Tiefen mit maximaler Abundanz am Tage und in der Nacht zeigen, entgeht *N. robustior* auf diesen Stationen dem zufolge scheinbar dem Konkurrenzdruck. Ein weiterer Hinweis für diese Verhaltensweise könnte das Fehlen dieser Art auf den Stationen 451 und 452 sein; in 75 bis 100m Tiefe ist die Art *M. tenuicornis*, im Oberflächenwasser dagegen die Art *N. gracilis* sehr dominant. Somit ist das unterschiedliche Verteilungsmuster der *Neocalanus*-Arten möglicherweise auf Konkurrenzvermeidung zurückzuführen und deutet somit nicht auf einen Einfluss der Großen Meteorbank.

Ambler & Miller (1987) zeigten, dass *Clausocalanus* spp. und *Ctenocalanus vanus* weder tägliche noch ontogenetische Vertikalwanderungen durchführen. Dies wird anhand der beobachteten Vertikalverteilung zumindest für die Art *Clausocalanus paululus* und *Ctenocalanus vanus* in der vorliegenden Arbeit bestätigt. Das dies aber nicht generell für alle *Clausocalanus*-Arten gilt, zeigen die Ergebnisse für *C. furcatus* in der vorliegenden Arbeit und die Untersuchungen von Roe (1988), der ebenfalls eine Tendenz zu täglicher Migration für *Clausocalanus*-Arten feststellen konnte.

Clausocalanus paululus weist in dieser Untersuchung eine höhere Abundanz im ozeanischen Bereich in der Nacht auf. Ein geringer Anteil der Population befindet sich am Tage in Tiefen bis 300m über dem Plateau. Der erhöhte Feinddruck durch Fische auf dem Plateau (Hesthagen, 1970) und das Verdriften durch die Plateau-nahe Strömung der „seamount summit layer“ (SSL) (Beckmann & Mohn, 2002) könnte auch in diesem Fall für einen Verlust des Zooplanktons am Tage verantwortlich sein, so dass in der Nacht im Gegensatz zum umgebenden Wasserkörper weniger Tiere über dem Plateau zu finden sind. Ein Unterschied zwischen Tag- und Nacht- Abundanz konnte entsprechend den Ergebnissen von Huskin *et al.* (2001) anhand der untersuchten Clausocalanidae nicht festgestellt werden.

Im Vergleich mit dem umgebenden Ozean zeigen *N. minor* und *P. crassirostris* über dem Plateau nachts einen Anstieg der Abundanz. Beide Arten hielten sich am Tage sowohl über als auch neben dem Seeberg innerhalb der Dichte-Sprungschicht in 50 bis 100m (150m auf den Stationen 459 und 511) auf. In der Nacht wanderten diese aktiv migrierenden Arten aber in geringere Wassertiefen. Ähnlich verhält es sich mit *C. furcatus*. Allerdings findet sich diese Art auf der Ozean-Station 459 bereits am Tage in geringeren Wassertiefen. Berücksichtigt man aber den Einfluss der Großen Meteorbank im Bereich dieser Ozean-Station, so ergibt die vertikale Verteilung über dem Seeberg und im umgebenden Wasser keine deutlichen Unterschiede für diese migrierenden Arten. Das zeigen auch die Ergebnisse für *C. furcatus* und *N. minor* am Equator Seamount (Voronina & Timonin, 1986). Beide Arten (aber auch *A. negligens*) sind an diesem Seeberg dominant und werden von den Autoren als typische Oberflächen-Copepoden bezeichnet. Der Aufenthalt an der Oberfläche in den frühen Morgenstunden (Station 452) betrifft neben den Arten *C. furcatus*, *N. minor* und *A. negligens* auch *N. gracilis*. Der oberflächennahe Aufenthalt am Morgen scheint ungewöhnlich, da die Vertikalwanderung bei Dunkelheit einerseits futterreiche Schichten an der Oberfläche erreichbar macht, andererseits aber bei Helligkeit auch den Kontakt mit Räubern vermeiden soll (Longhurst & Harrison, 1989).

Die Abundanz über dem Seeberg Equator und im umgebenden Wasser ergab nach Voronina & Timonin (1986) ebenfalls keine Unterschiede für *C. furcatus* und *N. minor*. *N. minor* zeigt in der vorliegenden Untersuchung jedoch Unterschiede in der Nacht und *C. furcatus* am Tage und in der Nacht. Unterschiede zwischen Tag- und Nacht- Abundanz über dem Seeberg konnte anhand beider Arten nicht festgestellt werden (s. auch Huskin *et al.*, 2001).

Die entsprechend der Darminhaltsanalyse der vorliegenden Untersuchung als herbivor einzustufenden Arten der Clausocalanidae und Paracalanidae zeigen entgegen den Erkenntnissen von Hanssen *et al.* (1990) ein vollkommen unterschiedliches

Migrationsverhalten. Nach Meinung der Autoren zeigen herbivore Copepoda keine oder nur eine sehr schwache Vertikalwanderung und verbleiben auch während Zeiten des Nahrungsmangels in den oberen Wasserschichten. Ein Erklärungsansatz für die unterschiedliche Vertikalverteilung wäre, dass verwandte Arten zwar im Allgemeinen das selbe Migrationsverhalten zeigen, Konkurrenz jedoch wahrscheinlich bestimmte vertikale Verteilungen nach sich zieht (Ambler & Miller, 1987). Diese Erklärung mag somit für die untersuchten Paracalanidae der Nacht-Stationen (vor allem der Stationen 451 und 493) zutreffen. Während sich *P. crassirostris* nachts vorzugsweise im Oberflächenwasser aufhält, tendiert *P. nanus* zu Tiefen ab 10m. *Paracalanus denudatus* zeigt wiederum die höchste Abundanz zwischen 50 und 100m. Die Arten der Clausocalanidae zeigen nachts ebenfalls eine unterschiedliche Verteilung: *Ctenocalanus vanus* und *Clausocalanus paululus* befinden sich hauptsächlich in 50 bis 100m Wassertiefe, wobei sich *C. paululus* stärker über die gesamte untersuchte Wassersäule verteilt. *Clausocalanus furcatus* weicht wiederum von diesem Muster ab, in dem sich diese Art innerhalb der ersten 50m aufhält. Nischendifferenzierung innerhalb der konkurrierenden Arten der Clausocalanidae mag der Grund für die beobachtete Verteilung sein. Konkurrenz kann innerhalb einer Tiefe unter verwandten Arten jedoch durch Anwesenheit von Räubern abgeschwächt sein, so dass eine Co-Existenz möglich ist (Mc Gowan & Walker, 1979). Diese Erklärung mag für die ähnliche Verteilung der Arten *Clausocalanus paululus* und *Ctenocalanus vanus* gelten. Ähnlich den bereits angesprochenen *Neocalanus*-Arten ist das unterschiedliche Verteilungsmuster dieser Arten somit scheinbar auf Konkurrenzvermeidung zurückzuführen und deutet nicht auf einen Einfluss der Großen Meteorbank.

Temoropia mayumbaensis befindet sich entgegen den Ausführungen Schirmers (1975) am Tage weit unterhalb der Dichte-Sprungschicht und wandert erst in der Nacht in Tiefen zwischen 50 und 100m (Station 451 und 452) bzw. 100 bis 150m (Station 455 und 493). Damit verhält sich diese Art entgegen der Erkenntnis von Grice & Hülsemann (1965), nach der in der Nacht keine erneute Zunahme der Abundanz im Gebiet 23°00,7W/30°01,0N zu erwarten ist. Möglicherweise entgeht *T. mayumbaensis* dadurch der Konkurrenz mit anderen Copepodenarten. Entsprechend der herbivoren Ernährungsweise von *T. mayumbaensis* innerhalb dieser Untersuchung, treffen die Äußerungen von Hanssen *et al.* (1990) auch in diesem Fall nicht zu. Starke Strömungen in tieferen Schichten über der Bank, wie sie Beckmann & Mohn (2002) beschreiben, und / oder erhöhter Feinddruck durch Fische in plateanähe (Hesthagen, 1970; Genin *et al.*, 1988, 1994; Haury *et al.*, 1995) können dafür verantwortlich sein, dass diese stark migrierende Art am Tage von der Bank aus der

Retentionszone verdriftet wird bzw. dem Fraß durch Fische zum Opfer fällt und somit seltener in der Nacht über dem Plateau vorkommt. Tatsächlich zeigen aber nur die Plateau-Stationen im Nordwesten eine deutlich geringere Abundanz, während sie auf der Plateau-Station 455 im Südosten erhöht ist (s. Tab. 1 im Anhang). Denkbar wäre, dass *T. mayumbaensis* auf der Station 455 am Tage weniger tief wandert und daher weder verdriftet noch gefressen wird. Für diese Annahme spricht, dass sich nur auf dieser Station Tiere in oberflächennähe befinden und die Tiere aus entsprechend geringeren Tiefen aufsteigen mussten.

Anders als alle anderen untersuchten Copepoda wandert *Paracalanus denudatus* am Tage (Station 459 und 456) verstärkt an die Oberfläche und nachts in Tiefen bis 100m. *P. denudatus* zeigt als einzige Art nachts niedrigere, am Tage dagegen höhere Abundanz über dem Plateau. Eine Erklärung für diese Abundanzverhältnisse ist nach dem Beispiel von Genin *et al.* (1988) bzw. Beckmann & Mohn (2002) hier allerdings nicht möglich, da die betreffende Art am Tage nicht tief genug wandert.

Nur für wenige Arten entspricht die nächtliche Verteilung den Ergebnissen von Grice & Hülsemann (1965), die eine kontinuierliche Abnahme der Abundanz bis 200m (und keine erneute Zunahme der Abundanz unterhalb von 100m Tiefe) im Gebiet 23°00,7W/30°01,0N zeigen konnten. Eine kontinuierliche Abnahme bis in 200m zeigen die Fänge von *Nannocalanus minor* und *Acartia negligens* auf allen Nacht-Stationen, *Clausocalanus furcatus* und *Parvocalanus crassirostris* nur auf einigen Nacht-Stationen über dem Plateau.

5.3. Cephalothoraxlängen

Genin & Boehlert (1985) vermuten, dass eine längere Verweildauer des Auftriebwassers über Seebergen, und damit eine erhöhte Phytoplankton-Produktion, lokal ein verstärktes Wachstum der Zooplankter induzieren kann. Bezogen auf die Cephalothoraxlängen der untersuchten Copepoda besteht zwischen dem Plateau der Großen Meteorbank und den Stationen über der Tiefsee kein Unterschied. Dies kann aber durch den Einfluss des Seeberges auf die beprobten Ozean-Stationen erklärt werden. Unterschiede ergeben sich zwischen den betrachteten Stationen, die jedoch keine Gruppierungen von Stationen mit ähnlichen Verhältnissen erkennen lassen. Dies zeigen die Ergebnisse der MDS-Plots. Eine Normalverteilung der Cephalothoraxlänge kann nicht für alle Stationen (s. Abb. 20) bestätigt werden, was einen erhöhten Einfluss der Gegebenheiten auf den jeweiligen Stationen vermuten lässt. So zeigen die Stationen auf einem Transekt von Nordwest nach Südost besonders große Tiere. Die kleineren Vertreter finden sich stattdessen im direkten Luv-Bereich nordöstlich des Seeberg-Plateaus (Station 519) beziehungsweise auf der südlichen Ozean-Station 493. Der Grund mag eine schlechtere Versorgung mit Nahrung aufgrund zirkulierender Strömungen im Bereich der „upper thermocline layer“ (UTL) sein (s. unten).

Vergleicht man die Literaturangaben für die Cephalothoraxlängen mit den vorliegenden Ergebnissen, so sind die Tiere über der Großen Meteorbank allgemein als klein einzustufen. Weibchen der Art *Paracalanus (Parvocalanus) crassirostris* (Bucht von Massachusetts) erreichen eine Länge zwischen 400 und 600µm (Lawson & Grice, 1973), Weibchen der Art *Clausocalanus furcatus* (Golf von Mexiko) erreichen eine Länge von zirka 1000µm (Mazzochi & Paffenhöfer, 1999). Die genannten Arten erreichen in der vorliegenden Untersuchung den höchsten Durchschnittswert von 425µm bzw. 780µm mit Maximalwerten von 450µm bzw. 788µm. Nellen (1973) konnte zeigen, dass die mesopelagischen ozeanischen Fischlarven über der Großen Meteorbank ebenfalls kleiner waren als in der umgebenden See. Dies widerlegt Hartmann (2002) allerdings anhand seiner untersuchten Fischlarven im Probenmaterial der vorliegenden Arbeit; diese waren über der Tiefsee signifikant kleiner als über dem Plateau und dem Hang. Nellen (pers. Mitteilung) hält allerdings dagegen, dass sich im Untersuchungsgebiet innerhalb der Wassersäule aber auch eine unterschiedliche Verteilung der Längensklassen ergibt. Für einige der untersuchten Calanoida der vorliegenden Arbeit ergaben sich ebenfalls Größenunterschiede innerhalb der Wassersäule (s. Abb. 22). Huskin *et al.* (2001) konnten im Vergleich verschiedener Größenfraktionen von Copepoda allerdings kein deutliches Variationsmuster feststellen.

Einige Autoren konnte eine starke Abhängigkeit des Copepodenwachstums von der Temperatur erkennen (Angel & Baker, 1982; Huntley & Lopez, 1992). Cushing & Vucetic (1963) konnten anhand der Art *Calanus finmarchicus* feststellen, dass mit ansteigender Temperatur eine Verringerung der Größe zu vermerken ist. Dies betrifft allerdings nur die Copepodid-Stadien und nicht die Adulti. Die Autoren sehen daher die Hauptursache dieser unterschiedlichen Größen in der verfügbaren Menge an Nahrung. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergeben ebenfalls keinen Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wachstum und lassen eine unterschiedlich gute Nahrungsverfügbarkeit auf den untersuchten Stationen vermuten. Dower & Mackas (1996) stellten wiederum eine Korrelation zwischen der Struktur der Zooplankton-Gemeinschaft des Seeberges Cobb Seamount und der Temperatur in 50m Tiefe fest. Die Autoren sehen den Grund in einer Veränderung der „mixed layer“ oder in der vorherrschenden Untiefe (< 25m). Bezogen auf das Wachstum argumentieren die letztgenannten Autoren, dass die klassische Hypothese einer vermehrten Primärproduktion und damit erhöhten Abundanz des Zooplanktons über Seebergen am Cobb Seamount nicht greift, und daher kein Anlass bestünde, eine Korrelation zwischen Wachstum und Seeberg zu vermuten. Vergleichende Längenmessungen des Zooplanktons wurden von Dower & Mackas (1996) allerdings nicht durchgeführt.

5.4. Fraßaktivität und Darmfüllung

Im Gegensatz zu der Untersuchung der Cephalothoraxlängen ergibt sich für den Grad der Darmfüllung eine deutlichere Gruppierung der Stationen. Entsprechend den Ergebnissen von Huskin *et al.* (2001) ist aber auch hier kein deutlicher Unterschied zwischen den Plateau-Stationen und Stationen des umgebenden Ozeans zu erkennen.

Einen generellen Anstieg der Ingestion von Ost nach West, wie ihn Huskin *et al.* (2001) beobachten konnten, war in dieser Untersuchung nicht zu registrieren. Abweichend konnten die o.g. Autoren aber auch einen 1,3-fachen Anstieg der Ingestionsrate im Osten (27,75°W) gegenüber dem Westen der Großen Meteorbank feststellen, jedoch nicht genau über dem Plateau. Bei den überwiegend kleinen Copepoda (u.a. Clausocalanidae und *Mecynocera clausi*) beobachteten die Autoren sogar einen 3,1-fachen Anstieg der Ingestion. Die auf histologische Untersuchungen an Fischlarven basierende Cluster-Analyse von Hartmann (2002) stimmt mit der ozeanischen Modellierung der Großen Meteorbank (Mohn & Beckmann, 2002) gut überein und lässt sich auch auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung projizieren. Demnach ist die östliche Flanke deutlich durch die ozeanische

Nordost-Strömung beeinflusst, während die Westflanke im Lee-Bereich der Bank wiederum anderen Strömungsmustern unterliegt. Anhand dieser Ausführungen wird deutlich, dass keine generelle Vorhersage über Darminhalte über der Bank getroffen werden kann. Vielmehr müssen kleinräumige Variablen (z.B. „eddies“) beachtet werden, um eine Vorhersage der Fraßaktivität in Bezug auf Lokalität zu treffen.

Es scheint, dass die Stationen 452 und 455 sowie die im Lee-Bereich liegende Ozean-Station 459 eine bessere Nahrungsverfügbarkeit zeigen. So weisen vor allem die kleinen Arten auf den Stationen von Nordost nach Südwest (519, 456 und 493) geringere Darmfüllungen auf. Die Plateau-Station 456 scheint überdies selbst für die großen Arten *Mesocalanus tenuicornis* und *Neocalanus gracilis* ein Ort mit niedrigerer Nahrungsverfügbarkeit zu sein.

Trotz der geringen Fraßaktivität der genannten Calanidae auf der Station 456, bedeutet dies nicht zwingend eine geringere Dichte der verfügbaren Nährorganismen. So konnten Pasternak & Schnack-Schiel (2001) an antarktischen Copepoda (*Calanus propinquus* und *Calanoides acutus*) zeigen, dass eine höhere Futter-Konzentration nicht zwangsläufig auch einen Anstieg der Fraßaktivität nach sich zieht. Auch Yen (1983) zeigte für Adulte und Copepodide des carnivoren Copepoden *Euchaeta elongata*, dass die Fraß-Aktivität bei niedrigen Beute-Konzentrationen effizienter war. Weikert (1977) vermutet gar eine ineffiziente Ingestierung bei gleichzeitig hoher Futter-Konzentration aufgrund einer Beobachtung vor Nord-West Afrika: hier war in der Übergangszone zwischen aufströmendem Wasser und älterem abströmendem Wasser ein hoher Leichenanteil der Copepoda festzustellen.

Der Zeitpunkt der Probennahme auf Station 456 (11:00) bietet zumindest keine Erklärung für die geringe Fraßaktivität, da auch die Station 459 zu dieser Zeit beprobt wurde und hier mehrere Tiere mit gefüllten Därmen beobachtet wurden. Eine mögliche Erklärung wäre die horizontal zirkulierende Strömung der „upper thermocline layer“ (UTL) (Mohn & Beckmann, 2002). Die Tiere, am Beispiel von *M. tenuicornis*, werden auf der Station 456 durch eine sie umgebende zirkulierende Strömung von der Hauptströmung ausgeschlossen. Das herannahende, passiv treibende Plankton der Hauptströmung (s. auch Abb. 4) könnte durch diese zirkulierende Strömung abgelenkt werden. Dies würde auch die gute Nahrungssituation der Stationen 452, 455 und 459 erklären, die allesamt im Einflussbereich dieser Strömung liegen und durch sie mit ausreichend Nahrungsorganismen versorgt werden könnten. Im Bereich der Hauptströmung konnten Huskin *et al.* (2001) über der Seebank (im Osten) maximale Werte der integrierten Primär-Produktion von $250 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ beobachten. Vergleichsweise hohe Werte der Primär-Produktion wurden über Cobb Seamount gemessen.

Sie waren hier gegenüber dem Ozean ($200\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) um den Faktor zehn erhöht, variierten allerdings auch stark ($130\text{-}1300\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Der Einfluss der UTL-Strömung wird zudem anhand der untersuchten Paracalanidae *P. denudatus* und *P. crassirostris* und der *Clausocalanus*-Arten deutlich. Im Vergleich zeigen die Arten auf der Plateau-Station 519 höhere Darmfüllungsgrade als auf Station 456. Beide Stationen wurden zu annähernd gleicher Zeit beprobt. Nach Mohn & Beckmann (2002) liegt auch die Station 519 im Einflussbereich eines, wenn auch kleineren, oberflächennahen Wirbels (s. Abb. 6). Entsprechend dem obigen Beispiel versorgt dieser Wirbel die Station 519 mit dem Plankton der Hauptströmung. Die isolierte Stellung der Stationen 456 und 519 wird in der vorliegenden Untersuchung auch durch das Ergebnis des MDS-Plots deutlich (s. Abb. 27).

Den untersuchten Paracalanidae *P. denudatus* und *P. crassirostris*, den *Clausocalanus*-Arten, aber auch *M. clausi* scheint auf den Stationen 493 und 451 weniger Nahrung zur Verfügung zu stehen. Beide Stationen liegen in dem von Hartmann (2002) bezeichneten Bereich „Cluster 2“, der einen Teil der Übergangszone zwischen den Isobathen 500 und 1500m abdeckt und sich im Westen bis zur 3000m –Tiefenlinie erstreckt. Der Autor konnte zeigen, dass die Fischlarven über dem Seeberg und im umgebenden Ozean allgemein besser genährt waren als in diesem Bereich. Kaufmann (pers. Mitteilung, zitiert in Beckmann & Mohn, 2002) konnte in diesem Zusammenhang isolierte Chlorophyll-Ansammlungen über dem Plateau und im ozeanischen Bereich feststellen, nicht jedoch im Hang-Bereich. Genin & Boehlert (1985) wiesen bereits auf den Einfluss von Seebergen auf die Verteilung von Chlorophyll hin. Entsprechend der fehlenden Chlorophyll-Ansammlungen beschreibt Martin (2002) in der westlichen Region des Übergangsbereichs geringe Zooplankton-Biomassewerte, die gleich bedeutend mit einer Abnahme der Nährorganismen (u.a. Copepoden) sind. Dieser Bereich bezieht auch die Stationen 451 und 493 über 446m bzw. 3026m Tiefe ein. Dies mag auch die Erklärung für das Ergebnis des MDS-Plots dieser Untersuchung sein (s. Abb. 27). So ist die Aussage, Darminhalte seien auf der großen Meteorbank nachts maximal (Huskin, 2001) nur eingeschränkt anwendbar. Eine generell höhere Fraßaktivität von Copepoda in der Nacht konnte von mehreren Autoren festgestellt werden (u.a. Mackas & Bohrer, 1976; Dagg & Grill, 1980).

Obwohl die Station 451 von der UTL-Strömung ausgeschlossen scheint und im Bereich fehlender Chlorophyll-Ansammlungen liegt, zeigen *Mesocalanus tenuicornis* und *Mecynocera clausi* Darmfüllung. Bedenkt man allerdings, dass *M. tenuicornis* am Tage als auch nachts gleichermaßen frisst, die kleineren Arten der Paracalanidae und Clausocalanidae

jedoch verstärkt in den Morgenstunden (Station 452 und 455), so ist auch die Zeit (ca. Mitternacht) und nicht ausschließlich die Lage dieser Station verantwortlich für diese Beobachtung. *M. clausi* zeigt das gleiche Verteilungsmuster wie *M. tenuicornis*. Dies lässt den Schluss zu, dass beide Arten ein ähnliches Migrationsverhalten und damit auch eine ähnliche Ernährungsstrategie verfolgen. Infolge dessen kann damit auch die relativ hohe Fraßaktivität von *M. clausi* auf der Station 451 erklärt werden.

In der vorliegenden Untersuchung ergeben sich tagsüber für alle Arten der Calanidae gefüllte Därme. Entgegen den Erkenntnissen von Huskin *et al.* (2001) zeigt somit auch *Nannocalanus minor* ein Maximum an Darminhalt am Tage (Station 519). Dies entspricht auch nicht der Hypothese von Stearns (1986), wonach der Verzicht auf Nahrung am Tage auch vor Predation schützt. Tsuda *et al.* (1998) konnten weiterhin durch Experimente feststellen, dass Fische eine signifikant höhere Fraßrate für Copepoda zeigen, die gefüllte Därme aufweisen. Da bis auf *N. minor* keine tagesrhythmischen Wanderungen durch die recht großen Calanidae vollzogen werden, am Tage dennoch Nahrung aufgenommen wird, ergibt sich die Frage, ob überhaupt ein erhöhter Feinddruck durch Fische an allen Stationen über der Großen Meteorbank vorherrscht. Diese Frage stellt sich auch aufgrund der beobachteten Fraßaktivität bei der Art *N. robustior* und ihrem oberflächennahen Aufenthalt auf der Station 511 sowie bei den Arten *N. minor*, *N. gracilis*, *C. furcatus* und *A. negligens* auf der Station 452. Der Grund für eine nächtliche Vertikalwanderung in geringere Tiefen mag im Fall von *N. minor* in der Konkurrenzvermeidung zu den größeren verwandten Calanidae begründet sein.

Eine generell niedrige Fraßaktivität der untersuchten Copepoda von über 1000µm über der Großen Meteorbank gegenüber der umgebenden See, wie es Huskin *et al.* (2001) feststellten, konnte in dieser Arbeit nicht erkannt werden. Dies kann aber wiederum an der niedrigen Distanz der in dieser Arbeit untersuchten Ozean-Stationen zum Seeberg liegen.

Die weniger stark gefüllten Därme der Art *Clausocalanus paululus* gegenüber *C. furcatus* (s. Station 452 und 455, Abb. 24.2) scheinen sich durch die ausgewählten Tiere für die Darminhaltsanalyse erklären zu lassen. Ein Großteil der untersuchten Tiere von *C. paululus* stammt aus Tiefen zwischen 100 bis 150m. Lophukin (1986) weist in diesem Zusammenhang auf eine Zone niedriger Produktivität (10ng/l ATP) direkt über der Großen Meteorbank hin. Diese liegt im Bereich zwischen 100 und 160m und trennt die Zone aktiver Photosynthese vom Tiefenwasser mit heterotrophen Mikroorganismen. Die meisten Tiere von *C. paululus* halten sich jedoch zwischen 50 und 100m auf, also dort, wo die höchsten Chlorophyll *a* – Werte von 0,07-0,23µg/l (Kaufmann, 2002) zu messen sind. Die untersuchten Tiere von *C. furcatus* stammen dagegen zu einem großen Teil aus oberflächennahen Schichten, also

Schichten, die dem bevorzugtem Aufenthaltsort dieser Art entsprechen. Diese Schichten weisen aber bemerkenswerter Weise die niedrigsten Chlorophyll *a* –Werte von 0,015-0,05 µg/l auf (Kaufmann, 2002). Die nahe verwandten Arten könnten neben einem unterschiedlichen Verteilungsmuster also auch eine unterschiedliche Ernährungsstrategie verfolgen. So ist der Aufenthaltsort der untersuchten Tiere von *C. furcatus* demnach nicht zwangsläufig auch der Ort der Nahrungsaufnahme. Dies wird auf der Station 455 auch anhand einer anderen Art deutlich: Während sich *Paracalanus denudatus* verstärkt dort aufhält, wo auch die meiste Nahrung zur Verfügung steht (50-100m), zeigt *Clausocalanus furcatus* die am stärksten gefüllten Därme ebenfalls in 50-100m Tiefe (s. Abb. 26), obwohl der bevorzugte Aufenthaltsort zwischen 0 und 50m Tiefe (s. Abb. 17i) liegt. Ein anderes Bild ergibt sich auf der Station 452 im Nordwesten. Trotz des geringen Chlorophyll *a* –Gehaltes an der Oberfläche hat *C. furcatus* vollere Därme in den oberen 10m (und nicht zwischen 50 und 100m) (s. Abb. 26). Denkbar ist eine Nahrungsaufnahme dieser Art während der Vertikalwanderung an die Oberfläche in den frühen Morgenstunden (Station 455). Mit Erreichen der Oberfläche am Morgen (Station 452) zeigen die Tiere immer noch Nahrung im Darm. So konnten beispielsweise Kleppel *et al.* (1988) für *Clausocalanus* sp. in der Zeit zwischen Mitternacht und Mittag erhöhte Pigmentanteile im Darm erkennen, deren Ursprung in einer vermehrten Aufnahme von Mikrozooplankton liegt. Dagg & Wyman (1983) sind der Ansicht, dass ein hoher Grad an Darmfüllung nicht gleichbedeutend mit einer hohen Chlorophyll-Konzentration vor Ort ist: Copepoden mit vollem Darm könnten in einer Region hoher Futterkonzentrationen gefressen haben und in Regionen niedriger Konzentration gewandert sein. Das heißt, der Ort der Probennahme ist nicht mit dem Ort der Futteraufnahme gleich zu setzen.

Variierende Darmfüllungsgrade mit der Tiefe, wie es Dagg & Wyman (1983) anhand der *Neocalanus*-Arten *N. plumchrus* und *N. cristatus* in der Bering-See feststellten, konnten bei den hier untersuchten *N. gracilis* und *N. robustior* nicht beobachtet werden.

Die relativ großen Tiere von *C. paululus* auf der Station 456 lassen sich trotz der beobachteten geringen Darmfüllung auf dieser Station mit deren Verteilung am Tage erklären. Ein großer Teil der Tiere befindet sich am Tage in tiefer gelegenen Wasserschichten und entgeht damit dem Einfluss der horizontalen Strömung der UTL. Die Vermutung liegt nahe, dass *C. paululus* auch am Tage verstärkt in den tieferen Schichten frisst und somit auch größere Cephalothoraxlängen erreicht (s. auch die Ergebnisse von Cushin & Vucetic, 1963). Diese Annahme wird auch durch die relativ hohe Fraßaktivität am Tage auf der Station 519 gestärkt, die einerseits im Strömungskanal des UTL-Wirbels, andererseits aber auch im

Einflussbereich der SSL-Strömung (zwischen 300 und 500m) liegt und damit an Nahrungsorganismen reiches Wasser heranträgt. Das dennoch eine geringe Darmfüllung auf der Station 456 zu verzeichnen war, kann durch die geringe Zahl der Beobachtungen erklärt werden. So bedeutet eine Abnahme des Darminhalts nicht zwangsläufig auch eine Abnahme der Ingestierung. Vielmehr ist der Darminhalt zu einem gegebenen Zeitpunkt das Ergebnis einer Beziehung aus der Ingestierungsrate, der Zeit der ersten Defäkation und der Zeit der Darm-Passage (Moloney & Gibbons, 1996). Erschwert wird die Beurteilung des Darminhalts außerdem dadurch, dass die Zeit der Darm-Entleerung exponentiell verläuft und nicht linear (s. Fraßaktivität in Kap. 5.1.). Der hohe Prozentsatz gefüllter Därme von *Temoropia mayumbaensis* auf der Station 519 kann ebenfalls mit dem Aufenthalt dieser Art in großer Tiefe am Tage zusammenhängen.

5.5. Darminhaltsanalyse

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen die Erkenntnis von Hopkins (1985), nach der größere Copepoda der Antarktis eine größere Vielfalt an Nahrung zu sich nehmen als kleine Copepoda. Hopkins bemerkt allerdings auch, dass es schwer sei eine Vielfalt innerhalb kleiner Nahrungspartikel quantitativ zu erfassen und dieser Anteil daher unterschätzt wird. Somit ist nicht auszuschließen, dass die kleinen, häufig omnivoren Copepoda der vorliegenden Arbeit auch Ciliaten (Berk *et al.*, 1977; Stoecker & Egloff, 1987; Stoecker & Capuzzo, 1990; Gifford, 1993) und Nauplien (Paffenhöfer & Knowles, 1980) ingestierten.

Der generell hohe Anteil an ingestierten Dinoflagellaten und Diatomeen innerhalb dieser Untersuchung deckt sich mit dem Phytoplankton-Vorkommen (Kaufmann, pers. Mitteilung). Demnach wird das Phytoplankton des Wasserkörpers der Großen Meteorbank von Dinoflagellaten dominiert, gefolgt von Diatomeen und Silicoflagellaten. Frost (1972), Turner (1984), Schnack (1985) und Turner & Tester (1989) bestätigen mit ihren Untersuchungen, dass Phytoplankter vorzugsweise in Abhängigkeit von ihrer Abundanz aufgenommen werden; Zellgrößen und / oder -formen scheinen dabei eine untergeordnete Rolle zu spielen. Eine Ausnahme bilden Dinoflagellaten der Gattung *Ceratium* (Hargrave & Green, 1970), die aufgrund ihrer sperrigen Form kaum gefressen werden. Ähnliche Beobachtungen erfolgten durch Cowles (1978, 1979) und Schnack & Elbrächter (1981) in Auftriebsgebieten. Die Darminhaltsanalyse der vorliegenden Arbeit brachte ebenfalls keine *Ceratium* spp. hervor. Poulet (1978) konnte in diesem Zusammenhang zeigen, dass die von ihm untersuchten Copepoda ihr Fraßverhalten den veränderten Partikelgrößen anpassen und somit als opportunistische Partikelfresser die abundantesten Partikel aufnehmen. Bezüglich der Partikelgröße scheinen die untersuchten Copepoda also nicht selektiv zu reagieren. Einige Arbeiten heben andererseits die Bedeutung größerer Nahrungspartikel (> 5 µm) hervor und zeigen, dass kleinere Partikel in der Ernährung der Copepoda ineffizient sind (z.B. Harris, 1982; Lampitt & Gamble, 1982).

Obwohl Dinoflagellaten (autotrophe und heterotrophe, thecate und athecate) im partikulären Material der Proben von Volcano 7, einem östlich gelegenen Seeberg im tropischem Pazifik, häufig waren, konnten Gowing & Wishner (1992) keine Dinoflagellaten oder Reste davon in den Darminhalten der untersuchten Copepoda erkennen. Gründe dafür können chemische Substanzen sein, die von den Dinoflagellaten gebildet werden und als Fraßschutz dienen (Huntley *et al.*, 1986, Kleppel, 1993). Entsprechend den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit war es mit Hilfe der Licht-Mikroskopie bereits in mehreren Untersuchungen möglich,

Dinoflagellaten in Copepoden-Därmen auszumachen (u.a. Mullin, 1966, Harding, 1974; Hopkins, 1985, 1987; Hopkins and Torres, 1989).

Grundsätzlich findet sich in den Därmen der untersuchten Copepoda ein größeres Nahrungsspektrum auf den Plateau-Stationen. Der Vergleich der Plateau-Stationen zeigt das größte Spektrum auf Station 455, gefolgt von Station 452 und 519. Der Anteil der Copepoden, der identifizierbare Nahrung zeigte und die Ergebnisse des Darmfüllungsgrades deuten auf ein größeres Nahrungsangebot der Stationen 452 und 455, und auf ein geringeres der Station 519 hin. Demnach lässt sich vermuten, dass das Phytoplankton durch die südwestlich gerichtete Hauptströmung auf die Große Meteorbank getrieben wird. Dieses wird wiederum durch die Strömung der UTL über der Bank verteilt. So entstehen fleckenhaft (engl.: patchy) Zonen mit besserem (455), mittlerem (452) und weniger gutem (519) Nahrungsangebot. Innerhalb der Taylor-Säule und oberhalb des Gipfels der Großen Meteorbank erfährt das Phytoplankton eine zehnfach höhere Retention. Dies konnten Beckmann & Mohn (2002) für passive Partikel anhand ihrer Modellierung ermitteln. Mouriño *et al.* (2001) und Kaufmann (2002) bestätigen ansteigende Chlorophyll-Konzentrationen über der Bank gegenüber dem umgebenden Ozean. Durch das flankennahe und nährstoffreiche Tiefenwasser der Auftriebsströmung kommt es zu einem ausgeprägten Maximum der Chlorophyll-Werte (Lophukin, 1986) und somit zu einer verstärkten Entwicklung bestimmter Nährorganismen. Genin & Boehlert (1985) konnten die selben Beobachtungen am Minami-kasuga Seeberg im Nordwest-Pazifik anstellen.

Auf dem Plateau fressen die untersuchten Copepoden bevorzugt Diatomeen und Dinoflagellaten. Da Copepoda Phytoplankter vorzugsweise in Abhängigkeit zu ihrer Abundanz aufnehmen, lässt dies die Schlussfolgerung zu, dass diese Phytoplankter scheinbar gute Bedingungen über der Bank vorfinden. Die südwestlich gerichtete Hauptströmung speist über die horizontale Zirkulation der UTL die Station 455 und 452 und sorgt somit für eine ausreichende Nährstoff-Versorgung und damit für das Wachstum der aufgeführten Phytoplankter. Mouriño *et al.* (2001) konnten feststellen, dass große Diatomeen, die typisch für die flachen Küstengebiete sind, auf der Großen Meteorbank häufiger waren als im umliegenden Ozean. Die Vermehrung großer Diatomeen aufgrund eines erhöhten oberflächennahen Nährstoffgehalts konnte ebenfalls über Cobb Seamount beobachtet werden (Comeau *et al.*, 1995). Diatomeen sind in Gebieten hoher Produktivität, wie zum Beispiel Auftriebsgebiete, die am häufigsten vorkommende Nahrung für Copepoda (Schnack & Elbrächter, 1981). In diesen Fällen werden Diatomeen oft ausschließlich aufgenommen, häufig allerdings auch andere Organismen, die begleitend erscheinen. Studien der Nord-Atlantik-Blüte zeigten, dass die „grazing“-Rate höher war, wenn die Phytoplankton-Biomasse

durch Diatomeen dominiert wurde und niedriger bei Dominanz kleiner Flagellaten ($< 10\mu\text{m}$) (Dam *et al.*, 1993; Sieracki *et al.*, 1993; Verity *et al.*, 1993).

Die Darminhaltsanalyse der Art *Neocalanus robustior* erbrachte auf der Station 511 einen hohen Anteil diverser Phytoplankter (s. Tab. 3d im Anhang) bei gleichzeitig hohem Darmfüllungsgrad. Mittels Bestimmung der Adenosin-Triphosphat- (ATP-) Konzentration konnte Lophukin (1986) zeigen, dass sich über den Hängen der Großen Meteorbank (seitlich der domartigen Aufwölbung) in 25-50m bzw. in 100m Tiefe eine Zone erhöhter Mikroplankton-Konzentration (20 ng/l ATP) bildet, die sich durch aufströmendes, nährstoffreiches Wasser aus der Tiefe ergibt. Der übrige Bereich der Großen Meteorbank zeichnet sich dagegen als oligotroph aus. Dieser Hang-Bereich wird in der vorliegenden Untersuchung durch die Station 511 repräsentiert. Dieses Ergebnis widerspricht aber den Erkenntnissen von Hartmann (2002), wonach zumindest die Fischlarven in diesem Übergangsbereich schlecht genährt waren.

Die Copepoda der Stationen 493 (Ozean) und 519 (Plateau) lassen sich neben der bereits angesprochenen Fraßaktivität auch anhand der Ernährung mit Pilzsporen unterscheiden. Auf der Station 519 findet sich *Ulocladium* sp. statt *Alternaria* sp. in den Därmen der Copepoda, während es auf der Station 493 umgekehrt ist. *Ulocladium* sp. wird nur in einem Fall (*Acartia negligens*) auf der Ozean-Station aufgenommen (s. Tab. 3m im Anhang). Da Darminhaltsanalysen auf keiner weiteren Ozean-Station durchgeführt wurden, lässt sich hier leider nicht klären, ob *Ulocladium* sp. speziell an die Bedingungen des Seeberg-Plateaus angepasst ist und nur hier vorkommt oder ob *A. negligens* umgekehrt an eine Ernährung mit *Ulocladium* sp. im ozeanischen Bereich angepasst ist und somit selektiv frisst. Stoecker & Egloff (1987) konnten mit Untersuchungen an adulten *A. tonsa* zeigen, dass beispielsweise eine höhere Fraßrate für planktische Ciliaten und Rotiferen als für Phytoplankter besteht. Nach den Erkenntnissen der Autoren erhöht die Ernährung mit planktischen Ciliaten und Rotiferen die Produktion von Eiern. Die Fraßrate für große Ciliaten ist gegenüber kleineren am höchsten.

Der Anteil der nicht-identifizierbaren Masse war bei den adulten Tieren im allgemeinen höher als bei den CV-Stadien. Dies widerspricht den Ausführungen von Pasternak & Schnack-Schiel (2001), wonach der Anteil der nicht-identifizierbaren Masse innerhalb der älteren Entwicklungsstadien abnimmt. Dies wurde allerdings bei großen *Calanus*-Arten des Weddell-Meeres (Antarktis) beobachtet. Hier findet sich eine völlig andere Nahrungssituation, die mit der vorliegenden nicht vergleichbar ist.

Oliv-grüne Zellen (Fournier, 1970), eine grüne Masse (Berk *et al.*, 1977), olivgrüne Gebilde (Silver & Bruland, 1981) oder Mini-Pellets (Gowing & Silver, 1985) sind üblicherweise, wie auch bei der vorliegenden Arbeit, häufig in Därmen der Copepoda zu finden. Diese Masse hat viele mögliche Ursachen: alte oder verdaute Algen (Silver & Bruland, 1981), verbliebene Zellen von Diatomeen (Anderson, 1975), Abfall-Produkte von Radiolarien (Gowing & Silver, 1985), und Sterkome (Kotballen) von Xenophyophoren (Tendal, 1975; in: Gowing & Wishner, 1992). Nach Pasternak & Schnack-Schiel (2001) hat ein großer Anteil dieser grünlich-braunen, nicht-identifizierbaren Masse seinen Ursprung in ingestierten, fragilen Flagellaten, athecaten Dinoflagellaten, Ciliaten, Detritus und in einigen Metazoen. Da es lichtmikroskopisch unmöglich ist, μ -Flagellaten im Darm der Copepoden zu erkennen, sind sie wahrscheinlich Teil der nicht-identifizierbaren Masse und werden deshalb häufig nicht quantitativ erfasst (Schnack & Elbrächter, 1981). Flagellaten sind nach Meinung vieler anderer Autoren wesentlicher Bestandteil der nicht-identifizierbaren Masse (z.B. auch Mullin, 1966; Porter, 1973; Bathmann *et al.*, 1987). Atkinson (1995) vermutet (bei *Oithona* sp.) gar eine Präferenz für Flagellaten und Ciliaten gegenüber unbeweglichen Fraktionen. Er macht dafür die Mechanorezeptoren der Copepoda verantwortlich, die beim Aufspüren der beweglichen Nahrung verstärkt angesprochen werden (s. auch Schnack, 1985).

Ciliaten konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht gefunden werden. Die Gründe sind zum einen deren erschwertes Erkennen inmitten des Nahrungsbreis, möglicherweise aber auch deren Auflösen während der Fixierung mit Formalin. So war die Zählung von Ciliaten des Nord-Atlantiks für Proben die mit Lugolscher Lösung (10%) fixiert wurden 56% höher als für Formaldehyd (2%)-fixierte Proben (Stoecker *et al.*, 1994). Mehrere Autoren beschreiben Ciliaten als hochqualitatives Futter für Copepoda (Corner *et al.*, 1976; Stoecker & Sanders, 1985; Stoecker & Egloff, 1987; Gifford & Dagg, 1988; Turner & Graneli, 1994). So sind marine Protozoa reich an stickstoffhaltigen Komponenten; ihr C:N-Verhältnis ist beispielsweise niedriger als das der Phytoplankter (Stoecker & Capuzzo, 1990, Gifford, 1991). Der hohe Anteil an freien Aminosäuren fördert möglicherweise eine ausgewogene Ernährung ihrer Konsumenten (Fyhn, 1989). Die große Bedeutung der Protozoa in der Ernährung unterschiedlicher Zooplankter wird von mehreren Autoren hervorgehoben (z.B. Stoecker & Capuzzo, 1990; Gifford & Dagg, 1991; Gifford, 1993; Atkinson, 1996; Levinson *et al.*, 2000). Tiselius (1989), Stoecker & Capuzzo (1990) und Verity & Paffenhöfer (1996) überprüften die Rolle der Ciliaten in der Ernährung der Copepoda und kamen zu dem Schluss, dass sie gegenüber Diatomeen scheinbar bevorzugt aufgenommen werden. Als möglichen Grund der Präferenz werden die Beweglichkeit, Größe oder chemische Reize aufgeführt

(Tiselius, 1989; Stoecker & Capuzzo, 1990). Atkinson (1994) stellte fest, dass die relative Größe der beweglichen Taxa im Vergleich zu den Diatomeen entscheidend ist. Sind die Protozoen beispielsweise kleiner als 50µm, so werden sie von kleineren antarktischen Copepoda häufiger gefressen als Diatomeen. Atkinson (1995) fand allerdings auch eine Präferenz gegenüber Diatomeen gleicher Größe bestätigt. Auch Berk *et al.* (1977) konnten in Labor- und Feldstudien feststellen, dass Ciliaten von planktischen Copepoda gefressen werden und somit scheinbar eine wichtige Futterquelle darstellen. Sherr *et al.* (1986) heben beispielsweise hervor, dass der Fraß von Protozoa durch Metazoa ein bisher unbeachtetes Glied mariner, pelagischer Nahrungs-Netze ist. Heinle *et al.* (1977) und Berk *et al.* (1977) schließen aus ihren Untersuchungen, dass Ciliaten ein wichtiges Bindeglied in der Nahrungskette zwischen organischem Detritus und Copepoda sind.

Weiterhin kann aber auch Detritus ein maßgeblicher Bestandteil in der Nahrung der untersuchten Copepoda dieser Arbeit sein. So konnte Paffenhöfer (1972) an *Calanus helgolandicus* feststellen, dass, trotz des Vorhandenseins von Phytoplankton-Zellen, wertlose („nährstoffarme“) Partikel in großen Mengen aufgenommen wurden. Dies geschieht, obwohl den Copepoda die Fähigkeit zugesprochen wird, zwischen Futterpartikeln von hoher und niedriger Qualität zu unterscheiden (Cowles *et al.*, 1988). So ist die Fraßrate im Allgemeinen für lebendes Phytoplankton gegenüber totem höher. Tote Phytoplankton-Zellen werden wiederum eher aufgenommen als Kotballen. Diese Fähigkeit bringt Vorteile in einem Lebensraum, in dem qualitativ hochwertiges Futter selten ist (Paffenhöfer & Van Sant, 1985). Auch andere Autoren vermuten im Detritus eine wichtige Nährstoffquelle für Copepoda (Roman, 1984; Sazhin, 1985; Finenko & Romanova, 1991). Kleppel (1993) konnte zeigen, dass Detritus Nährstoff-Komponenten wie C₁₈-gesättigte und ungesättigte Fettsäuren und einige Aminosäuren enthält, die beispielsweise in Diatomeen selten oder gar nicht vorhanden sind. Der Stellenwert in der Nahrung ist bisher jedoch nicht quantifiziert worden (Mauchline, 1998). Turner (1984) stellte für *Paracalanus quasimodo* eine erhöhte Aufnahme u.a. von Detritus fest, wenn die Phytoplankton-Abundanz niedrig war und beschreibt eine derartige Ernährung als opportunistisch. Das gleiche Ergebnis ergab die Untersuchung von Poulet (1974), in dessen Experimenten mit *Pseudocalanus minutus* unterschiedliche Typen von Detritus einbezogen wurden.

Der Nährwert von Detritus wird durch Adsorption gelöster organischer Stoffe und durch die Besiedlung mit Bakterien, die diese adsorbierten Substanzen wiederum aufnehmen, erhöht (Lenz, 1977). So fanden Boak & Goulder (1983) heraus, dass die Fraßrate für festsitzende Bakterien höher ist als für freibewegliche Bakterien. Der Grund liegt in der geringen Größe

der einzelnen freibeweglichen Bakterien, die von den Borsten der Maxille nicht erfasst werden. Bakterien könnten dennoch über den Schleim der Mundwerkzeuge, an dem sie festkleben, aufgenommen werden (Roman & Rublee, 1981). Gowing & Wishner (1992) fanden bakterienähnliche Gebilde in 43-100% der partikelfressenden Copepoda mit Darminhalt in 700-3000m Tiefe über dem Seeberg Volcano 7. Die Autoren vermuten daher eine wichtige Nahrungsquelle in diesen Gebilden. Deren Ursprung läge wahrscheinlich in der copepodeneigenen Darmflora oder in Rückständen aufgenommenen Futters. Die Autoren schließen aber auch freilebende Bakterien nicht aus, die Matten bilden und so wiederum als wichtige Futterquelle von partikelfressenden Zooplanktern aufgenommen werden (s. auch Lenz, 1977). Diese Matten sind aus dem Pelagial der Ozeane aber bisher nicht bekannt.

Aufgrund dieser Ausführungen deutet der in der vorliegenden Untersuchung allgemein hohe Anteil der nicht-identifizierbaren Masse nicht zwangsläufig auf schlechte Nahrungsbedingungen auf dem Seeberg hin, sondern auf eine der Situation angepasste (opportunistische) Ernährungsweise. Huskin *et al.* (2001), die keine Beziehung zwischen den Darminhalten und der Phytoplankton-Biomasse oder -Produktion im Bereich der Großen Meteorbank feststellen konnten, verweisen auf die Bedeutung nicht-phytoplanktischer Komponenten in der Ernährung der untersuchten Copepoda (u.a. von *Ctenocalanus vanus*, *Clausocalanus* spp, *Mecynocera clausi* und [Nanno-] *Calanus minor*). Damit sind beispielsweise auch die Flagellaten, Ciliaten etc. der nicht-identifizierbaren Darminhalte der vorliegenden Untersuchung gemeint. Diese Annahme wird ebenfalls für oligotrophe Gebiete und Jahreszeiten, die von Phytoplanktern $< 5\mu\text{m}$ dominiert werden, angenommen (Stoecker & Capuzzo, 1990). Die Beobachtungen von Mazzocchi & Montresor (nicht veröffentl., in: Mazzochi & Paffenhöfer, 1999) zeigen beispielsweise, dass Weibchen von *C. furcatus* zwar immer Dinoflagellaten fressen, darüber hinaus aber auch ein weites Futter-Spektrum nutzen, dass von Diatomeen über Dinoflagellaten (*Prorocentrum micans*, *Gonyaulax polyedra*) bis zu heterotrophen Ciliaten reicht. Dies kann mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Mazzochi & Paffenhöfer (1998) konnten weiterhin zeigen, dass *C. furcatus* während niedriger Phytoplankton-Konzentrationen frisst, sich reproduziert und entwickelt. *C. furcatus* scheint aber nicht nur an die oligotrophen Verhältnisse der Großen Meteorbank bestens angepasst, sondern auch an das isolierte Vorkommen der Phytoplankton-Patches. So ziehen *C. furcatus* -Weibchen nach Mazzochi & Paffenhöfer (1999) Vorteile aus der unregelmäßigen („patchy“) Verteilung des Futters, die kurzfristig höhere, längerfristig jedoch niedrigere Fraßraten nach sich zieht. Diese Bindung von *Clausocalanus* an oligotrophe Gebiete wird von einigen Autoren bestätigt (Grice & Hart, 1962; Schulz, 1986a; Webber &

Roff, 1995; Sioukou-Frangou *et al.*, 1997). Andererseits dominiert *C. furcatus* aber auch die Zooplankton-Gemeinschaft der küstennahen Auftriebsgebiete in Kalifornien, Somalia, Südwest-Indien, (Bay of) Biscaya und Neuseeland (Peterson, 1998).

5.6. Parasiten-Befall

Der Dinoflagellat *Blastodinium* sp. nutzt zum Wachstum einen Wirt, kann aber innerhalb eines Copepoden-Körpers auch Photosynthese betreiben und deckt damit bis zu 50% seines Nahrungsbedarfs. Pasternak *et al.* (1984) bezeichnen diesen Dinoflagellaten daher als semiparasitisch. Die Autoren stellen aber auch fest, dass es keine Hinweise auf Symbiose gibt. Aufgrund der semiparasitischen Lebensweise ist der Einfluss auf die Fortpflanzungsbiologie des Wirtes weniger stark als beispielsweise bei dem Dinoflagellaten *Syndinium*. Der Befall mit *Blastodinium* sp. führt weder zur Kastration noch beeinflusst er die Entwicklung der Eier. Obwohl Ianora *et al.* (1990) keine reifen Ei-Stadien in infizierten Tieren fanden, waren die Ovarien und Divertikel des Eileiters normal entwickelt.

Der Befall mit dem Parasiten der Familie Blastodinidae ist im Untersuchungsgebiet als gering zu bewerten. So können nach Marshall & Orr (1955) ein Drittel mancher Populationen (hier *Paracalanus* spp. und *Calanus* spp.) mit *Blastodinium* sp. befallen sein. Ein derart hoher Befall lässt sich im vorliegenden Beispiel nur auf einzelnen Stationen beobachten. Dies lässt wiederum lokal auf mangelhafte Versorgung mit Futter schließen, die mit einer schlechten Kondition der Tiere einhergeht und somit den Grad der Infektion bestimmt (Pasternak *et al.*, 1984). Nach Pasternak *et al.* (1984) besteht ein Hinweis für dieses Argument, da Regionen mit fressbarem Phytoplankton prozentual weniger infizierte Tiere zeigen, obwohl die Entwicklungsstadien der Blastodinidae im gesamten Gebiet zu finden sind.

Nach der vorliegenden Untersuchung scheint der Befall aber unabhängig vom Ernährungszustand der betreffenden Copepoda zu sein. Demnach wäre ein starker Befall der Tiere der Station 493 zu erwarten. Tatsächlich sind aber die Stationen betroffen, auf denen eine besonders hohe Fraßaktivität und ein hoher Grad an Darmfüllung registriert wurde. Während die mit *Blastodinium* sp. befallenen Tiere dieser Untersuchung keinerlei weitere Nahrung aufwiesen, hatte die Infektion keinen Effekt auf die Anzahl der Nahrungseinheiten in der Untersuchung von Øresland (1991).

Die Arbeit von Shields (1994) gibt eine Übersicht der *Blastodinium*-Arten und deren Nachweis in Copepoda. In diesen Ausführungen wird neben *Clausocalanus furcatus* und *Nannocalanus minor* auch die Art *Paracalanus denudatus* als Wirt genannt. Für die letzt genannte Art konnte in der vorliegenden Arbeit jedoch kein Befall nachgewiesen werden.

5.7. Histologie

Die Anatomie und Histologie des Verdauungstraktes wurde bereits anhand verschiedener calanoider Copepoda-Arten untersucht (z.B. Marshall & Orr, 1955; Park, 1966; Ong & Lake, 1969; Raymond *et al.*, 1974; Arnaud *et al.*, 1978; Hallberg & Hirche, 1980; Musko, 1988).

Bei allen Crustacea ist der Darm in drei Regionen aufgeteilt: Vorder-, Mittel- und Enddarm. Der Vorderdarm ist bei vielen „Entomostraca“, unter anderem auch bei den calanoiden Copepoda, zu einem einfachen Oesophagus reduziert (Arnaud *et al.*, 1978) und chitinös ausgekleidet, also ectodermaler Herkunft. Der Mitteldarm empfängt Material, das vorher lediglich durch die Kauladen der Mandibeln zerkleinert wurde. Eine Vorverdauung durch Verdauungssäfte des Vorderdarms, wie es die Vertreter der Malacostraca zeigen, tritt nicht auf (Brunet, *et al.*, 1994). Der Mitteldarm kann entsprechend seiner Ausbildung und histologischen Struktur wiederum in drei Zonen (s. Abb. 12) unterschieden werden (Arnaud *et al.*, 1978). Im Mitteldarm und in den angebundenen (Blind-) Därfen und Divertikeln finden die essentiellen Verdauungsprozesse statt. Die Zellen der mittleren, drüsenreichen Zone des Mitteldarmes sind durch ein auffälliges Vakuolen-System gekennzeichnet. Der Enddarm ist der kürzeste Teil des Darmes und wie der Vorderdarm chitinös ausgekleidet (Hallberg & Hirche, 1980). Seine verdauungswirksame Rolle scheint unerheblich (Brunet, *et al.*, 1994).

Nach Hallberg & Hirche (1980) korreliert der Enzym-Gehalt mit den strukturellen Charakteristika des drüsenbesetzten Teils des Mitteldarmes. Hohe Enzym-Aktivitäten gehen mit einer stärkeren Ausbildung des Mitteldarm-Epitheliums einher, was sich in größeren Zellvolumen und in einer hohen Anzahl an Vakuol-Zellen, sogenannten B- (blister-like) Zellen ausdrückt. In B-Zellen erfolgt in einer intrazellulären Verdauungsphase die Endocytose der Makromoleküle durch lysosomale Enzyme. Die luminalen Substanzen werden durch Endocytose absorbiert, intrazelluläre Verdauung durch Phosphatase und Arylsulphatase gefördert und Metabolite in das Mesenterium und in die Haemolymphe geleitet. Wenn die Zelle am Ende des Zyklus vom Epithelium abgesondert wird, kommt es letztendlich zur Eliminierung verbleibender schweflicher (dichter) Körperchen in das Lumen (Brunet, *et al.*, 1994). B-Zellen sind vergrößert, wenn sich das betreffende Tier in einer Phase der Futteraufnahme befindet (Nott *et al.*, 1985).

Der Vergleich der Weibchen von *Paracalanus denudatus* und *Clausocalanus furcatus* auf den Stationen 452 (Plateau) und 493 (Ozean) erbrachte keine Unterschiede in der Ausbildung des Mitteldarm-Epitheliums und damit auch nicht im Bezug auf den Ernährungszustand. Ähnliche histologische Untersuchungen an Fischlarven (*Vinciguerria nimbaria*) der Großen Meteorbank (Hartmann, 2002) zeigten ebenfalls keine Unterschiede des Ernährungszustandes

zwischen Tieren des Plateaus und Tieren über der Tiefsee; auf den Plateau- und Ozean-Stationen waren die Tiere gleichermaßen gut konditioniert. Hartmann (2002) stellte allerdings fest, dass die Larven über dem Hang unterschiedlich gut genährt waren.

Im Fall von *C. paululus* lassen sich gegenüber der Ozean-Station 459 auf der Plateau-Station 456 (Abb. 39 a-c) sehr wenige vergrößerte B-Zellen erkennen. Entsprechend den Ausführungen von Hallberg & Hirche (1980) und Nott *et al.* (1985), bestätigt dies einen schlechten Ernährungszustand der untersuchten *C. paululus* auf der Station 456. Allerdings bemerkt Nott *et al.* (1985), dass die B-Zellen des drüsenreichen Mitteldarmes nach dem Entleeren in das Darmlumen eine Phase der Regenerierung benötigen. Daher scheinen die B-Zellen auch der limitierende Faktor für die Dauer der Futteraufnahme zu sein. Stearns (1986) bestätigt diese Hypothese für *Acartia tonsa* als limitierenden Faktor während der nächtlichen Futteraufnahme. Hassett & Blades-Eckelbarger (1995) konnten wiederum keine Veränderungen der B-Zellen feststellen. Stearns (1986) bemerkt in diesem Zusammenhang, dass der Tag nicht nur der Regeneration der B-Zellen dient, sondern auch vor Predation schützt. Ein untersuchter Copepode kann demnach trotz guter Ernährung zum Zeitpunkt der Regeneration wenige vergrößerte B-Zellen aufweisen. Da die zu vergleichenden Tiere der vorliegenden Untersuchung aber am späten Vormittag gefangen wurden, kann nicht der Zeitpunkt zur Erklärung der Beobachtung herangezogen werden. Folglich kann nur die Lage der Stationen 456 für die schlecht konditionierten *C. paululus* verantwortlich sein. Dies zeigt auch das Ergebnis der geringen Fraßaktivität dieser Art auf Station 456.

Aufgrund der histologischen Untersuchung allein scheint es demnach schwer, zu beurteilen, ob die untersuchten Copepoda in einem schlechten Ernährungszustand sind oder ob sie sich zufällig in einer Regenerationsphase der B-Zellen befinden.

5.8. Gnathobasen-Morphologie

Arashkevich (1968) stellt bezüglich der Ernährung der Copepoda fest, dass das alleinige Studieren des Darminhalts nicht vollends Aufschluss über die Ernährung der Copepoda gibt. So enthält der Darm vieler Copepoda pflanzliche als auch tierische Rückstände. In solchen Fällen würde nicht klar werden, ob die pflanzlichen Rückstände mit einem phytophagen Beutetier aufgenommen wurden oder ob sich der untersuchte Copepode sowohl von pflanzlichen als auch von tierischen Organismen ernährt, also omnivor ist. Daher scheint es neben der Darminhaltsanalyse ebenfalls wichtig, die Struktur und Beschaffenheit der Mundwerkzeuge zu kennen.

Viele Autoren haben versucht, eine Beziehung zwischen der Struktur der Mundwerkzeuge und der Art der Ernährungsweise von Copepoden aufzuzeigen (z.B. Anraku & Omori, 1963; Arashkevich, 1969; Itoh, 1970; Schnack, 1975; Boyd, 1976). Die Struktur der Mundwerkzeuge gibt Aufschluss, ob sich eine Art räuberisch ernährt oder ob sie ein Suspensionsfresser ist (Flock & Hopkins, 1992; Bradford-Grieve *et al.*, 1999). Filtrierende Copepoda haben eine hohe Anzahl kurzer, mahlender „Zähne“ (Anraku, 1963; Anraku & Omori, 1963, Arashkevich, 1969; Tranter & Abraham, 1971; Schnack, 1975, 1989). Beklemishev (1954a) und Sullivan *et al.* (1975) zeigten, dass die linke und rechte Kante der Mandibeln nicht identisch sind. Die spitzen Erhebungen der einen Mandibel-Kante fügen sich in die Lücken der anderen ein. Demnach wird eher eine knackende als mahlende Vorgehensweise beim Fressen angenommen. Die räuberischen Arten zeigen dagegen eine Gnathobase mit wenigen, aber scharfen Zähnen (Turner, 1978; Schnack, 1989; Zheng Xiaoyan & Zheng Zhong, 1989).

Eine Korrelation zwischen der Morphologie der Mundwerkzeuge und dem Darminhalt wurde ebenfalls mehrfach erarbeitet (Mullin, 1966; Arashkevich, 1969; Schnack, 1982; Schnetzer & Steinberg, 2002). Zu diesen betrachteten Morphologien gehören der Borsten-Zwischenraum der Maxillae und die Gestalt der Mandibel-Schnittkante (Anraku and Omori, 1963; Arashkevitch, 1969; Marshall and Orr, 1966; Schnack, 1975; Dexter, 1986). Der "edge index" I_e (Itoh, 1970) gruppiert die Copepoda nach ihren Nahrungspräferenzen. Dabei werden die Längen der Mandibel-Zähne und deren Abstand zueinander berücksichtigt und in Relation zu der Gesamtlänge der Mandibel-Schnittkante gesetzt.

In dieser Arbeit konnte die durch den Edge-Index I_e ermittelte Ernährungsweise einiger Arten anhand der Darminhaltsanalyse nicht bestätigt werden. Die Calanidae *Nannocalanus minor*, *Mesocalanus tenuicornis* und *Neocalanus gracilis* sind gemäß des I_e als herbivor einzustufen. Der Darminhalt ergibt jedoch eine deutlich omnivore Ernährungsweise. Allerdings liegt der

Anteil des Phytoplanktons tatsächlich deutlich über dem der tierischen Nahrung. Schnack (1989) zeigt mit einem errechneten I_e von 444 für *N. gracilis* ebenfalls eine herbivore Ernährungsweise. *Neocalanus robustior* zeigt entsprechend des I_e und des Darminhalts eine omnivore Ernährungsweise. Der Anteil der tierischen Nahrung ist tatsächlich relativ hoch. Anhand antarktischer calanoider Copepoda konnten Metz & Schnack-Schiel (1995) zeigen, dass einige Arten (*Calanus propinquus* und *Metridia gerlachei*) in Zeiten geringer Phytoplankton-Dichte zu einer karnivoren Ernährungsweise übergehen. Allerdings ist die Fraßrate bezüglich der ingestierten Copepoda gering, so dass die Autoren weitere Nahrungsquellen im Detritus und Protozooplankton vermuten. Einen erhöhten Grad der karnivoren Ernährung bei geringen Phytoplankton-Konzentrationen wurde auch von anderen Autoren bei *Calanus* spp. beobachtet (Digby, 1954; Pasternak & Schnack-Schiel (2001). Arashkevich (1968) bezeichnet die räuberische Ernährungsweise der Calanidae als untypisch. Gifford (1993) bestätigt zwar, dass große Partikel wie beispielsweise Nauplii selten von *Neocalanus* spp. aufgenommen werden, hebt allerdings deren Nährstoffgehalt als wichtige Nahrungsergänzung hervor.

Bis auf die Weibchen von *Paracalanus nanus* erweisen sich die Paracalanidae dieser Untersuchung aufgrund der Darminhaltsanalyse und des I_e als herbivore Filtrierer. Für die Weibchen von *P. nanus* wurde ein $I_e > 500$ ermittelt, was auf eine omnivore Ernährung deutet.

Die hohe Anzahl kurzer, mahlender „Zähne“ der Art *Mecynocera clausi* zeichnet diese als filtrierenden Copepoden aus (Anraku, 1963; Anraku & Omori, 1963, Arashkevich, 1969; Tranter & Abraham, 1971; Schnack, 1989). Dies ergibt auch die Darminhaltsanalyse dieser Untersuchung. Der errechnete I_e deutet jedoch auf eine omnivore (CV-Stadium) bzw. carnivore Ernährung (Weibchen) hin. Die erbrachten Ergebnisse bezüglich der Mandibel bei Männchen der Art *Mecynocera clausi* werden durch die Erkenntnisse von Andronov (1970) (in: Bradford-Grieve, 1994) nicht bestätigt. Demnach sind die Mundwerkzeuge zwar allgemein reduziert, die Mandibel sei aber überhaupt nicht mehr vorhanden. Das vorliegende Ergebnis zeigt allerdings deutlich Endo- und Exopodit der Mandibel. Nach Andronov (1970, 1973c) und Corral (1972b; in: Bradford-Grieve, 1994) sind die Mundwerkzeuge der Männchen noch nicht im Detail beschrieben worden.

Die untersuchten Clausocalanidae sind nach dem I_e omnivor. Die Darminhaltsanalyse zeigt neben nicht-identifizierbarer Masse Diatomeen, Pilzsporen, Copepoden-Eier und Cocolithophoriden. Mazzochi & Paffenhöfer (1999) vermuten sogar, der Morphologie der Mundwerkzeug-Struktur zugrunde liegend, eine räuberische Ernährung. Ebenso bemerken

Kleppel *et al.* (1988), dass *Clausocalanus* spp. nicht nur auf Phytoplankton angewiesen sind, sondern auch tierische Nahrung aufnehmen können. Sie vermuten eine erhöhte Tendenz zur carnivoren Ernährungsweise nahe der Oberfläche. Diese Beobachtung deckt sich allerdings nicht mit den untersuchten Tieren dieser Arbeit. Die identifizierten Darminhalte lassen überwiegend Pilzsporen erkennen und entstammen Tieren der Oberflächengewässer. *Ctenocalanus vanus* wurde entsprechend des I_e als eine herbivore Art eingestuft (Itoh, 1970). Dies kann in der vorliegenden Arbeit nur anhand der Darminhaltsanalyse bestätigt werden, nicht jedoch anhand des errechneten I_e , der diese Art als omnivor einstuft.

Die Ergebnisse zeigen, dass der I_e von Itoh (1970) nur für eine grobe Einschätzung der Nahrungspräferenz ausreicht. Vor allem die Messung der Größe H und h_1 (s. Abb. 14) bereitet bei relativ kurzen Zähnen (ventraler Zahn und zentrale Zähne bei *M. clausi*!) Schwierigkeiten.

Experimente haben gezeigt, dass Copepoda selektieren können (z.B. Cowles *et al.*, 1988; Tiselius, 1989; Stoecker & Capuzzo, 1990; Atkinson, 1995). Chemosensoren an den Mundwerkzeugen ermöglichen den calanoiden Copepoda die Identifizierung der aufgenommenen Futter-Partikel (Friedmann & Strickler, 1975). Einige Autoren beobachteten, dass Copepoda die Qualität des Futters erkennen können (z.B. Paffenhöfer & Van Sant, 1985; Cowles *et al.*, 1988). Am weitesten sind die Mundwerkzeuge beim Copepodid-Stadium CV und bei den Weibchen entwickelt. Die adulten Männchen vieler Arten haben reduzierte Mundwerkzeuge und fressen oft nicht mehr. Trotz der Reduzierung der Mundwerkzeuge, scheint es bei einigen der hier untersuchten Männchen zu einer Nahrungsaufnahme zu kommen. Weniger bemerkenswert scheint dies im Fall der Clausocalanidae oder im Fall von *N. gracilis*, da diese eher kleine Partikel (*Alternaria* sp. und/oder *Ulocladium* sp.) aufnehmen (s. Tab. 2 im Anhang), die zudem auch nicht hartschalig erscheinen. In beiden Fällen ist eine Nahrungsaufnahme auch ohne Gnathobase wahrscheinlich. Das Fehlen der Gnathobase, also eine Reduzierung der Mundwerkzeuge, bei *Neocalanus gracilis* deckt sich mit den Ergebnissen von Giesbrecht (1898). Entsprechend den Arbeiten von Anraku & Omori (1963), Marshall & Orr (1966), Arashkevich (1969), Schnack (1975), Turner (1978) und Schnetzer & Steinberg (2002) erweisen sich neben den Mandibeln auch die Maxillen als die wichtigsten Fraßwerkzeuge. Schnack (1989) erwähnt außerdem die 1. Antenne und 2. Antenne, und bemerkt, dass Copepoda keine passiven Filtrierer mit siebartigen Maxillen sind, sondern große Partikel individuell aufspüren. Kleinere Partikel, wie die erwähnten *Alternaria* sp. und *Ulocladium* sp., könnten durch die Maxillen auch passiv angesammelt werden (Schnack, 1989).

Bei den Männchen der beiden untersuchten *Clausocalanus*-Arten fehlt die Gnathobase. Giesbrecht (1898) zeigte, dass die Mundwerkzeuge der *Clausocalanus*-Männchen stark reduziert sind. Den Erkenntnissen von Frost & Fleminger (1968) (in: Bradford-Grieve, 1994) zufolge, ist die Gnathobase aber noch vorhanden - nur die Zähne der Gnathobase sind rudimentär vorhanden oder fehlen vollkommen. Heron & Bowman (1971) beschreiben die Gnathobase von *C. laticeps* und *C. brevipes* als abgerundet und ohne Zähne.

In den Därmen der Männchen von *Mesocalanus tenuicornis* und *Parvocalanus crassirostris* finden sich hartschalige Nahrungspartikel (u.a. Diatomeen, Dinoflagellaten, aber auch Teile von Copepoda) (s. auch Tab. 20 b, g). Ohne Gnathobase und somit ohne vorangehende Zerkleinerung scheint die Aufnahme dieser Partikel schwierig. Der Mitteldarm empfängt nur nicht-verdautes Material, das vorher durch die Kauladen der Mandibeln zerkleinert wurde (Brunet, *et al.*, 1994). Die Gnathobase der Mandibel dient den filtrierenden Copepoda zum Zerschneiden und Zermahlen der Nahrung. Einige der Zähne sind mit mehreren spitzen, silicathaltigen Kronen des „kauenden“ Typs bedeckt, mit denen die Schalen der Diatomeen zerdrückt werden können (Beklemishev, 1954b).

Eine Beschreibung und Zeichnungen reduzierter Mundwerkzeuge bei männlichen *Paracalanus* (*Parvocalanus*) *crassirostris* finden sich bei Lawson & Grice (1973). Die Mandibel besitzt nach Aussage der Autoren keine Gnathobase. Bei dem Fund von Diatomeen in den Därmen zweier männlicher *P. crassirostris* handelt es sich um sehr kleine Bruchstücke (ca. 5µm). Die Männchen haben wahrscheinlich keinen vollständigen Organismus erbeutet, sondern nur diese Bruchstücke aufgenommen. Die Nahrungsaufnahme derartig kleiner Partikel scheint auch einzig mit der Mandibel-Basis (mit Exo- und Endopodit) möglich. Der Exopodit und Endopodit der Mandibel trägt bei filtrierenden, herbivoren Copepoda lange, kräftige und dicht behaarte Setae (Beklemishev, 1954b). Diese Bruchstücke können dem „sloppy feeding“ (slop [engl.] = verschütten) eines anderen Copepoden entstammen. Beim „sloppy feeding“ werden beschädigte Futterorganismen bzw. deren Reste (leere Schalen oder Bruchstücke) vom Copepoden übrig gelassen und nicht ingestiert (Roy *et al.*, 1989).

Bei der Art *M. tenuicornis* scheint es sich aufgrund der Häufigkeit der Funde nicht um eine zufällige Nahrungsaufnahme zu handeln. Insbesondere der Fund eines fast vollständigen Copepoden im Darm deutet auf eine aktive, räuberische Aktion. Eine Erklärung für die Aufnahme derartiger Nahrung ohne Gnathobase ist an dieser Stelle nicht möglich. Die Reduzierung der Mundwerkzeuge bei männlichen *M. tenuicornis* wurde ebenfalls von Giesbrecht (1898) gezeigt.

Die Ausbildung des zweiten ventralen Zahns (V2) ist bei *Paracalanus nanus* stärker als bei *P. denudatus*. Bisher ist bekannt, dass Copepoden einer Art, aber verschiedener geographischer Regionen eine unterschiedliche Ausprägung des zweiten ventralen Zahns der Mandibel zeigen (Beklemishev, 1959; Sullivan *et al.*, 1975; Vyshkvartseva, 1975; Schnack, 1989). Vyshkvartseva (1975) nimmt an, dass für den Umgang mit großen Diatomeen, wie sie in polaren Gebieten vorkommen, ein gut ausgebildeter zweiter ventraler Zahn notwendig ist. In wärmeren Gegenden, in denen vorrangig Coccolithophoriden und kleine Flagellaten vorkommen, hätte solch ein ausgeprägter Zahn keinen Wert (Schnack, 1989). Sullivan *et al.* (1975) nimmt an, dass nur die Zähne der dorsalen Gruppe Futter von weicher Beschaffenheit bearbeiten. Da in der vorliegenden Untersuchung nur Dinoflagellaten und Pilzsporen von *P. nanus* aufgenommen wurden, können die oben genannten Thesen von Vyshkvartseva (1975) und Schnack (1989) hier nicht bestätigt werden. Der Edge-Index gibt für die Weibchen von *P. nanus* eine omnivore Ernährungsweise wieder, so dass auch eine gelegentliche Ingestierung von Protozoa mit Lorica oder gar von Metazoa denkbar ist. Der zweite ventrale Zahn könnte hier unterstützend wirken. Stoecker & Sanders (1985) konnten beispielsweise nachweisen, dass Copepoda Zellgewebe von Tintinniden aufnehmen, die Lorica jedoch verwerfen.

Die Arten *Neocalanus (Calanus) robustior*, *N. (C.) gracilis* und *Nannocalanus (Calanus) minor* gehören in die Gruppe der tropischen und subtropischen Arten: es fehlen der V2 und die Kutikular-Tuberkel (Schnack, 1989).

Schlussbetrachtung

Ein auffälliger Abundanz-Unterschied zwischen dem Seeberg- und dem ozeanischen Bereich oder ein Einfluss der Großen Meteorbank auf die Verteilung ergab sich für keine der untersuchten Copepoden-Arten. Weiterhin lässt weder die Untersuchung der Cephalothoraxlängen, der Fraßaktivität noch der Grad der Darmfüllung einen deutlichen Unterschied zwischen Seeberg und umgebendem Ozean erkennen. Grundsätzlich findet sich in den Därmen der untersuchten Copepoda ein größeres Nahrungsspektrum auf den Plateau-Stationen. Der in der vorliegenden Untersuchung allgemein hohe Anteil der nicht-identifizierbaren Masse deutet aber nicht zwangsläufig auf schlechte Nahrungsbedingungen hin, sondern auf eine der Situation angepasste (opportunistische) Ernährungsweise. Somit wird die Bedeutung nicht-phytoplanktischer Komponenten in der Ernährung der untersuchten Copepoda hervorgehoben. Die histologischen Untersuchungen zeigen nur anhand der am Tage genommenen Proben Unterschiede. In diesem Fall befinden sich die Tiere des ozeanischen Bereiches in einem besseren Ernährungszustand. Anhand der durchgeführten Darminhaltsanalyse konnte die durch den Edge-Index I_e (Itoh, 1970) ermittelte Ernährungsweise einiger Arten nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass der I_e nur für eine grobe Einschätzung der Nahrungspräferenz ausreicht.

Der Vergleich zwischen der Großen Meteorbank und dem umliegenden Ozean ergibt für die untersuchten Copepoda keinen eindeutigen Beweis für den Einfluss des Seeberges in seiner Gesamtheit. Die Ergebnisse der Darminhaltsanalyse, der Fraßaktivität und der Darmfüllungsgrade heben vielmehr die Bedeutung kleinräumiger Skalierungen wie die gegenläufig rotierenden Zirkulationszellen über dem Plateau der Großen Meteorbank hervor.

Danksagung

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) für die finanzielle Unterstützung.

PD Dr. rer. nat. Sigrid B. Schnack-Schiel (AWI) möchte ich für die wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit und für ihre Unterstützung während der gesamten Promotionszeit danken.

Prof. Dr. H. K. Schminke danke ich, dass er sich bereit erklärte, als Gutachter dieser Arbeit zur Verfügung zu stehen.

Elke Mizdalski hat die bearbeiteten Copepoden bestimmt, aussortiert und mir daraufhin zur Verfügung gestellt. Für ihre gewissenhafte Arbeit möchte ich mich bedanken. Dr. A.F. Pasternak und Dr. L. Markhaseva danke ich für wertvolle Hilfestellungen.

Dr. K. Schulz und Dr. M. Elbrächter möchte ich für die Hilfe bei der taxonomischen Bestimmung danken und der Arbeitsgruppe von Dr. H. v. Westernhagen für eine unvergessene und lehrreiche Forschungsreise. Bei Dr. Christian Mohn und Dr. F. Hartmann bedanke ich mich für alle Informationen zu der „Meteor“-Reise M 42/3, bei Dr. Barbara Niehoff (AWI) für die Einführung in die Histologie.

Ruth Alheit (AWI) und Dörte Burhop (AWI) danke ich für die Unterstützung in vielen organisatorischen Dingen.

Ein besonderer Dank geht an Dr. Armin Rose, Dr. Kai H. George und Prof. Dr. Pedro Martinez Arbizu vom DZMB in Wilhelmshaven. Ihre Anregungen und wertvollen Tipps (u.a. zur Statistik) möchte ich nicht missen.

Dipl. Biol. Petra Borchert möchte ich für ihre Unterstützung bei der Anfertigung der Zeichnungen danken und Dipl. Biol. Karin Stumm für die Hilfe bei der Digital-Fotografie.

Für das nette Arbeitsklima am AWI möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen herzlich bedanken.

Ein ganz besonderer Dank geht an meine Frau Stefanie und an meine Eltern, Erika und Manfred Fischer – ohne Euch wäre ich nicht bis hierher gekommen!

6. Literatur

(* = Bestimmungsliteratur)

- Ambler, J.W., 1986. Formulation of an ingestion function for a population of *Paracalanus* feeding on mixtures of phytoplankton. *J. Plankton Res.* 8, 957-972.
- Ambler, J.W., Miller, C. B., 1987. Vertical habitat-partitioning by copepodites and adults of subtropical oceanic copepods. *Mar. Biol.* 94, 561-577.
- Anderson, O.R., 1975. A possible origin of some olive-green cells in aphotic marine environments. *Limnol. Oceanogr.* 20, 1000-1004.
- Angel, M.V., Baker, A. de C., 1982. Vertical Distribution of the standing crop of plankton and micronekton at three stations in the Northeast Atlantic. *Biol. Oceanogr.* 2 (1), 1-30.
- Anraku, M., 1964. Some technical problems encountered in quantitative studies of grazing and predation by marine planktonic copepods. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 20, 221-231.
- Anraku, M., Omori, M., 1963. Preliminary survey of the relationship between feeding habit and the structure of the mouthparts of marine copepods. *Limnol. Oceanogr.* 8, 116-126.
- Arashkevich, Y.G., 1969. The food and feeding of copepods in the Northwestern Pacific. *Oceanology*, 9, 695-709.
- Arnaud, J., Brunet, M., Mazza, J., 1978. Studies on the midgut of *Centropages typicus* (Copepod, Calanoid). *Cell Tiss. Res.* 187, 333-353.
- Atkinson, A., 1994. Diets and feeding selectivity among the epipelagic copepod community near South Georgia in summer. *Polar Biol.* 14, 551-560.
- Atkinson, A., 1995. Omnivory and feeding selectivity in five copepod species during spring in the Bellinghousen Sea, Antarctica. *ICES J. mar. Sci.* 52, 385-396.
- 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.
- Baltic Marine Environment Commission, 1988. Guidelines for the Baltic Monitoring Programm for the third stage. Part D. Biological determinants. Proceedings of the Baltic Sea Environment no. 27 D. Helsinki Commission, Helsinki, 161 pp.

- Banse, K., 1994. Grazing and zooplankton production as key controls of phytoplankton production in the open ocean. *Oceanogr. M* 7 (1), 13-20.
- Bathmann, U.V., Noji, T.T., Voss, M., Peinert, R., 1987. Copepod fecal pellets: abundance, sedimentation and content at a permanent station in the Norwegian Sea in May/June 1986. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38, 45-51.
- Beckmann, A, Mohn, C., 2002. The upper ocean circulation at Great Meteor Seamount. Part II: Retention potential of the seamount induced circulation. *Ocean Dynamics* 52, 194-202.
- Beklemishev, K.V., 1954a. The discovery of silicious formations in the epidermis of lower crustacea. *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 97, 543-545 (in russian). Engl. translation Mc Lean, C.A., Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Trans. 29.
- Beklemishev, K.V., 1954b. The feeding of some common plankton copepods in far eastern seas. *Zool. J., Inst. Oceanol. Acad. Sci. USSR*, 33, 1210-1230.
- Beklemishev, C.V., 1959. On the anatomy of masticatory organs of Copepoda. Report 2: The masticatory edge in mandibles of certain species of Calanidae and Eucalanidae. *Trudy Inst. Okeanol. Akad. Nauk.SSSR* 30, 148-155 (in russian). Engl. translation British Library Lending Div., Wetherby.
- Beklemishev, K.V., 1961. Superfluous feeding of marine herbivorous zooplankton. *Internat. Counc. Explorat. of the Sea. Symposium on "Zooplankton Production"* 7.
- Belyanina, T.N., 1984. Observations on the Ichthyofauna in the open waters of the Atlantic near the Great-Meteor Seamount. *J. Ichthyol.* 24, 127-129. Orig. publ. in *Voprosy Ikhtiologii*, no.4, 1984, 672-674.
- Belyanina, T.N., 1985. Preliminary data on Ichthyoplankton near seamounts of the Northwest Indian Ocean. *Oceanology* 25, 778-780.
- Berggreen, U., Hansen, B., Kjørboe, T., 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: Implications for determination of copepod production. *Mar. Biol.* 99, 341-352.
- Berk, S.G., Brownlee, D.C., Heinle, D. R., Kling, H. J., Colwell, R. R., 1977. Ciliates as food source for marine planktonic copepods. *Microb. Ecol.* 4, 27-40.
- Bersch, M., Meinke, J., Drübbisch, U., Schlick, T., Nellen, W., 1998. 5.3.1 Physical Oceanography. „Meteor“-Berichte 00-1, Ostatlantik 1998, Cruise No. 42, 16 June-26, October 1998. Leitstelle „Meteor“, Institut für Meereskunde der Univ. Hamburg, 98-106.

- Bishai, H.M., 1959. The effect of water currents on the survival and distribution of fish larvae. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 25, 134-146.
- Boak, A.C., Goulder, R., 1983. Bacterioplankton in the diet of the calanoid copepod *Eurytemora* sp. in the Humber Estuary. *Mar. Biol.* 73, 139-149.
- Boehlert, G.W., 1988. Current-topography interactions at mid-ocean seamounts and the impact on pelagic ecosystems. *GeoJournal* 16, 45-52.
- Boehlert, G.W., Seki, M.P., 1984. Enhanced micronekton abundance over mid-pacific seamounts. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union* 65, 928 pp.
- Boehlert, G.W., Mundy, B.C., 1993. Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands. *Bull. Mar. Sci.* 53, 336-361.
- Bollens, S.M., 1988. A model of the predatory impact of larval marine fish on the population dynamics of their zooplankton prey. *J. Plankton Res.* 10, 887-906.
- Bollens, S.M., Frost, B. W., 1989. Predator-induced diel vertical migration in a marine planktonic copepod. *J. Plankton Res.* 11, 1047-1065.
- Bollens, S.M., Stearns, D. E., 1992. Predator-induced changes in the diel feeding cycle of a planktonic copepod. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 156, 179-186.
- Boltovskoy, D., 1999. South Atlantic Zooplankton. Vol. I. Backhuys, Leiden, Netherlands, 868 pp.*
- Boltovskoy, D., 1999. South Atlantic Zooplankton. Vol. II. Backhuys, Leiden, Netherlands, 870-1705.*
- Boudiou, J.-Y., 1999. Modalités de la prédation des copépodes benthiques par les poissons. *Vie et Milieu* 49, 301-308.
- Boyd, C.M., Smith, S.L., Cowles, T.J., 1980. Grazing patterns of copepods in the upwelling system of Peru. *Limnol. Oceanogr.* 25, 583-596.
- Bradford-Grieve, J.M., 1994. The marine fauna of New Zealand. Palagic calanoid Copepoda; Megacalanidae, Calanidae, Paracalanidae, Mecynoceridae, Eucalanidae, Spinocalanidae, Clausocalanidae. Wellington: NIWA Oceanographic (NZOI), 160 pp.*
- Bradford-Grieve, J.M., 1971. Palagic copepoda. *Bull. N. Z.; Dep. Scient. Ind. Res.* 206, 9-31. *
- Bradford-Grieve, J.M., Markhaseva, L., Rocha, C.E.F., Abiahy, B., 1999. Copepoda. In: South Atlantic Zooplankton. D. Boltovskoy (ed.). Backhuys, Leiden, Netherlands, 869-1098.*

- Brechner Owens, W., Hogg, N.G., 1980. Oceanic observations of stratified Taylor near a bump. *Deep-Sea Res.* 27, 1029-1045.
- von Bröckel, K., Kaufmann, M., Nachtigall, K., 1998. Nutrients (5.3.2). In: Meteor-Berichte 00-1 Ostatlantik 1998, Cruise No. 42, Leitstelle Meteor, Institut für Meereskunde Universität Hamburg, 107-108.
- Brooks, J.L., Stanley, I.D., 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150, 28-35.
- Brunet, M., Arnaud, J., Mazza, J., 1994. Gut structure and digestive cellular processes in marine crustacea. In: Ansell, A.D., Gibson, R.N., Barnes, M. (eds.). *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. UCL Press. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 1994, 32, 335-367.
- Chase, J.M., 2000. Are there real differences among aquatic and terrestrial food webs? *Tree* 15 (10), 408-412.
- Chindonova, J.G., 1959. Feeding of some groups of macroplankton in the northwestern Pacific. *Trudi Inst. Okeanol.* 30, 166-189.
- Chrétiennot-Dinet, M.-J., 1990. Atlas du phytoplancton marin, Vol. III: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Chryptophycées, Euglénophycées, Eustigmophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées et Tribophycées. Editions du centre national de la recherche scientifique, Paris, 261 pp.*
- Clark, K.R., Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth, Chap. 5, p. 6.
- Closs, H., Dietrich, G., Hempel, G., Seibold, E., Schott, W., 1969. "Atlantische Kuppenfahren 1967" mit dem Forschungsschiff "Meteor" - Reisebericht. "Meteor" *Forsch.-Erg.* A 5, 1-71.
- Comeau, L.A., Vezina, A.F., Bourgeois, M., Juniper, K.S., 1995. Relationship between phytoplankton production and the physical structure of the water column near Cobb Seamount, Northeast Pacific. *Deep-Sea Res.* I 42, 993-1005.
- Conover, R.J., 1956. Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.* 15, 156-233.
- Confer, J.L., Blades, P.I., 1975. Omnivorous zooplankton and planktivorous fish. *Limnol. Oceanogr.* 20, 571-579.
- Corkett, J., McLaren, I.A., 1978. The Biology of *Pseudocalanus*. *Adv. Mar. Biol.* 15, 211 pp.

- Corner, E.D.S., Head, R. N., Kilvington, C.C., Pennycuik, L., 1976. On the quantitative nutrition and metabolism of zooplankton X. Quantitative aspects of *Calanus helgolandicus* feeding as a carnivore. J. mar. biol. Ass. U.K. 56, 345-358.
- Cowles, T.J., 1978. Copepod feeding in the Peru upwelling system. Coastal Upwelling Ecosystems Analysis – Technical Report 36, 172 pp.
- Cowles, T.J., 1979. The feeding response of copepods from the Peru upwelling system: Food size selection. J. Mar. Res. 37, 601-622.
- Cowles, T.J., Olson, R.J., Chisholm, S.W., 1988. Food selection by copepods: discrimination on the basis of food quality. Mar. Biol. 100, 41-49.
- Cushing, D.H., 1983. Are fish larvae too dilute to affect the density of their food organisms? J. Plankton Res. 5, 847-854.
- Cushing, D.H., Vucetic, T., 1963. Studies on a *Calanus* patch. III. The quantity of food eaten by *Calanus finmarchicus*. J. mar. biol. Ass. U.K. 43, 349-371.
- Dagg, M.J., Grill, D.W., 1980. Natural feeding rates of *Centropages typicus* females in the New York Bight. Limnol. Oceanogr. 25, 597-609.
- Dagg, M.J., Wyman, K.D., 1983. Natural ingestion rates on the copepods *Neocalanus plumchrus* and *N. cristatus* calculated from gut contents. Mar. Ecol. Prog. Ser. 13, 37-46.
- Dagg, M.J., Frost, W., Walse, W.E., 1989. Copepod diel migration, feeding and the vertical flux of phaeopigments. Limnol. Oceanogr. 34, 1062-1071.
- Dam, H.-G., Peterson, W.T., 1988. The effect of temperature on the gut clearance rate constant of planktonic copepods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 123, 1-14.
- Dam, H.-G., Miller, C.A., Jonasdottir, S.H., 1993. The trophic role of mesozooplankton at 47°N, 20°W during the North Atlantic Bloom Experiment. Deep-Sea Res. (II) 40, 197-212.
- Daro, M.H., 1988. Migratory and grazing behavior of copepods and vertical distribution of phytoplankton. Bull. Mar. Sci. 43, 710-729.
- Delalo, Y.P., 1961. Preliminary data on the food and feeding of *Paracalanus parvus* (Claus) in the Black Sea. Pr. Of Sevast. Biol. St. 14, 127-135 (in russisch).
- Digby, P.S., 1954. The biology of the marine planktonic copepods of Scoresby Sound, East Greenland. J. Animal Ecol. 23, 298-338.

- Dower, J., 1992. Biological consequences of current-topography interactions at Cobb Seamount. Ph. D. dissertation, Univ. of Victoria, Victoria, Canada.
- Dower, J., Freeland, H., Juniper, K., 1992. A strong biological response to oceanic flow past Cobb Seamount. *Deep-Sea Res.* 39, 1139-1145.
- Dower, J.F., Mackas, D.L., 1996. „Seamount effects“ in the zooplankton community near Copp Seamount. *Deep-Sea Res.* I 43, 837-858.
- Ehrich, S., 1977. Die Fischfauna der Großen Meteorbank. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 25, 1-23.
- Eide, L.I., 1979. Evidence of a topographically trapped vortex on the Norwegian continental shelf. *Deep-Sea Res.* 26, 601-621.
- Elbrächter, M., 1973. Population dynamics of *Ceratium* in coastal waters of the Kiel Bay. *OIKOS Suppl.* 15, 43-48.
- Engel, J., 1997. Signifikante Schule der schlichten Statistik. Studienhandbuch Biologie. Filander Verlag GmbH, Fürth, 115 pp.
- Epp, D., Smoot, N.C., 1989. Distribution of seamounts in the North Atlantic. *Nature* 337, 254-257.
- Fedosova, R.A., 1974. Distribution of some copepod species in the vicinity of the underwater Hawaiian Ridge. *Oceanology* 14, 724-727.
- Flock, M.E., Hopkins, T.L., 1992. Species composition, vertical distribution, and food habits of the sergestid shrimp assemblage in the eastern Gulf of Mexico. *J. Crustac. Biol.* 12, 210-223.
- de Forges, B.R., Koslow, J.A., Poore, G.C.B., 2001. Diversity and endemism of the benthic seamountfauna in the southwest Pacific. *Nature* 405, 944-947.
- Fournier, R.O., 1970. Studies on pigmented microorganisms from aphotic marine environments. *Limnol. Oceanogr.* 15, 675-682.
- Franks, P.J.S., 1992. Sink or swim: accumulation of biomass at fronts. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 82, 1-12.
- Friedmann, M.M., Strickler, J.R., 1975. Chemoreception and feeding in calanoid copepods. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 72, 4185-4188.
- Frost, B.W., 1972. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behaviour of the marine planktonic Copepod *Calanus finmarchicus*. *Limnol. Oceanogr.* 17, 805-815.

- Frost, B.W., 1975. A threshold feeding behaviour in *Calanus pacificus*. *Limnol. Oceanogr.* 20, 263-266.
- Frost, B.W., 1987. Grazing control of phytoplankton stock in the open subarctic Pacific Ocean: a model assessing the role of mesozooplankton, particularly the large calanoid copepods *Neocalanus* spp.. *Mar. Ecol Prog. Ser.* 39, 49-68.
- Frost, B., Fleminger, A., 1968. A revision of the genus *Clausocalanus* (Copepoda: Calanoida) with remarks on distributional patterns in diagnostic characters. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 12, 1-99.
- Fukasawa, M., Nagata, Y., 1978. Detailed oceanic structure in the vicinity of the shoal Kokusho-sonne. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 34, 41-49.
- Furuya, K., Marumo, R., 1983. The structure of the phytoplankton community in the subsurface chlorophyll maxima in the western North Pacific Ocean. *J. Plankton Res.* 5, 393-406.
- Fyhn, M.J., 1989. First feeding of marine fish larvae: Are free amino acids the source of energy? *Aquaculture* 80, 111-120.
- Gamble, J.C., 1978. Copepod grazing during a declining spring phytoplankton bloom in the northern North Sea. *Mar. Biol.* 49, 303-315.
- Garrison, D.L., 1991. An overview of the abundance and role of protozooplankton in Antarctic waters. *J. Mar. Syst.* 2, 317-331.
- Gauld, D.T., 1951. Grazing rate of planktonic copepods. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 29, 695-706.
- Gauld, D.T. 1953. Diurnal variation in the grazing of planktonic copepods. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 31, 461-473.
- Gauld, D.T., 1957. A peritrophic membrane in calanoid copepods. *Nature* 179, 325-326.
- Gee, J.M., 1989. An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zoological Journal of the Linnean Society* 96, 243-261.
- Genin, A., Boehlert, G. W., 1985. Dynamics of temperature and chlorophyll structures above a seamount: an oceanic experiment. *J. Mar. Res.* 43, 907-924.
- Genin, A., Haury, L., Greenblatt, P., 1988. Interactions of migrating zooplankton with shallow topography: predation by rockfishes and intensification of patchiness. *Deep-Sea Res.* 35, 151-175.

- Genin, A., Greene, C., Haury, L., Wiebe, P., Gal, G., Kaartvedt, S., Mier, E., Fey, C., Dawson, L., 1994. Zooplankton patch dynamics: daily gap formation over abrupt topography. *Deep-Sea Res. I* 41, 941-951.
- Gifford, D.J., 1991. The protozoan-metazoan link in pelagic ecosystems. *Journal of Protozoology* 38, 81-86.
- Gifford, D.J., 1993. Protozoa in the diets of *Neocalanus* spp. In the oceanic subarctic Pacific Ocean. *Prog. Oceanogr.* 32, 223-237.
- Gifford, D.J. Dagg, M.J., 1991. Feeding of the estuarine copepod *Acartia tonsa* Dana: carnivory vs herbivory in natural microplankton assemblages. *Bull. Mar. Sci.* 43, 458-468.
- Gifford, D.J. Dagg, M.J., 1991. The microzooplankton-mesozooplankton link: consumption of planctonic protozoa by the calanoid copepods *Acartia tonsa* Dana and *Neocalanus plumchrus* Murukawa. *Mar. Microb. Food Webs* 5, 161-177.
- Gliwicz, Z.M., 1986. Predation and the evolution of vertical migration behavior in zooplankton. *Nature* 320, 746-748.
- Gould, W.J., Hendry, R.; Huppert, H.E., 1981. An abyssal topographic experiment. *Deep-Sea Res.* 28, 409-440.
- Gowing, M.M., Silver, M.W. 1985. Minipellets: A new and abundant size class of marine fecal pellets. *J. Mar. Res.* 43, 395-418.
- Gowing, M.M., Wishner, K.F., 1986. Trophic relationships of deep-sea calanoid copepods from the benthic boundary layer of the Santa Catalina Basin, California. *Deep-Sea Res.* 33, 939-961.
- Gowing, M.M., Wishner, K.F., 1992. Feeding ecology of benthopelagic zooplankton on an eastern tropical Pacific seamount. *Mar. Biol.* 112, 451-467.
- Grabbert, S., 1999. Horizontale und vertikale Verteilung der Copepoden im Nordost-Atlantik, bei der Porcupine Bank westlich von Irland. Diplomarbeit, Zoologisches Institut und Zoologisches Museum – Fachbereich Biologie, Univ. Hamburg, Hamburg.
- Grasshoff, M., 1972. Interspezifische Variabilität und isolierte Populationen der Hornkoralle *Ellisella flagellum* (Cnidaria: Anthozoa: Gorgonaria) – Auswerte der „Atlantische Kuppenfahrten 1967“ von F. S. „Meteor“. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 10, 65-72.
- Greene, C.H., 1984. Planktivore functional groups and patterns of prey selection in pelagic communities. *J. Plankton Res.* 7, 35-40.

- Grevenmeyer, I., 1994. Der Atlantis-Meteor Seamount Komplex. Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung C 5, 124 pp.
- Grice, G.D., Hart, A.D., 1962. The abundance, seasonal occurrence and distribution of the epizooplankton between New York and Bermuda. Ecol. Monogr. 32, 287-309.
- Grice, G.D., Hülsemann, K., 1965. Abundance, vertical distribution and taxonomy of calanoid copepods at selected stations in the Northeast Atlantic. J. Zool. 146, 213-262.
- Hallberg, E., Hirche, H.-J., 1980. Differentiation of mid-gut in adults and over-wintering copepodids of *Calanus finmarchicus* (Gunnerus) and *C. helgolandicus* Claus. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 48, 283-295.
- Hamilton, E.L., 1956. Sunken islands of the mid-Pacific Mountains. Geol. Soc. Amer. Memoir. 64, 1-97.
- Hanssen, B., Berggreen, V.C., Tande, K.S., Eilertsen, H.C., 1990. Post-bloom grazing by *Calanus glacialis*, *C. finmarchicus* and *C. hyperboreus* in the region of the Polar Front, Barents Sea. Mar. Biol. 104, 5-14.
- Harding, G.H.C., 1974. The food of deep-sea copepods. J. mar. biol. Ass. U.K. 54: 41-155.
- Hargrave, B.T., Green, G.H., 1970. Effects of copepods grazing on two natural phytoplankton populations. J. Fish. Res. Bd. Can. 27, 1395-1403.
- Harris, R.P., 1982. Comparison of the feeding behaviour of *Calanus* and *Pseudocalanus* in two experimentally manipulated enclosed systems. J. mar. biol. Ass. U.K. 62, 71-91.
- Harrison, W.G., Aristegui, J., Head, E.J.H., Li, W.K.W., Longhurst, A.R., Sameoto, D.D., 2001. Basin-scale variability in plankton biomass and community metabolism in the sub-tropical North Atlantic Ocean. Deep-Sea Res. II 48, 2241-2269.
- Hartmann, J., 1970. Verteilung und Nahrung des Ichthyoneuston im subtropischen Nordostatlantik. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 8, 1-60.
- Hartmann, F., 2002. The impact of the Great Meteor Seamount (NE Atlantic) on the nutritional condition of larval *Vinciguerria nimbaria* (Photichthyidae) - a histological study. ICES CM M:18, 1-17.
- Hassett, R.P., Blades-Eckelbarger, P., 1995. Diel changes in gut-cell morphology and digestive activity of the marine copepod *Acartia tonsa*. Mar. Biol. 124, 59-69.
- Haury, L., Fey, C., Gal, G., Genin, A., 1995. Copepod carcasses in the ocean. I. Over seamounts. Mar. Ecol. Prog. Ser. 123, 57-63.

- Haury, L., Fey, C., Newland, C., Genin, A., 2000. Zooplankton distribution around four eastern North Pacific seamounts. *Prog. Oceanogr.* 45, 69-105.
- Hays, G.C., Proctor, C.A., John, A.W.G., Warner, A.J., 1994. Interspecific differences in the diel vertical migration of marine copepods: the implications of size, color, and morphology. *Limnol. Oceanogr.* 39, 1621-1629.
- Hayward, T.L., 1978. Spatial and temporal patterns of feeding of oceanic copepods. Ph. D. dissertation, Univ. of Calif., San Diego.
- Hayward, T.L., McGowan, J.A., 1979. Pattern and structure in an oceanic zooplankton community. *Amer. Zool.* 19, 1045-1055.
- Head, R.N., Harris, R.P., Bonnet, D., Irigoien, X., 1999. A comparative study of size-fractionated and grazing in the North East Atlantic. *J. Plankton Res.* 21, 2285-2308.
- Heinle, R.R., Harris, R.P., Ustach, J.F., Flemer, D.A., 1977. Detritus as food for estuarine copepods. *Mar. Biol.* 40, 341-353.
- Heron, G.A., Bowman, T.E., 1971. Postnaupliar developmental stages of the copepod crustaceans *Clausocalanus laticeps*, *C. brevipes*, and *Ctenocalanus citer* (Calanoida, Pseudocalanidae). *Antarctic Res. Ser.* 17, 141-165. *
- Hess, H.H., 1946. Drowned Ancient Islands in the Pacific Basin. *Amer. J. Sci.* 244, 772-791.
- Hesthagen, I.H., 1970. On the near-bottom plankton and benthic invertebrate fauna of the Josephine Seamount and the Great Meteor Seamount. "Meteor" *Forsch.-Erg.* D 8, 6-70.
- Heywood, R.B., 1970. The mouthparts and feeding habits of *Parabroteas sarsi* (Daday) and *Pseudoboeckella silvestri*, Daday (Copepoda, Calanoida). In: Holdgate, M.W. (ed.). *Antarctic Ecology*, Vol. 2, Academic Press. London, New York, 639-650.
- Hide, R., 1961. Origin of Jupiter's Great Red Spot. *Nature* 190, 895-896.
- Hinz, K., 1969. The Great Meteor Seamount. Results of seismic reflection measurements with a pneumatic sound source, and their geological interpretation. „Meteor“- *Forsch.-Erg.* C 2, 63-77.
- Hirche, H.-J., 1979. Untersuchungen über die Verdauungsenzyme von Zooplankton mit besonderer Berücksichtigung von *Calanus* spp. Ph. D dissertation, Univ. Kiel, Kiel.
- 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., 1989. Midwater food web in the vicinity of a marginal ice edge zone in the western Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* 36, 543-560.
- Horn, W., 1971. Die zeitliche Veränderlichkeit der Temperatur der ozeanischen Deckschicht im Gebiet der Großen Meteorbank. "Meteor" Forsch.-Erg. A 9, 47-57.
- Hubbs, C.L., 1959. Initial discoveries of fish faunas on seamounts and offshore banks in the eastern Pacific. *Pac. Sci.* 13, 311-316.
- Huntley, M., Sykes, P., Rohan, S., Marin, V., 1986. Chemically-mediated rejection of dinoflagellate prey by copepods *Calanus pacificus* and *Paracalanus parvus*: mechanisms, occurrence and significance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 28, 105-120.
- Huntley, M.E., Lopez, M.D.G., 1992. Temperature-dependent production of marine copepods: a global synthesis. *Am. Nat.* 140, 201-242.
- Huskin, I., Anadón, R., Medina, G., Head, R.N., Harris, R.P., 2001. Mesozooplankton distribution and copepod grazing in the subtropical Atlantic near the Azores: Influence of mesoscale structures. *J. Plankton Res.* 23, 671-691.
- Ianora, A., Scotto di Carlo, B., Mazzocchi, M.G., Mascellaro, P., 1990. Histomorphological changes in the reproductive condition of parasitized marine planktonic copepods. *J. Plankton Res.* 12, 249-258.
- Isaacs, J.D., Schwartzlose, R.A., 1965. Migrant sound scatterers: interaction with the seafloor. *Science* 150, 1810-1813.
- Itoh, K., 1970. A consideration of feeding habits of planktonic copepods in relation to the structure of their oral parts. *Bull. Plankton Soc. Japan* 17, 1-10.
- Johannesson, K., 1988. The paradox of Rockall: Why is a brooding gastropod more widespread than one having a planktonic larval dispersal stage (*L. littorea*)? *Mar. Biol.* 99, 507-513.
- John, H.-C., 1973. Oberflächennahes Ichthyoplankton der Kanarenstrom-Region. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 15, 36-50.
- Kaufmann, M., von Bröckel, K., Mohn, C., Beckmann, A., 2002. The influence of the Great Meteor Seamount on the distribution of phytoplankton ICES CM M:01, Abstract.
- Kinsey, S.T., Hopkins, T.L., 1994. Trophic strategies of euphausiids in a low latitude ecosystem. *Mar. Biol.* 118, 651-661.

- Kinzer, J., Hempel, G. (1970). Probleme und Methoden der planktologischen Arbeiten auf den Atlantischen Kuppenfahrten von F.S. „Meteor“, März-Juli 1967. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 7, 3-22.
- Kleppel, G.S., 1993. On the diets of calanoid copepods. Mar. Ecol. Prog. Ser. 99, 183-195.
- Kleppel, G.S., Frazel, D., Pieper, R.E., Holliday, D.V., 1988. Natural diets of zooplankton off southern California. Mar. Ecol. Prog. Ser. 49, 231-341.
- Kloppmann, M., Mohn, C., Bartsch, J., 1996. The effect of currents and hydrography on the distribution of blue whiting eggs and larvae on Porcupine Bank. ICES CM 1996 S:25.
- Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P., 1995. Biostatistik – Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 285 pp.
- Koppelman, R., Weikert, H., 1997. Deep Arabian Sea mesozooplankton distribution. Intermonsoon, October 1995. Mar. Biol. 129, 549-560.
- Koppelman, R., Weikert, H., 1992. Full-depth zooplankton profiles over the deep bathyal of the NE Atlantic. Mar. Ecol. Prog. Ser. 86, 263-272.
- Koslow, J.A., 1997. Seamounts and the ecology of deep-sea fisheries. American Scientist 85, 168-176.
- Lampert, W., 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. Functional Ecol. 3, 21-27.
- Lampert, W., 1993. Ultimate causes of diel vertical migration of zooplankton: New evidence for the predator-avoidance hypothesis. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol. 39, 79-88.
- Lampitt, R.S., Gamble, J.C., 1982. Diet and respiration in *Oithona nana*. Mar. Biol. 66, 85-91.
- Landry, M.R., 1978. Predatory feeding behavior of a marine copepod, *Labidocera trispinosa*. Limnol. Oceanogr. 23, 1103-1113.
- Landry, M.R., Lehner-Fournier, J.M., Fagerness, V.L., 1985. Predatory feeding behavior of the marine cyclopoid copepod *Corycaeus anglicus*. Mar. Biol. 85, 163-169.
- Lawson, T.J., Grice, G.D., 1973. The developmental stages of *Paracalanus crassirostris* DAHL, 1894 (Copepoda, Calanoida). Crustaceana 24 (1), 43-56.

- Lebour, M.V., 1922. The food of plankton organisms. *J. mar. biol. Assoc. U.K.* 12, 644-677.
- LeBrasseur, R.J., 1965. Seasonal and annual variations of net zooplankton at Ocean Station P, 1956-1964. Fisheries Research Board of Canada (*J. Fish. Res. Bd. Can.*), Manuscript Report Series, No. 202.
- Le Fèvre, J., Legendre, L., 1986. Aspects of the biology of frontal systems. *Adv. Mar. Biol.* 2, 163-299
- Legendre, L., Le Fèvre, J., 1989. Hydrodynamical singularities as controls of recycled versus export production in oceans. In: Berger, W. H., Smetacek, V. S., Wefer, G. (eds). *Productivity of the Oceans: Present and Past*. Wiley, Chichester, 49-63.
- Lenz, J., 1977. On detritus as food source for pelagic filter-feeders. *Mar. Biol.*, 41, 39-48.
- Lenz, J., Morales, A., Gunkel, J., 1993. Mesozooplankton standing stock during the North Atlantic spring bloom study in 1989 and its potential grazing pressure on phytoplankton: a comparison between low, medium and high latitudes. *Deep-Sea Res.* 40, 559-572.
- Le Vay, L., Jones, D.A., Puello-Cruz, A.C., Sangha, R.S., Ngamphongsai, C., 2001. Digestion in relation to feeding strategies exhibited by crustacean larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 128, 623-630.
- Levinson, H., Turner, J.T., Nielsen, T.G., Hansen, B.W., 2000. On the trophic coupling between protist and copepods in arctic marine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 204, 65-77.
- Longhurst, A.R., Harrison, W.G., 1989. The biological pump: profiles of plankton production and consumption in the upper ocean. *Prog. Oceanogr.* 22, 47-123.
- Lopes, P. do Carmo, 1983. Distribution and abundance of ichthyoplankton in the upper 250 m of the equatorial Central Atlantic. Ph. D. dissertation, Univ. Kiel, Kiel.
- Lophukin, A.S., 1986. Distribution of ATP Concentration above seamounts in the Atlantic Ocean. *Oceanology* 26, 361-365.
- Lozán, J.L., 1992. *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler*. Pareys Studentexte Nr. 74. Verlag Paul Parey - Berlin, Hamburg, 327 pp.
- Lynch, M., 1979. Predation, competition, and zooplankton community structure: an experimental study. *Limnol. Oceanogr.* 24, 253-272.
- Mackas, D., Bohrer, R., 1976. Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and an investigation of diel feeding patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 25, 77-85.

- Mackas, D.L., Sefton, H., Miller, C.B., Raich, A., 1993. Vertical habitat partitioning by large calanoid copepods in the oceanic subarctic Pacific during spring. *Progr. Oceanogr.* 32, 259-294.
- Marshall, S.M., 1924. The food of *Calanus finmarchicus* during 1923. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 13, 473-479.
- Marshall, S.M., Orr, A.P., 1955. The biology of a marine copepod. Oliver and Boyd, Edinburgh, 188 pp.
- Marshall, S.M., Orr, A.P., 1962. Food and feeding in copepods. *Rapp. Proc.-Verb. Cons. int. Explor. Mer* 153, 92-98.
- Marshall, S.M., Orr, A.P., 1966. Respiration and feeding in some small copepods. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 46, 513-530.
- Martin, B., 2002. Composition and vertical distribution of zooplankton at the Great Meteor Seamount, subtropical NE Atlantic. *ICES CM M:27*, 1-11.
- Mazzocchi, M.G., Paffenhöfer, G.-A., 1998. First observations on the biology of *Clausocalanus furcatus* (Copepoda, Calanoida). *J. Plankton Res.* 20, 331-342.
- Mazzocchi, M.G., Paffenhöfer, G.-A., 1999. Swimming and feeding behaviour of the planktonic copepod *Clausocalanus furcatus*. *J. Plankton Res.* 21, 1501-1518.
- McGowan, J.A., Walker, P.W., 1979. Structure in the copepod community of the North Pacific central gyre. *Ecol. Monogr.* 49, 195-226.
- McGowan, J.A., Miller, C.B., 1980. Larval fish and zooplankton community structure. *CalCOFI Rep.* XXI, 29-36.
- Meincke, J., 1971. Der Einfluß der Großen Meteorbank auf die Schichtung und Zirkulation der ozeanischen Deckschicht. „Meteor“Forsch.-Erg. A 9, 67-94.
- Menard, H.W., Dietz, R.S., 1951. Submarine geology of the Gulf of Alaska. *Geol. Soc. Am. Bull.* 62, 239-253.
- Menard, H.W., 1964. Marine geology of the Pacific. International Series in the Earth Sciences. Mc. Graw-Hill, New York, 271 pp.
- Merrell, J.M., Stoecker, D.K., 1998. Differential grazing on protozoan microplankton by developmental stages of the calanoid *Eurytemora affinis* Poppe. *J. Plankton Res.* 20, 289-304.
- Metz, C., Schnack-Schiel, S.B., 1995. Observations on carnivorous feeding in antarctic calanoid copepods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 129, 71-75.

- Michels, J., 2003. Die Bedeutung von Morphologie und Stabilität der Mandibel-Gnathobasen für die Ernährungsweise antarktischer Copepodenarten. Diplomarbeit, Institut für Meereskunde – Univ. Kiel, Kiel.
- Mohn, C., Beckmann, A., 2002. The upper ocean circulation at Great Meteor Seamount. Part I: Structure of density and flow fields. *Ocean Dynamics* 52, 179-193.
- Moiseyev, YE.V., 1986. Distribution of protozoans near seamounts in the Western Indian Ocean. *Oceanology* 26, 86-90.
- Moloney, C.L., Gibbons, M.J., 1996. Sampling and analysis of gut contents in relation to environmental variability and diel vertical migration by herbivorous zooplankton. *J. Plankton Res.* 18, 1535-1556.
- Mouriño, B., Fernandez, E., Serret, D., Harbour, D., Sinha, B., Pingree, R., 2001. Variability and seasonality of physical and biological fields at the Great Meteor Tablemount (subtropical NE Atlantic). *Oceanologica Acta* 24 (2), 1-20.
- Mullin, M. M., 1966. Selective feeding by calanoid copepods from the Indian Ocean. In: Barnes, H. (ed.). *Some contemporary studies in marine science*. Hafner Publishing Co., New York, 545-554.
- Mullin, M., 1980. Interactions between marine zooplankton and suspended particles. In: Kavanaugh, M. C., Leckie, J. (eds.). *Particulates in water*. Adv. Chem. Ser. No. 189. American Chemical Society, Washington D.C., 233-247.
- Mullineaux, L.S., Mills, S.W., 1997. A test of larval retention hypothesis in seamount-generated flows. *Deep-Sea Res.* 44, 745-770.
- Musko, I.B., 1988. Ultrastructural studies on the alimentary tract of *Eudiatomus gracilis* (Copepoda; Calanoida). *Zool. Anz.* 220, 152-162.
- Napp, J.M., Brooks, E.R., Matrai, P., Mullin, M.M., 1988. Vertical distribution of marine particles and grazers. II. Relation of grazer distribution to food quality and quantity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 50, 59-72.
- Neil, W., 1990. Induced vertical migration in copepods as a defense against invertebrate predation. *Nature* 345, 524-526.
- Nellen, W., 1973. Untersuchungen zur Verteilung von Fischlarven und Plankton im Gebiet der Großen Meteorbank. „Meteor“ Forsch.-Erg. D 13, 47-69.
- Niehoff, B., 1996. Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente. *Ber. Polarforsch.* 213, 157 pp.

- Nishida, S., Oh, B.C., Nemoto, T., 1991. Midgut structure and food habits of the mesopelagic copepods *Lophothrix frontalis* and *Scottocalanus securifrons*. In: Uye, S.I. et al. (eds.). Proceedings of the fourth international conference on copepoda. Bull. Plankton Soc. Japan, Special Volume, 527-534.
- Nival, P., Nival, S., 1976. Particle retention efficiencies of an herbivorous copepod, *Acartia clausi* (adult and copepodite stages): Effect on grazing. Limnol. Oceanogr. 21, 24-38.
- Nott, J.A., Corner, E.D.S., Marvin, L.J., O'Hara, S.C.M., 1985. Cyclical contributions of the digestive epithelium to faecal pellet formation by the copepod *Calanus helgolandicus*. Mar. Biol. 89, 271-279.
- Odate, T., Furuya, K., 1998. Well-developed subsurface chlorophyll maximum near Komahashi No. 2 Seamount in the summer of 1991. Deep-Sea Res. I 45, 1595-1607.
- Ohman, M.D., 1987. Energy sources for recruitment of the subantarctic copepod *Neocalanus tonsus*. Limnol. Oceanogr. 32, 1317-1330.
- Ohmann, M. D., 1990. The demographic benefits of diel vertical migration by zooplankton. Ecol. Monogr. 60, 257-281.
- Ohtsuka, S., Onbé, T., 1991. Relationship between mouthpart structures and in situ feeding habits of species of the family Pontellidae (Copepoda: Calanoida). Mar. Biol. 111, 213-225.
- Ong, J.E., Lake, P.S., 1969. The ultrastructural morphology of the midgut diverticulum of the calanoid copepod *Calanus helgolandicus* (Claus) (Crustacea). Austral. J. Zool. 18, 9-20.
- Øresland, V., 1991. Feeding on the carnivorous copepod *Euchaeta antarctica* in antarctic waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. 78, 41-47.
- Owens, W.B., Hogg, N.G., 1980. Oceanic observations of stratified Taylor columns near a bump. Deep-Sea Res. 27, 1029-1045.
- Paffenhöfer, G.-A., 1971. Grazing and ingestion rates of nauplii, copepodids and adults of the marine planktonic *Calanus helgolandicus*. Mar. Biol. 11, 286-298.
- Paffenhöfer, G.-A., 1972. The effects of suspended „Red Mud“ on mortality, body weight, and growth of the marine planktonic copepod, *Calanus helgolandicus*. Wat., Air Soil Pollut. 1, 314-321.
- Paffenhöfer, G.-A., 1976. Feeding, growth, and food conversion of the marine planktonic copepod *Calanus helgolandicus*. Limnol. Oceanogr. 21, 39-50.

- Paffenhöfer, G.-A., 1983. Vertical zooplankton distribution on the northeastern Florida shelf and its relation to temperature and food abundance. *J. Plankton Res.* 5, 15-33.
- Paffenhöfer, G.-A., 1984 a. Does *Paracalanus* feed with a leaky sieve? *Limnol. Oceanogr.* 29, 155-160.
- Paffenhöfer, G.-A., 1984 b. Food ingestion by the marine planktonic copepod *Paracalanus* in relation to abundance and size distribution of food. *Mar. Biol.* 80, 323-333.
- Paffenhöfer, G.-A., 1985. Calanoid copepod feeding: grazing on small and large particles. In: Meyer, D. J., Strickler, J. K. (eds.). Trophic interactions within aquatic ecosystems. AAAS Selected Symposium 1985, 75-95.
- Paffenhöfer, G.-A., Knowles, S.C., 1978. Feeding of marine planktonic copepods on mixed phytoplankton. *Mar. Biol.* 48, 143-152.
- Paffenhöfer, G.-A., Knowles, S.C., 1979. Ecological implications of fecal pellet size, production and consumption by copepods. *J. Mar. Res.* 37, 35-49.
- Paffenhöfer, G.-A., Knowles, S.C., 1980. Omnivorousness in marine planktonic copepods. *J. Plankton Res.* 2, 355-365.
- Paffenhöfer, G.-A., Van Sant, K.B., 1985. The feeding response of a marine planktonic copepod to quantity and quality of particles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 27, 55-65.
- Paffenhöfer, G.-A., Bundy, M.H., Lewis, K.D., Metz, C., 1995. Rates of ingestion and their variability between individual calanoid copepods: direct observations. *J. Plankton Res.* 17, 1573-1585.
- Paffenhöfer, G.-A., Strickler, J.R., Lewis, K.D., Richman, S., 1996. Motion behavior of nauplii and early copepodid stages of marine planktonic copepods. *J. Plankton Res.* 18, 1699-1715.
- Park, T.S., 1966. The biology of a calanoid copepod, *Epilabidocera amphitritea* McMurrish. *Cellule* 66, 129-251.
- Parker, T., Tunnicliffe, V., 1994. Dispersal strategies of the biota on an oceanic seamount: Implications for ecology and biogeography. *Biol. Bull.* 187, 336-345.
- Parsons, T.R., LeBrasseur, R.J., Fulton, J.D., 1967. Some observations on the dependence of zooplankton grazing on the cell size and concentration of phytoplankton biomass. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 23, 10-17.
- Parsons, T.R., LeBrasseur, R.J., Fulton, J.D., Kennedy, O.D., 1969. Production studies in the Strait of Georgia, Part II, Secondary production under the Fraser River plume, February to May, 1967. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 3, 39-50.

- Parsons, T.R., LeBrasseur, R.J., 1970. The availability of food to different trophic levels in the marine food chain. In: Steele, J.H. (ed.). Marine food chains. Oliver & Boyd, Edinburgh, 552 pp.
- Pasternak, A.F., 1995. Gut contents and diel feeding rhythm in dominant copepods in the ice-covered Weddell-Sea, March 1992. *Polar Biol.* 15, 583-586.
- Pasternak, A.F., Schnack-Schiel, S.B., 2001a. Seasonal feeding patterns of the dominant Antarctic copepods *Calanus propinquus* and *Calanoides acutus* in the Weddell Sea. *Polar Biol.* 24, 771-784.
- Pasternak, A.F., Schnack-Schiel, S.B., 2001b. Feeding patterns of dominant Antarctic copepods: an interplay of diapause, selectivity, and availability of food. *Hydrobiologia* 453/454, 25-36.
- Pasternak, A.F., Arashkevich, Y.G., Sorokin, Y.S., 1984. The role of the parasitic algal genus *Blastodinium* in the ecology of planktic copepods. *Oceanology* 24, 748-751.
- Porter, K.G., 1973. Selective grazing and differential digestion of algae by zooplankton. *Nature* 244, 179-180.
- Poulet, S.A., 1973. Grazing of *Pseudocalanus minutus* on naturally occurring particulate matter. *Limnol. Oceanogr.* 18, 564-573.
- Poulet, S.A., 1974. Seasonal grazing of *Pseudocalanus minutus* on particles. *Mar. Biol.* 25, 109-123.
- Poulet, S.A., 1978. Comparison between five coexisting species of marine copepods feeding on naturally occurring particulate matter. *Limnol. Oceanogr.* 23, 1126-1143.
- Price, H.J., Paffenhöfer, G.-A., Strickler, J.R., 1983. Modes of cell capture in calanoid copepods. *Limnol. Oceanogr.* 28, 116-123.
- Proudman, J., 1916. On the motion of solids in a liquid possessing vorticity. *Proceedings of the Royal Society A* 92, 408-424.
- Pusch, C., Schnack-Schiel, S.B., Mizdalski, E., von Westernhagen, H., in press. Feeding of three myctophid species at Great Meteor Seamount (NE Atlantic), *Arch. Fish. Mar. Res.*
- Pyke, G.H., Pulliam, H.R., Charnov, E.L., 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and test. *Q. Rev. Biol.* 52, 137-154.
- Raymont, J.E.G., Gross, F., 1942. On the feeding and breeding of *Calanus finmarchicus* under laboratory conditions. *Proc. R. Soc. Edinb.* B 61, 267-287.

- Raymont, J.E.G., Krishnaswamy, S., Woodhouse, M.A., Griffin, R.L., 1974. Studies on the fine structure of Copepoda. Observations on *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Proc. R. Soc. Edinb. B 185, 409-424.
- Ricard, M., 1987. Atlas du phytoplancton marin, Vol. II: Diatomophycées. Editions du centre national de la recherche scientifique, Paris, 297 pp.
- Richardson, K.C., Jarett, L., Finke, E.H., 1960. Embedding in Epoxy resins for ultrathin sectioning in electron microscopy. Stain. Technol. 35, 313-325.
- Richer de Forges, B., Koslow, J.A., Poore, G.C.B., 2000. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. Nature 405, 944-947.
- Richman, S., Rogers, J.N., 1969. Feeding of *Calanus helgolandicus* on synchronously growing populations of the marine diatom *Ditylum brightwellii*. Limnol. Oceanogr. 14, 701-709.
- Richman, S., Heinle, D.R., Huff, R., 1977. Grazing by adult estuarine calanoid copepods of the Chesapeake Bay. Mar. Biol. 42, 69-84.
- Roden, G.I., 1987. Effect of seamounts and seamount chains on ocean circulation and thermohaline structure. In: Keating, B.H., Fryer, P., Batiza, R., Boehlert, G.W. (eds.) Seamounts, islands and atolls. Geophysical Monographs 43. American Geophysical Union, Washington, 335-354.
- Roden, G.I., 1991. Mesoscale flow and thermohaline structure around Fieberling seamount. J. Geophys. Res. 96, 653-672.
- Roden, G.I., Taft, B.A., 1985. Effect of the Emperor Seamounts on the mesoscale thermohaline structure during the summer of 1982. J. Geophys. Res. 90, 839-855.
- Rodriguez, A., Le Vay, L., Mourente, G., Jones, D.A., 1994. Biochemical composition and digestive enzyme activity in larvae and postlarvae of *Penaeus japonicus* during herbivorous and carnivorous feeding. Mar. Biol. 118, 45-51.
- Roe, H.S.J., 1972. The vertical distribution and diurnal migrations of calanoid copepods collected on the SOND Cruise, 1965. 2. Systematic account: families Calanidae up to and including Aetideidae. J. mar. biol. Ass. U.K. 52, 315-343.
- Roe, H.S.J., 1988. Midwater biomass profiles over the Madeira abyssal plain and the contribution of copepods. Hydrobiologia 167/168, 169-181.
- Rogers, A.D., 1994. The biology of seamounts. Adv. Mar. Biol. 30, 305-350.

- Roman, M.R., 1984. Utilization of detritus by the copepod, *Acartia tonsa*. *Limnol. Oceanogr.* 29, 949-959.
- Roman, M.R., Rublee, P.A., 1981. A method to determine *in situ* zooplankton grazing rates on natural particle assemblages. *Mar. Biol.* 65, 303-309.
- Roy, S., Harris, R.P., Poulet, S.A., 1989. Inefficient feeding by *Calanus helgolandicus* and *Temora longicornis* on *Coscinodiscus wailesi*: quantitative estimation using chlorophyll-type pigments and effects on dissolved free amino acids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52, 145-153.
- Runge, J.A., 1980. Effects of hunger and season on the feeding behavior of *Calanus pacificus*. *Limnol. Oceanogr.* 25, 134-145.
- Sachs, L., 1993. *Statistische Methoden – Planung und Auswertung. 7., überarbeitete Auflage.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 312 pp.
- Schirmer, M., 1975. Die vertikale Verteilung des Makrozooplanktons im Bereich der Großen Meteor-Bank und sein Verhalten gegenüber Licht und Temperatur unter besonderer Beachtung der *Pleuromamma* spp. (Copepoda). Ph. D. dissertation, Univ. Hamburg, Hamburg.
- Schnack, S.B., 1975. Untersuchungen zur Nahrungbiologie der Copepoden (Crustacea) in der Kieler Bucht. Ph. D. dissertation, Univ. Kiel, Kiel.
- Schnack, S.B., 1982. Feeding habits of *Calanoides carinatus* (Krøyer) in the NW-African upwelling area. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer* 180, 303-306.
- Schnack, S.B., 1985. Feeding by *Euphausia superba* and copepod species in response to varying concentrations of phytoplankton. In: Siegfried, W.R., Condy, P.R., Laws, R.M. (eds.). *Antarctic nutrient cycles and food webs.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1985, 311-323.
- Schnack, S.B., 1989. Functional morphology of feeding appendages in calanoid copepods. In: Felgenhauer, B.E., Watling, L., Thistle, A.B. (eds.). *Functional morphology of feeding and grooming in Crustacea.* A.A. Balkema, Rotterdam, 137-151.
- Schnack, S.B., Elbrächter, M., 1981. On the food of calanoid copepods from the northwest african upwelling region. In: Richards, F.A. (ed.). *Coastal and Estuarine Sciences I, Coastal Upwelling.* American Geophysical Union, Washington D.C., 433-439.
- Schnack-Schiel, S.B., Henning, S., in press. Occurrence and distribution pattern of mesozooplankton in the vicinity of the Great Meteor Seamount (subtropical North Atlantic). *Arch. Fish. Mar. Res.*

- Schnetzer, A., Steinberg, D.K., 2002. Natural diets of vertically migrating zooplankton in the Sargasso Sea. *Mar. Biol.* 141, 89-99.
- Schulz, K., 1986 a. Aspects of calanoid copepods distribution in the upper 200 m of the central and southern Sargasso Sea in Spring 1979. *Syllogeus* 58, 459-466.
- Schulz, K., 1986 b. *Temoropia setosa* sp. n. (Copepoda: Calanoida: Temoridae) aus dem Kanarenstromgebiet (Nordost-Atlantik) mit Anmerkungen zur Gattung *Temoropia* T. Scott. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.* 83, 139-146.
- Sherr, E.H., Sherr, B.F., Fallon, R.D., Newell, S.Y., 1986. Small, aloricate ciliates as a major component of the marine heterotrophic nanoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 31, 177-183.
- Shields, J.D., 1994. The parasitic dinoflagellates of marine crustaceans. *Ann. Rev. Fish Diseases* 4, 241-271.
- Sieracki, M.E., Verity, P.G., Stoecker, D.K., 1993. Plankton community response to sequential silicate and nitrate depletion during the 1989 North Atlantic Spring Bloom. *Deep-Sea Res. II* 40, 213-226.
- Silver, M.W., Bruland, K.W., 1981. Differential feeding and fecal pellet composition of salps and pteropods, and the possible origin of the deep-water flora and olive-green „cells“. *Mar. Biol.* 62, 263-273.
- Sime-Ngando, T., Juniper, K., Vezina, A.F., 1992. Ciliated protozoan communities over Cobb Seamount: increase in biomass and spatial patchiness. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 89, 37-51.
- Sioukou-Frangou, I., Christou, E.D., Fragopoulou, N., Mazzocchi, M.G., 1997. Mesozooplankton distribution from Sicily to Cyprus (Eastern Mediterranean): II Copepod assemblages. *Oceanol. Acta* 20, 537-548.
- Smetacek, V.S., 1975. Die Sukzession des Phytoplanktons in der westlichen Kieler Bucht. Ph. D. dissertation, Univ. Kiel, Kiel.
- Smith, W.O., Jordan, T.H., 1988. Seamount statistics in the Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.* 93, 2899-2919.
- Smith, K.L. Jr., Schwab, W.C., Noble, M., Moustier, C.D.E., 1998. Physical, geological and biological studies on four Pacific seamounts: introduction. *Deep-Sea Res.* 36, 1785-1790.
- Sournia, A., 1986. Atlas du phytoplancton marin, Vol. I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Editions du centre national de la recherche scientifique, Paris, 219 pp. *

- Stearns, D.E., 1986. Copepod grazing behavior in simulated natural light and its relation to nocturnal feeding. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 30, 65-76.
- Steinberg, D.K., 1995. Diet of copepods (*Scopalatum vorax*) associated with mesopelagic detritus (giant larvacean houses) in Monterey Bay, California. *Mar. Biol.* 122, 571-584.
- Stoecker, D.K., Sanders, N.K., 1985. Differential grazing by *Acartia tonsa* on a dinoflagellate and a tintinnid. *J. Plankton Res.* 7, 85-100.
- Stoecker, D.K., Egloff, D.A., 1987. Predation by *Acartia tonsa* Dana on planktonic ciliates and rotifers. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 110, 53-68.
- Stoecker, D.K., Capuzzo, J., 1990. Predation on Protozoa: its importance to zooplankton. *J. Plankton Res.* 12, 891-908.
- Stoecker, D.K., Gifford, D.J., Putt, M., 1994. Preservation of marine planktonic ciliates: losses and cell shrinkage during fixation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 110, 293-299.
- Sullivan, B.K., Miller, C.B., Peterson, W.T., Soeldner, A.H. (1975). A scanning electron microscope study of the mandibular morphology of boreal copepods. *Mar. Biol.* 30, 175-182.
- Takahashi, M., Nakai, T., Ishimaru, T., Hasumoto, H., Fujita, Y., 1985. Distribution of the subsurface chlorophyll maximum and its nutrient-light environment in and around the Kurishio off Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 41, 73-80.
- Taylor, G.I., 1917. Motions of solids in fluids when the flow is not irrotational. *Proceedings of the Royal Society A* 93, 99-113.
- Taylor, G.I., 1923. Experiments on the motion of solids bodies in rotating fluids. *Roy. Soc. Lond. Proc.* 104 A, 213-218.
- Tomas, C.R., Carmelo, R., 1993. *Marine Phytoplankton – A guide to naked flagellates and coccolithophorids.* Academic Press Inc., San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 263 pp. *
- Tomas, C.R., Carmelo, R., 1996. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates.* Academic Press Inc., San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 598 pp. *
- Tsuda, A., Saito, H., Hirose, T., 1998. Effect of gut content on the vulnerability of copepods to visual predation. *Limnol. Oceanogr.* 43, 1944-1947.
- Tsuda, A., Saito, H., Hirose, T., 1999. ERRATA: Effect of gut content on the vulnerability of copepods to visual predation. *Limnol. Oceanogr.* 44, 1175.

- Turner, J.T., 1978. Scanning electron microscope investigations of feeding habits and mouthpart structures of three species of copepods of the family Pontellidae. *Bull. Mar. Sci.* 28, 487-500.
- Turner, J.T., 1984. Zooplankton feeding ecology: Contents of fecal pellets of the copepods *Acartia tonsa* and *Labidocera aestiva* from continental shelf waters near the mouth of the Mississippi River. *Mar. Ecol.* 5, 265-282.
- Turner, J.T., Tester, P.A., 1989. Zooplankton feeding ecology: nonselective grazing by the copepods *Acartia tonsa* Dana; *Centropages velificatus* De Oliveira, and *Eucalanus pileatus* Giesbrecht in the plume of the Mississippi River. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 126, 21-43.
- Turner, J.T., Graneli, E., 1994. Zooplankton feeding ecology: grazing during enclosure studies of phytoplankton blooms from the west coast of Sweden. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 157, 19-31.
- Ulrich, J., 1971. Zur Topographie und Morphologie der Großen Meteorbank. „Meteor“ *Forsch.-Erg.* C 6, 48-68.
- Vastano, A.C., Warren, B.A., 1976. Perturbations to the Gulf Stream by Atlantis II Seamount. *Deep-Sea Res.* 23, 681-694.
- Verity, P.G., Stoecker, D.K., Sieracki, M.E., Burkill, P.H., Edwards, E.S., Tronzo, C.R., 1993. Abundance, biomass and distribution of heterotrophic dinoflagellates during the North Atlantic Spring Bloom. *Deep-Sea Res.* II 40, 227-244.
- Verity, P.G., Paffenhöfer, G.-A., 1996. On assessment of prey ingestion by copepods. *J. Plankton Res.* 18, 1767-1779.
- Vinogradov, M.Y., 1961. Feeding of the deep-sea zooplankton. *Internat. Council. Explorat. of the Sea. Symposium on "Zooplankton Production"* 7.
- Voronina, N.M., Timonin, A.G., 1986. Zooplankton of the region of seamounts in the Western Indian Ocean. *Oceanology* 26, 745-748.
- Vyshkvartseva, N.V., 1975. Structure of the mandibles in the genus *Calanus* s. l. in relation to latitudinal zonality. In: Zvereva, Z. A. (ed.). *Geographical and seasonal variability of marine plankton.* Israel Program for Scientific Translations Jerusalem, 186-199 pp.
- Wang, R., Conover, R.J., 1986. Dynamics of gut pigment in the copepod *Temora longicornis* and the determination of in situ grazing rates. *Limnol. Oceanogr.* 31, 867-877.

- Webber, M.K., Roff, J.C., 1995. Annual structure of the copepod community and its associated pelagic environment off Discovery Bay, Jamaica. *Mar. Biol.* 123, 467-479.
- Weikert, H., 1977. Copepod carcasses in the upwelling region south of Cape Blanc, N. W. Africa. *Mar. Biol.* 42, 351-355.
- Weikert, H., Koppelman, R., 1993. Vertical structural patterns of deep-living zooplankton in the NE Atlantic, the Levantine Sea and the Red Sea: a comparison. *Oceanologica Acta* 16, 163-177.
- White M., Mohn, C., Orren, M., 1998. Nutrient distributions across the Porcupine-Bank. *ICES J. Mar. Sci.* 55, 1082-1094.
- Wickstead, J.H., 1962. Food and feeding in pelagic copepods. *Proc. Zool. Soc., London*, 139, 545-555.
- Williams, R., Conway, D.V.P., Hunt, H.G., 1994. The role of copepods in the planktonic ecosystems of mixed and stratified waters of the European shelf seas. *Hydrobiologia* 292/293, 521-530.
- Wilson, D.S., 1973. Food size selection among copepods. *Ecology* 54, 909-014.
- Wilson, R.R., Waples, R.S., 1984. Electrophoretic and biometric variability in the abyssal grenadier *Coryphenoides armatus* of the western North Atlantic, eastern South Pacific and eastern North Pacific Ocean. *Mar. Biol.* 80, 227-237.
- Wilson, R.R., Kaufmann, R.S., 1987. Seamount biota and biogeography. In: Keating, B.H., Fryer, R., Batiza, R., Boehlert, G.W. (eds.). „Seamounts, Islands and Atolls“. Geophysical Monograph 43. American Geophysical Union, Washington, 319-334.
- Wyatt, T., 1971. Production dynamics of *Oikopleura dioica* in the Southern North Sea, and the role of fish larvae which prey on them. *Thalassia Jugoslavica* 7, 435-444.
- Yen, J., 1983. Effects of prey concentration, prey size, predator life stage, predator starvation, and season on predation rates of the carnivorous copepod *Euchaeta elongata*. *Mar. Biol.* 75, 69-77.

Tab. 1 (Anhang): Abundanz ($n/100m^3$) der untersuchten Copepodenarten (Weibchen) innerhalb der Tiefenbereiche (MN 1-MN 5) auf den Stationen der Großen Meteorbank. Station 511 + 459 mit 4 MN (MN = Multinetz): MN 1 (300-150 m); MN 2 (150-50 m); MN 3 (50-10 m); MN 4 (10-0 m)

<i>N. minor</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	1040	920	2480	440	0	40	0	0
MN 4	50-10 m	80	140	760	20	80	30	30	10
MN 3	100-50 m	0	16	800	48	120	784	304	128
MN 2	150-100 m	3	0	4	0		32	0	
MN 1	300-150 m	0	3	6	0	0	0	0	0
Summe	300-0 m	49	53	321	25	51	147	55	23

<i>M. tenuicornis</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	120	40	120	40	40	80	0	0
MN 4	50-10 m	50	320	380	30	10	30	10	10
MN 3	100-50 m	368	480	1344	672	352	560	256	344
MN 2	150-100 m	92	40	36	120		24	48	
MN 1	300-150 m	13	0	15	5	3	3	0	8
Summe	300-0 m	201	131	297	140	121	109	52	63

<i>N. gracilis</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	0	200	0	0	0	0	0	0
MN 4	50-10 m	10	10	0	0	0	10	0	0
MN 3	100-50 m	8	0	72	8	52	40	16	48
MN 2	150-100 m	2	0	4	8		4	0	
MN 1	300-150 m	0	3	3	3	0	3	3	0
Summe	300-0 m	5	9	15	4	17	11	4	8

<i>N. robustior</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	0	0	0	0	0	0	0	80
MN 4	50-10 m	0	0	30	10	60	30	0	120
MN 3	100-50 m	0	0	72	8	0	32	24	40
MN 2	150-100 m	0	0	0	0		0	0	
MN 1	300-150 m	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	300-0 m	0	0	16	3	8	9	4	25

<i>P. denudatus</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	120	0	320	80	80	80	40	40
MN 4	50-10 m	140	330	300	120	240	720	380	260
MN 3	100-50 m	528	736	832	1120	224	432	384	544
MN 2	150-100 m	24	8	8	112		0	0	
MN 1	300-150 m	5	0	6	5	0	0	0	5
Summe	300-0 m	145	168	195	227	109	171	116	129

Fortsetzung der Tab. 1 (Anhang):

<i>P. nanus</i>			451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m		320	360	160	120	160	0	0	80
MN 4	50-10 m		1640	1160	720	500	320	280	140	320
MN 3	100-50 m		960	960	1408	544	1088	1152	768	800
MN 2	150-100 m		48	0	32	48		8	16	
MN 1	300-150 m		27	16	6	0	0	0	5	3
Summe	300-0 m		467	335	349	169	411	232	152	180

<i>P. crassirostris</i>			451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m		7200	1040	2640	1200	160	320	120	240
MN 4	50-10 m		1840	2640	6000	1160	1440	1720	1680	960
MN 3	100-50 m		112	512	2880	352	2496	8320	3712	3328
MN 2	150-100 m		8	16	64	16		288	48	
MN 1	300-150 m		21	8	12	11	5	31	16	11
Summe	300-0 m		525	479	1395	261	1032	1736	863	696

<i>M. clausi</i>			451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m		160	80	280	0	80	0	0	40
MN 4	50-10 m		20	80	60	20	40	80	140	80
MN 3	100-50 m		288	576	672	1408	456	528	656	864
MN 2	150-100 m		84	64	104	320		32	16	
MN 1	300-150 m		5	0	12	13	5	0	3	0
Summe	300-0 m		171	120	169	297	163	109	132	156

<i>C. furcatus</i>			451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m		640	6480	8800	3520	400	1040	280	280
MN 4	50-10 m		1700	3040	9280	1240	2360	1100	2520	1040
MN 3	100-50 m		992	800	2432	192	1504	2560	2592	1920
MN 2	150-100 m		0	0	24	16		48	64	
MN 1	300-150 m		0	32	25	11	0	0	5	5
Summe	300-0 m		413	771	1955	323	829	624	791	471

<i>C. paululus</i>			451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m		880	880	1920	80	80	160	0	240
MN 4	50-10 m		460	280	100	600	80	260	140	20
MN 3	100-50 m		1408	3968	3328	3200	1920	2080	2144	2368
MN 2	150-100 m		328	1888	816	5504		1200	624	
MN 1	300-150 m		437	144	142	197	725	911	768	416
Summe	300-0 m		981	1115	965	1632	1016	1181	864	613

Fortsetzung der Tab. 1 (Anhang):

<i>C. vanus</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	0	0	200	0	0	0	0	0
MN 4	50-10 m	20	20	20	10	0	20	0	20
MN 3	100-50 m	176	384	512	240	256	560	416	384
MN 2	150-100 m	40	40	120	208		40	136	
MN 1	300-150 m	5	21	18	21	64	55	24	24
Summe	300-0 m	88	84	143	87	117	133	104	79

<i>T. mayumbaensis</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	0	0	80	0	0	0	0	0
MN 4	50-10 m	0	0	10	0	0	0	0	0
MN 3	100-50 m	8	32	96	80	0	0	0	0
MN 2	150-100 m	4	0	144	88		4	64	
MN 1	300-150 m	0	3	6	8	48	6	75	16
Summe	300-0 m	7	7	71	32	24	4	48	8

<i>A. negligens</i>		451	452	455	493	459	456	519	511
MN 5	10-0 m	3120	520	2400	2640	320	640	560	200
MN 4	50-10 m	440	440	920	380	840	1180	1000	1000
MN 3	100-50 m	64	16	48	16	16	0	288	960
MN 2	150-100 m	0	0	8	0		0	8	
MN 1	300-150 m	5	0	3	5	0	6	5	11
Summe	300-0 m	176	79	215	144	128	181	204	305

Tab. 2 (Anhang): Ergebnis der Darminhaltsanalyse

MN = Multinetz; CV = CV-Stadium; f = Weibchen; m = Männchen

N. minor

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax- länge (µm)	Darm- füllung (%)	Nahrungs-Kategorie														
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
455	2	CIV	900	20		b					a								a
455	5	CV	1125	20					c										
455	3	f	1475	20		a			a									a	
									b										
455	3	f	1437,5	20							a								

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe
1: Gnathobase (schmal) a)	/	15,8 (2x)
b)	/	13,0 (3x)
4: Dinoflagellat a)	<i>Goniaulax polygramma</i>	16,5
b)	<i>Dinophysis</i> sp.	18,6 - 27,9 + 32,5 - 37,2 (6x, Bruchstücke)
c)	<i>Dinophysis</i> sp.	19,0 (Bruchstück)
5: Silicoflagellet a)	/	20,0
6: Diatomee a)	/	16,7
12: <i>Ulocladium</i> sp. a)	/	9,6
14: Sonstiges a)	Copepoden-Ei	55,0

N. gracilis

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax- länge (µm)	Darm- füllung (%)	Nahrungs-Kategorie														
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
452	4	CIV	1475	40							a	a							
452	5	CIV	1550	10														a	
452	5	f	2400	30															a
455	3	CV	2000	50										c					
455	3	CV	2000	30							c	b							
455	3	CV	1950	60					c										
									d										
455	5	CV	2000	30		a	a		a		b	c							
									b										
455	3	f	2450	40									a						
493	4	f	2400	20								b							
493	4	m	2075	30															b

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)
1: Gnathobase (schmal) a)	/	9,0	?
2: Gnathobase (breit) a)	/	23,3	?
4: Dinoflagellat a)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	37,0 + 28,0 (2x)	37920,8
b)	<i>Prorocentrum</i> sp.	9,3	414,7
c)	<i>Prorocentrum</i> sp.	13,9	1402,7
d)	<i>Dinophysis</i> sp.	9,3 - 13,9 (6x, Bruchstücke)	25227,9
6: Diatomee a)	/	80,0	267412,4
b)	/	23,2 (4x) + 12,0 (Bruchstück)	13213,2
c)	zentrisch	9,3 + 14,0 (Bruchstücke)	444,0
7: Tintinne a)	/	28,0 (lang); 7,8 (breit) (Bruchstück)	4802,9
b)	/	159,6	164923,8
c)	/	30,0 ("Spitze"-Bruchstück)	124,4
8: Radiolaria a)	/	18,6 (4x) + 13,4 (1x)	3360,9
b)	/	18,6 (2x) + 27,9 (1x) + 37,2 (1x)	26886,9
c)	/	13,9 (Bruchstück)	1402,7
12: <i>Ulocladium</i> sp. a)	/	11,2	123,3
13: <i>Alternaria</i> sp. a)	/	53,2	2115,3
b)	/	22,6	160,1

Fortsetzung der Tab. 2 (Anhang): *N. robustior*

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)	
0: Copep. (kompl.)	a)	/	?	
	b)	/	?	
	c)	/	?	
	d)	/	?	
	e)	Abdomen	50,0 (breit)	?
	f)	/	?	
	g)	(<i>Oncaea</i> sp.?)	?	?
	h)	Abdomen	30,0 (breit)	?
	i)	/	?	
	j)	/	?	
	k)	/	?	
	l)	/	?	
1: Gnathobase (schmal)	a)	/	13,0 (1x)	
	b)	/	13,8 (7x)	
	c)	/	14,0 (2x)	
	d)	/	13,0 (2x)	
	e)	/	18,0 (2x)	
	f)	/	15,0 (2x)	
	g)	/	9,30 (2x)	
2: Gnathobase (breit)	a)	/	15,0 (4x)	
	b)	/	14,0 - 18,5 (12x)	
	c)	/	17,7 (1x)	
	d)	/	15,0 (5x)	
	e)	/	18,6 (1x)	
	f)	/	24,2 (3x)	
	g)	/	20,5 (4x)	
	h)	/	15,0 (1x)	
	i)	/	18,0 (1x)	
	j)	/	18,0 (2x)	
	k)	/	20,0 (2x)	
	l)	/	18,0 (2x)	
	m)	/	16,0 (2x)	
n)	/	15,8 (2x)		
o)	/	21,4 (1x)		
p)	/	16,7 (2x)		
q)	/	18,3 (2x)		
3: <i>Oncaea</i> sp. -Teil	a)	Mundwerkzeug	51,0 (breit)	
	b)	Mundwerkzeug	49,9 (breit)	
4: Dinoflagellat	a)	<i>Ornithocerus</i> sp.	56,0 (2x) + 45,0 (Bruchstück)	
	b)	<i>Cladopyxis brachiolata</i>	18,6	
	c)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	28,0	
	d)	<i>Oxytoxum</i> sp.	20,0	
	e)	tecater	20,0	
	f)	tecater	35,0	
	g)	cingulärer	25,1 (Bruchstück)	
	h)	<i>Prorocentrum</i> sp.	11,2 (1x) + 13,0 (2x)	
	i)	<i>Prorocentrum</i> sp.	30,5	
	j)	/	112,0	
	k)	<i>Cladopyxis brachiolata</i>	19,5	
	l)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	20,5	
	m)	<i>Dinophysis</i> sp.	12,0 - 18,0 (8x, Bruchstücke)	
	n)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	25,0	
	o)	<i>Protoceratium spinulosum</i>	50,0	
	p)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	18,0	
	q)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	35,0	
	r)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	35,0	
	s)	<i>Prorocentrum</i> sp.	24,0 + 15,0	
	t)	<i>Prorocentrum</i> sp.	24,0	
u)	<i>Proto-peridinium</i> sp.	40,0		
v)	<i>Prorocentrum</i> sp.	12,0		
w)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	56,3		
x)	<i>Prorocentrum</i> sp.	9,4		

Fortsetzung der Tab. 2 (Anhang): *N. robustior*

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (μm) und Mengenangabe	Vol. (μm^3)
4: Dinoflagellat	y)	<i>Prorocentrum</i> sp.	12,0 (2x)
	z)	/	66,0 + 60,0
	aa)	<i>Prorocentrum</i> sp.	12,0 (2x)
	ab)	<i>Dinophysis</i> sp.	30,0 (Bruchstück)
	ac)	<i>Prorocentrum</i> sp.	(viele!)
	ad)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	75,0
	ae)	<i>Dinophysis</i> sp.	42,0
	af)	<i>Prorocentrum</i> sp.	15,0
	ag)	<i>Prorocentrum</i> sp.	13,9 + 16,7
	ah)	<i>Ornithocerus</i> sp.	32,6 (2x)
	ai)	/	32,6 + 28,0 + 18,6 + 9,3
	aj)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	74,4
	ak)	/	13,9 (Bruchstück)
	al)	<i>Dinophysis</i> sp.	23,3 - 55,8 (3x, Bruchstücke)
5: Silicoflagellat	a)	/	25,0
	b)	/	25,0
	c)	/	13,3
6: Diatomee	a)	/	15,2
	b)	/	7,4 (breit), "Gürtel"
	c)	<i>Minutocellus</i> sp.	30,0
	d)	zentrisch	90,0
	e)	pennate	200,0 + 120,0
	f)	/	37,0
	g)	/	27,9 (komplett) + 14,0 (2x, Bruchstücke)
	h)	/	100,0 (3x)
	i)	Dauerspore	9,1
	j)	pennate	80,0
	k)	/	12,0 - 20,0 (9 Bruchstücke)
	l)	/	20,0 (2x, Bruchstücke)
	m)	zentrisch	54,0
	n)	zentrisch	20,0 (Bruchstück)
o)	zentrisch	30,0 (2x)	
p)	/	12,0	
q)	/	60,5	
r)	zentrisch	45,4 (Bruchstück)	
s)	<i>Chaetocerus</i> sp.	13,5 (Bruchstück)	
t)	<i>Chaetocerus</i> sp.	27,2 (Bruchstück)	
7: Tintinne	a)	/	18,0
	b)	/	50,0
	c)	/	220,0
	d)	/	79,0
	e)	/	74,5
	f)	/	50,0
	g)	/	70,0
	h)	/	50,0
	i)	/	60,0 (2x)
	j)	/	39,1 ("Spitze"-Bruchstück)
	k)	/	37,5 ("Spitze"-Bruchstück)
	l)	/	111,6
	m)	/	38,5 ("Spitze"-Bruchstück)
8: Radiolaria	a)	/	65,0
	b)	/	9,30 + 15,0 (Bruchstück)
	c)	/	50,0 + 20,0 (3x, Bruchstücke)
	d)	/	40,0
	e)	/	60,0
	f)	/	19,0 (7x, Bruchstücke)
	g)	/	25,0
	h)	/	20,0 (vollständig) + 80,0 + 100,0 + 160,0 (Bruchstücke)
	i)	/	16,0 (2x)
	j)	/	9,30 (6x, Bruchstücke)
	k)	/	55,8 (Bruchstück)
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a)	/	12,0 + 9,0
	b)	/	7,0
13: <i>Alternaria</i> sp.	a)	/	14,0 (2x)
14: Sonstige	a)	Parasit (unbestimmt)	39,0

Fortsetzung der Tab. 2 (Anhang): *M. tenuicornis*

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)
0: Copep. (kompl.)	a)	/	?
	b)	/	?
1: Gnathobase (schmal)	a)	/	15,0
	b)	/	6,5
2: Gnathobase (breit)	a)	/	13,95
4: Dinoflagellat	a)	<i>Goniaulax</i> sp.	33,0
	b)	<i>Goniaulax</i> sp.	55,8
	c)	<i>Protoperidinium</i> sp.	9,30 (2x) + 18,0 (5x) + 28,0 (1x) + 35,0 (2x)
	d)	<i>Protoperidinium</i> sp.	25,0
	e)	<i>Prorocentrum</i> sp.	15,0
	f)	<i>Cladopyxis brachiolata</i>	18,0 (Bruchstück)
	g)	<i>Prorocentrum</i> sp.	9,9
	h)	<i>Cladopyxis brachiolata</i>	32,5 (2x, Bruchstücke)
	i)	<i>Cladopyxis brachiolata</i>	100,0 (vollständig)
	j)	<i>Prorocentrum</i> sp.	10,0
	k)	<i>Protoperidinium</i> sp.	13,0
	l)	<i>Prorocentrum</i> sp.	7,0
	m)	<i>Dinophysis</i> sp.	15,0 (3x) + viele kleine Bruchstücke
	n)	/	32,5 + 42,0
5: Silicoflagellat	a)	/	23,3
	b)	/	24,0 + 6,00 (5x)
	c)	/	3,00 (Bruchstück)
	d)	/	30,0 (vollständig)
	e)	/	25,0 (2x) + 28,0 (1x)
	f)	/	25,0 (3x)
	g)	/	18,6 (3x, Bruchstücke)
	h)	/	30,0 (4x)
	i)	/	28,0
	j)	/	19,0 (2x, Bruchstücke)
	k)	/	36,0
	l)	/	31,0
	m)	/	21,0 (2x, Bruchstücke)
	n)	/	14,0 (Bruchstück)
6: Diatomee	a)	<i>Mesoporus perforatus</i>	16,7
	b)	Dauerspore	11,0
	c)	/	18,0 (1x) + 27,0 (2x) (Bruchstücke)
	d)	/	20,5 + 9,30 (Bruchstücke)
	e)	Dauerspore	9,30 (11x)
	f)	/	14,0 + 9,30 (Bruchstücke)
	g)	/	4,60 (Bruchstück)
	h)	/	9,30 (1x) + 4,60 (3x)
	i)	zentrisch	24,0
	j)	/	3,0 (Bruchstück)
	k)	zentrisch	15,0
	l)	<i>Chaetocerus</i> sp.?	30,0
	m)	/	12,5 (Bruchstück)
	n)	/	22,0
	o)	zentrisch	28,0
	p)	ringförmig	15,0
	q)	/	56,0
	r)	/	30,0 (2x) + 24,0 (1x)
s)	<i>Chaetocerus</i> sp.?	12,0	
t)	ringförmig	15,0	
u)	<i>Asteromphalus</i> sp.	25,0	
7: Tintinne	a)	/	9,3
	b)	/	84,0
	c)	/	23,3 ("Spitze"-Bruchstück)
8: Radiolaria	a)	/	42,0 (2x)
	b)	/	14,0 (10x)
	c)	/	21,4 + 37,2 + 102,3 (Bruchstücke)
	d)	/	14,0 (Bruchstück)
	e)	/	18,6 (2x)
	f)	/	32,0
	g)	/	30,0 + 18,0 + 6,00 (Bruchstücke)
	h)	/	9,30 (1x) + 14,0 (2x)
	i)	/	70,0

Fortsetzung der Tab. 2 (Anhang): *M. tenuicornis*

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (μm) und Mengenangabe	Vol. (μm^3)
9: Crysophyceen-Zyste	a)	/	393,6
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a)	4,70 - 28,0 (300x)	87990,6
	b)	bis 25,0 (199x)	281492,4
	c)	10,2	95,1
	d)	12,1	159,3
	e)	9,30 bis 16,7 (mehr als 300x)	59580,2
	f)	10,0	90,5
13: <i>Alternaria</i> sp.	a)	65,0 (3x)	11612,5
	b)	41,0	972,7
	c)	20,5	121,6
	d)	22,3	155,9
	e)	44,6 (2x)	2493,8
	f)	74,0	5677,1
	g)	13,0 - 20,5 (26x)	1706,1
	h)	37,2 (5x)	3586,7
	i)	37,2 (38x)	27257,4
	j)	13,0 (10x) + 40,0 (5x)	4838,3
14: Sonstiges	a)	Nematoda	/
	b)	höhere Alge	4071,5

Tab. 2 (Anhang): Ergebnis der Darminhaltsanalyse

MN = Multinetz; CV = CV-Stadium; f = Weibchen; m = Männchen

P. denudatus

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
452	4	CV	525	50															a	
452	5	CV	437,5	20															b	

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a)	/	14,0 (3x)
	b)	/	13,3 (2x)

P. nanus

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
452	2	CV	450	10															c	
452	4	f	462,5	30															a	
452	4	f	475	30															b	
519	3	CV	437,5	80					a											

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)
4: Dinoflagellat	a)	<i>Protopteridinium</i> sp.	29,8
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a)	/	16,7 (2x)
	b)	/	16,7 (2x)
	c)	/	16,7

P. crassirostris

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
455	3	f	425	20						a										
455	4	f	412,5	50															a	
455	4	m	312,5	50						a										
493	5	f	425	20					b										a	
519	3	m	350	10						b									a	

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe	Vol. (µm ³)
4: Dinoflagellat	a)	<i>Prorocentrum</i> sp.	6,0
	b)	<i>Cladopyxis quadrispina</i>	18,7
6: Diatomee	a)	Dauerspore	5,2
	b)	Dauerspore	5,6
11: Coccolithophoridae	a)	<i>Acanthoica quatrosipina</i>	11,2
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a)	/	15,0
13: <i>Alternaria</i> sp.	a)	/	10,0

Tab. 2 (Anhang): Ergebnis der Darminhaltsanalyse
 MN = Multinetz; CV = CV-Stadium; f = Weibchen; m = Männchen

C. vanus

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
452	1	CV	725	20															a	
452	2	f	750	20															b	
452	3	f	737,5	20							a								c	
519	2	f	750	30															a	
519	3	m	750	20															b	

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe
6: Diatomee	a) Dauerspore	7,4
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a) /	12,1
	b) /	12,1
	c) /	4,7
13: <i>Alternaria</i> sp.	a) /	54,0
	b) /	24,2

T. mayumbaensis

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
455	2	f	625	20						a										
455	3	f	625	30							a									
455	3	f	650	20							a									

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe
4: Dinoflagellat	a) /	12,1
5: Silicoflagellat	a) <i>Dictiocha</i> sp.	26,0
6: Diatomee	a) Dauerspore	9,3

A. negligens

Station	MN	Geschl. Stadium	Cephalothorax-länge (µm)	Darm-füllung (%)	Nahrungs-Kategorie															
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
455	2	CIV	775	30															a	
455	3	CIV	812,5	20							a									
493	4	f	837,5	100															b	
493	4	f	800	30															c	

Nahrungs-Kategorie:	Bezeichnung	Maß- (µm) und Mengenangabe
6: Diatomee	a) Dauerspore	8,4 (2x)
12: <i>Ulocladium</i> sp.	a) /	10,2 (6x)
	b) /	8,4 (2x) + 13,0 (1x) + 15,7 (4x)
	c) /	15,7 (2x)

