

**Bentho-pelagische Kopplungsprozesse im arktischen
Mellemfjord (Westgrönland) unter besonderer
Berücksichtigung benthischer Peracarida
(Malacostraca, Crustacea)**

**Benthic-pelagic coupling in the Arctic Mellemfjord
(West-Greenland) with special focus on benthic Peracarida
(Malacostraca, Crustacea)**

Jörg Nickel

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 491 (2004)
ISSN 1618 - 3193**

Jörg Nickel

Zoologisches Institut und Zoologisches Museum
Martin-Luther-King-Platz 3
D-20146 Hamburg

E-Mail: j.nickel@web.de

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich unveränderte Fassung einer Dissertation, die im September 2003 dem Fachbereich Zoologie der Universität Hamburg vorgelegt wurde.

Inhalt		1
Zusammenfassung		5
Summary		6
1. Einleitung		7
2. Geographie und Hydrographie		11
2.1	Untersuchungsgebiet Mellemfjord (Disko-Insel, Westgrönland)	11
2.2	Eisbedeckung	14
2.3	Sedimente	15
3. Material und Methoden		16
3.1	Probenstationen	16
3.2	Probenzyklen	17
3.3	Faunistische Untersuchungen	18
3.3.1	Fanggerät: Rauschert-Dredge	18
3.3.2	Probenbearbeitung	19
3.3.3	Bestimmung der Arten	20
3.3.4	Terminologie	20
3.3.5	Datenauswertung	20
3.3.5.1	Gemeinschaftsanalyse	20
3.3.5.2	Einfluss der Umweltfaktoren auf die Gemeinschaftsstruktur	22
3.3.5.3	Arten-Areal-Kurve	23
3.3.5.4	Diversität	23
3.3.5.5	Saisonalität der Reproduktion	23
3.4	Umwelt-Parameter	24
3.4.1	Vertikalplanktonnetz	24
3.4.2	CTD-Sonde	24
3.4.3	Sedimentcorer (HAPS)	25
3.4.4	Sedimentfalle	26
3.5	Biochemische Analysen	27
3.5.1	Sedimentanalysen	27
3.5.1.1	Analyse des Chlorophyll <i>a</i> -Gehaltes im Sediment	27
3.5.1.2	Analyse des C/N-Verhältnisses und des organischen Kohlenstoffgehalts (C _{Org})	27
3.5.2	Lipiduntersuchungen	28
3.5.2.1	Behandlung der Proben an Bord	28

INHALT

3.5.2.2	Lipidextraktion	29
3.5.2.3	Bestimmung der Lipidklassen	29
3.5.2.4	Bestimmung des Fettsäure-/Fettalkoholmusters	30
4.	Ergebnisse	32
4.1	Faunistische Untersuchungen	32
4.1.1	Artenzahlen und Individuenzahlen	32
4.1.1.1	Anteile der Peracarida-Ordnungen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen	32
4.1.1.2	Diversitäten und Abundanzen der 12 Stationen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen	33
4.1.1.3	Anteile der Peracarida-Ordnungen an den einzelnen Stationen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen	38
4.1.2	Saisonale Variationen der mittleren Körpergröße bei ausgewählten (abundanten) Arten	39
4.1.3	Saisonalität der Reproduktion	44
4.2	Biochemische Analysen	46
4.2.1	Lipidklassen	46
4.2.2	Fettsäuremuster	48
4.3	Umweltparameter	49
4.3.1	Sedimentanalysen	49
4.3.1.1	Klassifikation	49
4.3.1.2	Biochemische Sedimentanalysen	50
4.3.1.2.1	C/N-Verhältnis	50
4.3.1.2.2	Chlorophylläquivalente (CPE)	51
4.3.1.2.3	Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})	52
4.3.1.2.4	Sedimentation	53
4.3.2	Hydrografie des Mellemfjords	54
4.3.2.1	Salzgehalt und Temperatur	54
4.3.2.2	Fluoreszenz	56
4.3.2.3	Zooplanktonkonzentration	60
4.4	Gemeinschaftsanalyse	62
4.4.1	Arten-Areal-Kurve des Mellemfjords	62
4.4.2	Multidimensionale Skalierung (MDS) und hierarchische Clusteranalyse	63
4.4.3	Korrelation der Peracarida-Verteilungsmuster mit Umweltparametern	67
4.4.4	Diversität	68

5.	Diskussion	71
5.1	Der Mellemfjord – ein hocharktischer Fjord?	71
5.2	Hydrographie	73
5.3	Plankton	74
5.3.1	Phytoplankton	74
5.3.2	Zooplankton	79
5.4	Sediment	83
5.4.1	Sedimentfalle	84
5.4.2	C/N-Verhältnis	86
5.4.3	Chlorophylläquivalente (CPE)	87
5.4.4	Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})	88
5.5	Anteile der Peracarida-Ordnungen in Hinsicht auf Arten- und Individuenzahl	89
5.6	Diversität	90
5.7	Arten-Areal-Kurve des Mellemfjords	93
5.8	Multidimensionale Skalierung (MDS) und hierarchische Clusteranalyse	94
5.9	Korrelation der Peracarida-Verteilungsmuster mit Umweltparametern	94
5.10	Saisonalität der Lebenszyklen	95
5.10.1	Cumacea	96
5.10.2	Amphipoda	98
5.11	Lipiduntersuchungen und saisonale Aspekte von <i>Melita dentata</i> und <i>Akanthophoreus</i> spp.	99
5.11.1	Methodenkritik	99
5.11.2	Lipidklassen	99
5.11.3	Fettsäuremuster	101
6.	Schlussfolgerungen	103
7.	Literatur	105
8.	Anhang	123
9.	Danksagung	136

ZUSAMMENFASSUNG

1998 und 1999 wurden zwei Forschungsreisen zur westgrönländischen Disko-Insel (69° N, 054° W) unternommen. Über einen Gesamtzeitraum von sieben Monaten wurden im Mellemfjord, an der Westküste der Insel, an 12 Stationen Zeitserien-Probennahmen durchgeführt. Im Mittelpunkt dieser Studie standen die Peracarida, die im Nahrungsnetz der Meere eine zentrale Rolle spielen. Zusätzlich wurden sowohl Daten über die Wassersäule als auch über den Meeresboden erhoben. Der Hintergrund war dabei die Frage, inwieweit die Umweltfaktoren in dem Fjord der Saisonalität unterliegen und welchen Einfluss diese Faktoren auf die Peracarida haben.

Der Mellemfjord erwies sich als Seegebiet, das sich recht deutlich von dem die Insel umgebenden Gewässer unterscheidet. Die Ergebnisse zeigten, dass dort Bedingungen vorliegen, die sonst eher in Gebieten noch höherer Breiten vorherrschen.

66 Arten und 12.009 Individuen von Peracarida konnten identifiziert werden. Die Amphipoden waren mit 44 Arten am diversesten. Damit konnten fast 10 % der aus der Arktis bekannten Amphipoden-Arten im Mellemfjord nachgewiesen werden.

Viele der untersuchten Umweltfaktoren zeigten eine klare Saisonalität. Analysen des Phytoplanktons und des Sedimentchemismus sprechen für eine ausgeprägte Frühjahrsblüte. Die Zooplanktonbiomasse zeigte einen der Phytoplanktonblüte gegenüber zeitverzögerten Anstieg. Eine im Fjord installierte Sedimentfalle zeigte hohe Sedimentationsraten. Ein großer Anteil des gesammelten Materials war terrigenen Ursprungs.

Untersuchungen der Speicherstoffzusammensetzung, der durchschnittlichen Körpergröße und saisonal auftretender Reproduktionsstadien deuteten bei einigen Arten auf eine benthopelagische Kopplung mit dem Sedimentationsereignis hin. Dieser Trend konnte allerdings nicht für alle Arten bestätigt werden.

SUMMARY

In 1998 and 1999 two research cruises were conducted to the West-Greenlandic Disko Island (69° N, 054° W). Time-series data were collected for seven months at 12 stations in the Mellemfjord on the west coast of the island. The main focus of the present study was on the Peracarida which play a central role in the marine food web. Additionally, water column and sediment data were collected in the context of the question whether the environmental factors of the Mellemfjord show seasonal changes and, if so, whether these influence the Peracarida.

The Mellemfjord proved to be clearly different from the surrounding waters with results indicating that conditions in the fjord resemble areas of higher latitudes.

A total of 66 species and 12,009 individuals of peracarids were identified in the present study. Amphipoda were the most diverse group with 44 species, i.e., nearly 10 % of the amphipod species known from the arctic regions were found in the Mellemfjord.

Many of the measured environmental parameters showed a clear seasonality. Phytoplankton and sediment chemistry analyses indicate a pronounced spring bloom. A time lag occurred between the increases in phytoplankton and zooplankton biomass. Sediment trap data showed high sedimentation rates in the Mellemfjord. Most of the material collected in the trap was of terrigenous origin.

Analyses of the lipid composition, mean body size and seasonally occurring reproductive stages indicated that for some species benthic-pelagic coupling with sedimentation events existed. However, such trend could not be confirmed for all species.

1. EINLEITUNG

Die Arktis hat die Menschen von jeher fasziniert. Riesige zerklüftete Eisberge, meterdicke Eisdecken auf dem Meer, Kälte und lange Monate der Dunkelheit ließen die Region als besonders lebensfeindlich erscheinen. Vor weniger als einem Jahrhundert erst erblickte ein menschliches Auge den Nordpol. Von diesem Zeitpunkt an wurden zahlreiche Expeditionen in die Arktis durchgeführt, die nicht nur die Eroberung von Territorien und Ressourcen, sondern auch die wissenschaftliche Erforschung der Tier- und Pflanzenwelt an Land und im Meer zum Ziel hatten.

Die Küste Grönlands und besonders deren westlicher Teil, ist noch immer ein vergleichbar wenig erforschtes Gebiet, während die Ostküste regelmäßig u.a. vom FS „Polarstern“ des Alfred-Wegener-Instituts für Polarforschung (AWI) aufgesucht wird. Die Geschichte der Erforschung dieses Gebietes wurde von DUNBAR (1951) ausführlich dargestellt. Einen wichtigen Grundstein bei der Erforschung der grönländischen Fauna hatte schon 1780 der Däne FABRICIUS mit seiner „Fauna Groenlandica“ gelegt (FABRICIUS 1780). Obwohl es auch später immer wieder Expeditionen in die nördlichen Breiten gab, ist doch die Anzahl der ökologischen Forschungsansätze sehr gering. Expeditionen in grönländische Gewässer wie die „Dana“- (1928-30), „Ingolf“- (1895-96), oder „Godthåb“-Expedition (1928) hatten eher eine faunistische oder taxonomische Prägung (KRØYER 1838; HANSEN 1888; JESPERSEN 1923; STEPHENSEN 1933; VIBE 1939, 1950; JUST 1980) und auch Untersuchungen jüngerer Zeit, die u. a. vom grönländischen Naturinstitut in Nuuk mit den Forschungsschiffen „Adolf Jensen“ und „Paamiut“ unternommen wurden, fokussieren eher auf *ökonomisch* bedeutsamen Arten wie der Tiefseegarnele (*Pandalus borealis* Krøyer, 1838), der Seespinnne (*Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788)), der Kammmuschel (*Chlamys islandica* Müller, 1776) sowie den Fischarten Heilbutt (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum 1792)), Rotbarsch (*Sebastes marinus* (Linnaeus, 1758) und *S. mentella* (Travin, 1951)), Lachs (*Salmo salar* Linnaeus, 1758), Lodde (*Mallotus villosus* (Müller, 1776)) und Dorsch (*Gadus morhua* Linnaeus, 1758). Erste ökologische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen wurden von THORSON (1933) und VIBE (1939) durchgeführt. Im Bereich der westgrönländischen Disko-Insel wurden schon interessante Entdeckungen gemacht, etwa die der neuen Tiergruppe Micrognathozoa (KRISTENSEN & FUNCH 2000).

Mit meiner Arbeit möchte ich einen Beitrag zum Verständnis der Prozesse in arktischen Gewässern leisten, einen Beitrag zu der Frage, wie Tiere unter diesen besonderen Bedingungen der Arktis leben. Zu diesem Zweck wollte

ich nicht nur die Abundanz und Diversität der Peracarida in dem ausgewählten Gebiet untersuchen, sondern habe dazu eine ganze Reihe von Umweltfaktoren analysiert, die für die Tiere von Bedeutung sein dürften. Dass das Leben auf dem Meeresboden in enger Wechselwirkung mit den Prozessen in der Wassersäule steht, ist unumstritten. Die Erforschung benthopelagischer Kopplungsprozesse war Gegenstand vieler interessanter Studien in den letzten Jahren (z. B. GRAF 1989, 1992; GREBMEIER et al. 1988, 1989; GREBMEIER & McROY 1989; BRANDT 1995). Ob sich aber pelagische Phänomene wie z. B. eine Frühjahrssedimentation direkt auf die Zusammensetzung oder Reproduktionsstadien der benthischen Peracarida auswirkt, soll hier untersucht werden.

Peracarida (Ranzenkrebse) spielen im Nahrungsnetz des polaren Benthos eine ganz wichtige Rolle. Die wichtigsten fünf Ordnungen – Amphipoda (Flohkrebse), Cumacea (Schlickkrebse), Isopoda (Asseln), Mysidacea (Schwebgarnelen) sowie Tanaidacea (Scherenasseln) finden sich in großer Zahl in allen Meeren. Die grönländischen Peracarida sind sehr niedrigen Temperaturen ausgesetzt, die zeitweise um den Gefrierpunkt liegen. Damit hat ihr Lebensraum eine wichtige Gemeinsamkeit mit der Tiefsee. Selbst in der Tiefsee tropischer Breiten herrschen Temperaturen von etwa 2-4 °C. Was also die polaren Regionen als einen extremen Lebensraum kennzeichnet, ist weniger die niedrige Temperatur, als viel mehr die hohe Saisonalität der Sonnenstrahlung, damit der Eisbedeckung und damit des Nahrungsangebotes.

Das Besondere an dieser Studie ist jedoch, dass hier nicht, wie sonst üblich, einmalig Proben an bestimmten Stationen genommen wurden. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden die gleichen Stationen viermal, in unterschiedlichen Jahreszeiten, beprobt. Derartige Zeitserien-Probennahmen, die saisonale und ökologische Aspekte berücksichtigen, sind in der Polarforschung sonst sehr schwer durchführbar und daher besonders wertvoll. Erste Untersuchungen wurden im Sommer 1998 im Rahmen einer dänisch-deutschen Gemeinschaftsexkursion angestellt. Ein zweite Reise fand 1999 über den Zeitraum von fünf Monaten statt. Erste Ergebnisse der Peracarida-Fauna aus dem Mellemfjord der Disko-Insel wurden bei LÖRZ et al. (1999) und LÖRZ (2000) veröffentlicht. Vergleichbare Untersuchungen beschränken sich auf Amphipoden und stammen aus gemäßigten Breiten (ROBERTSON et al. 1989) oder beschränken sich auf eine Zeitserienprobennahme über einen Monat (SEJR et al. 2000).

Um mehr über trophische Interaktionen in marinen Systemen zu erfahren, bieten sich biochemische Untersuchungen an. Lipide erfüllen in den

Organismen eine Vielzahl wichtiger Aufgaben. Sie bilden z. B. die Gerüstsubstanzen von Biomembranen, sind beteiligt an Informationsverarbeitung und am Energietransport. Ganz besondere Bedeutung haben die Lipide aber für Tiere in den Polargebieten, wie z. B. den Peracarida. So wird die Funktion der Biomembranen auch in extremer Kälte unter anderem durch einen erhöhten Anteil ungesättigter Fettsäuren aufrechterhalten, die die Membranfluidität poikilothermer Tiere auch bei Minustemperaturen gewährleisten (CLARKE 1983). Eine ganz wichtige Voraussetzung zum Überleben in den Polarregionen unter den extremen Bedingungen wie hoher Saisonalität des Nahrungsangebotes und Kälte ist aber die Fähigkeit, Energie zu speichern und schnell wieder nutzbar zu machen. Auch diese Möglichkeit bieten Lipide. Als Speicherstoffe kommen dabei sowohl Triacylglycerine als auch Wachsester in Frage. Untersuchungen sind bisher vor allem an planktischen Arten, wie herbivoren Copepoden vorgenommen worden, da sich an diesen, als Konsumenten erster Ordnung, pelagische Phänomene wie eine Phytoplanktonblüte am schnellsten nachweisen lassen (HAGEN 1988; KATTNER & KRAUSE 1989). Dabei ist es interessant zu prüfen, ob sich Auswirkungen großer Frühjahrsblüten auch an benthischen Organismen, die erst zeitverzögert nach einem Sedimentationsereignis von einer Planktonblüte profitieren können, nachvollziehen lassen. Neben der Art und Menge der Speicherlipide haben in den vergangenen Jahren auch die Untersuchung der Fettsäuremuster als trophische Marker an Bedeutung gewonnen (KATTNER & HAGEN 1995; GRAEVE et al. 1997). Diese Fettsäuren werden unverändert aus der Nahrung in die Speicherlipide eingebaut. Sie können Erkenntnisse über Nahrungspräferenzen der Tiere liefern, die im Gegensatz zu Mageninhaltsuntersuchungen nicht nur eine Momentaufnahme darstellen.

Die Untersuchungen wurden in einem arktischen Fjord der westgrönländischen Disko-Insel, dem Mellemfjord (69° N, 054° W) vorgenommen, in dem zuvor noch keine biologischen Benthosuntersuchungen stattgefunden haben. Nach SYVITSKI et al. (1986) handelt es sich bei einem Fjord um einen Ästuar hoher Breitengrade, welcher durch Gletscher gebildet oder verändert wurde. Ozeanologisch betrachtet sind Fjorde ästuar Seewasserreservoirs mit großer Tiefe (GADE 1986).

In dem Fjord wurden während der gesamten eisfreien Saison wiederholt die gleichen Stationen beprobt, um so ein Abbild der saisonalen Veränderungen in der Wassersäule und am Meeresboden zu bekommen. Dabei stehen die Faktoren, die das Leben der Peracarida bestimmen, im Mittelpunkt des Interesses.

EINLEITUNG

In der vorliegenden Arbeit soll vor allem folgenden Fragen nachgegangen werden:

- 1) Wie divers ist der Mellemfjord in Bezug auf benthische Peracarida? Wie ist dieser Wert weltweit einzuordnen?
- 2) Welche biotischen und abiotischen Parameter, die für die Peracarida von Bedeutung sind, liegen im Fjord vor, und zeigen diese eine Saisonalität?
- 3) Lassen sich Korrelationen zwischen den Besiedlungsmustern der Peracarida und Umweltfaktoren nachweisen?
- 4) Gibt es eine Saisonalität der Reproduktion bei einzelnen Arten, und lässt sich diese mit Umweltfaktoren wie z. B. dem Nahrungsangebot koppeln?
- 5) Lässt sich anhand biochemischer Marker eine Saisonalität in der Speicherstoffzusammensetzung einzelner Arten oder eine Nahrungspräferenz nachweisen?
- 6) Welche bentho-pelagischen Kopplungsprozesse lassen sich im Mellemfjord am Beispiel der Peracarida nachvollziehen?

2. GEOGRAPHIE UND HYDROGRAPHIE

2.1 Untersuchungsgebiet Mellemfjord (Disko-Insel, Westgrönland)

Grönland wird von zwei großen Meeresströmungen beeinflusst (Abb. 1), auf der Ostseite der Insel durch den Ostgrönlandstrom (2), der südwärts setzt. Dieser Strom transportiert sehr kaltes, arktisches Wasser und ist dazu mit großen Eismassen beladen. Schmelzende Eisberge und Zuströme vom Inlandsgletscher sorgen für eine verringerte Salinität (BORN & BÖCHER 2001).

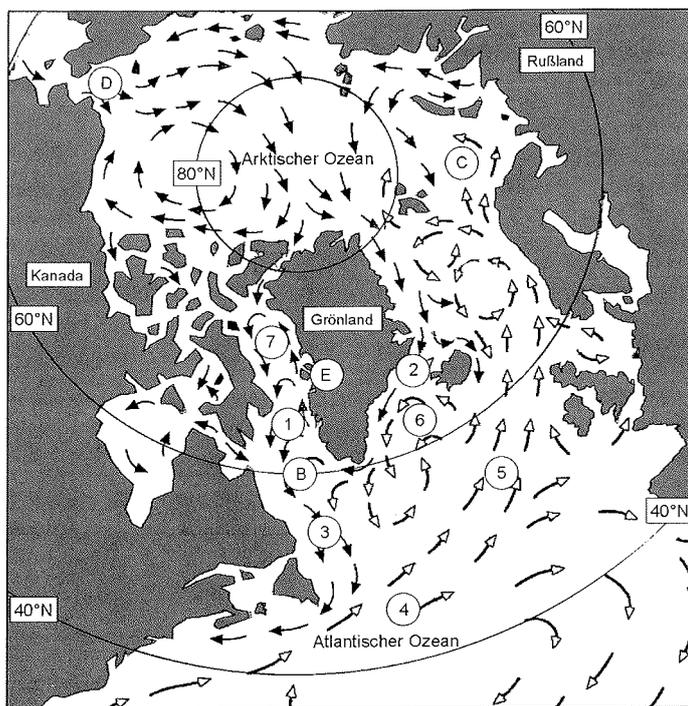


Abb. 1: Strömungsregime und Seegebiete der Arktis. A Baffin Bay; B Davis Straße, C Barents See; D Bering Straße; E Disko/Qeqertarsuaq; 1 West-Grönlandstrom; 2 Ost-Grönlandstrom; 3 Labradorstrom; 4 Golfstrom; 5 Nordatlantikstrom; 6 Irmingerstrom; 7 Baffinstrom. Helle Pfeile deuten warme, dunkle Pfeile kalte Strömungen an. Verändert nach BORN & BÖCHER (2001).

Auf der Westseite fließt der West-Grönlandstrom (1) durch die Davis Straße (B) nordwärts, der kaltes, vom Ost-Grönlandstrom beeinflusstes Wasser transportiert. Die Disko-Insel (E) wird zusätzlich von einer kalten Strömung, der Baffin Strömung (7), erfasst. Aus Norden kommend, transportiert sie

kaltes arktisches Wasser geringerer Salinität. Ein dritter Faktor ist warmes und salzreiches, vom Irminger Strom (6), einem Ausläufer des Golfstroms (4), beeinflusstes Wasser, das nordwärts strömt (ANDERSEN 1981a; 1981b). Die Disko-Bucht (E), im südlichen Bereich der Baffin Bay (A) steht unter dem Einfluss dieser unterschiedlich warmen Strömungen. Die sie umgebenden Gewässer können damit in unterschiedlichen Tiefen und unterschiedlichen Jahreszeiten wechselnden Bedingungen im Hinblick auf Temperatur und Salinität ausgesetzt sein (ANDERSEN 1981b; BUCH 1984, 1990).

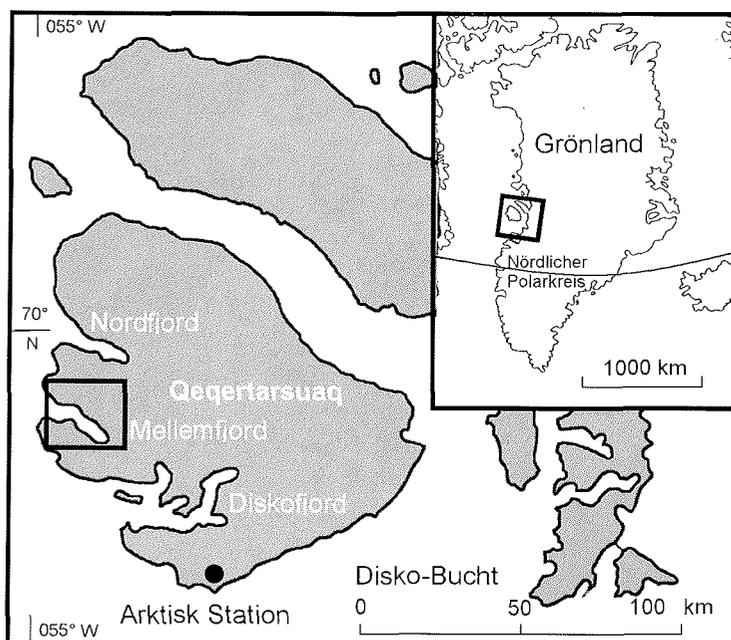


Abb. 2: Die Disko-Insel an der Westküste Grönlands. Markierung: Untersuchungsgebiet Mellemfjord.

Die Disko-Insel (grönländisch: *Qeqertarsuaq*) (Abb. 2), liegt 225 Kilometer nördlich des Polarkreises. Über ihre Größe finden sich unterschiedliche Angaben. Ihre Fläche beträgt rund 7.000 km² (GILBERT et al. 1998), bzw. 8.600 km² (NIELSEN et al. 1998; HUMLUM et al. 1995) und ist damit in jedem Fall die größte Insel in den grönländischen Gewässern. Die größte Siedlung, ebenfalls mit Namen Qeqertarsuaq, liegt an der Südspitze der Insel mit ca. 1.000 Einwohnern. Dort befindet sich auch die zur Uni Kopenhagen gehörende ARKTISK STATION, der Stützpunkt dieses Forschungsprojektes. Sie bietet mit

ihrer Ausstattung und dem kleinen Forschungsschiff „Porsild“ sehr gute Bedingungen, um die küstennahen Gewässer zu untersuchen. Der Mellemfjord (*Akulliit*) ist der mittlere von drei Fjorden an der Westküste der Disko-Insel (Abb. 2). Nördlich davon liegt der Nordfjord (*Kangersooq*), südlich der Diskofjord (*Kangerluk*). Es handelt sich bei dem Mellemfjord um einen von steilen Basaltbergen umgebenen arktischen Fjord. Er ist ca. 25 km lang und maximal 5 km breit (Abb. 3). Seine Oberfläche beträgt ca. 80 km² und sein Drainagegebiet, das Gebiet, aus dem Niederschläge in den Fjord strömen, umfasst 445,7 km². Dies entspricht zwei Dritteln der Fläche von Hamburg. Dieses Gebiet besteht zu 12,7 % aus Gletschern (NIELSEN et al. 1998). Es fließen jährlich rund 178×10^6 m³ Frischwasser aus sechs Flüssen in den Fjord (GILBERT et al. 1998). Der Mellemfjord ist in der Uferzone relativ steil und fällt schnell auf Tiefen von über 30 m ab (Abb. 3 und 4). FRISCHE et al. (1995) berechneten für den Fjord ein Gesamt-Wasser-Volumen von 2,71 km³. Die tiefste Stelle (eigene Messungen) liegt etwa bei 150 m (Abb. 4). Der Tidenhub beträgt rund 2,2 Meter. Die Jahresdurchschnittstemperatur der Luft, ermittelt in den Jahren 1993-1996 betrug -9 °C, (GILBERT et al. 1998). Sie liegt damit 5 Grad unter jener von Qeqertarsuaq. Die Oberflächentemperatur des Wassers kann in den Sommermonaten 9 °C erreichen (eigene Messung).

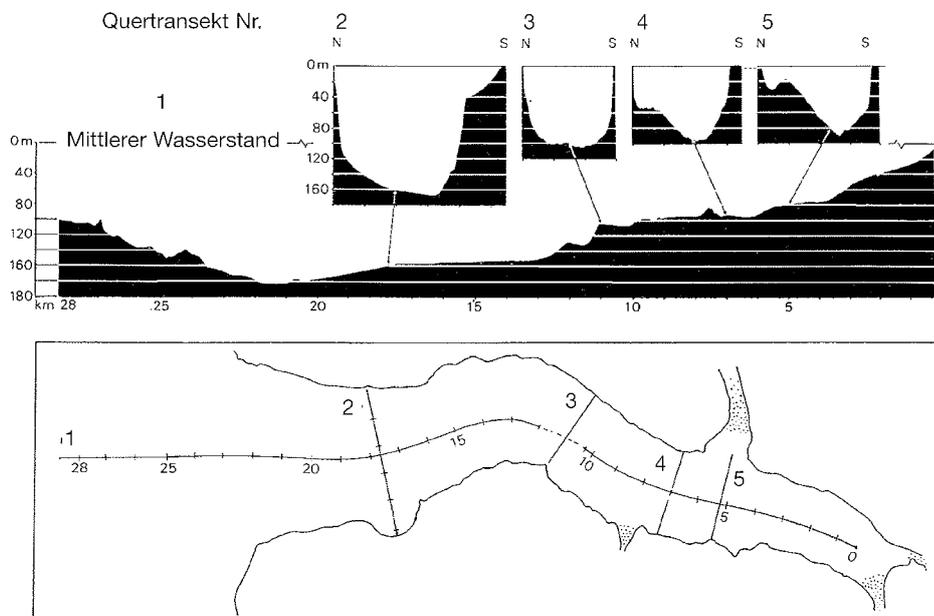


Abb. 3: Tiefenprofil des Mellemfjords. Verändert nach NIELSEN (1978).

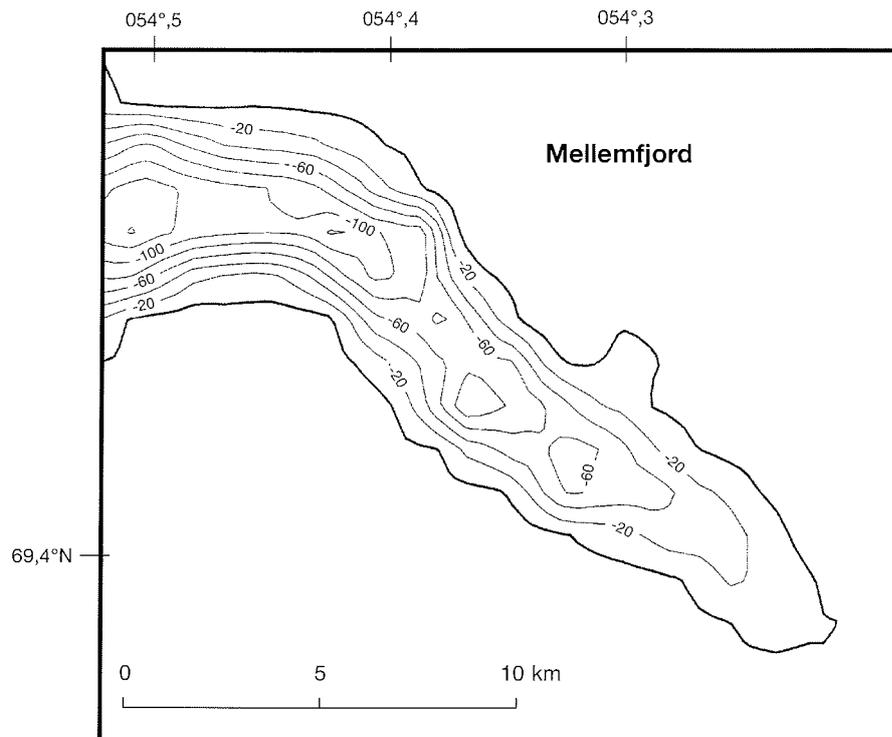


Abb. 4: Tiefenzonierung des Mellemfjordes nach FRISCHE et al. (1995).

2.2 Eisbedeckung

Über den genauen Zeitraum der jährlichen Eisbedeckung des Mellemfjordes sowie die Dicke der Eisschicht liegen keine zuverlässigen Daten vor. Nach Angaben des Dänischen Meteorologischen Instituts (K.Q. HANSEN, DMI, pers. Komm.), das Satellitenbilder auswertet und Informationen von lokalen Fischern bricht das Eis des Mellemfjordes meistens Mitte bis Ende Mai auf. Dies geschieht in der Regel einige Wochen später als in den Gebieten des freien Wassers im südlichen Bereich der Disko-Bucht. Die Eisdecke kann eine Dicke von bis zu einem Meter (ANDERSEN 1981b) und mehr (eigene Messungen Anfang Mai 1999) erreichen. Im Jahr 1999 brach das Eis demnach erst relativ spät auf: Nicht vor Ende Mai konnten die innersten Stationen im Mellemfjord erreicht werden (siehe Tab. 2), indem Rinnen mit der „Porsild“ durch das Eis gebrochen wurden. Erst Ende Juni war das Eis aus dem Fjord verschwunden (K.Q. HANSEN, DMI, pers. Komm.). Bereits Ende September

1999 begann schon wieder die Neueisbildung, was ungewöhnlich früh war (DÄNISCHES METEOROLOGISCHES INSTITUT sowie J. BROBERG, Kapitän des FS „Porsild“, pers. Komm.).

2.3 Sedimente

Über die genaue Sedimentzusammensetzung des Mellemfjords ist wenig bekannt. Einige Ergebnisse über diesen und die beiden benachbarten Fjorde finden sich bei GILBERT et al. (1998) und DESLOGES et al. (2002), sowie in den Berichten von Studentenexkursionen des Geographischen Instituts der Universität Kopenhagen (ENGRAF et al. 1980; HANSEN et al. 1995). Der Mellemfjord lässt sich demnach anhand seiner Sedimentstruktur in zwei unterschiedliche Gebiete unterteilen: Das Sediment im Bereich zwischen Mündung und dem von NIELSEN (1978) definierten Quertransekt 3 (Abb. 3) hat einen Wassergehalt von über 36 % und eine Dichte von $1,0 \text{ g cm}^{-2}$, der Tongehalt beträgt über 13 %. Die Gesamtsedimentdicke des Mellemfjords beträgt dort ca. 11 m bei einem jährlichen Zuwachs von 1 mm. Im Gegensatz dazu wird das Sediment im östlichen Bereich zwischen dem Quertransekt 3 und dem Kopf des Fjordes durch mehrere große Süßwassereinströme beeinflusst (Abb. 3). Die Sedimente bestehen hier aus mittel- bis dunkelbraunem sandigem Silt, der von unterbrochenen Streifen feinen Sandes und größeren Bereichen mit grobem Sand und feinem Kies durchsetzt wird. Der Tongehalt beträgt bis zu 5 %. Das Sediment besitzt eine Dichte von 1,1 bis $1,5 \text{ g cm}^{-2}$ und einen Wassergehalt zwischen 18 und 28 %. Die Gesamtsedimentdicke ist dort ca. 6 m, mit einem jährlichen Zuwachs von rund 0,4 mm. Eine grobe Charakterisierung der an den Probenstationen vorgefundenen Sedimente wurde anhand wiederholter Proben mit dem HAPS (siehe Kap. 3.4.3) und einem Mini Van Veen-Greifer (siehe Kap. 3.3.1) angestellt.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1 Probenstationen

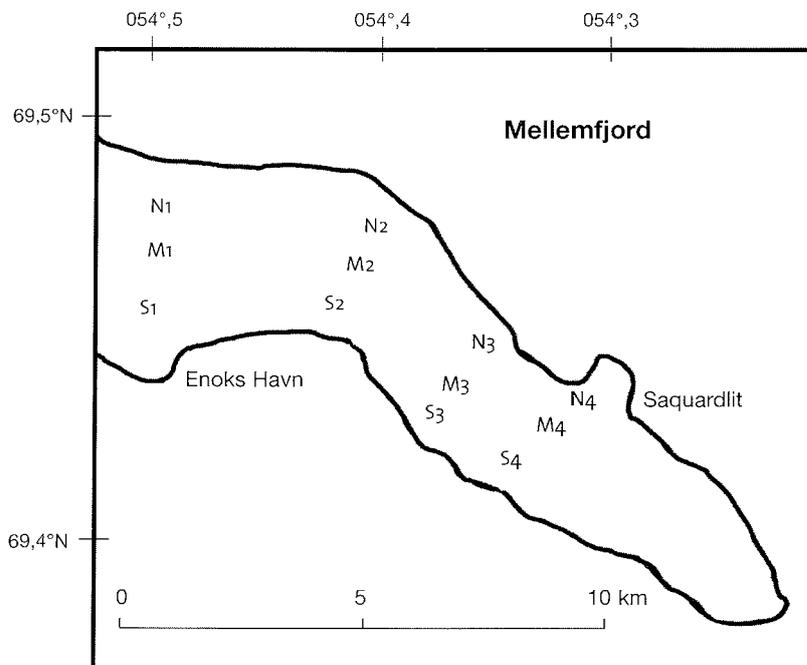


Abb. 5: Mellemfjord mit Probenstationen.

Im Mellemfjord wurden vier Quertransekte mit jeweils drei Stationen und drei Längstransekte mit jeweils vier Stationen definiert (Abb. 5). Damit ergab sich ein Gitter von insgesamt 12 Stationen. Die Quertransekte wurden von der Fjordmündung zum Kopf hin von 1 bis 4 durchnummeriert. Die Längstransekte tragen die Buchstaben „N“ (Nordtransekt), „M“ (mittlerer Transekt) und „S“ (Südlicher Transekt). Aus der Kombination der Nummern und Buchstaben ergibt sich der Stationsname. Die nördlichen und die südlichen Stationen lagen bei 50-60 Metern Tiefe. Die mittlere Station war jeweils die tiefste Stelle des Quertransektes und lag bei ~145 m (M1), ~110 m (M2), ~95 m (M3) sowie ~75 m (M4).

Da die Uferzone durch viele Felsen und geröllhaltigen Untergrund charakterisiert ist, wurde auf eine Probennahme in dieser Zone verzichtet. Weder ein Mini Van Veen-Greifer noch eine Dreiecksdredge erwiesen sich als tauglich, in diesem Gebiet zuverlässig Proben zu nehmen (LÖRZ et al. 1999; LÖRZ 2000).

Aus diesem Grund wurden ausschließlich Probenstationen definiert, die tiefer als 50 Meter lagen. Das Untersuchungsgebiet im Mellemfjord ist somit rund 12 Kilometer lang und zwischen 2,5 und vier Kilometer breit.

An den Stationen wurde mit dem FS „Porsild“ eine Fläche von etwa je 150 m² beprobt. Die Rauschert-Dredge hat eine Netzöffnung von 34 cm und wurde exakt 15 Minuten über den Fjordboden gezogen bei einer theoretisch konstanten Schleppgeschwindigkeit von einem Knoten (1,852 km/h). Die Berechnung der Fläche erfolgte dann nach der Formel:

$$\frac{\text{„Öffnung des Gerätes“ (m)} \times 1.852 \text{ m}}{4} = \text{„beprobte Fläche“ (m}^2\text{)}$$

Die genauen Positionen der Stationen finden sich in Tab. 1.

Tab. 1: Geographische Positionen der Probenstationen. Die angegebenen Positionen stellen das Zentrum des mit dem geschleppten Gerät beprobten Gebietes dar.

	1	2	3	4
N	69°.46.6' N 054°.45.7' W	69°.45.9' N 054°.36.3' W	69°.44.2' N 054°.34.6' W	69°.43.1' N 054°.31.4' W
M	69°.45.8' N 054°.46.9' W	69°.44.9' N 054°.37.7' W	69°.43.8' N 054°.35.7' W	69°.42.8' N 054°.31.7' W
S	69°.44.8' N 054°.46.8' W	69°.44.5' N 054°.39.1' W	69°.43.3' N 054°.36.5' W	69°.42.4' N 054°.32.5' W

3.2 Probenzyklen

Insgesamt wurden die zwölf Stationen im Mellemfjord viermal beprobt. Eine erste Untersuchung fand im Sommer 1998 (3. bis 28. 7.) im Rahmen einer deutsch-dänischen Gemeinschaftsexkursion statt. Hierbei wurden dort erstmalig Proben des marinen Makrobenthos genommen. Im darauf folgenden Jahr fand eine zweite Expedition zur Disko-Insel statt. Hierbei wurden während der eisfreien Periode des Fjordes mehrere Ausfahrten mit dem FS „Porsild“ zum Mellemfjord unternommen. Die erste fand Ende Mai statt, sobald die Eissituation einen Durchbruch erlaubte (25. 5. bis 28. 5. 1999). Der ideale Zeitpunkt zu einer ersten Ausfahrt wurde mit Hilfe von Eiskarten bestimmt, die vom Dänischen Meteorologischen Institut in Kopenhagen zur

Verfügung gestellt wurden. Eine dieser Karten findet sich im Anhang (Abb. A1). Die ersten Proben sind Untereisproben, die die Benthossituation am Ende einer Wintersaison widerspiegeln. Mit Hilfe des FS „Porsild“ wurden Rinnen durch die Eisdecke gebrochen, da der Fjord zu diesem Zeitpunkt noch eine weitgehend geschlossene Eisdecke aufwies. Eine zweite Probennahme fand im Sommer, im Juli/August (29. 7. bis 2. 8.) statt. Eine letzte Reise zu dem Fjord wurde schließlich im September (13. bis 18. 9.) durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt begann sich bereits wieder eine dünne Eisdecke zu bilden und die Schneegrenze hatte schon wieder Meeresniveau erreicht. Insgesamt fanden also vier Probenzyklen statt (Tab. 2): Eine im arktischen Frühjahr, zwei im Sommer (1998 und 1999) und eine im arktischen Herbst.

Tab. 2: Probenzyklen im Mellemfjord

Probenzyklus	Sommer 1998	Frühling 1999	Sommer 1999	Herbst 1999
Datum	3.-28.7.98	25.5.-28.5.99	29.7.-2.8.99	13.-18.9.99

3.3 Faunistische Untersuchungen

3.3.1 Fanggerät: Rauschert-Dredge

Im Rahmen der ersten Probennahmen 1998 im Mellemfjord wurden drei Fanggeräte in Bezug auf ihre Fangeffizienz verglichen (LÖRZ et al. 1999; LÖRZ 2000). Die Rauschert-Dredge, (entwickelt von M. RAUSCHERT, Berlin) erwies sich als das Fanggerät der Wahl, um die benthisch lebenden Peracarida schonend und in ausreichender Anzahl von dem kleinen FS „Porsild“ fangen zu können (Abb. 6). Vergleiche mit einer Dreiecksdredge und einem Mini Van Veen-Greifer (entwickelt von R.M. KRISTENSEN, Kopenhagen) führten zu dem Schluss, dass die Rauschert-Dredge den besten Kompromiss im Hinblick auf Handhabbarkeit und Fangergebnis darstellt. Der Mini Van Veen-Greifer beprobt eine zu kleine Fläche, um vagile und seltene Arten fangen zu können. Er eignet sich aber hervorragend für Meiofauna-Untersuchungen. Die Dreiecksdredge fängt sehr unselektiv und macht damit das Aussortieren der Proben sehr aufwändig. Aus diesen Gründen wurde 1999 ausschließlich die Rauschert-Dredge zur Gewinnung der Benthosproben verwendet.

Die Dredge besitzt einen aus drei Netzen bestehenden Netzsatz, der ineinander steckt: ein kurzes, grobes Vornetz für Steine und Megafauna, das eigentliche Fangnetz mit einer Maschenweite von 500 µm und einem weite-

ren grobem Außennetz, das dem Schutz dient. Zu diesem Zweck wurden zudem zwei Gummimatten an der Hinterseite der Dredge installiert, die eine Beschädigung der Netze verhinderten.

Die Individuenzahlen der einzelnen Proben ließen sich nur schwer miteinander vergleichen. Bei einem geschleppten Fanggerät, das über einen Meeresboden unterschiedlicher Struktur gezogen wird, ist die Zahl der gefangenen Tiere von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, so dass zuverlässige Aussagen hier kaum möglich sind. Aus diesem Grund wurde auf „quantitative“ Vergleiche der Stationen verzichtet. Soweit die Unterschiede erheblich waren, wurden „semiquantitative“ Vergleiche angestellt.

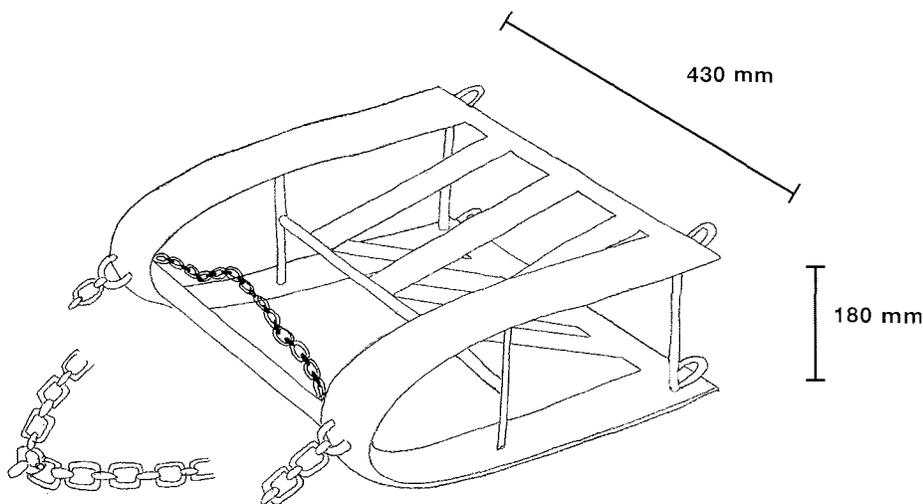


Abb. 6: Rauschert-Dredge

3.3.2 Probenbearbeitung

Die Proben wurden direkt an Bord des FS „Porsild“ über einem 300 µm Sieb gewaschen. Dabei wurden bereits rund 80 % des Sedimentes ausgespült. Der Überstand wurde dann in eine Lösung aus Seewasser und 4 % Formol überführt. Diese Lösung wurde mit Borax gepuffert. Nach etwa einer Woche wurden die Proben in 70 % Ethanol überführt und die Krebse heraus sortiert.

3.3.3 Bestimmung der Arten

Die Peracarida wurden anhand morphologischer Merkmale unterschieden. Die einzelnen Tiere wurden, soweit möglich, bis auf Art-, mindestens aber bis auf Familienniveau bestimmt. In solchen Fällen wurde die Art mit „sp. 1“, bzw. „sp. 2“ bezeichnet. Trotzdem soll im weiteren der Einfachheit halber von Arten die Rede sein.

Für die Bestimmung wurde ein Binokular (Wild M5) verwendet. In vielen Fällen war es notwendig, die Mundwerkzeuge und Extremitäten abzupräparieren. Es wurden Vergleiche mit dem Museumsmaterial des Zoologischen Instituts und Zoologischen Museums der Universität Hamburg durchgeführt. Daneben dienten zwei mehrtägige Aufenthalte in der Sammlung des Museums für Naturkunde in Berlin sowie ein zweiwöchiger Aufenthalt im Zoologischen Museum in Kopenhagen, das vom COBICE (Copenhagen Biosystematics Centre) unterstützt wurde, dem Vergleich mit dem Typenmaterial. In einigen Zweifelsfällen wurden Experten konsultiert: H.G. ANDRES, O. COLEMAN, T. KRAPP-SCHICKEL (Amphipoda), U. MÜHLENHARD-SIEGEL, D. ROCCATAGLIATA (Cumacea), J. GUERRERO-KOMMRITZ, A. SCHMIDT (Tanaidacea), A. BRANDT und M. MALYUTINA (Isopoda).

3.3.4 Terminologie

Die in dieser Arbeit verwendete Terminologie richtet sich bei den Amphipoda nach PALERUD & VADER (1991), bei den Cumacea nach ZIMMER (1941). Bei den Tanaidacea wurde die Terminologie von SIEG & WINN (1979) übernommen.

3.3.5 Datenauswertung

3.3.5.1 Gemeinschaftsanalyse

Um die Besiedlungsmuster der Peracarida-Gemeinschaften an den zwölf Stationen im Møllefjord vergleichen zu können, wurden verschiedene statistische Verfahren heran gezogen. Grundlage ist dabei der Gemeinschaftsbegriff von MILLS (1969), wonach alle gefangenen Tiere einer Station zu einer Gemeinschaft gehören. Die Berechnungen wurden dabei mit Hilfe des Programmpaketes PRIMER 5.2.8 (**P**lymouth **R**outines **I**n **M**ultivariate **E**cological **R**esearch) der Firma PRIMER-E Ltd. durchgeführt. Dieses wurde auf Grund-

lage der Erkenntnisse in FIELD et al. (1982) entwickelt und enthält verschiedene Rechenmodule.

Bei der Gemeinschaftsanalyse bildete eine Arten-Stationstabelle die Grundlage. Um zu verhindern, dass seltene, nur zufällig gefangene Arten das Bild verzerren, wurden jene Arten nicht in die Analyse einbezogen, die nur an einer einzigen Station oder während nur eines Probenzyklusses vorkamen und/oder deren Dominanz an allen Stationen unter 5 % lag. Darüber hinaus wurde eine $4\sqrt{\quad}$ -Transformation durchgeführt, um den Einfluss besonders dominanter Taxa auf das Ergebnis zu mindern (CLARKE & WARWICK 2001). Aus dieser so reduzierten Datenmatrix wird eine Similaritätsmatrix errechnet, welche auf dem Bray-Curtis-Index beruht (BRAY & CURTIS 1957). Diese Similaritätsmatrix ist nur eine von vielen in der Mathematik, doch hat sich der Bray-Curtis-Index in der Benthos-Forschung unter anderem darum durchgesetzt, weil er beim Vergleich von Stationen keine gemeinsamen Absenzen einbezieht, was bei der fleckenhaften Verteilung mariner Organismen sinnvoll erscheint. Aus dieser Similaritätsmatrix werden Dendrogramme berechnet. Hierbei muss angestrebt werden, dass die Ähnlichkeit innerhalb der Gruppen (Cluster) möglichst groß und zwischen den Clustern möglichst klein ist. Als Algorithmus dient hier „*group average linkage*“. Dieser Modus hat gegenüber *single linkage* und *complete linkage* den Vorteil, dass hier die durchschnittliche Dissimilarität (Unähnlichkeit) zwischen den Clustern dargestellt wird und nicht die maximalen, bzw. minimalen Werte. Er erzeugt am ehesten gut unterscheidbare Cluster (FIELD et al. 1982).

Eine wertvolle Ergänzung der Klassifikation durch Dendrogramme bietet die Ordination der Stationen mit Hilfe der nicht-metrischen multidimensionalen Skalierung (MDS oder NMDS). Hierbei wird die erzeugte Similaritätsmatrix auf eine Ebene projiziert. Solche Diagramme besitzen keine Skalierung. Die Entfernung der Stationen in dieser Darstellung entspricht der Ähnlichkeit der Stationen in Bezug auf die Zusammensetzung ihrer Peracarida-Fauna. Die Darstellung lässt Rückschlüsse auf die Habitate zu: Stationen mit ähnlicher Fauna haben vermutlich ähnliche Habitate (SCHMID & PIEPENBURG 1993). Die Ergebnisse basieren sowohl auf qualitativer (Artenzahl) als auch quantitativer (Abundanz) Analyse. Wichtig ist, von der Entfernung zweier Stationen auf dem Diagramm keine quantitativen Schlüsse zu ziehen: Eine Station „A“, die einen Zentimeter von einer Station „B“ entfernt ist, ist damit nicht genau doppelt so ähnlich zu „B“ wie zu Station „C“, nur weil diese zwei Zentimeter von „B“ entfernt dargestellt ist.

Als Parameter für die Qualität der Darstellung eines multifaktoriellen ökologischen Phänomens auf einem zweidimensionalen Diagramm dient der „Stressfaktor“: Eine (theoretisch) optimale Darstellung würde durch „0“ angegeben, Werte von $<0,05$ gelten als „exzellent“, $<0,1$ als „gut“, $<0,2$ noch als „potenziell brauchbar“. Werte von $>0,3$ sind demnach eher nur zufällig verteilt (CLARKE & WARWICK 2001).

Die Gattung *Akanthophoreus* (Tanaidacea), die zwar häufig, aber taxonomisch nicht eindeutig zu unterscheiden war und zudem zur Zeit einer Revision unterzogen wird (GUERRERO-KOMMRITZ, pers. Komm.), wurde zu einer taxonomischen Einheit zusammen gezogen.

Mit den Proben an den zwölf Stationen aus den vier Probenzyklen wurde unterschiedlich verfahren: Bei der ersten Auswertung wurden die Artenzusammensetzungen der Stationen aller vier Probenzyklen verglichen und in Cluster- und MDS-Diagrammen dargestellt. Bei einer zweiten Auswertung wurden alle Peracarida-Proben in einem einzigen MDS-Diagramm vereint und einem MDS-Diagramm, das auf den Umweltfaktoren beruht, gegenüber gestellt. Bei dieser zweiten Auswertung wurden jedoch nur die Proben aus 1999 verwendet, da 1998 die Umweltfaktoren noch nicht systematisch analysiert wurden.

3.3.5.2 Einfluss der Umweltfaktoren auf die Gemeinschaftsstruktur

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Gemeinschaftsstruktur der Peracarida an den einzelnen Stationen und den Umweltfaktoren zu ergründen, wurde mit dem PRIMER-Programm eine BIO-ENV-Analyse durchgeführt (CLARKE & WARWICK 2001). Hierfür wurde in einem entsprechenden Verfahren eine Similaritätsmatrix für die untersuchten Umweltfaktoren erstellt. Die Daten wurden \log_e -transformiert. Als Similaritätsmaß wurde hier die Euclidische Distanz verwendet. Mit Hilfe des Spearman-Rang-Koeffizienten können nun mögliche Korrelationen zwischen der benthischen Gemeinschaftsstruktur und den Umweltparametern errechnet werden. Dieser Wert kann zwischen -1 und $+1$ liegen. Je näher der Wert des Korrelationskoeffizienten an 1 liegt, desto besser lässt sich das Besiedlungsmuster der Peracarida im Mellemfjord mit den angegebenen Parametern erklären. Folgende Umweltparameter wurden dafür heran gezogen: Chl *a*-Gehalt des Sedimentes sowie dessen organischen Kohlenstoffgehalt (C_{org}) und Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N), maximale Fluoreszenz und Zooplankton-Biomasse über der Station, Wassertiefe sowie die Sedimentcharakterisierung.

3.3.5.3 Arten-Areal-Kurve

Mit dieser Methode sollte der Frage nachgegangen werden, wie viele der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten insgesamt registriert werden konnten. Hierfür wurden die an den Stationen gefangenen Arten in einer k-Dominanzkurve kumulativ aufgetragen. Dafür wurden die 48 Probennahmen aus den vier Zyklen an den zwölf Stationen als Einzelproben gewertet. Für die Berechnungen wurde eine Arten-Areal-Kurve (Species-Area-Plot) erstellt. Sobald eine derartige Kurve annähernd parallel zur Asymptote verläuft, kann man davon ausgehen, nahezu alle Arten im Untersuchungsgebiet, die mit den angewandten Methoden fangbar waren, registriert zu haben.

3.3.5.4 Diversität

Um die Diversität der Stationen untereinander und über die Jahreszeiten zu vergleichen, wurde sie in Anlehnung an HURLBERT (1971) als Artenzahl pro Station definiert. Berechnet wurde die Diversität unter Anwendung des Shannon-Wiener-Indexes (H') (SHANNON & WEAVER 1949).

Ein Maß für die Verteilung der Individuen auf die einzelnen Arten ist die Äquität (Evenness) (J'). Ihre Berechnung erfolgt nach PIELOU (1966, 1974). Sie ist 1, wenn alle Arten in genau gleicher Abundanz auftreten und 0, wenn nur eine Art vorkommt.

3.3.5.5 Saisonalität der Reproduktion

Einige der identifizierten Arten waren abundant genug, um sie auf eine mögliche Saisonalität ihrer Reproduktion hin zu untersuchen. Dafür wurden die weiblichen Tiere herangezogen und der Anteil der Tiere mit voll entwickeltem Marsupium innerhalb aller adulten Weibchen ermittelt. Um festzustellen, ob dieser Anteil zu bestimmten Jahreszeiten signifikant höher als in anderen Jahreszeiten ist, wurden die Daten zunächst mit Hilfe des Programms WinStat auf ihre Normalverteilung hin untersucht. War dies der Fall, konnte der t-Test zweier unabhängiger Stichproben angewendet werden, um zu prüfen, ob die Mittelwerte zweier Stichproben X und Y voneinander verschieden sind. Zudem wurden mögliche Schwankungen in der Durchschnittsgröße einiger Arten im Jahresverlauf untersucht. Hierbei wurden nur solche Arten berücksichtigt, von denen in jeder Jahreszeit mehr als 20 Exemplare gefunden wurden.

3.4 Umwelt-Parameter

3.4.1 Vertikalplanktonnetz

Mit einem Planktonnetz (modifiziertes Ringnetz nach REEVE) mit dem Öffnungsdurchmesser von 100 cm und der Maschenweite von 300 μm wurden Vertikalhols durchgeführt. Das heißt, das Netz wurde bis knapp über den Meeresboden herabgelassen und anschließend sehr langsam wieder gehievt, um Staudruck zu vermeiden. Auf diese Weise können Teile des Mesoplanktons (200 μm bis 2 mm), das Makroplankton (2 mm bis 2 cm) und das Megaplankton (> 2 cm) gefangen werden. Die gefangenen Organismen gehören praktisch alle zum heterotrophen Zooplankton. Im Gegensatz dazu sind Phytoplankton-Organismen, die sich photoautotroph ernähren, kleiner als 200 μm (SOMMER 1994). Das mit dem Netz gefangene Plankton wurde zunächst grob charakterisiert und dann über 24 Stunden bei 60 °C getrocknet und das Trockengewicht berechnet. Ausgewertet wurden die Daten einerseits nach Milligramm Trockengewicht pro Kubikmeter und andererseits nach Gramm Trockengewicht pro Quadratmeter Wassersäule, um Vergleiche mit verschiedenen Veröffentlichungen zu ermöglichen. Die Ergebnisse wurden mit dem Programm SURFER 6 (GOLDEN SOFTWARE INC.) als Konturdiagramme dargestellt. Hierbei werden die Werte zwischen den Stationen interpoliert, um die Gradienten in dem Gebiet zu illustrieren. Die gleiche Software wurde auch für die Analyse des Phytoplanktons und der Diversität der Peracarida an den 12 Stationen eingesetzt.

3.4.2 CTD-Sonde

Die Abkürzung CTD steht für *Conductivity* (~Salinität), *Temperature* und *Depth*. Eine CTD-Sonde (Seabird Sealogger 25 mit Fluorometer) wurde an allen Stationen und in allen Probenzyklen eingesetzt. Das Gerät wurde vom aufgestoppten Schiff gefiert und wieder gehievt. Die dabei aufgenommenen Daten wurden dann auf einen Computer überspielt. Ein Drucksensor in der CTD-Sonde misst die Tiefe, um die Exaktheit der Daten, auch bei starker Abdrift durch Strömung, zu gewährleisten. Ein Messen der Windendrahtlänge würde in solch einem Fall für Verzerrungen sorgen.

Erste Messungen der Salinität, Temperatur und Fluoreszenz wurden Anfang Mai am Eingang des Mellemfjords durchgeführt, als die Eissituation noch kein Befahren des Fjords gestattete. Die Fluoreszenz wird gemessen, indem die Reflektionen ausgesendeten Lichtes bestimmter Wellenlänge gemessen

werden. Von diesen physikalischen Messwerten in Volt kann auf das Vorhandensein von Chlorophyll *a* und damit auf Phytoplankton geschlossen werden. Dies geschieht, indem eine Wasserprobe bestimmter Tiefe photometrisch und mikroskopisch untersucht und mit dem CTD-Messwert gleicher Tiefe verglichen wird. So kann eine Regressionskurve erstellt und damit ein Umrechnungsfaktor von Volt zu mg C m^{-3} berechnet werden. Dies ist im Jahr 1998 von HANSEN & SCHMIDT (1999) für Proben des Mellemfjordes durchgeführt worden. Daraus ergab sich die Formel $y = 1,9076x + 0,4829$. Hierbei entspricht x dem mit der CTD-Sonde gemessenen Fluoreszenzwert und y der berechneten Phytoplanktonbiomasse.

Die Salinität wird über die elektrische Leitfähigkeit gemessen und daher heute in der ozeanographischen Literatur als dimensionslose Zahl angegeben. Das ‰-Zeichen für Salinität ist daher international gestrichen worden.

3.4.3 Sedimentcorer (HAPS)

Ein Sedimentcorer wurde eingesetzt, um Proben mit einer relativ ungestörten Sedimentoberfläche zu bekommen. Der KC HAPS Bottom Corer der dänischen Firma KC Denmark wurde nach dem Originalentwurf von KANNEWORFF, Kopenhagen (KANNEWORFF & NICOLAISEN 1973) angefertigt. Der HAPS wurde von Bord des FS „Porsild“ aus zum Meeresboden hinunter gefiert. Dort angekommen sorgen Gewichte dafür, dass ein Stahlzylinder in das Sediment hinein gedrückt wird. Beim Herausziehen senkt sich dann eine Klappe, die den Zylinder zuverlässig verschließt. Die Länge des Zylinders beträgt 315 mm. Die Dicke der Sedimentprobe hängt von der Beschaffenheit des Sedimentes und von der Menge der Bleigewichte ab, mit dem der Zylinder beschwert wird. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurde der Probenzylinder mit 18 kg Blei zusätzlich beschwert. Der Innendurchmesser beträgt 136 mm. Damit wird eine Fläche von 145 cm^2 beprobt. Die so gewonnenen Sedimentproben wurden an Deck weiter verarbeitet. Hierzu wurden mit handelsüblichen 20 ml Spritzen jeweils mindestens zwei Unterproben genommen, die als Parallelproben gewertet wurden. Dies geschah, indem eine Spritze, deren vorderes Ende mit einem scharfen Messer abgetrennt wurde, zwei Zentimeter in das Sediment gedrückt wurde. Dabei wurde der Stempel der Spritze langsam zurück gezogen. Die Unterproben wurden senkrecht in einem Tiefkühlschrank für weitere Bearbeitung gelagert, um die ursprüngliche Schichtung zu erhalten. Die HAPS-Proben wurden an allen drei Zyklen im Jahr 1999 an den mittleren Fjordstationen genommen. An den äußeren Stationen ließ die Struktur des

Meeresbodens – kleine Steine verhinderten immer wieder das Schließen der HAPS-Klappe – eine zuverlässige Probennahme nicht zu. Die Werte der Mittelstationen wurden darum für die benachbarten Stationen übernommen. Auch SCHNACK (1998) war bei seiner Untersuchung entsprechend verfahren. Dieses Verfahren wurde als zulässig erachtet, da das Eis über den Stationen zeitnah aufbrach und auch die CTD-Daten der Quertransekte (Abb. 5) ähnliche Werte aufwiesen.

3.4.4 Sedimentfalle

Eine selbst konzipierte Sedimentfalle (Abb. 7) wurde in der Mitte des Fjordes installiert (69°.44.2' N, 054°.35.1' W), um mehr über die Sedimentation und mögliche benthopelagische Kopplung zu erfahren. Sie wurde bei der zweiten Ausfahrt, am 2. 8. 1999, in 75 m Wassertiefe verankert und blieb dort für 46 Tage. In 50 und in 70 m Tiefe waren jeweils zwei Fallen befestigt. Als Auffangbehälter dienten Kunststoffflaschen, die mit einem Trichter versehen waren. Dieser hatte einen Öffnungsdurchmesser von 20 cm und ein zusätzliches Schutzgitter, um das Eindringen größerer Organismen oder Pflanzenteile zu verhindern.

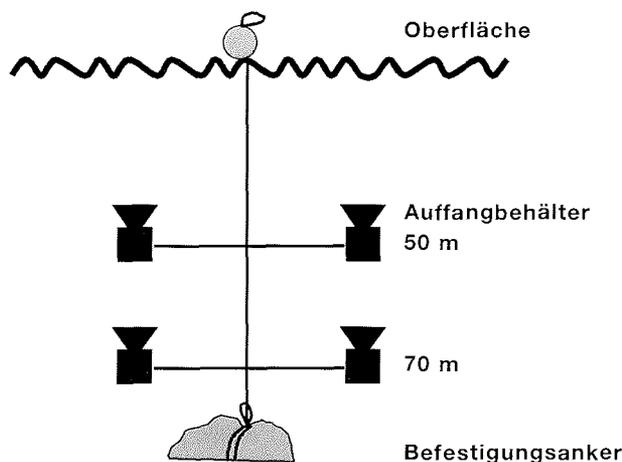


Abb. 7: Sedimentfalle

Das so aufgefangene Sediment wurde nach der Methode von DEAN (1974) 24 Stunden bei 105 °C getrocknet und gewogen. Danach wurde es bei 450 °C

vermuffelt und erneut gewogen. Auf diese Weise erhält man das Gewicht des partikulären anorganischen Materials (*particulate inorganic matter, PIM*). Subtrahiert man das von dem Gesamttrockengewicht, ergibt das die Menge des partikulären organischen Materials (*particulate organic matter, POM*).

3.5 Biochemische Analysen

3.5.1 Sedimentanalysen

Die Sedimentanalysen wurden in der Arbeitsgruppe von O. PFANNKUCHE am GEOMAR in Kiel unter der Anleitung von A. KÄHLER und B. DOMEYER durchgeführt.

3.5.1.1 Analyse des Chlorophyll *a*-Gehaltes im Sediment

Der Chlorophyll *a*-Gehalt kann als Biomasseparameter photoautotropher Organismen angesehen werden. Höhere Werte deuten auf ein Sedimentationsereignis von frischem Phytodetritus hin.

Die tiefgefrorenen Sedimentkerne wurde in 1-cm-Horizonte unterteilt. Nur der obere Zentimeter der Sedimentoberfläche wurde bei den Analysen berücksichtigt. Zur Analyse wurden die Proben drei Minuten im Homogenisator extrahiert und mit 90 % Aceton versetzt. Nach der Extraktion wurden alle Proben im Photometer (PMQ II) bei 663 nm und 750 nm gemessen. Die Analyse erfolgte nach Methoden von YENTSCH & MENZEL (1963) und HOLM-HANSEN et al. (1965). Das gemessene Chlorophyll *a* und Phaeopigment wird als Chlorophyll *a*-Äquivalent angegeben, weil durch die Konservierung ein nicht bekannter Teil des Chlorophylls in Phaeopigment umgewandelt wird.

3.5.1.2 Analyse des C/N-Verhältnisses und des organischen Kohlenstoffgehalts (C_{org})

Das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff sagt ebenso etwas über die Frische und damit die Nahrungsqualität des Substrates aus (GREBMEIER & MCROY 1989). Phytoplankton hat im Durchschnitt ein C/N-Verhältnis von 6,6. Dieses wird auch als Redfield-Verhältnis bezeichnet (OTT 1996; SCHNEIDER 2003). Da sich der Stickstoff in organischen Verbindungen schneller abbaut

als der Kohlenstoff, ist ein niedriges C/N-Verhältnis im Sediment, also etwa 5-6, ein Indikator für ein stickstoffreiches Substrat. Ein C/N-Verhältnis von 8-14 wäre eher ein Hinweis auf eine niedrigere Qualität, verursacht z. B. durch eine wenig produktive Wassersäule. Partikuläres organisches Material gilt bis zu einem C/N-Verhältnis von 17 als brauchbare Nahrung für heterotrophe Organismen (OTT 1996). Ein Wert, der nah am Redfield-Wert liegt, böte die beste Nahrungsqualität.

Die Analysen wurden mit der Methode nach VERADO et al. (1990) erstellt. Hierbei wurden die Sedimentproben zwölf Stunden bei 105 °C. getrocknet und anschließend mit 1 N HCL behandelt, um die Carbonate zu entfernen. Die Analyse erfolgte in einem C/N Analyzer NA 1500 Series (Carlo Erba Instruments).

3.5.2 Lipiduntersuchungen

Die Lipiduntersuchungen wurden in der Arbeitsgruppe von W. HAGEN an der Universität Bremen unter der Anleitung von D. STÜBING durchgeführt.

3.5.2.1 Behandlung der Proben an Bord

Für die Lipiduntersuchungen wurden abundante und ganzjährig vorkommende Arten ausgewählt: der benthische Flohkrebs *Melita dentata* (Melitidae, Amphipoda) (Abb. 8) sowie die Scherenasselgattung *Akanthophoreus* spp. (Anarthuridae, Tanaidacea) (Abb. 9), die sich eindeutig von anderen Gattungen abgrenzen lässt. Die aussortierten Individuen wurden in Seewasser gespült, auf Filterpapier

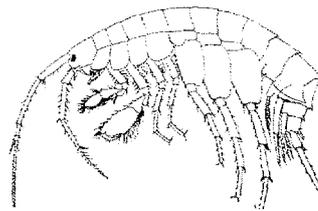


Abb. 8: *Melita dentata*
(Krøyer, 1842) nach SARS (1895)

abgetupft und in Schraubdeckelgläschen mit einer vorgekühlten Lipidextraktionslösung (Dichlormethan/-Methanol-Gemisch, 2:1 v/v + 0,01 % Butylhydroxytoluol) überführt. Um individuelle Abweichungen im Lipidgehalt auszugleichen, wurden zwischen 10 und 20 Tiere zu einer Probe vereint und bis zur Analyse bei -30 °C eingefroren. Später stellte sich allerdings heraus, dass das Butylhydroxytoluol (BHT), das als Antioxidanz hinzugefügt wurde, eine Verfälschung der Ergebnisse bewirkt (STÜBING et al. 2003 und PETERS, pers. Komm.). Die Messwerte mussten daher korrigiert werden. Hierauf wird in der Diskussion weiter eingegangen (Kap. 5.11.1).

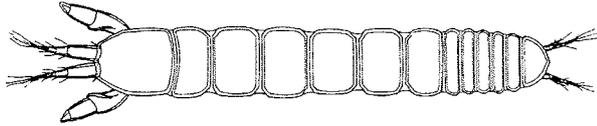


Abb. 9: *Acanthophoreus gracilis* (Krøyer, 1842) nach SIEG (1986).

3.5.2.2 Lipidextraktion

Um eine Kontamination zu vermeiden, wurden alle Laborgeräte bei 90 °C gereinigt und mit Lösungsmittel gespült. Die Lipide wurden nach der Methode von FOLCH et al. (1957) extrahiert. Dazu wurde die Probe zunächst in ein POTTER-Homogenisiergefäß überführt und mit 4 ml eines Dichlormethan/Methanol-Gemisch (2/1, V/V) bei 1200 U min⁻¹ zwei Minuten homogenisiert. Danach wurden mit Hilfe eines BANDELIN UW 2070 Ultraschallgeräts die Zellen aufgeschlossen. Das Homogenisat wurde in einen Zentrifugenröhrchen überführt und der Rückstand noch einmal mit 4 ml Dichlormethan-Methanol gewaschen. Die Homogenisate wurden im Zentrifugenröhrchen vereint und mit 2 ml 0,88 %iger KCl-Lösung gewaschen. Die wässrige Phase wurde abpipettiert, die untere Phase gesammelt und bis zur Trockne eingedampft. Das Lösungsmittel wurde unter Stickstoffbegasung abgezogen. Danach wurden die Lipide in Dichlormethan/Methanol aufgenommen und unter einer Stickstoffatmosphäre bei -30 °C gelagert. Mit dem hier gewonnenen Lipidextrakt wurde einerseits eine Lipidklassenuntersuchung und andererseits eine gaschromatographische Analyse der Fettsäuren und -alkohole durchgeführt. Aus diesem Grund wurde die Proben aufgeteilt und das Material für die gaschromatographische Analyse umgeestert.

3.5.2.3 Bestimmung der Lipidklassen

Zur Auftrennung der Lipide wurde das Verfahren nach ACKMAN (1981) und FRASER et al. (1985) angewendet. Hierbei werden die Lipide der Tiere, die sich aus chemisch recht heterogenen Klassen zusammen setzen, mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie analysiert. In der vorliegenden Arbeit wurde das Verfahren zur Trennung der Lipidklassen nach dem Prinzip der Absorptionschromatographie in Kombination mit einem Flammenionisationsdetektor mit dem IATROSCAN MARK V TH10 (Tab. 3) vorgenommen. Die stationäre Phase bilden Chromarods, mit gesintertem Kieselgel beschichtete Quarzstäbchen. Die mobile Phase besteht bei diesem Verfahren aus Hexan/Diethylether/Ameisensäure (85/15/0,04). Die Chromarods wurden nach

Auftragung der Extrakte für 25 Minuten in die Entwicklungskammer gestellt; danach wurden die Lösungsmittel zwei Minuten bei 100 °C im Trockenschrank verdampft. Die Lipidklassen wurden identifiziert, indem die einzelnen Laufstrecken mit Standards verglichen werden.

Tab. 3 : Daten des IATROSCAN MARK V TH10.

Stationäre Phase	Quarzstäbchen mit gesintertem Kieselgel beschichtet (Chromarods SIII) Länge: 152 mm, Durchmesser: 0,92 mm
Detektor	Flammenionisation (FID), H ₂ : 175 ml/min Luft: 2000 ml/min
Scan-Geschwindigkeit	3,1 mm/s
Datenaufzeichnung	HP Integrator 3395

3.5.2.4 Bestimmung des Fettsäure-/Fettalkoholmusters

Die relative Zusammensetzung der Fettsäuren und Fettalkohole erfolgte gaschromatisch nach der Methode von KATTNER & FRICKE (1986) Dazu wird zunächst das Lösungsmittel der Gesamtlipidextrakte verdampft und die

Tab. 4: Trennbedingungen des Gas-Chromatographen

Gerät	HP 6890
Säule	30 m x 0,25 mm Flüssigphase: DB-FFAP: Nitroterephthalsäure modifiziertes Polyethylenglycol Filmdicke: 0,25 µm
Temperaturprogramm	Start: 165 °C Aufheizrate: 4 °C/min Endtemperatur: 240 °C für 15 min
Trägergas	Helium (Vordruck 125 kPa) 0,8 ml/min konstant
Detektor	FID (Betriebstemperatur: 280 °C) Wasserstoff: 30 ml/min Luft: 300 ml/min
Injektor	Split/Splitless, Temperatur: 280 °C bei Split-Modus. Splitrate: 1:25 Splitstrom: 19,2 ml/min; gemessen bei RT MakeUp-Gas: He

Lipide in 250 µl Hexan und 1000 µl drei Prozent H₂SO₄ in Methanol aufgenommen. Unter N₂-Atmosphäre wird vier Stunden bei 80 °C umgeestert. Zu den Methylestern gibt man ca. 4 ml deionisiertes Wasser und schüttelt dreimal mit 2 ml Hexan aus. Die Hexanextrakte werden in einem Lipidgläschen vereinigt, unter Stickstoffbegasung bis zur Trockne eingedampft, in Hexan aufgenommen und davon 1 µl in den Gas-Chromatographen (Tab. 4) injiziert. Von *Melita dentata* wurden je drei Parallelproben untersucht. Bei *Akanthophoreus* spp. erlaubte die Menge extrahierten Lipids aus diesen kleinen Tieren keine Aufteilung in Unterproben. Zur Identifizierung wurde der Laborstandard Marinol injiziert, welcher Fettsäuren und Fettalkohole von Copepoden enthält. Die Identifizierung wurde durch einen Vergleich der Retentionszeiten vorgenommen.

4. ERGEBNISSE

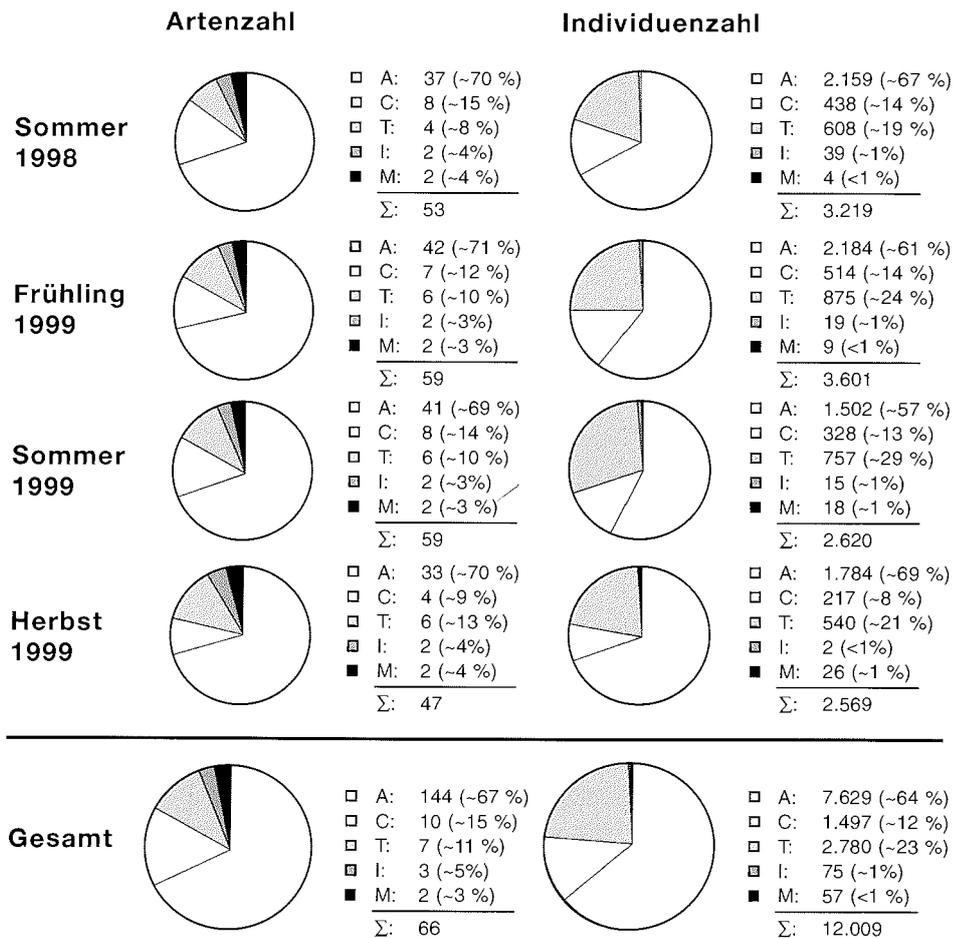
4.1 Faunistische Untersuchungen

4.1.1 Artenzahlen und Individuenzahlen

4.1.1.1 Anteile der Peracarida-Ordnungen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen

Alle weltweit verbreiteten Peracarida-Ordnungen konnten im Mellemfjord nachgewiesen werden: Amphipoda, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda sowie Mysidacea.

Tab. 5: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) an Arten- und Individuenzahlen im Laufe der vier Probenzyklen und gesamt.



Insgesamt wurden 12.009 Peracarida gefangen, die 66 Arten zugeordnet werden konnten (siehe Tab. A10 im Anhang). Die Anteile der Peracarida-Ordnungen waren im Verlaufe der vier Probenzyklen relativ stabil (Tab. 5).

Amphipoden waren dabei sowohl in Bezug auf die Individuenzahl als auch auf die Artenzahl eindeutig die dominierende Gruppe. In allen vier Probenzyklen machen sie mindestens 57 % aller Individuen und 69 % aller Arten aus. 44 Arten konnten unterschieden werden. Insgesamt gesehen waren es 67 % bei den Individuen und 64 % bei den Arten. Cumaceen (zehn Arten) und Tanaidaceen (sieben Arten) waren ebenfalls häufig vertreten. Ihr Anteil an der Artenzahl schwankt zwischen 8 und 15 Prozent, bei der Individuenzahl zwischen 8 und 29 Prozent. Isopoden (drei Arten) und Mysidaceen (zwei Arten) waren erheblich seltener im Mellemfjord vertreten. Ihr Anteil an der Artenzahl überstieg zu keinem Zeitpunkt fünf Prozent, bei der Individuenzahl war er sogar noch geringer: er lag stets unter zwei Prozent der gefangenen Peracarida und waren damit sogar unterproportional häufig.

Die Proben vom Frühling und Sommer 1999 waren mit jeweils 59 identifizierten Arten diverser als die Proben vom Sommer 1998 (53 Arten) und Herbst 1999 (47 Arten). Im Frühling 1999 wurden 42 Amphipoden-Arten identifiziert, also fast alle Arten, die überhaupt bisher dort nachgewiesen wurden (44 Arten).

4.1.1.2 Diversitäten und Abundanzen der 12 Stationen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen

Die Arten- und Individuenzahlen an den einzelnen Stationen sind natürlichen Schwankungen unterworfen. Die Abbildungen 10 A, B und 11 A, B veranschaulichen dies für die Individuenzahlen und die Abbildungen 12 A, B und 13 A, B für die Artenzahlen.

Im Sommer 1998 wurden bis zu 563 Individuen pro Station gezählt (Abb.10 A). Am individuenreichsten war Station M2. Die geringste Zahl von Peracarida fand sich mit 68 Tieren an Station S3. Die Zahlen für die drei verwendeten Fanggeräte wurden dabei gepoolt.

Im Frühling 1999 (Abb. 10 B) brachte die Probe S1 mit 655 Exemplaren das umfangreichste Tiermaterial. Erneut war S3, diesmal mit 92 Tieren, am individuenärmsten.

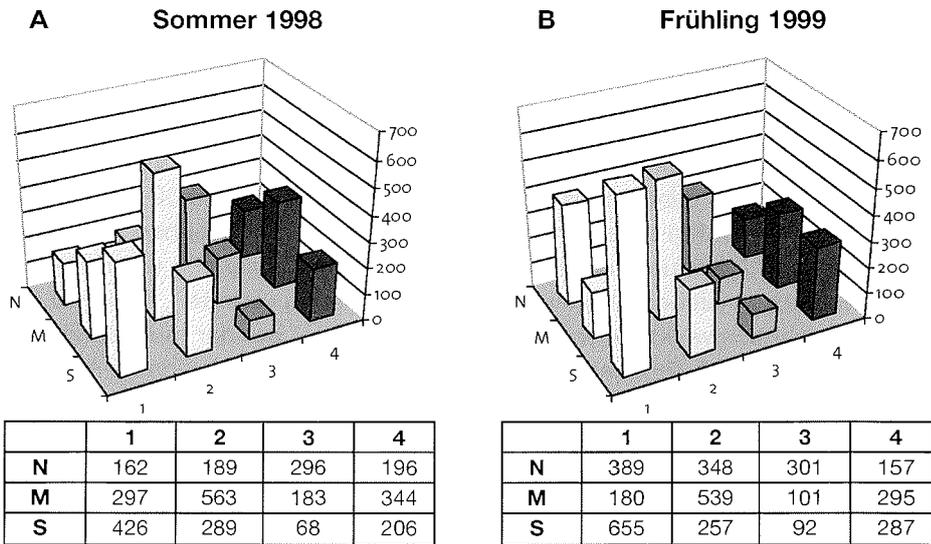


Abb. 10 A, B: Individuenzahlen (z-Achse) während der Zyklen I und II. Die Buchstaben N, M und S auf der y-Achse symbolisieren den nördlichen (N), mittleren (M) und südlichen (S) Transekt. Die Zahlen auf der x-Achse nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung. Der Transekt 1 befindet sich an der Mündung des Fjords, der Transekt 4 liegt nahe des Fjordkopfes.

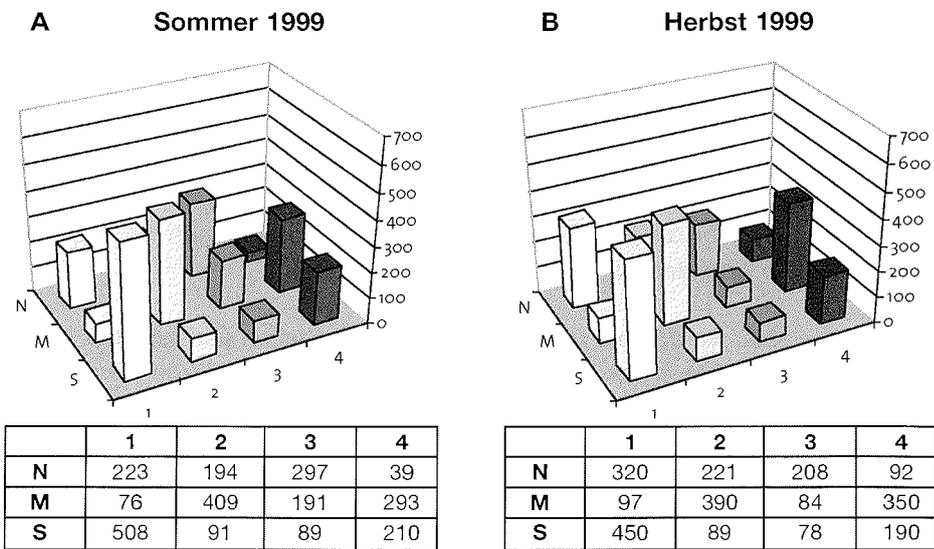


Abb. 11 A, B: Individuenzahlen (z-Achse) während der Zyklen III und IV. Die Buchstaben N, M und S auf der y-Achse symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen auf der x-Achse nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

Eine umfangreiche Probe konnte an Station S1 auch im Sommer 1999 ausgezählt werden (Abb. 11 A). Insgesamt wurden dort 508 Peracarida identifiziert. Die wenigsten Tiere fanden sich diesmal mit nur 39 Exemplaren an Station N4.

Im Herbst 1999 waren die Fangzahlen insgesamt geringer (Abb. 11 B). Maximal wurden an der S1-Station 450 Tiere gefangen. Die wenigsten Tiere wurden mit 78 Exemplaren an S3 gezählt.

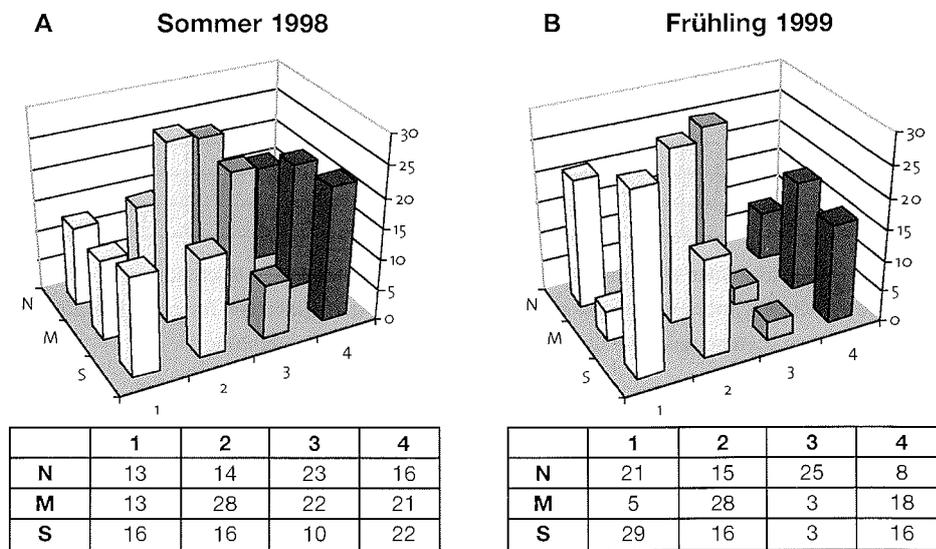


Abb. 12 A, B: Artenzahlen (z-Achse) während der Zyklen I und II. Die Buchstaben N, M und S auf der y-Achse symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen auf der x-Achse nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

Die Artzahlen waren im Sommer 1998 relativ gleichmäßig über die Stationen verteilt (Abb. 12 A). Die meisten Arten konnten an Station M2 (28 Arten) und die wenigsten an S3 (10 Arten) identifiziert werden.

Im Frühling 1999 war die Artenzahl an den Stationen weitaus heterogener (Abb. 12 B). So wurden an den Stationen M3 und S3 nur drei Arten gefunden, während es 29 Arten an Station S1 waren.

Die Artenzahlen im Sommer 1999 zeigten ein Bild, dass der Situation im Sommer des Vorjahres ähnelt (Abb. 13 A): Die Verteilung der Artenzahlen an den Stationen ist wieder etwas homogener und auch an Stationen M3 und S3 werden wieder mehr Arten identifiziert. Die größte Artenzahl gab es an

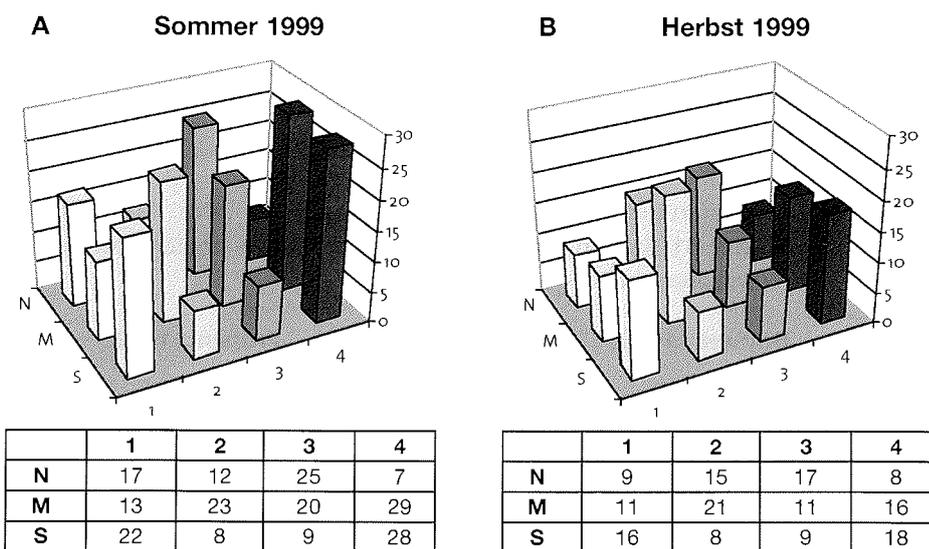


Abb. 13 A, B: Artenzahlen (z-Achse) während der Zyklen III und IV. Die Buchstaben N, M und S auf der y-Achse symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen auf der x-Achse nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

Station M4 mit 29 Arten, die kleinste Zahl an der direkt benachbarten Station N4 mit sieben Arten.

Im Herbst 1999 war die Artenzahl insgesamt geringer, die Extreme aber weniger stark ausgeprägt (Abb. 13 B). Die wenigsten Arten fanden sich an Station S2 mit acht Arten. Die benachbarte Station M2 war in dieser Jahreszeit mit 21 Arten am diversesten.

Auf eine quantitative Analyse der Fänge, bei der die Zahl der gefangenen Tiere pro definierter Fläche angegeben wird, wurde bewusst verzichtet. Ein geschlepptes Fanggerät wie die Rauschert-Dredge liefert allenfalls einen semiquantitativen Eindruck, obwohl die Schleppbedingungen an allen Stationen die gleichen waren. Trotzdem lassen sich in den Diagrammen bestimmte Tendenzen über Abundanzen ablesen. Mit Hilfe des Wilcoxon-Test wurden die jeweils vier Werte für die einzelnen Stationen mit den Durchschnittswerten der vier Zyklen verglichen (Abb. 14 A, 14 B).

Zwei Stationen, S1 und M2, wiesen während aller Probenzyklen signifikant überdurchschnittliche Abundanzen ($p < 0,05$) auf – die Anzahl der nachgewiesenen Peracarida lag fast immer über 400 Tiere pro Hol. Eine signifikant

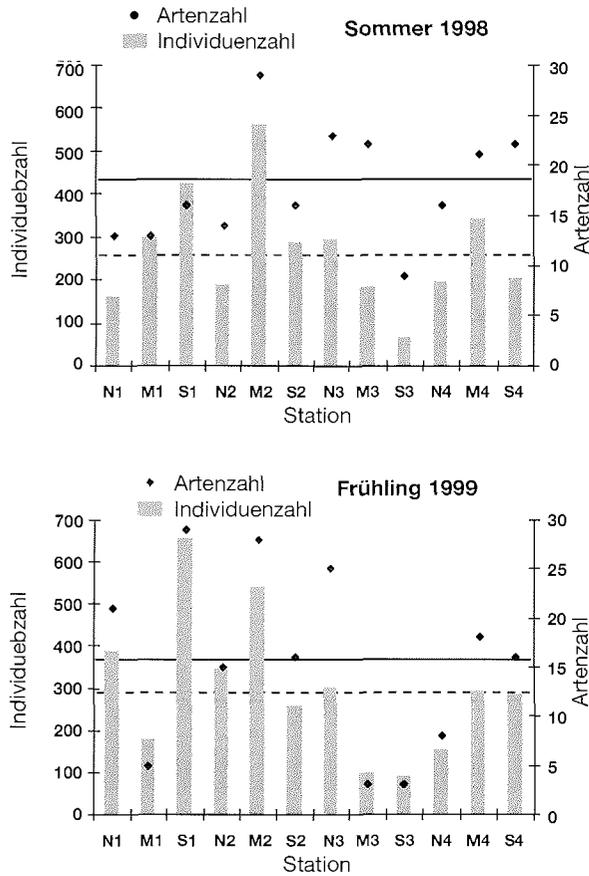


Abb. 14 A: Arten- und Individuenzahlen an den zwölf Stationen im Laufe der vier Untersuchungszyklen. Im Zyklus I (Sommer 1998) wurden die Fangdaten aller drei Fanggeräte gepoolt. Die Durchschnittswerte sind als gestrichelte (Individuenzahl), bzw. als durchgezogene (Artenzahl) Linie dargestellt.

unterdurchschnittliche Abundanz wiesen dagegen die Stationen N4, M3, S3 und S4 auf. Hier war die Menge der gefangenen Tiere mit etwa 100 bis 200 Tieren pro Probe stets niedrig.

Bei den Artenzahlen lagen die Stationen N3, M2, M4 und S4 über und die Stationen N4, M1, und S3 signifikant ($p < 0,05$) unter dem Durchschnitt. Die Artenzahlen korrespondieren dabei zumeist mit den Individuenzahlen. Auffällig ist hier die Station N3, die trotz vergleichsweise geringer Abundanz stets eine hohe Diversität aufweist.

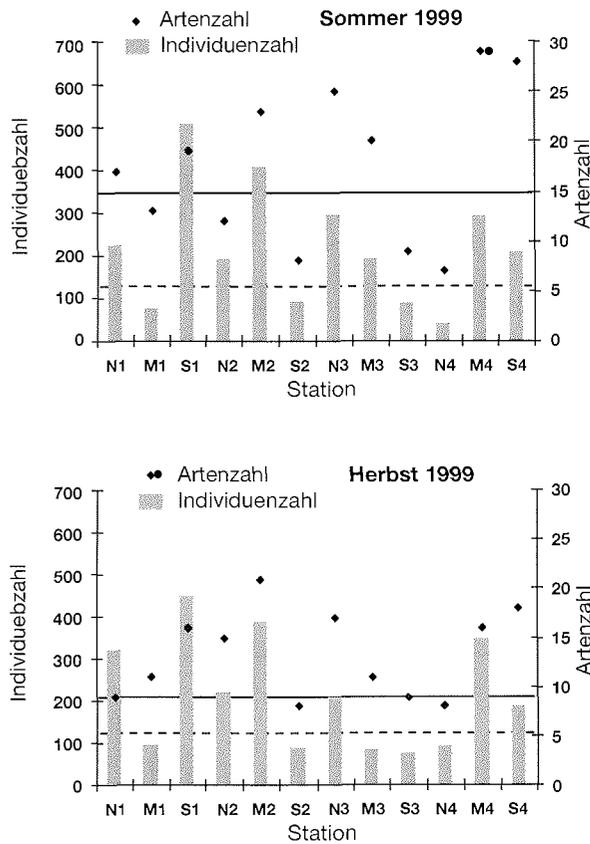


Abb. 14 B: Arten- und Individuenzahlen an den zwölf Stationen im Sommer und Herbst 1999.

4.1.1.3 Anteile der Peracarida-Ordnungen an den einzelnen Stationen im Verlauf der vier Untersuchungszyklen

Für jede einzelne Probenahme an jeder Station wurde ein Diagramm für die Anteile der fünf häufigsten Peracarida-Ordnungen an Arten- und Individuenzahl erstellt. Diese Diagramme finden sich im Anhang (Tab. A2 bis A9).

Im Sommer 1998 zeigte sich, dass an einzelnen Stationen durchaus andere Ordnungen als die der Amphipoden vorherrschen können. So wiesen die Stationen N2 und N4 einen hohen Anteil an Tanaidaceen auf; an der Station S2 dominierten Cumaceen die Peracaridengemeinschaft. In Bezug auf Artenzahlen

waren die Amphipoden an allen Stationen mit Abstand dominierend. Isopoden und Mysidaceen waren selten. Im Frühling 1999 gab es Stationen mit einer nur sehr geringen Artenzahl (Tab. A5 im Anhang). M3 und S3 wiesen gar nur drei Arten auf, die jedoch mit einer recht hohen Abundanz vertreten waren. Ganz anders die Situation an der Station N3. Hier konnten bei den Amphipoden innerhalb von 38 Individuen 21 Arten unterschieden werden.

Bei den Proben des Zyklus III (Sommer 1999) fielen die hohen Abundanzen der Tanaidacea auf dem Quertransekt 3 auf (Tab. A6 im Anhang). Dort machten sie bis zu 75 % der gefangenen Tiere aus. In Bezug auf die Artenzahlen gab es hingegen nur einmal, an der Station S3, den Fall, dass eine andere als die Amphipoda die dominierende Ordnung war; dort waren sowohl Tanaidaceen als auch Cumaceen diverser. Im letzten Untersuchungszyklus, im Herbst 1999, gibt es kaum Auffälligkeiten. Die Dominanz der Amphipoden wird nur einmal, an Station N2 gebrochen - hier dominieren die Tanaidacea. Ansonsten sind die Amphipoden sowohl in Bezug auf Individuenzahl, als auch auf Artenzahl, stets die dominante Ordnung.

4.1.2 Saisonale Variationen der mittleren Körpergröße bei ausgewählten (abundanten) Arten

Einige Arten waren zu allen Jahreszeiten abundant genug, um sie einem saisonalen Vergleich ihrer Körpergröße zu unterziehen.

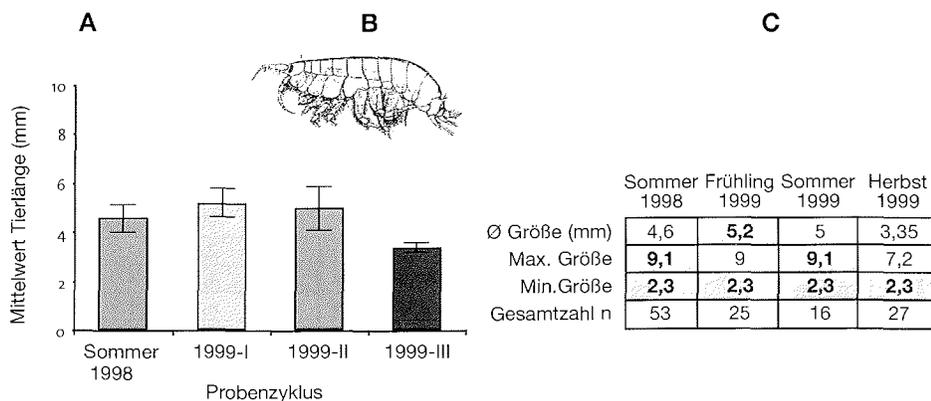


Abb. 15: (A) Mittlere Größe von *Pontoporeia femorata* Krøyer, 1842. (B) *Pontoporeia femorata* verändert nach SARS (1895). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

ERGEBNISSE

Das größte Individuum von *Pontoporeia femorata* (Pontoporeiidae, Amphipoda) maß 9,1 mm (Abb. 15 C). Die größte Durchschnittsgröße wurde im Frühling mit 5,2 mm festgestellt. Sie war in den beiden Sommeruntersuchungszyklen gleich. Lediglich im Herbst war die durchschnittliche Größe mit 3,4 mm deutlich geringer. Die kleinsten einzeln gefundenen Tiere hatten eine Länge von 2,3 mm. Jungtiere noch geringerer Größe waren einem Marsupium entnommen.

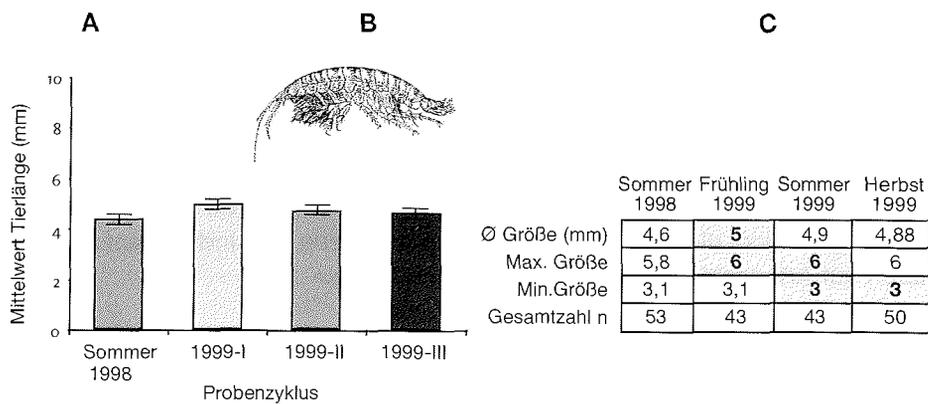


Abb. 16: (A) Mittlere Größe von *Protomeдея fasciata* Krøyer, 1842. (B) *Protomeдея fasciata* verändert nach Sars (1895). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

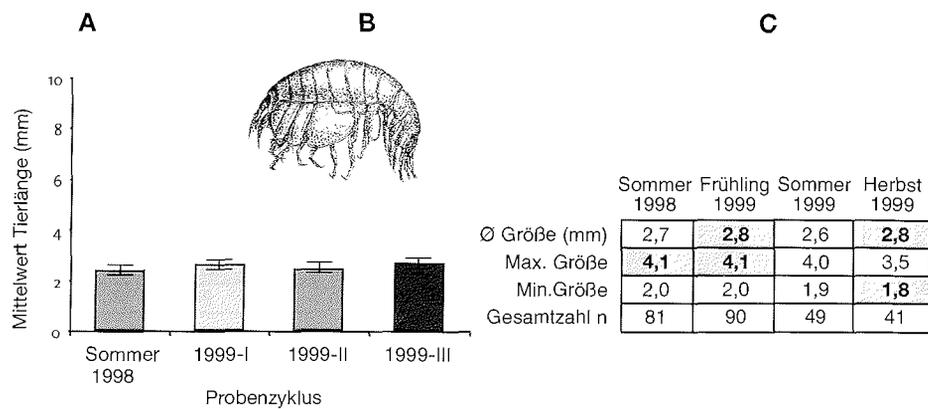


Abb. 17: (A) Mittlere Größe von *Andaniella pectinata* Sars, 1883. (B) *Andaniella pectinata* verändert nach Sars (1895). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Protomedeia fasciata (Isaeidae, Amphipoda) war im Mittel bis zu 5 mm groß (Abb. 16 C). Die Schwankungsbreite innerhalb der Jahreszeiten war gering. Der niedrigsten Mittelwert wurde im Sommer 1998 mit 4,6 mm ermittelt. Die Maximalwerte liegen kaum über den Durchschnittswerten. Die längsten Tiere hatten eine Größe von 6 mm. Die kleinsten Tiere maßen 3 mm.

Auch *Andaniella pectinata* (Stegocephalidae, Amphipoda) zeigte geringe Varianzen innerhalb der Untersuchungszyklen (Abb. 17 C). Die Durchschnittsgrößen bewegten sich um 2,8 mm, maximal wurden Körperlängen von 4,1 mm gemessen. Die kleinsten Tiere hatten eine Größe von 1,8 mm.

Einige Individuen von *Harpinia antennaria* (Phoxocephalidae, Amphipoda) erreichten eine Größe von 6,5 mm, die kleinsten Tiere, die außerhalb eines Marsupiums aufgefunden wurden, maßen 3,1 mm (Abb. 18 C). Den höchsten Mittelwert erreichten die Tiere im Sommer 1998 mit 5,9 mm. Der geringste Wert wurde im Frühling 1999 mit nur 4,2 mm festgestellt.

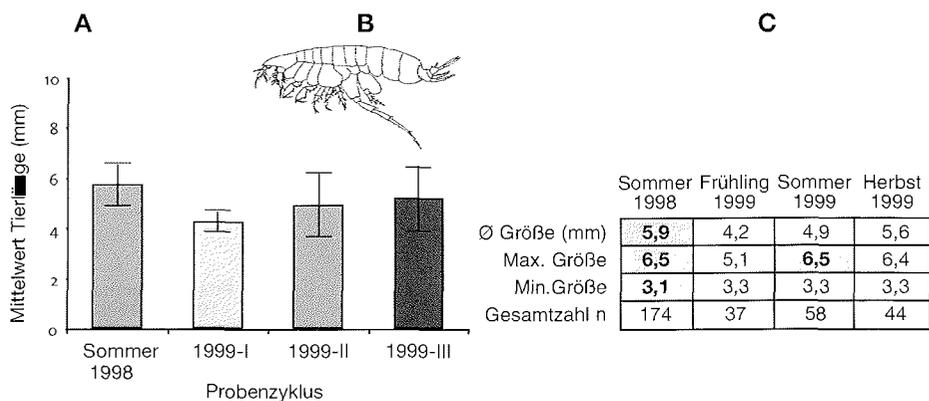


Abb. 18: (A) Mittlere Größe von *Harpinia antennaria* Meinert, 1890. (B) *Harpinia antennaria* verändert nach HAYWARD & RYLAND (1995). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Der Flohkrebs *Monoculodes tuberculatus* (Oedicerotidae, Amphipoda) wurde bis zu 9,1 mm lang (Abb. 19 C). Die kleinsten Tiere maßen von der Rostriumspitze bis zum Telsonansatz gerade 1,5 mm. Die Mittelwerte schwankten im Laufe des Jahres. Der Höchstwert lag im Frühling 1999 bei 4,2 mm. Der niedrigste Wert wurde im darauf folgenden Sommer mit 3,1 mm ermittelt.

ERGEBNISSE

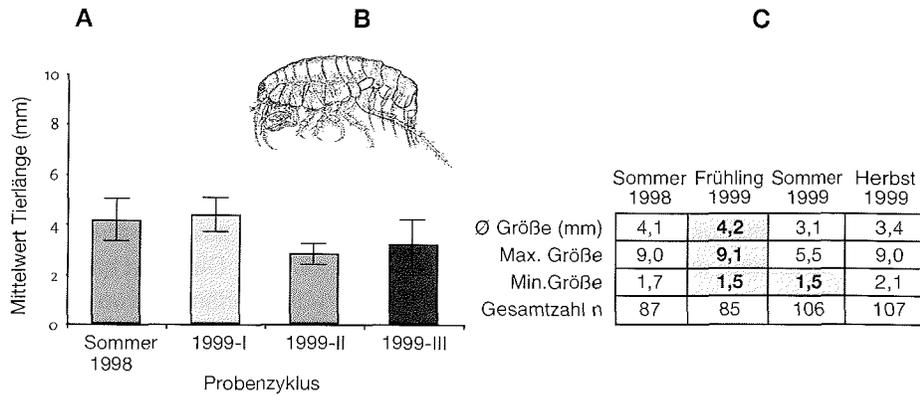


Abb. 19: (A) Mittlere Größe von *Monoculodes tuberculatus* Boeck, 1871. (B) *Monoculodes tuberculatus* verändert nach SARS (1895). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Im Sommer 1998 wurden nicht nur die mit 6,3 mm größten Exemplare von *Aceroides latipes* (Oedicerotidae, Amphipoda) gefunden, auch der Mittelwert liegt mit 4,3 mm deutlich über den Werten des Jahres 1999 (Abb. 20 C). Die kleinsten Tiere, mit einer Länge von 1,6 mm wurden im Frühling gesammelt.

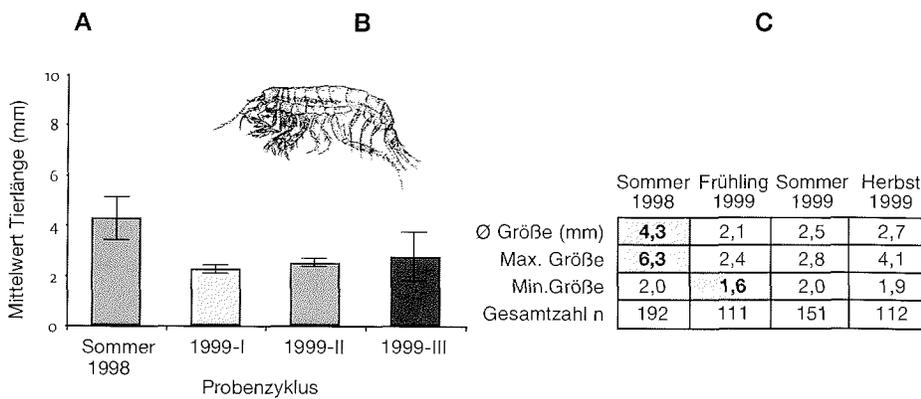


Abb. 20: (A) Mittlere Größe von *Aceroides latipes* Sars, 1866. (B) *Aceroides latipes* verändert nach SARS (1895). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Westwoodilla caecula (Oedicerotidae, Amphipoda) erreichte im Sommer 1998 und 1999 geringere mittlere Längen (3,7 mm) als im Frühling (4,1 mm) oder Herbst (4,3 mm) (Abb. 21 C). Auch die Höchstwerte unterschieden sich deutlich. Sie lagen in den Sommerzyklen bei 6, bzw. 6,1 mm, im Frühling und

im Herbst jedoch bei 9 mm. Die kleinsten Vertreter von *Westwoodilla caecula* waren 1,5 mm groß.

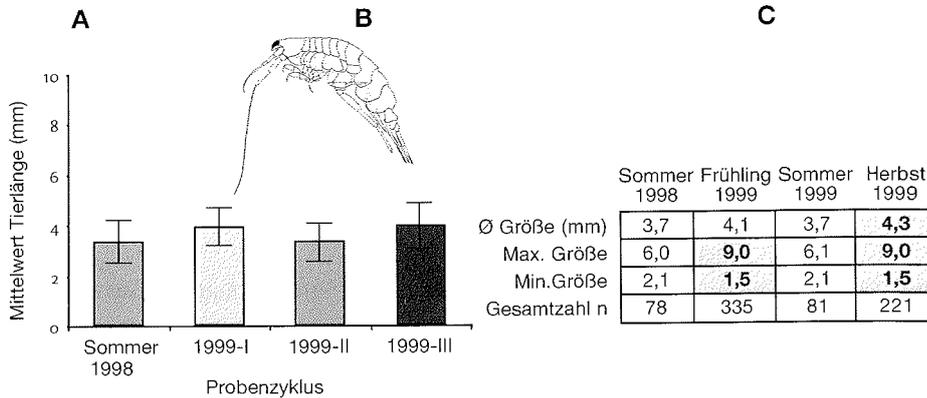


Abb. 21: (A) Mittlere Größe von *Westwoodilla caecula* (Bate, 1856). (B) *Westwoodilla caecula* verändert nach JANSEN (2002). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Leucon nasica (Leuconidae, Cumacea) zeigte eine große Varianz in der Körperlänge (Abb. 22 C). Die Krebse waren zwischen 2,3 und 11,7 mm groß. Die mittlere Länge schwankte zwischen 5,7 mm im Frühling 1999 und 7,1 mm im Sommer 1998.

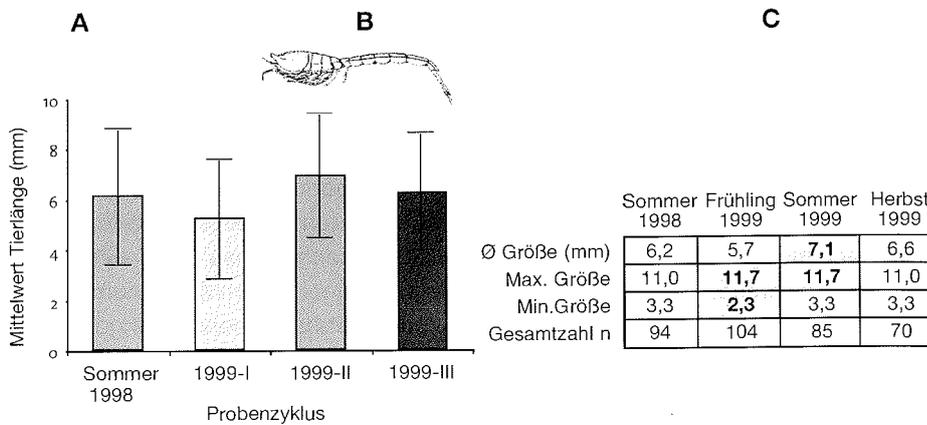


Abb. 22: (A) Mittlere Größe von *Leucon nasica* (Krøyer, 1841). (B) *Leucon nasica* verändert nach JONES (1957). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

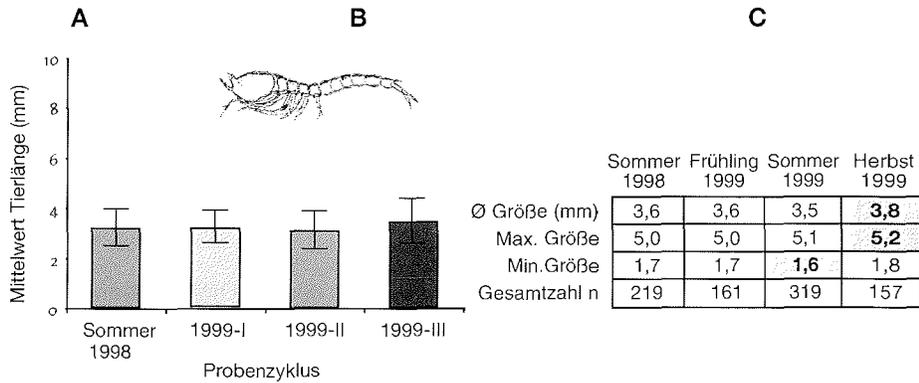


Abb. 23: (A) Mittlere Größe von *Eudorellopsis integra* (Smith, 1879). (B) *Eudorellopsis integra* verändert nach LOMAKINA (1958). (C) Maximal- und Minimalwerte (grau hinterlegt). (n) = Gesamtzahl der gefundenen Tiere.

Eudorellopsis integra (Leuconidae, Cumacea) variiert im Laufe des Jahres nur gering in der Körpergröße. Die Mittelwerte lagen zwischen 3,5 und 3,8 mm, die Maximalwerte bei 5,2 mm. Die kleinsten Tiere hatten eine Länge von 1,6 mm (Abb. 23 C).

4.1.3 Saisonalität der Reproduktion

Bei zehn Arten der Peracarida konnte eine signifikante Saisonalität der Reproduktion beobachtet werden. Diese war allerdings auf keine bestimmte Jahreszeit beschränkt. Bei vier Arten, den „Frühlingsbrütern“, wiesen die Weibchen besonders häufig am Anfang der eisfreien Saison ein voll entwickeltes Marsupium auf (Abb. 24). Zwischen 27 % (*Rhachotropis inflata* (Sars, 1882)) und 39 % (*Eudorellopsis integra*) besaßen ein Marsupium, das entweder leer war, Eier trug oder sogar fast voll entwickelte Jungtiere enthielt. Isopoda und Mysidacea hatten eine zu geringe Abundanz, um sie dieser Analyse zu unterziehen. Innerhalb der Tanaidacea waren die Arten untereinander oft zu schwierig abgrenzbar. Auffällig war die Tatsache, dass unter den 2.780 gefundenen Tanaidacea nur 10 Tiere mit einem ausgebildeten Marsupium gefunden wurden. Von diesen Tieren wurden neun im Herbst-Probenzyklus gefangen.

Vier andere Arten können als „Sommerbrüter“ bezeichnet werden (Abb. 25). Bei diesen Arten gelang der Nachweis besonders gut, da sie in den Sommern zweier aufeinander folgender Jahre untersucht werden konnten. Zwischen 15 % (*Leucon nasica*) und 39 % (*Aceroides latipes*) der Weibchen hatten ein voll ausgebildetes Marsupium.

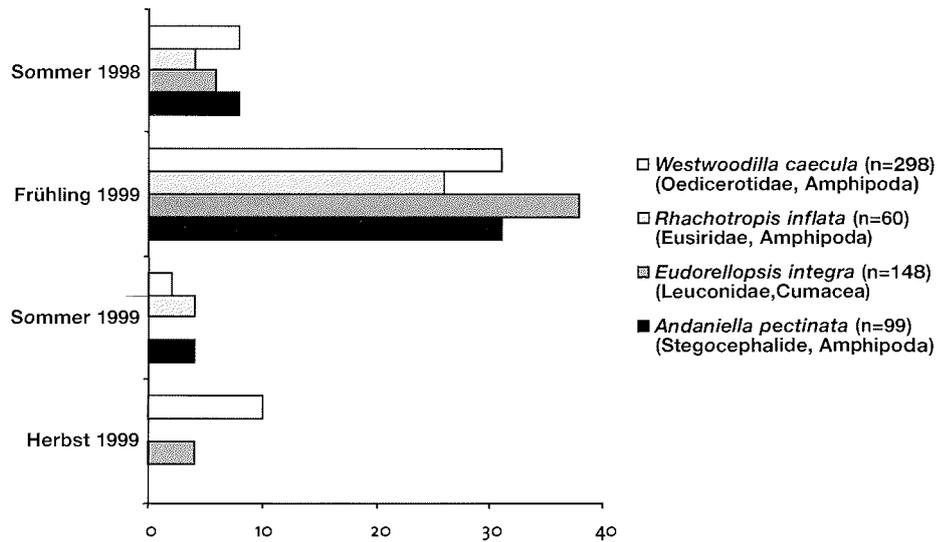


Abb. 24 „Frühlingsbrüter“: Anteil der Weibchen mit voll entwickeltem Marsupium (n=Anzahl Weibchen).

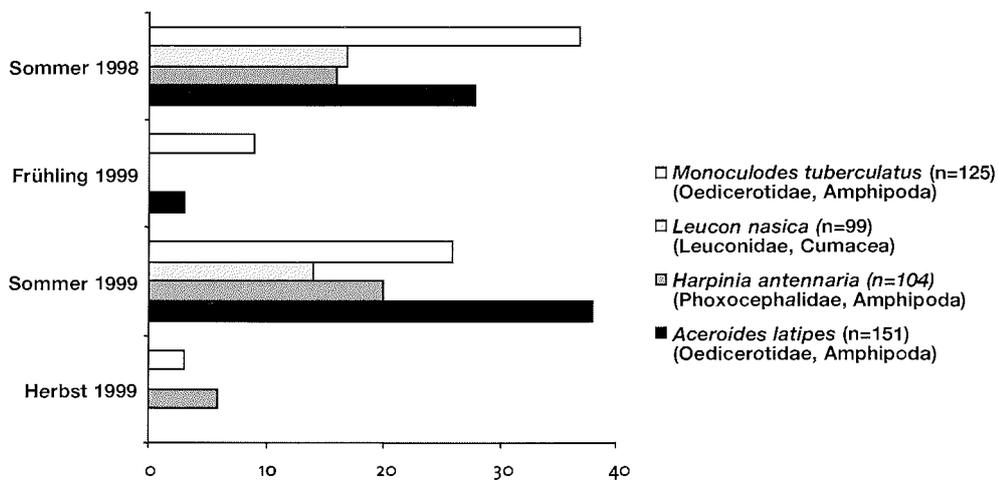


Abb. 25 „Sommerbrüter“: Anteil der Weibchen mit voll entwickeltem Marsupium (n=Anzahl Weibchen).

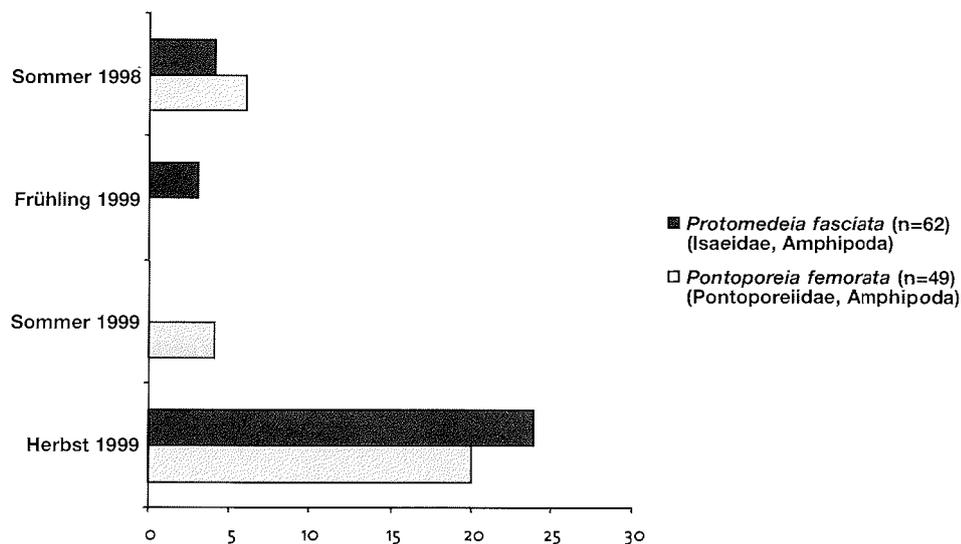


Abb. 26 „Herbstbrüter“: Anteil der Weibchen mit voll entwickeltem Marsupium (n=Anzahl Weibchen).

Einige Arten reproduzieren sich offensichtlich weder im Frühling noch im Sommer. Bei diesen „Herbstbrütern“ (Abb. 26) ließen sich erst am Ende der eisfreien Saison häufiger reife Weibchen beobachten. Bei *Protomeдея fasciata* besaßen 24 % der Weibchen im Herbst ein Marsupium und bei *Pontoporeia femorata* waren es 20 %.

4.2 Biochemische Analysen

4.2.1 Lipidklassen

Im Frühling ließen sich bei *Melita dentata* bereits einige Speicherlipide nachweisen. 22 Prozent der extrahierten Lipide waren Triacylglycerine (Abb. 27). Den größten Anteil bilden mit 74 % die Polarlipide, die eine Funktion als Strukturlipide in den Zellen haben. Im Sommer ließen sich Triacylglyceride mit 41 % der Gesamtlipide nachweisen. Im Herbst sank der Anteil der Speicherlipide auf 4 % der Gesamtlipide. Den mit Abstand größten Anteil hatten in dieser Jahreszeit die Polarlipide mit einem Anteil von 93 %. Sterole spielten mit drei bis fünf Prozent während des gesamten Untersuchungszeitraumes eine untergeordnete Rolle.

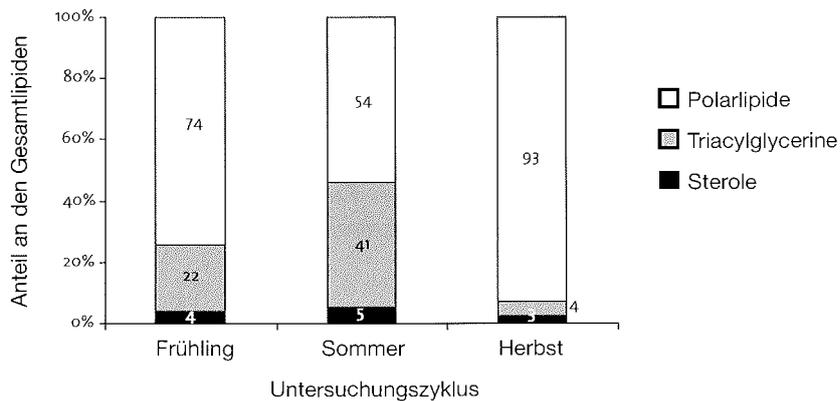


Abb. 27: Relative Lipidklassen-Zusammensetzung von *Melita dentata* (Krøyer, 1842) (Wachsester sind nicht berücksichtigt).

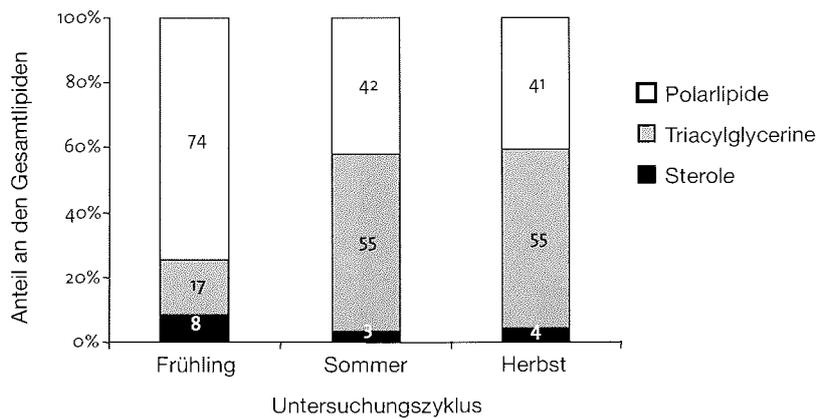


Abb. 28: Relative Lipidklassen-Zusammensetzung von *Akanthophoreus* spp. (Wachsester sind nicht berücksichtigt).

Bei *Akanthophoreus* spp. stieg der Gesamtanteil an Triacylglycerinen im Laufe der eisfreien Saison an (Abb. 28). Im Frühling lag der Anteil der Triacylglycerine bei 17 % der Gesamtlipide (ohne Wachsester) und stieg zum Sommer auf 55 %. Der Wert blieb auch im Herbst auf diesem Niveau. Die Sterole hatten im Frühling einen Anteil von acht Prozent, im Sommer von drei Prozent und im Herbst von vier Prozent der Gesamtlipide.

4.2.2 Fettsäuremuster

Die dominierende Fettsäure (FS) bei *Melita dentata* war durchgehend die langkettige und mehrfach ungesättigte Fettsäure 20:5(n-3) mit Anteilen von ca. 20 % der Gesamtfettsäuren. Ebenfalls häufig waren die gesättigte FS 16:0 mit 10 bis 12 % der Gesamtfettsäuren, die einfach ungesättigten FS 16:1(n-7) und 18:1(n-9). Alle drei machen 10-15 % der Fettsäuren aus (Abb. 29). Die Fettalkohole hatten im Frühling und Sommer einen Anteil von unter 0,5 %. Im Herbst lag er bei 12,6 %.

In Abb. 30 wird die relative Zusammensetzung der Fettsäuren von *Akanthophoreus* spp. dargestellt. Auch hier wurden nur Fettsäuren berücksichtigt, die über einen relativen Anteil von mehr als 3 % der Gesamtfettsäuren verfügten.

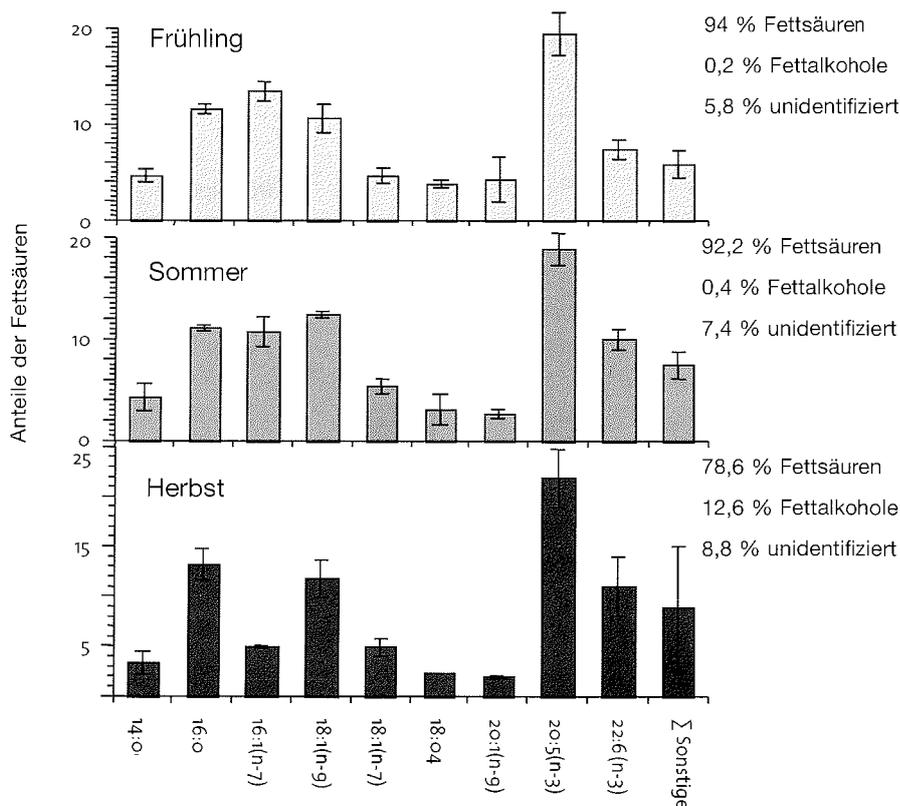


Abb. 29: Fettsäuremuster von *Melita dentata* mit Angabe des Fettsäure-/Fettalkoholanteils. Unidentifizierte Fettsäuren und solche mit Anteilen < 3 % und wurden unter „Sonstige“ zusammengefasst.

Deutlich dominierend war die FS 18:1(n-7) mit Anteilen von 17 bis 22 % der Gesamtfettsäuren, gefolgt von der mehrfach ungesättigten FS 20:5(n-3) mit 15 bis 16 %. Ebenfalls häufig waren die gesättigte FS 16:0 und die einfach ungesättigte FS 18:1(n-9). Die Fettalkohole hatten einen Anteil von 2,6 bis 4,2 Prozent.

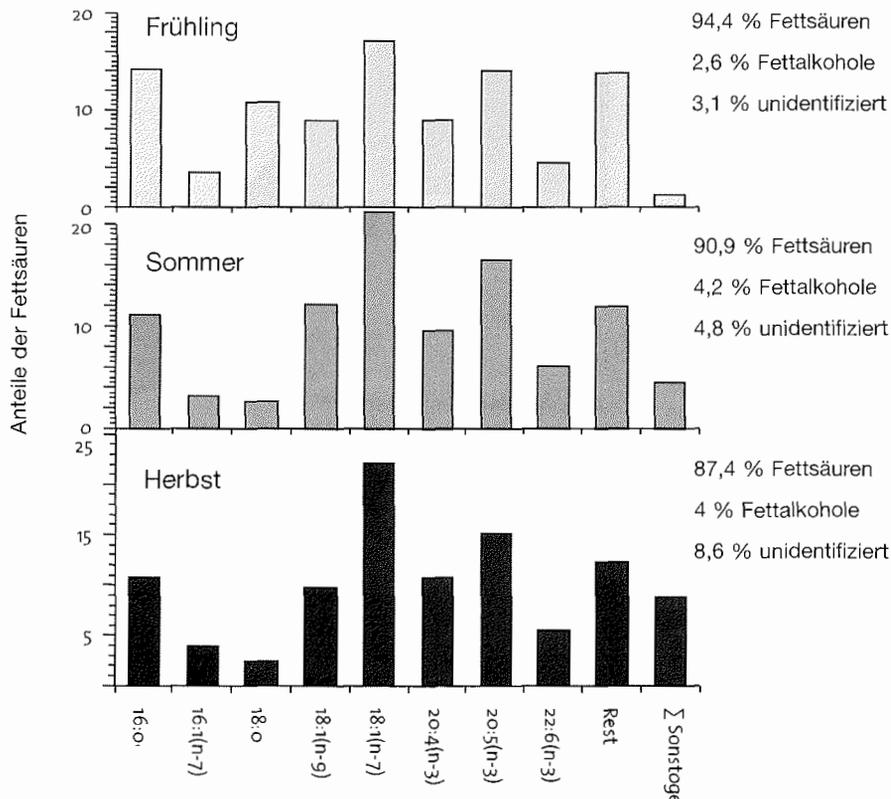


Abb. 30: Fettsäuremuster von *Acanthophoreus* spp. mit Angabe des Fettsäure/Fettalkoholanteils. Unidentifizierte Fettsäuren wurden unter „Rest“ und solche mit Anteilen < 3 % unter „Sonstige“ zusammengefasst.

4.3 Umweltparameter

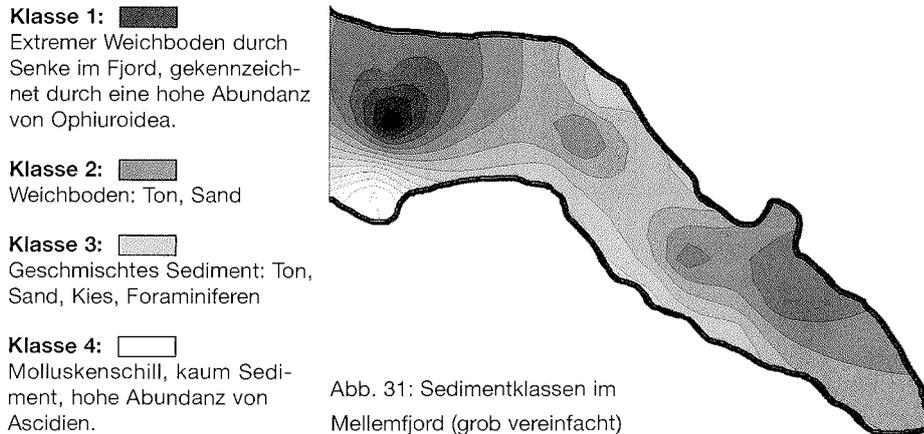
4.3.1 Sedimentanalysen

4.3.1.1 Klassifikation

Die Zusammensetzung des Sedimentes an den zwölf Stationen erschien im ersten Probenjahr recht gemischt und war schwer zu unterscheiden.

ERGEBNISSE

Nach mindestens vier Probennahmen an allen zwölf Stationen kristallisierten sich jedoch deutliche Unterschiede heraus. Es ließen sich demnach vier Typen von Substrat klassifizieren. In der Abb. 31 und der Tab. 6 werden hohe Weichbodenanteile dunkel dargestellt.



Tab. 6: Sedimentklassen an den einzelnen Stationen des Møllefjords

Transekt	1	2	3	4
Nord	Klasse 3	Klasse 3	Klasse 3	Klasse 2
Mitte	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2
Süd	Klasse 4	Klasse 3	Klasse 3	Klasse 3

4.3.1.2 Biochemische Sedimentanalysen

4.3.1.2.1 C/N-Verhältnis

Im Laufe der eisfreien Saison entwickelt sich der Trend, dass die C/N-Werte von der Mündung zum Kopf des Fjords hin zunehmen. Im Frühling war noch keine Tendenz ablesbar. Im Sommer war ein Anstieg zu beobachten, wobei Transekt 3 eine Ausnahme bildet. Im Herbst war der Trend eindeutig: Je weiter der Transekt von der Mündung entfernt liegt, desto höher war der C/N-Wert (Abb. 32). Allerdings zeigten die Messungen des C/N-Verhältnisses im

Untersuchungszeitraum starke Schwankungen. Die Werte nahmen nicht generell zu oder ab, so dass sich kein eindeutiger saisonaler Gesamttrend ablesen lässt.

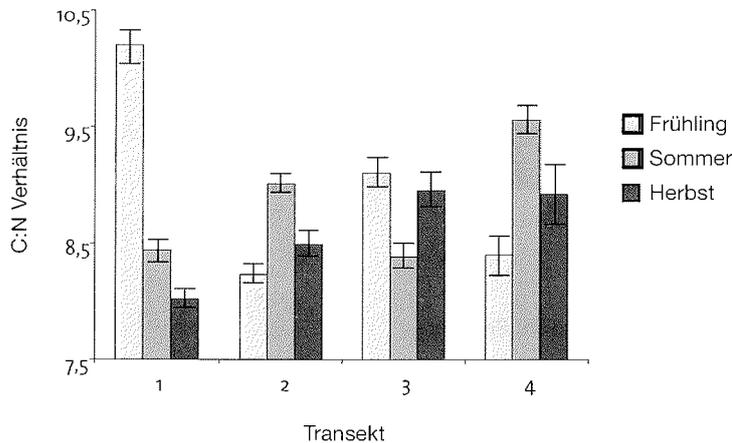


Abb. 32: C/N-Verhältnis im Jahresverlauf 1999

Die Werte lagen alle zwischen 8 und 10,5 und deuten so auf eine mittlere bis mäßige Nahrungsqualität hin. Den größten Wert (C/N=10,2) und damit die geringste Nahrungsqualität fand sich im Frühling am Quertransekt 1, dem äußersten Transekt. Der höchsten Wert fand sich im Herbst an eben dieser Stelle (C/N=8).

4.3.1.2.2 Chlorophylläquivalente (CPE)

Die Untersuchung der Chlorophylläquivalente im Sediment ergab an drei der vier Sedimentprobenstationen eine deutliche Erhöhung der Mengen vom Frühling zum Sommer (Abb. 33). Am Quertransekt 1, 3 und 4 haben sich die Werte von etwa $6,5 \mu\text{g cm}^{-3}$ Sediment auf Werte zwischen 8 und 10 erhöht. An der anderen Entnahmestelle blieben die Werte konstant, bzw. verringerten sich etwas. Ein Abfall war zum Herbst hin an den Transekten 1 und 4 zu beobachten, deren CPE-Werte um 1-2 μg sanken. Gleichzeitig blieb die Situation an den anderen beiden Transekten relativ stabil. Insgesamt lag im Møllefjord also eine deutliche Akkumulation des Chlorophyllanteils im Sediment vom Frühling zum Sommer vor und eine tendenzielle Verringerung zum Herbst hin mit einer über den Untersuchungszeitraum gesehenen Variationsbreite von 6 bis $10 \mu\text{g cm}^{-3}$ Sediment.

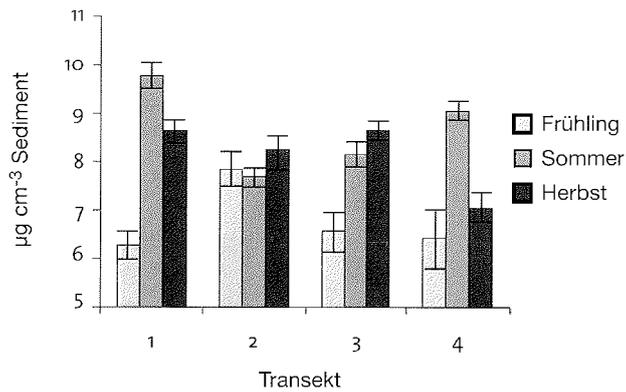


Abb. 33: Chlorophylläquivalente im Sediment

4.3.1.2.3 Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})

Der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) zeigt eine deutlich saisonale Tendenz (Abb. 34). Die Werte steigen an allen vier Quertransekten kontinuierlich an. Der C_{org} steigt an dem äußeren Transekt von 0,4 auf 0,65 % und im inneren Bereich des Fjordes (Transekt 4) von 0,35 auf 0,5 %.

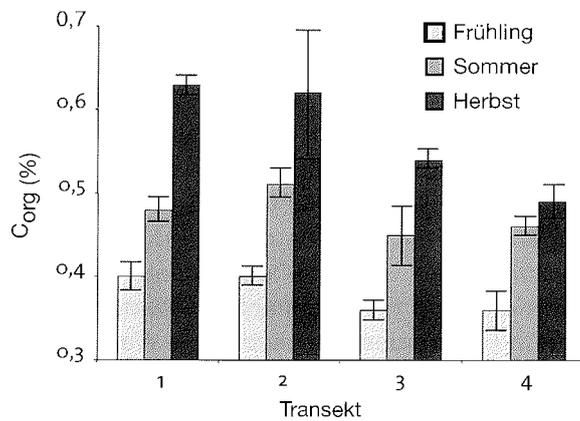


Abb. 34: Organischer Kohlenstoffgehalt im Sediment

4.3.1.2.4 Sedimentation

In den oberen Sinkstofffallen fanden sich nach knapp sieben Wochen 1.155 Gramm, bzw. 1.186 Gramm Sediment, berechnet als Trockengewicht pro Quadratmeter. Daraus wurde eine durchschnittliche Tagessedimentation von 25,8 und 25,1 Gramm berechnet (Abb. 35). In den unteren Flaschen, bei 70 m, wurden 4.840, bzw. 5.680 g pro Quadratmeter Sedimentationsfläche ($123,5$, bzw. $105,2 \text{ d}^{-1}$) berechnet. In dem gesamten Zeitraum von 46 Tagen (2. 8. 99 bis 17. 9. 1999) waren es somit bis zu 5,5 kg trockenes Sediment pro Quadratmeter.

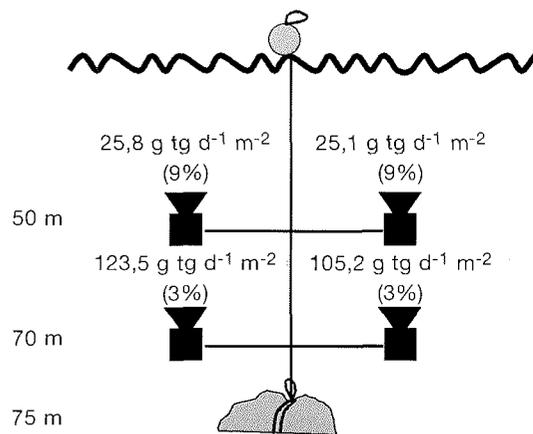


Abb. 35: Sedimentation pro Tag, berechnet pro Quadratmeter: Aschefreies Trockengewicht (in Klammern: Anteil des partikulären organischen Materials am gesamten partikulären Material (POC/TPM)).

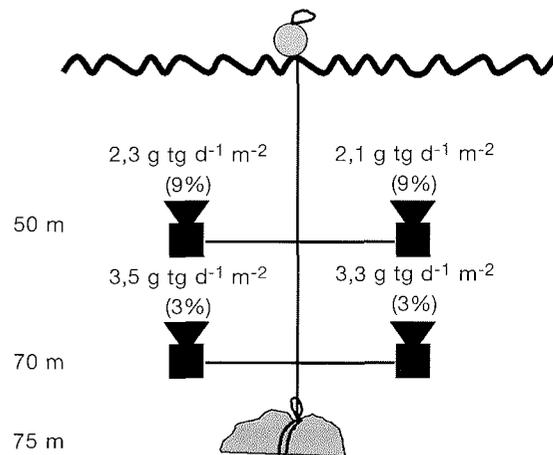


Abb. 36: Sedimentation pro Tag und pro Quadratmeter: Gesamtgewicht des organischen Anteils

Der organische Anteil in den beiden Wassertiefen ist deutlich unterschiedlich. Er liegt in den flacheren Fallen bei 10 % bzw. 9 % und in den tieferen bei rund 3 %. Die Unterschiede fallen allerdings weit weniger deutlich aus, wenn man sich das Gesamtgewicht des organischen Anteils betrachtet (Abb. 36). Er liegt bei den oberen Fallen bei $2,3 \text{ g tg d}^{-1} \text{ m}^{-2}$, bzw. $2,1 \text{ g tg d}^{-1} \text{ m}^{-2}$ und den unteren Fallen bei 3,5 bzw. 3,3 Gramm pro Tag.

4.3.2 Hydrografie des Mellemfjords

4.3.2.1 Salzgehalt und Temperatur

Die Situation in Bezug auf Salzgehalt und Temperatur war im Frühling an allen Stationen ähnlich stabil. Die Salinität lag in allen Tiefen zwischen 32,5 und 33,5. Sie nahm mit zunehmender Tiefe leicht zu. An der Oberfläche sank sie auf bis zu 32,6 ab (Abb. 37). Die Temperatur lag zwischen 0 und 1 °C. Lediglich in den obersten Schichten war die Temperatur leicht erhöht und erreichte maximal 2 °C.

Im Sommer hatte sich ein deutlicherer Gradient ausgebildet, der in den oberen 20 m besonders steil war und dann langsam abflachte. An der Oberfläche war die Salinität bis auf 28 gesunken. Ab einer Tiefe von ca. 20 Metern lagen die Werte aber mit 33,0 bis 33,7 in einem ähnlichem Bereich wie im Frühling. Die Temperatur lag an der Oberfläche bei 6 bis 8 °C und fiel dann in einem Gradienten bis auf 1 °C in Bodennähe ab.

Im Herbst hatte sich die Situation wieder stabilisiert. Die Gradienten verliefen weit weniger steil als im Sommer. Zwischen 1 und 60 Metern lag die Temperatur bei 4 °C. Nur direkt an der Oberfläche wurde an verschiedenen Stellen im innersten Bereich des Fjords um 0 °C gemessen und erste Eisneubildungen beobachtet. In Tiefen unterhalb 60 m sank die Temperatur bis auf 1,5 °C ab. Der Salzgehalt betrug in den oberen Schichten bei 32,4 und nahm dann mit zunehmender Tiefe leicht zu. In Bodennähe wurden maximal 33,5 gemessen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich im Frühling eine Pycnocline aufzubauen begann. Im Sommer war die thermohaline Sprungschicht deutlich ausgeprägt. Im Herbst war dieser Effekt kaum noch zu sehen. Da die geringen Temperatur- und Salinitätsschwankungen in tieferen Schichten kaum Einfluss auf die benthischen Peracarida haben dürften, wurden diese Parameter bei den weiteren Analysen vernachlässigt.

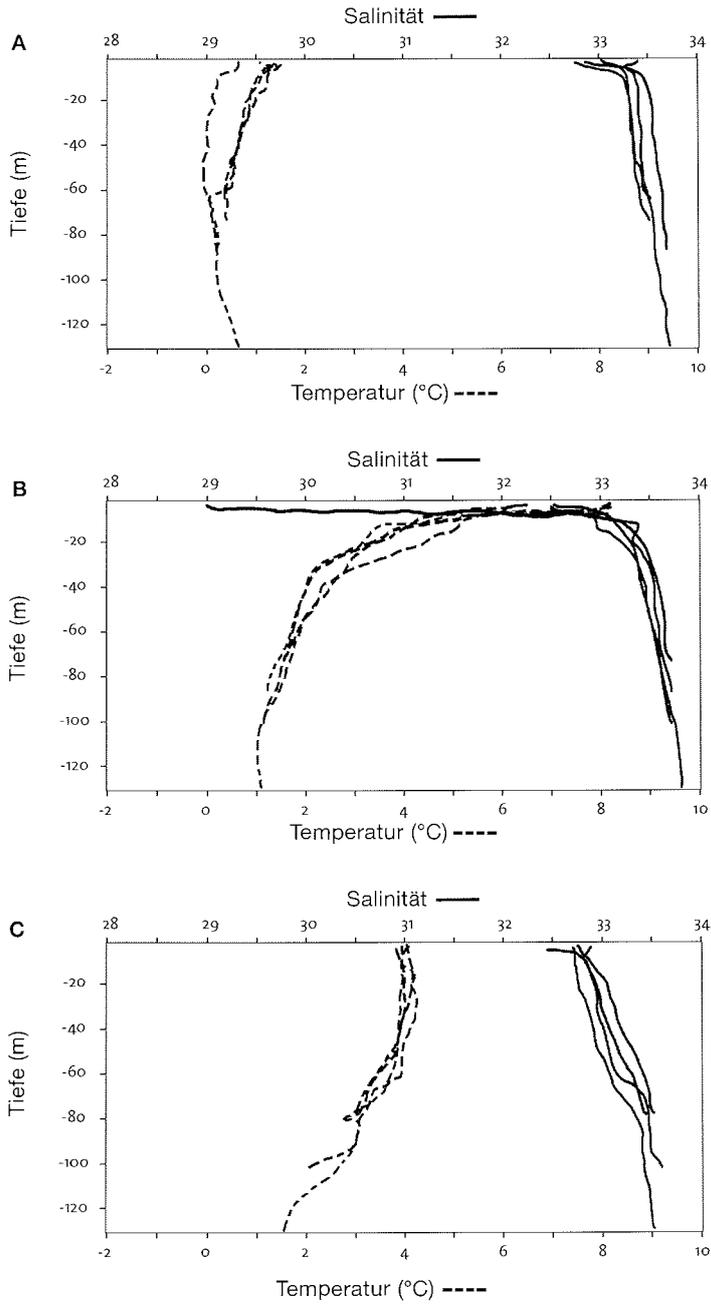


Abb. 37: Temperatur (gestrichelte Linien) und Salinität (durchgezogene Linien) der Mittelfjordstationen im Frühling (A), Sommer (B) und Herbst (C) 1999. Kürzere Linien repräsentieren flachere Stationen.

4.3.2.2 Fluoreszenz

Die Messungen der Fluoreszenz lassen Rückschlüsse auf die Veränderungen der Phytoplanktonkonzentration und deren Vertikal- und Horizontalverteilung im Verlaufe des Jahres zu. Die Abbildungen 38-40 zeigen Vertikalprofile des Fjordes. Die ersten drei zeigen die vier nördlichen (Abb. 38 N), die vier mittleren (Abb. 38 M) sowie die südlichen Stationen (Abb. 38 S) im Frühling 1999. Die drei folgenden Diagramme (Abb. 39 N, M, S) zeigen dann die Situation im Sommer 1999, die drei letzten Fluoreszenz-Diagramme (Abb. 40 N, M, S) zeigen die Situation im Herbst 1999. Die Messungen, die Anfang Mai am Eingang des Mellemfjords durchgeführt wurden, als die Eissituation noch kein Befahren des Fjords erlaubte, ergaben maximale Fluoreszenzwerte von 0,2 v.

Deutlich zu erkennen sind die hohen Werte im Frühling, die auf eine Phytoplanktonblüte hindeuten (Abb. 38 N, M, S). Die Messwerte der CTD-Sonde erbrachten hier maximale Werte der Fluoreszenz von 4,2 Volt (siehe Tab. A1 im Anhang). Im Sommer fielen die Werte stark ab (Abb. 39 N, M, S). Hier wurden noch maximal 1,8 V gemessen. Die niedrigsten Werte ergaben sich dann im Herbst, als an keiner Stelle im Mellemfjord mehr als 0,4 V gemessen wurden (Abb. 40 N, M, S).

Auffällig war, dass die maximalen Werte der Fluoreszenz stets in einer Tiefe zwischen 15 und 30 m gemessen wurden. Aus den Diagrammen lässt sich ein Gradient von den inneren (4) zu den äußeren Stationen (1) ablesen. Die höchsten Konzentrationen waren im inneren Bereich des Fjords messbar. Dieses war besonders im Frühling und Sommer ausgeprägt. Dieser Gradient war an den südlichen Stationen deutlicher als an den nördlichen erkennbar.

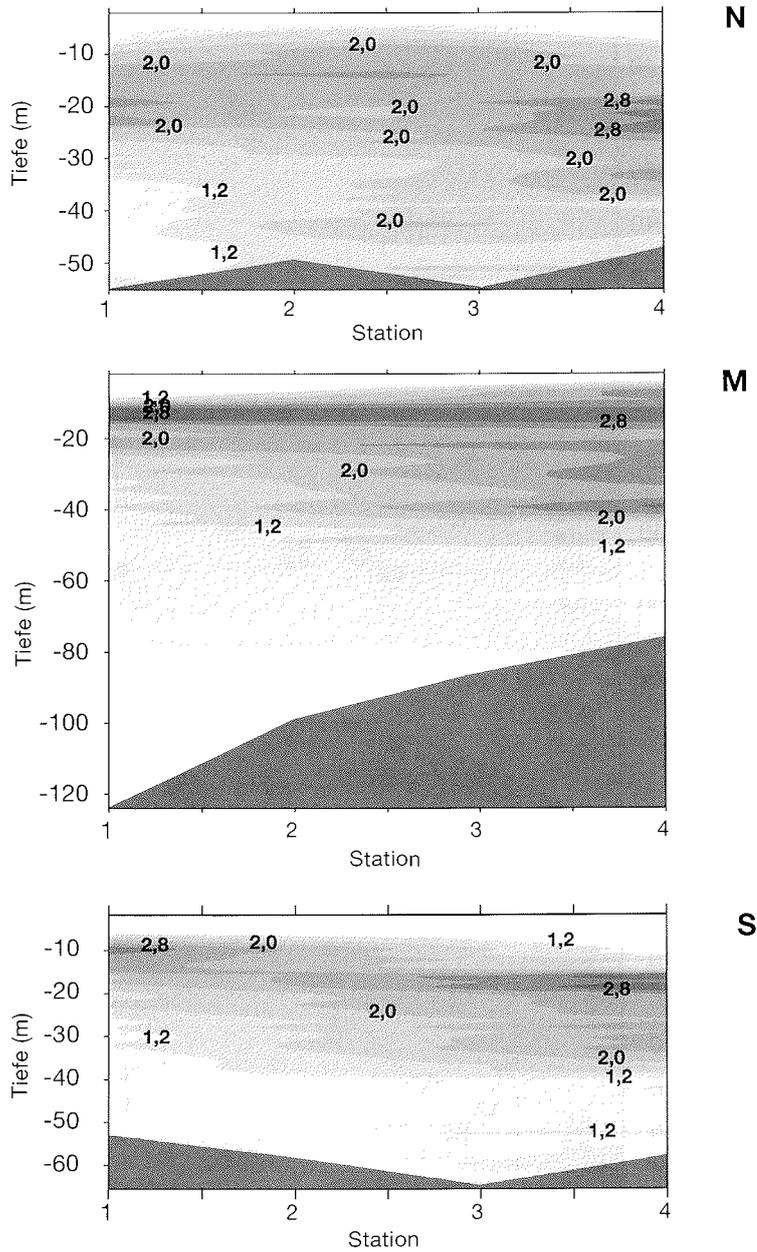


Abb. 38 N, M, S: Fluoreszenz im **Frühling 1999** im Møllefjord: Werte in den Diagrammen geben die physikalischen Messwerte in Volt an. Die höchsten Konzentrationen lagen in der Tiefe um 20 m vor. Höchster Wert mit 4,2 an Station M1. (N) Nördlicher Transekt (M) Mittlerer Transekt (S) Südlicher Transekt.

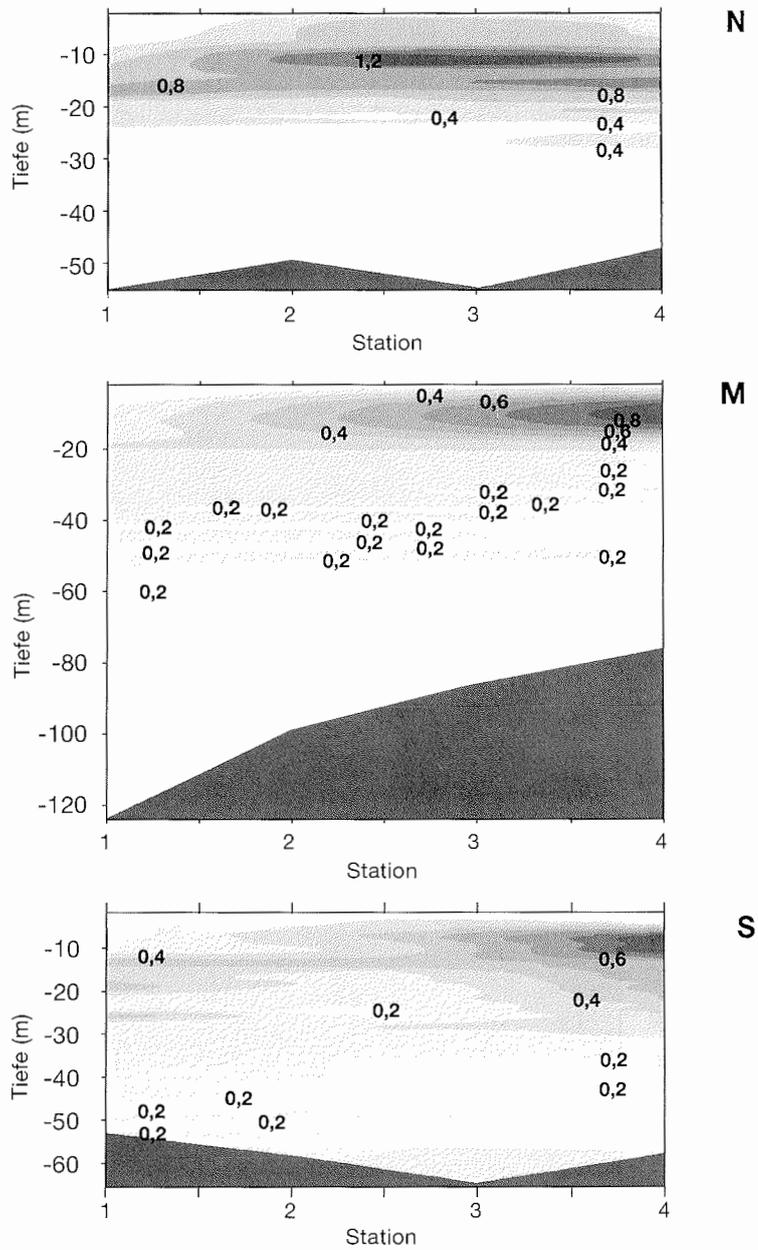


Abb. 39 N, M, S: Fluoreszenz im **Sommer 1999** im Møllefjord: Werte in den Diagrammen geben die physikalischen Messwerte in Volt an. Höchste Werte in Tiefen um 10 m. Maximalwert mit 1,8 an Station N3. (N) Nördlicher Transekt (M) Mittlerer Transekt (S) Südlicher Transekt.

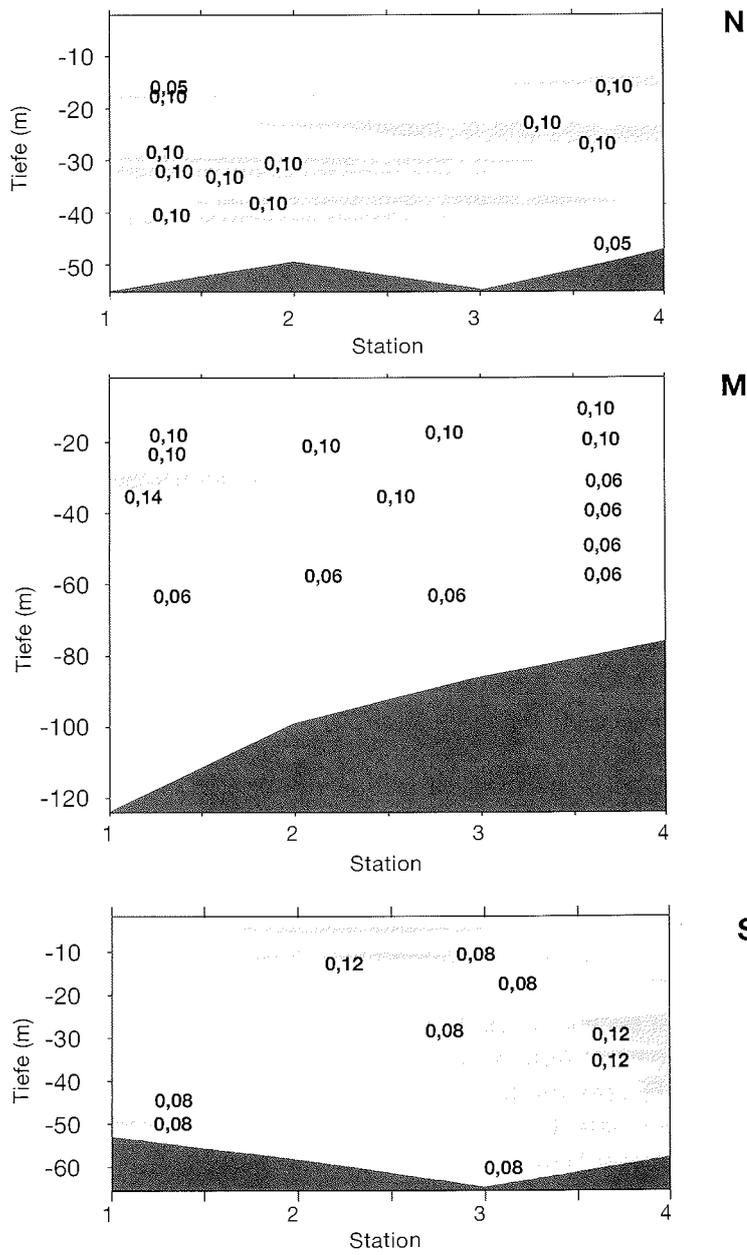


Abb. 40 N, M, S: Fluoreszenz im **Herbst 1999** im Møllefjord: Werte in den Diagrammen geben die physikalischen Messwerte in Volt an. Es lässt sich keine deutliche Schichtung erkennen. Maximalwert mit 0,3 an Station M3. (N) Nördlicher Transekt (M) Mittlerer Transekt (S) Südlicher Transekt.

4.3.2.3 Zooplanktonkonzentration

Die Zooplanktongemeinschaft wurde von Copepoden dominiert, die ca. 80 % der Biomasse ausmachten. Die häufigsten Arten davon waren *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955 und *C. hyperboreus* (Krøyer, 1838), mit ca. 80 % der Individuen. Weiter konnten noch *Calanus finmarchicus* (Gunnerus, 1770), *Pseudocalanus minutus* (Krøyer, 1845) und *Acartia longiremis* (Lilljeborg, 1853) identifiziert werden. Die Zooplanktonbiomasse zeigte eine klare Saisonalität (Abb. 41). Die geringsten Quantitäten fanden sich im Frühling mit Werten zwischen 9,2 und 21,9 mg tg m⁻³. Es ließ sich ein Gradient vom Eingang des Fjordes zum Kopf hin beobachten; an den inneren Stationen waren die Mengen deutlich geringer.

Im Sommer 1999 hatte das Zooplankton gegenüber dem Frühjahr deutlich zugenommen. Die Messungen ergaben Werte von 28 bis 40,7 mg tg m⁻³. Auch bei diesem Zyklus lagen die Werte im äußeren Bereich des Fjordes höher als im inneren Bereich. Im Herbst wurden wieder geringere Quantitäten gemessen. Das Trockengewicht lag zwischen 17,6 und 22,9 mg m⁻³. Die Verteilung im Fjord war allerdings nun eine andere als bei den vorher gehenden Zyklen. Das Zooplankton war in den äußeren Bereichen weit deutlicher zurück gegangen als im Bereich des Fjord-Kopfes. Am Eingang des Fjords hatte sich die Zooplanktonmenge etwa halbiert, während sie innen nur um etwa ein Drittel zurück gegangen war. Insgesamt unterschieden sich in dieser Darstellung die Station mit der geringsten (S4 im Frühling) (Abb. 41 A) von der Station mit der höchsten Zooplanktonbiomasse (N2 und M2 im Sommer) (Abb. 41 B) um den Faktor 4,4.

Betrachtet man nun die gleichen Ergebnisse in einer anderen Darstellung, stellt sich die Situation etwas anders dar. In Abb. 42 wird die Zooplanktonbiomasse pro Quadratmeter Wassersäule illustriert.

Im Frühling ist auch in dieser Darstellung die Biomasse des Zooplanktons im Fjord relativ gering (Abb. 42 A). Die niedrigsten Werte wurden im innersten Bereich des Fjordes mit 0,6 g tg m⁻² gemessen. Diese waren relativ unabhängig von der Tiefe. Die höchsten Werte gab es an der Station M1, der tiefsten Station dieser Untersuchung, mit 2,6 g tg m⁻².

Im Sommer waren die Extreme stärker ausgeprägt (Abb 42 B). Das Volumen pro Quadratmeter Wassersäule variierte zwischen 1,5 Gramm am Kopf und 5,2 Gramm am Ausgang des Fjords. Deutlich zu sehen ist, dass die mittleren, tieferen Stationen (vgl. Kap. 3.1), höhere Werte als die nördlichen und südlichen Stationen aufwiesen.

Im Herbst nivellierte sich die Situation wieder etwas (Abb 42 C). Die Unterschiede waren weniger extrem. Zwar waren auch in dieser Jahreszeit die tieferen Stationen mit 1,5 bis 2,4 g tg m⁻² reicher an Material, doch wiesen die flacheren Stationen mit Werten von bis zu 1,3 g tg m⁻² auch noch relativ hohe Zooplankton-Volumina auf. Insgesamt unterschieden sich in dieser Darstellung die Station mit der geringsten (M4 und S4 im Frühling) von der Station mit der höchsten Zooplanktonbiomasse (M2 im Sommer) um den Faktor 8,7.

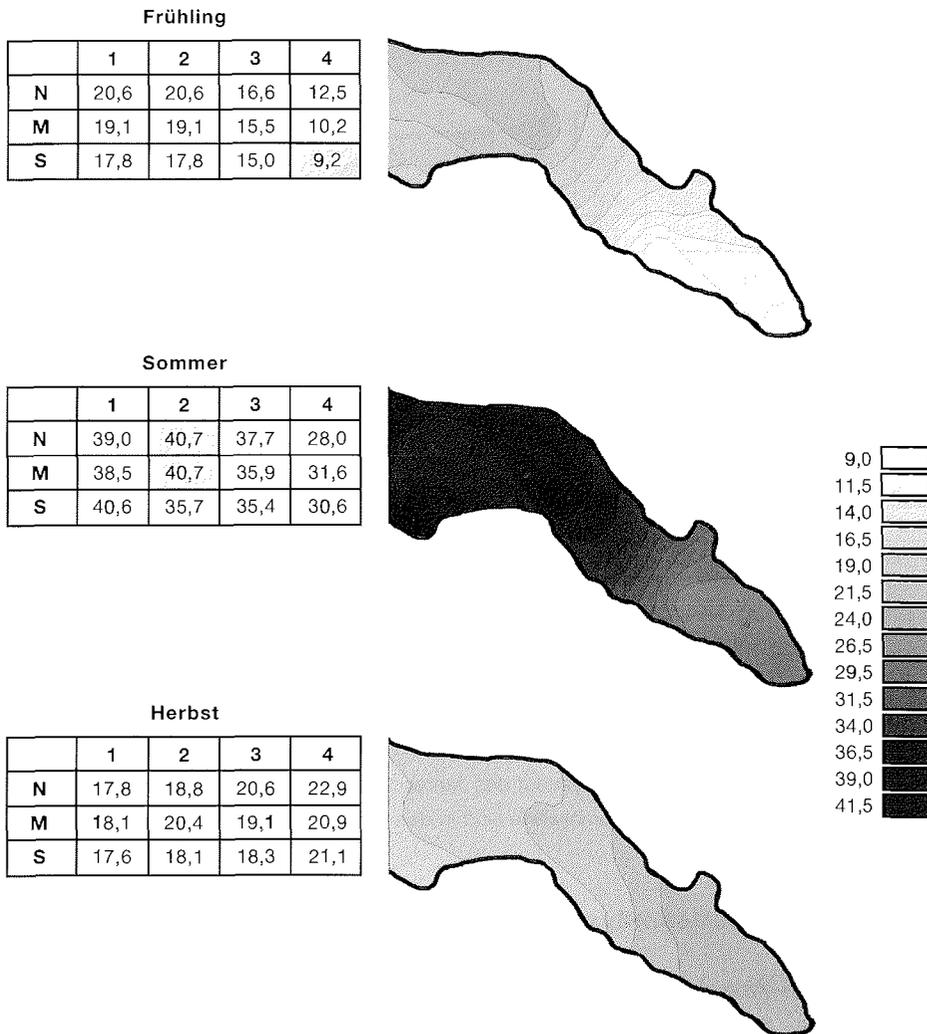


Abb. 41: Zooplanktonbiomasse im Verlauf des Jahres 1999 in Milligramm Trockengewicht pro Kubikmeter. Maximal- und Minimalwerte sind in den Tabellen grau hinterlegt.

ERGEBNISSE

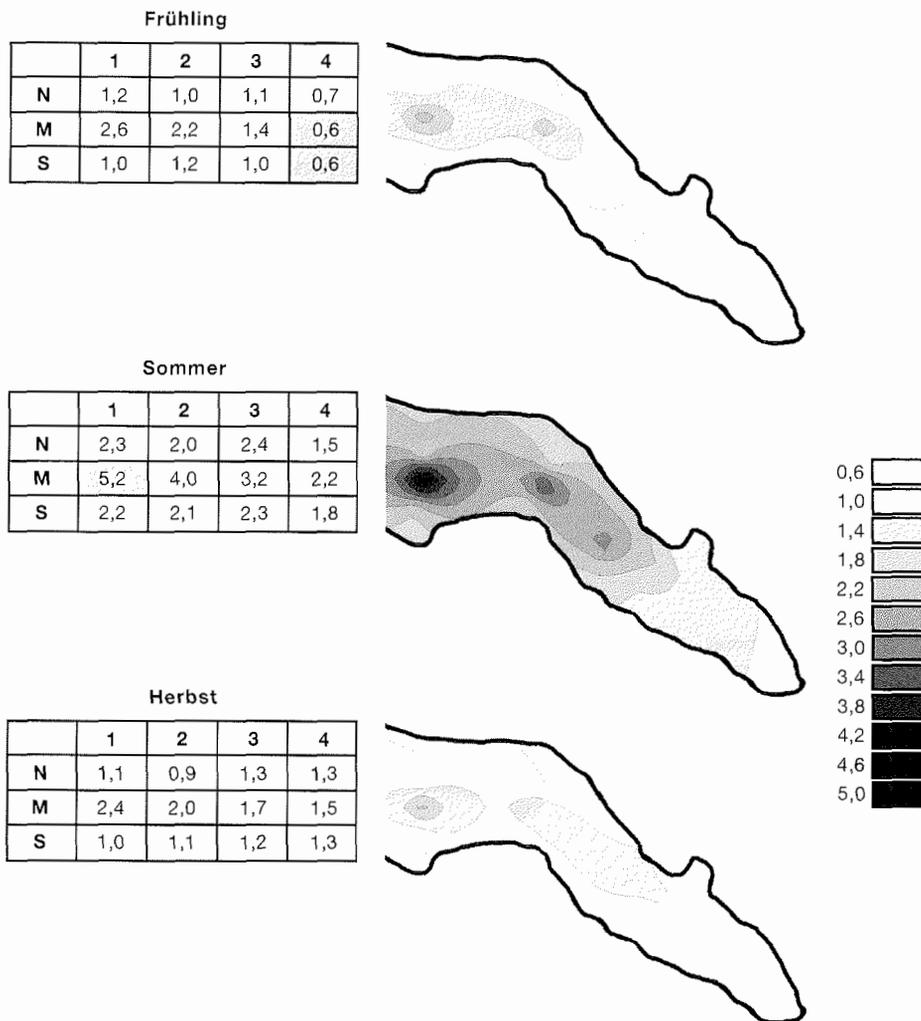


Abb. 42: Zooplanktonbiomasse im Verlauf des Jahres 1999 in Gramm Trockengewicht pro Quadratmeter. Maximal- und Minimalwerte sind in den Tabellen grau hinterlegt.

4.4 Gemeinschaftsanalyse

4.4.1 Arten-Areal-Kurve des Mellemfjords

Die Stationsreihenfolge der Arten-Areal-Kurve wurden von dem Programmpaket PRIMER automatisch arrangiert, um einen optimalen Kurvenverlauf zu erreichen. Die identifizierte Artenzahl wird bei jeder weiteren Station kumulativ

addiert. Da die Kurve zum Ende hin deutlich abflacht und sich der Asymptote nähert (Abb. 43), kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Peracarida-Arten, die mit dem verwendeten Gerät zu fangen sind, im Untersuchungsgebiet gefunden wurden.

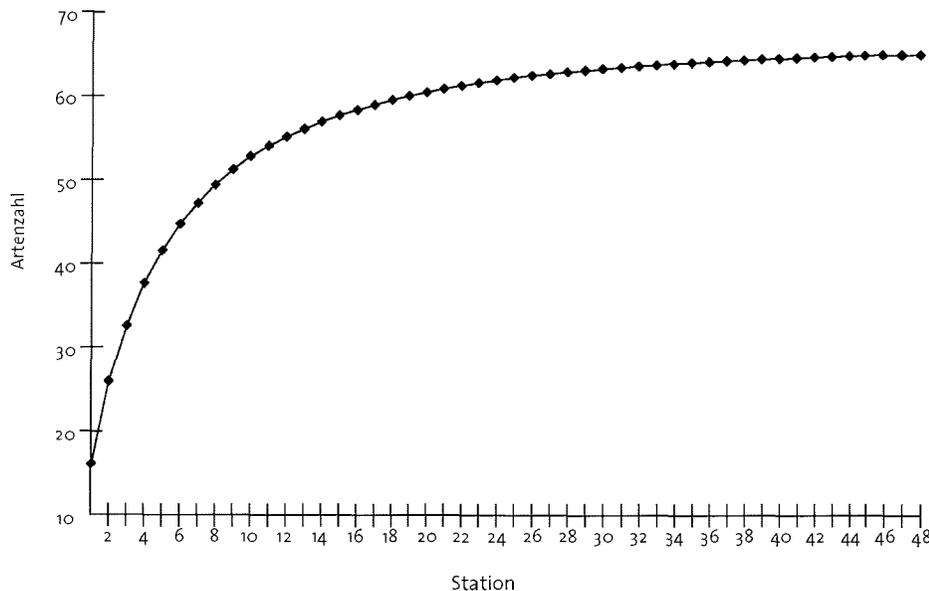


Abb. 43: Die Arten-Areal-Kurve. Sie gibt Aufschluss über die Zahl der zu erwartenden Arten in einem bestimmten Gebiet.

4.4.2 Multidimensionale Skalierung (MDS) und hierarchische Clusteranalyse

Die Berechnung der „nicht-metrischen multidimensionalen Skalierung“ wurde für alle vier Untersuchungszyklen vorgenommen. Alle vier Diagramme basieren auf guter bis sehr guter Ordination (vgl. Kap. 3.3.5.1).

Einige der Stationen im Sommer 1998 (Abb. 44 A, B) sind deutlich von den anderen getrennt: es handelt sich um die beiden südlichen Stationen S1 und S4 sowie, in etwas geringerem Maße, um die Station M1. Einige der anderen Stationen bilden hingegen Cluster, was auf eine Ähnlichkeit ihrer Gemeinschaftszusammensetzung hindeutet. Enge Übereinstimmung gibt es zwischen den Stationen S3/N4, S2/N3 sowie M3/M4. Das letztere Stationspaar ist nah mit M2, einer weiteren Mittelfjordstation, gruppiert.

ERGEBNISSE

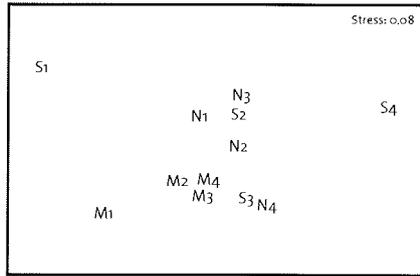


Abb. 44 A: MDS-Plot Sommer 1998

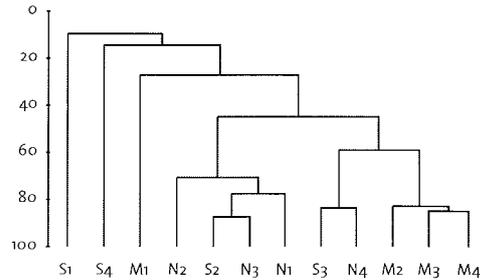


Abb. 44 B: Hierarchische Clusteranalyse Sommer 1998

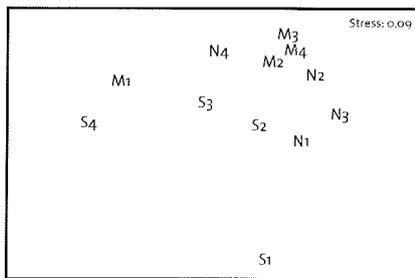


Abb. 45 A: MDS-Plot Frühling 1999

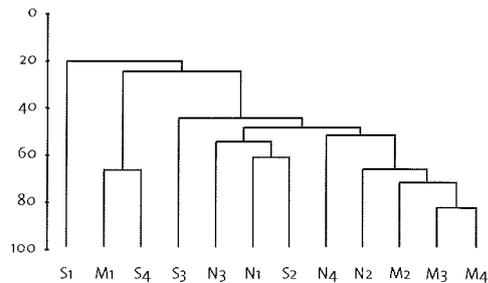


Abb. 45 B: Hierarchische Clusteranalyse Frühling 1999

Im Frühling 1999 sind die Stationen S1 und S4 weiter deutlich von den anderen Stationen isoliert (Abb. 45 A, B). Lediglich die Stationen S4 und M1 zeigen eine größere Ähnlichkeit ihrer Gemeinschaftszusammensetzung zueinander, obwohl die Stationen geographisch sehr weit voneinander entfernt sind (siehe Abb. 5). Ein relativ enges Cluster bilden die Stationen M3/M4/M2. Allerdings ließen sich in diesem Probenzyklus generell eher geringere Similaritätswerte aus der hierarchischen Clusteranalyse ablesen.

Im Sommer 1999 gibt es Übereinstimmungen, aber auch deutliche Unterschiede zu den vorhergehenden Zyklen (Abb. 46 A, B). Die Stationen S1 und S4 zeigen weiter große Unähnlichkeiten gegenüber den anderen Stationen in ihrer Zusammensetzung ihrer Arten- und Individuenzahl. Diese beiden südlichen Stationen, die einerseits durch Hartboden (S1) bzw. Weichboden durch den Zustrom von Schmelzwasser (S4) gekennzeichnet sind (vgl. Kap. 2.3 und 3.1), sind auf dem MDS-Plot weit von den anderen Stationen entfernt dargestellt. Übereinstimmung mit den beiden vorhergehenden Zyklen gibt es auch bei den drei Mittelfjordstationen. Einen Unterschied gibt es bei der Station

M1, der tiefsten Station. Der Eingang des Fjords war durch extremen Weichboden gekennzeichnet. Die Ähnlichkeit, die die dortige Gemeinschaft im Frühling zur Station S4 gezeigt hatte, ist nun nicht mehr sichtbar – die größten Ähnlichkeiten zeigt M1 nun zu S3, N4 und M3.

Im Herbst 1999 (Abb. 47 A, B) zeigten die Stationen M2/M3/M4 wieder große Übereinstimmungen; auch hier bilden sie wieder ein enges Cluster. Auch die Stationen N2/N3 und M1/S1 liegen nah beieinander. Die Stationen S4 ist wiederum recht unähnlich mit den anderen Stationen.

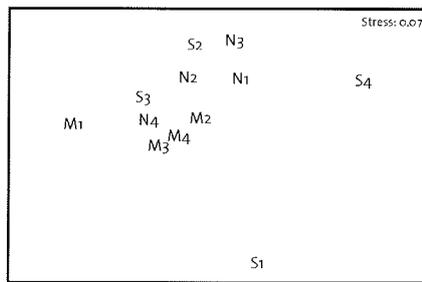


Abb. 46 A: MDS-Plot Sommer 1999

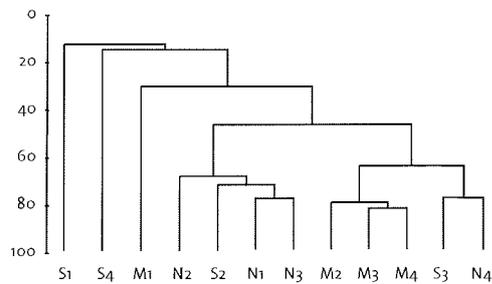


Abb. 46 B: Hierarchische Clusteranalyse Sommer 1999

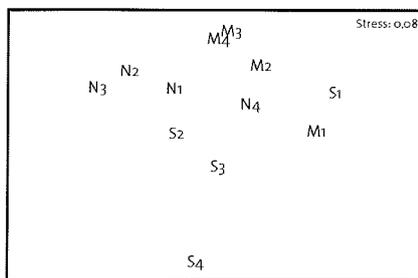


Abb. 47 A: MDS-Plot Herbst 1999

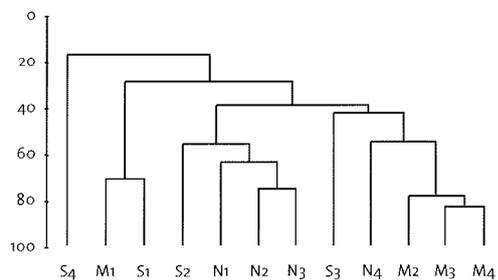


Abb. 47 B: Hierarchische Clusteranalyse Herbst 1999

Schließlich wurde ein MDS-Plot für alle Probennahmen in 1999 erstellt (Abb. 48). Es zeigen sich einige Cluster aber auch deutlich isolierte Stationen. Cluster werden häufig von den gleichen Stationen gebildet, das heißt, dass eine gewisse Kontinuität der Peracarida-Gemeinschaften über alle Jahreszeiten hinweg festzustellen ist. Die Stationen S1 und S4, die auch schon während der einzelnen MDS-Plots für die Jahreszeiten ihre Sonderstellung gezeigt

ERGEBNISSE

haben, sind auch hier deutlich von den anderen Stationen isoliert. Vor allem die mittleren Stationen, mit Ausnahme von M1, aber auch die nördlichen Stationen, zeigen große Similaritäten.

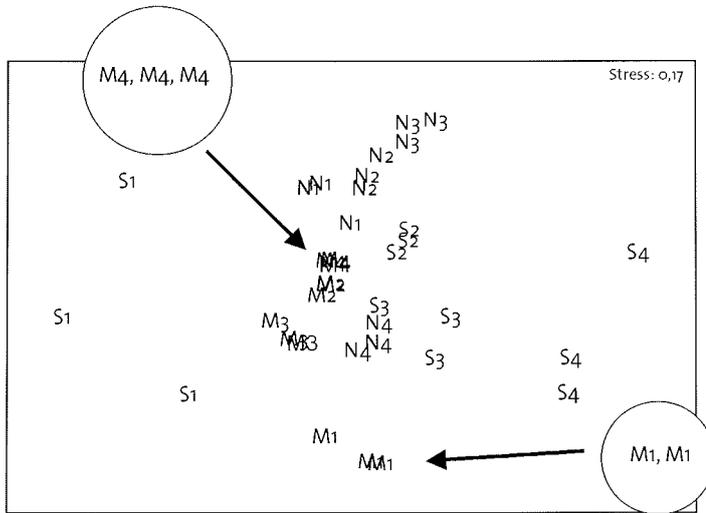


Abb.48: MDS-Plot der Peracarida-Gemeinschaften während der drei Untersuchungszyklen in 1999

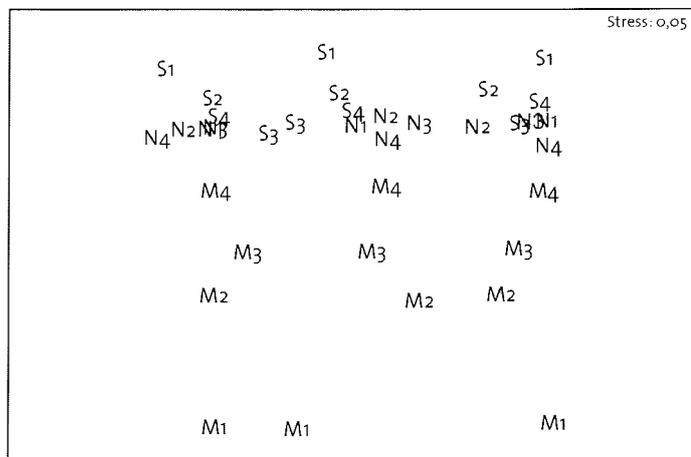


Abb. 49: MDS-Plot der Umweltparameter während der drei Untersuchungszyklen in 1999

In einem weiteren MDS-Plot wurden die Stationen anhand ihrer Umweltparameter dargestellt (Abb. 49). Hier zeigt sich ein abweichendes Bild. Die Stationen sind in diesem Fall erheblich weiter gestreut, Cluster sind seltener.

Die Umweltbedingungen an Station M1 unterscheidet sich zum einen stark von den anderen Stationen. Zum anderen variieren allerdings auch die Umweltbedingungen an dieser Station während der drei Probenzyklen deutlich.

4.4.3 Korrelation der Peracarida-Verteilungsmuster mit Umweltparametern

Um der Frage nachzugehen, inwieweit die Umweltparameter für die Zusammensetzung der Peracarida-Gemeinschaften mitverantwortlich sind, wurde das Bio-ENV-Modul von Primer 5.2.8 verwendet. Für die Peracarida-Gemeinschaftsdaten wurde eine Stations-Artenliste für die drei Zyklen aus dem Jahr 1999 verwendet. Für die Umweltparameter-Matrix wurden folgende Variablen herangezogen:

1. C/N Verhältnis
2. Zooplanktonbiomasse/50 m Wassersäule
3. CPE µg/g Sediment
4. Max. Fluoreszenz in der Wassersäule
5. Sedimentklasse
6. Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})
7. Wassertiefe

Das Bio-ENV-Modul von PRIMER hat damit „best results“ errechnet (Tab. 7). Den höchsten Korrelationskoeffizienten (0,519) ergab eine Kombination aus der Sedimentklasse und dem C/N-Verhältnis. Den höchsten Wert für eine einzige Variable erzielte die Sedimentklasse mit 0,434. Bei der Kombination von drei Variablen ergab die Kombination von Sedimentklasse, C/N und den Chlorophylläquivalenten mit 0,408 den höchsten Wert.

Tab. 7: Höchste Rangkorrelationen zwischen Peracarida-Fauna und Umweltfaktoren im Mellemfjord. (k) Anzahl der berücksichtigten Umweltfaktoren (grau hinterlegt: Kombination mit der höchsten Korrelation); (S.Klasse) Sedimentklasse (siehe Kap. 4.3.1.1); (CPE) Chlorophylläquivalente im Sediment; (C/N) Kohlenstoff/Stickstoffverhältnis im Sediment; (C_{org}) Organischer Kohlenstoffgehalt.

k	Rangkorrelation		
1	S.Klasse 0,434	CPE 0,124	C/N 0,106
2	S.Klasse, C/N 0,519	S.Klasse, CPE 0,47	CPE, C _{org} 0,331
3	S.Klasse, C/N, CPE 0,408	S.Klasse, C/N, C _{org} 0,387	CPE, C/N, C _{org} 0,32

ERGEBNISSE

4.4.4 Diversität

Um die Diversität der Peracarida-Gemeinschaften an allen Stationen zu den verschiedenen Jahreszeiten vergleichen zu können, wurde für alle Probenahmen der Diversitätsindex H' nach SHANNON & WEAVER (1949) und die Äquität nach PIELOU (1974) berechnet (Abb. 50).

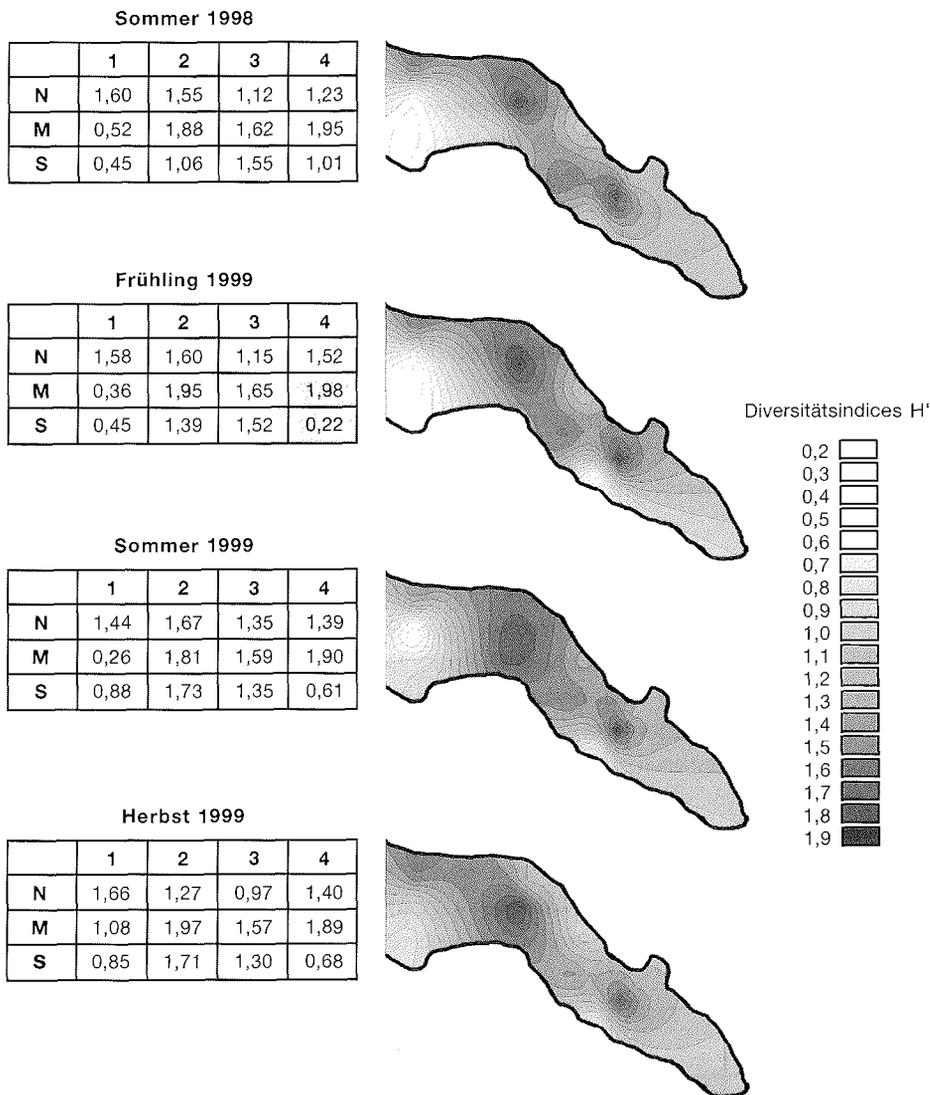


Abb. 50: Shannon-Wiener-Indices (H') in den verschiedenen Bereichen des Mjellfjords. Maximal- und Minimalwerte sind grau hinterlegt.

Für den Shannon-Wiener-Index konnten Werte zwischen 0,217 (S4) und 1,975 (M4) ermittelt werden (Abb. 50 B). Beide Stationen sind benachbart. Abb. 50 vermittelt einen Eindruck über die Diversität der Peracarida-Fauna zu den verschiedenen Jahreszeiten. Je dunkler die Farbe, desto höher der Shannon-Wiener-Index und damit die Diversität. Bestimmte wiederkehrende Muster sind zu erkennen. Am Eingang des Fjords sind wiederholt geringe Diversitätswerte festzustellen, während sie an den mittleren Fjordstationen häufig höher liegen.

Tab. 8: Maximal- und Minimalwerte der Äquität (J') und Shannon-Wiener-Index (H') für alle zwölf Untersuchungsstationen während der vier Probenzyklen.

	J'	H'
Max. Gesamt	0,894	1,975
Min. Gesamt	0,125	0,217
Max. 1998	0,864	1,949
Min. 1998	0,471	0,451
Max. Frühling '99	0,894	1,975
Min. Frühling '99	0,125	0,217
Max. Sommer '99	0,865	1,901
Min. Sommer '99	0,16	0,257
Max. Herbst '99	0,88	1,968
Min. Herbst '99	0,49	0,679

Auch die Werte für die Äquität (Abb. 51), ein Indikator für die gleichmäßige Verteilung von Arten und Individuen innerhalb einer Probe, wiesen deutliche Unterschiede auf; der Maximalwert lag bei 0,894 (Station N2), der Minimalwert bei 0,125 (S4). Allerdings entsprachen die Muster für die Äquität nicht unbedingt denen der Shannon-Wiener-Indices. Zwar wurden auch hier am Eingang des Fjordes die geringsten Werte ermittelt, doch waren die mittleren Stationen hier weniger deutlich die Bereiche mit den höchsten Werten. Die Maximal- und Minimalwerte für die einzelnen Jahreszeiten, sowie insgesamt während der Untersuchung, sind in Tab. 8 dargestellt.

ERGEBNISSE

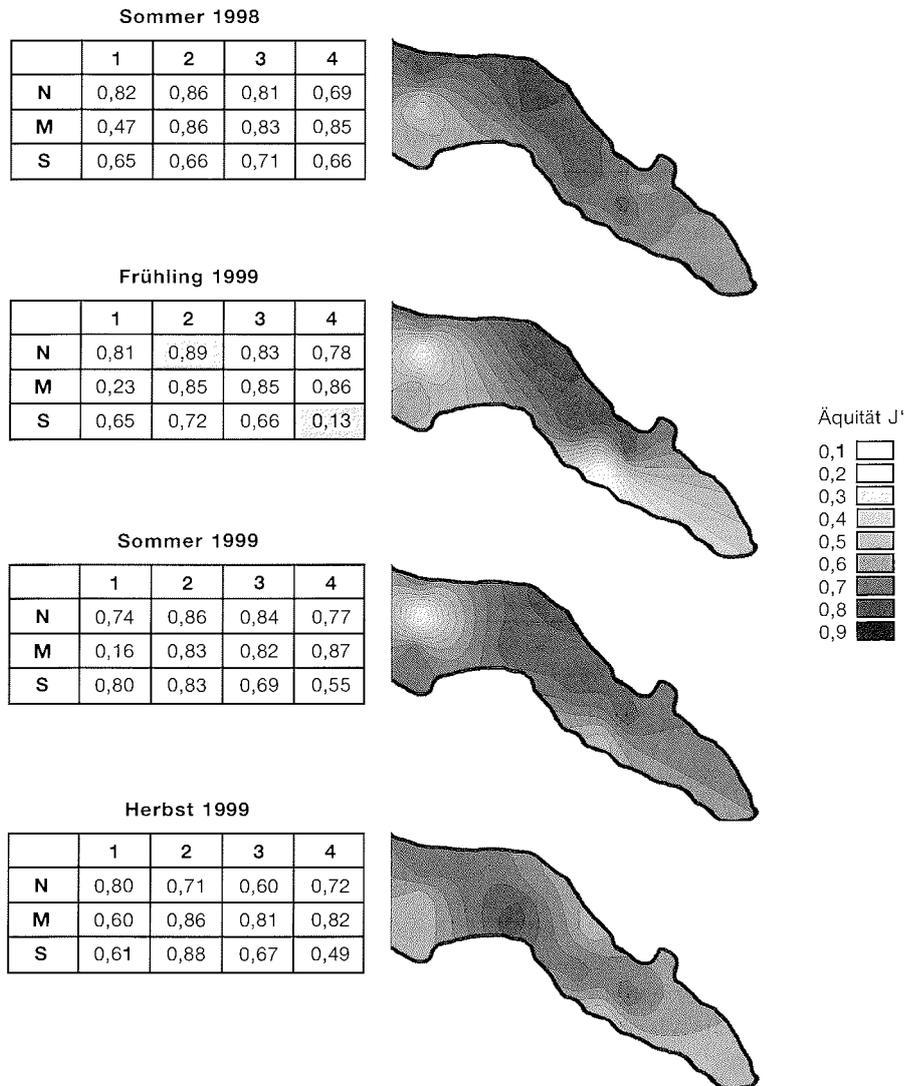


Abb. 51: Äquität (J') in den verschiedenen Bereichen des Mjellfjords. Maximal- und Minimalwerte sind grau hinterlegt.

5. DISKUSSION

5.1 Der Mellemfjord – ein hocharktischer Fjord?

Der Mellemfjord sowie der nördliche und innere Teil des südlichen Diskofjords sind Gebiete, die sich ozeanographisch von dem umgebenden Gewässer unterscheiden. Ozeanische Gegebenheiten verändern sich nicht sprunghaft, sondern sukzessive mit zunehmenden oder abnehmenden Breitengraden. Die Einteilung in Klimazonen ist daher immer etwas willkürlich. Die hocharktische Zone ist als die Region definiert, in der die Durchschnittstemperatur der Luft im wärmsten Monat 5 °C nicht übersteigt (BORN & BÖCHER 2001). Für DUNBAR (1953) sind arktische marine Ökosysteme jene Gewässer, die in den oberen Wasserschichten (bis 200-300 m) unter dem Einfluss unvermischten, arktischen Wassers stehen. Beides trifft auf die Disko-Insel nicht zu (NIELSEN et al. 1995; HANSEN et al. 1997; HANSEN et al. 2000; BORN & BÖCHER 2001; NIELSEN et al. 2001). Sie liegt im wärmsten Monat Juli bei 7,1 °C (HUMMELUM et al. 1995). Für DUNBAR (1953) ist die Subarktis (siehe Abb. 52) die Region, in der die oberen Wasserschichten polaren und nichtpolaren Ursprungs gemischt auftreten.

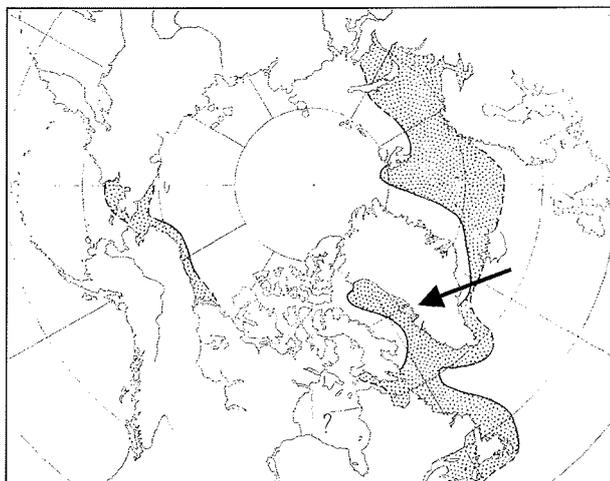


Abb. 52: Arktis und subarktische Region (gepunktet). Pfeil: Disko-Insel. Verändert nach DUNBAR (1953).

Davon abgesehen gibt es gute Gründe, den Mellemfjord und die inneren und nördlichen Bereiche des Diskofjords als hocharktisch zu bezeichnen, während das Gebiet des offenen Wassers um die Disko-Insel herum eher

subarktisch geprägt ist. Der Mellemfjord ist relativ lang und schmal und von steilen Bergen umgeben und daher sehr geschützt. Aufzeichnungen der Wetterstation Sarqardlit im Mellemfjord (Abb. 5) aus den Jahren 1993 bis 1996 zeigen, dass dort die Jahresdurchschnittstemperatur mit $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ fünf Grad niedriger liegt als im nur ca. 40 Kilometer südlicher gelegenen Qeqertarsuaq (HUMLUM et al. 1995; GILBERT et al. 1998). Diese Gegebenheiten sorgen dafür, dass das Wintereis des Mellemfjords später als das des freien Wassers aufbricht und die Situation damit Seegebieten weit höherer Breiten entspricht; Breitengraden, in denen die Sonne nur sechs Monate im Jahr ungehindert ins Wasser eindringen kann und in dieser Periode pflanzliches Wachstum ermöglicht. Das zeigen die archivierten Eiskarten des DANMARKS METEOROLOGISKE INSTITUT (DMI) und dem DANISH CENTER FOR REMOTE SENSING (DCRS), die auch im Internet zu finden sind, sehr deutlich. Im Mellemfjord war das Eis im Untersuchungsjahr 1999 erst Ende Juni komplett aufgebrochen und im September bildete sich bereits eine neue Eisdecke. Ob diese sich schon zu einer durchgehenden Eisdecke entwickelt hat, oder wieder aufbrach, ist unklar. Aber es kann davon ausgegangen werden, dass der Fjord mindestens die Hälfte des Jahres mit Eis bedeckt ist. Für eine eher hocharktische als subarktische Einordnung der Fjorde der Disko-Insel sprechen auch sedimentologische Befunde. DESLOGES et al. (2002) verglichen neun polare Fjorde ganz unterschiedlicher Regionen anhand von zehn Parametern. Es handelt sich dabei unter anderem um einen Fjord in der Antarktis, Fjorde auf Spitzbergen, Alaska und Chile. Sie vergleichen dabei zum Beispiel den organischen Anteil im Sediment, die Sedimentzusammensetzung und Faktoren der Eisbedeckung. Sie kommen dabei zu dem Schluss, dass die Fjorde der Disko-Insel, im Gegensatz zu einigen Fjorden des zentralen und südlichen Westgrönlands, eher hocharktische Bedingungen zeigen.

Die Eisbedeckung der Arktis ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen (JOHANNESSEN et al. 1999). Deutliche Veränderungen der Ökosysteme sind deshalb zu erwarten. RYSGAARD et al. (1999) wiesen zum Beispiel eine Korrelation zwischen der Länge der eisfreien Periode und der Jahresphytoplanktonproduktion nach. Langzeituntersuchungen in einem arktischen Fjord, basierend zum Beispiel auf den Ergebnissen dieser Arbeit, wären ein lohnender Gegenstand zukünftiger Forschungsaktivitäten. Erste Modellrechnungen für die Region sind von HANSEN et al. (2003) für die pelagische Produktion und die Nahrungsnetzstruktur aufgestellt worden. Ähnliche Untersuchungen für das Benthos wären eine wichtige Ergänzung.

5.2 Hydrographie

Das relativ warme Wasser des Westgrönlandstroms (WGC) erreicht die Disko-Bucht von Süden. Die Vermischung mit dem kalten und frischen Wasser des Baffin-Stromes ist saisonal unterschiedlich. Durch eine vorgelagerte Schwelle erreicht der salzreiche, tief strömende Anteil des WGC die Disko-Bucht kaum und Salinitäten von 34,5 werden nur selten erreicht (ANDERSEN 1981b). Die thermohalinen Bedingungen im Mellemfjord sind relativ stabil. Die Untersuchungen ergaben nahezu isohaline und isotherme Bedingungen im Frühling und im Herbst und ließen daher auf eine gute Durchmischung schließen. Im Sommer trat eine stabilere Schichtung und eine Pycnocline auf. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen von JENSEN et al. (1999), die im Rahmen von hydrologischen Untersuchungen im Sommer 1993 vor der westgrönländischen Küsten stets deutliche Pycnoklinen festgestellt hatten.

Die Oberflächenschicht des Mellemfjords ist von Schmelzwasser beeinflusst. Dies wird besonders an jenen Stationen deutlich, die in der Nähe von Zuströmen liegen. Allerdings gehören die Fjorde der Disko-Insel nicht zu den Fjorden, die unter großem Gletschereinfluss liegen. Bei Fjorden, die direkt vom grönländischen Inlandeis beeinflusst werden, kann im Sommer die Oberflächenschicht nahezu vollständig aus Süßwasser bestehen (ANDERSEN 1981b).

FRISCHE et al. (1995) hatten Mitte Juli 1995 im Mellemfjord eine maximale Oberflächentemperatur von 8°C und eine minimale Salinität von 28 gemessen, Werte, die genau mit den Sommerwerten der vorliegenden Untersuchung übereinstimmen. Am Boden wurden mit 1,5 °C eine leicht höhere Temperatur und mit 33,5 eine leicht geringere Salinität ermittelt. Im Sommer 1998 kamen HANSEN & SCHMIDT (1999) zu ähnlichen Ergebnissen. Auch hier wurden an der Oberfläche 5-8 °C und ein recht steiler Temperaturgradient im Oberflächenwasser festgestellt. Am Grund blieb die Temperatur unter 1 °C und war somit leicht geringer als bei den Untersuchungen 1999. Die Ergebnisse der Salinität entsprechen den Sommerwerten dieser Untersuchung.

Im Sommer 1997 hatten NIELSEN et al. (1998) im südlich gelegenen Diskofjord Bodentemperaturen von -0,2 °C und Oberflächentemperaturen von bis zu 10,5 °C gemessen. Die Oberflächensalinität ging in diesem Fjord, der einen erheblich größeren Schmelzwasserzustrom aufweist, bis auf 10 zurück.

Das Temperaturmaximum trat 1999 in den unteren Schichten des Mellemfjords zeitverzögert auf. Die höchste gemessene Temperatur in Bodennähe

lag im Herbst bei 2 °C, während im Sommer höchstens 1,1 °C gemessen wurde. Diese Beobachtungen stützen damit die Ergebnisse von PETERSEN (1964), der in den Gewässern südlich der Disko-Insel zu ähnlichen Ergebnissen kam: Mögliche Temperaturschwankungen wurden im Sommerhalbjahr dort bis zu einer Tiefe von 250 m untersucht. Das Maximum an der Oberfläche wurde Anfang Juli mit etwa 12 °C gemessen. Das Temperaturmaximum trat um so später im Jahr auf und war um so schwächer ausgeprägt, je tiefer die Messung stattfand. In Tiefen zwischen 40 und 75 m fand das Maximum erst in der ersten Oktoberhälfte statt. Bei 100 m wurden bis zu 3 °C erreicht. In Tiefen über 150 m konnten fast keine Variationen mehr festgestellt werden.

Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung (Kap. 4.3.2.1), zum Beispiel in einer Tiefe von 60 m, sieht man die Tendenz sehr deutlich: Erst im Herbst wird mit 4 °C das Temperaturmaximum erreicht, während direkt an der Oberfläche schon Eisneubildung zu beobachten war. Entsprechend den Erkenntnissen von PETERSEN (1964) kann davon ausgegangen werden, dass das Temperaturmaximum am Boden während der letzten Probennahmen im September noch gar nicht erreicht war. Allerdings muss beachtet werden, dass Untersuchungen, die mit einer CTD-Sonde durchgeführt wurden, nie wirklich die Werte für Temperatur und Salinität der bodennahen Wasserschichten offenbaren. Um das Gerät vor Beschädigung zu schützen wurde es stets nur bis einige Meter über den Meeresboden gefiert.

5.3 Plankton

5.3.1 Phytoplankton

Phytoplankton-Produktion wird auf sehr unterschiedliche Weise gemessen. Häufig wird sie als Primärproduktion in Gramm Kohlenstoff pro Quadratmeter Wasserfläche ausgedrückt (ANDERSEN 1981a). Dies macht insofern Sinn, da das Phytoplankton nicht gleichmäßig in allen Tiefen vorkommt, sondern vor allem in der euphotischen Zone, jenem Bereich in dem noch > 1 % der Lichtmenge der Oberfläche messbar ist. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Phytoplankton-Produktion an einer Station mit 50 m Wassertiefe nicht signifikant niedriger ist als an einer 1.000 m - Station.

Teilweise wird die Produktion in µg C pro Liter quantifiziert (NIELSEN & HANSEN 1999) oder als Chl *a* in µg pro Liter (LEVINSEN et al. 1999). In diesen Arbeiten wurde sogar nach taxonomischen Gruppen unterschieden.

Dieses Vorgehen muss in Forschungsvorhaben, in denen es auf eine genaue Quantifizierung des Phytoplanktons und der Vertikalverteilung ankommt, gewählt werden.

Teilweise wird auch einfach die Fluoreszenz in Volt gemessen, um eine Grobcharakterisierung der Phytoplanktonverteilung und -abundanz zu erreichen, wie es zum Beispiel von NIELSEN et al. (1998) oder in der vorliegenden Untersuchung durchgeführt wurde. Manchmal wird die Jahresproduktion abgeschätzt und manchmal werden die maximalen Tageswerte angegeben. Dies alles macht Vergleiche nicht ganz einfach. Zusätzlich lassen saisonale Variationen des Strömungsregimes, des Eisaufbruchs und der klimatischen Bedingungen direkte Vergleiche schwierig werden.

Im Juli 1998 hatten HANSEN & SCHMIDT (1999) hydrographische Untersuchungen im Mellemfjord durchgeführt. Sie stießen dabei in 15 – 30 m Tiefe auf die größte Chlorophyllkonzentration. Die maximalen Werte lagen bei $2,8 \mu\text{g l}^{-1}$. Können die im Rahmen dieser Studie ermittelten Werte für die Phytoplanktonbiomasse mit den Werten von HANSEN & SCHMIDT (1999) verglichen werden? In jener Untersuchung haben die Autoren die Messwerte für die Fluoreszenz mittels in-situ-Proben photometrisch kalibriert. Diese technische Möglichkeit bestand 1999 nicht. Allerdings ist ein Vergleich bis zu einem gewissen Grad trotzdem zulässig, da sich die Signal-Kalibrierung des Chelsea Fluorometers innerhalb von drei Jahren nicht signifikant ändert (J. ATKINS, Chelsea Instruments, Customer Support Manager, pers. Komm.). Trotzdem sollte ein direkter Vergleich nur unter Vorbehalt vorgenommen werden. Unterschiedliche Phytoplankton-Arten reflektieren das von der CTD-Sonde ausgesendete Licht in unterschiedlicher Weise und man kann nicht mit Sicherheit davon ausgehen, dass das Artenspektrum von 1999 unbedingt dem von 1998 entspricht (H.A. THOMSEN, pers. Komm.). Legt man die von HANSEN & SCHMIDT (1999) ermittelte Formel $y = 1,9076x + 0,4829$ zugrunde, wobei x dem mit der CTD-Sonde gemessenen Fluoreszenzwert und y der berechneten Phytoplanktonbiomasse entspricht, lassen sich die Werte gegenüberstellen.

Tab. 9: Maximale Fluoreszenz im Mellemfjord. Die in HANSEN & SCHMIDT (1999) angegebenen Biomassenwerte wurden nach der oben zitierten Formel zurück gerechnet.

	2./3.7.98	20./21.7.98	28.7.98	6.5.99	25.-28.5.99	28.7.-2.8.99	13.-18.9.99
Max. Fluoreszenz (v)	1,21	0,59	0,43	0,2	4,2	1,8	0,4
Quelle	HANSEN & SCHMIDT (1999)			Vorliegende Arbeit			

Die vorliegenden Werte zur Fluoreszenz des Mellemfjords sind lückenhaft, doch legen die Ergebnisse nahe, dass es kurz nach dem Eisaufbruch 1999 eine deutliche Phytoplanktonblüte gab. Für weitere nennenswerte Blüten im Verlaufe des Jahres gibt es keine Hinweise. Vielmehr scheint das Phytoplanktonvolumen stetig abzunehmen (Tab. 9). Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen eine stärkere Planktonblüte vom inneren Bereich des Fjordes zum Mündungsbereich nahe.

Ein anderer Grund für die schwächeren Konzentrationen könnte der Einfluß des Copepoden-„Grazings“ sein. Die Copepoden treten im äußeren Bereich in höheren Konzentrationen auf (Kap. 4.3.2.3). Im nördlich gelegenen Nordfjord wurden Mitte Juli 1997 bis zu 1,7 v gemessen, im südlichen Disko Fjord maximal 1,1 v (NIELSEN et al. 1998). In Letzterem liegt die jährliche Phytoplankton-Produktion bei etwa 30 g C m^{-2} , während sie im freien Wasser vor Qeqertarsuaq rund dreimal höher ist (ANDERSEN 1981a). Tagesproduktionen in der Diskobucht wurden von PETERSEN (1964) mit $100\text{-}850 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; von ANDERSEN (1981a) mit $250\text{-}1300 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, von NIELSEN & HANSEN (1995) mit $690 \pm 450 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ und von NIELSEN & HANSEN (1999) mit $153 \pm 33 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ angegeben. JENSEN et al. (1999) haben im Sommer 1993 an der Westküste Grönlands zwischen 65° und 72° N die Primärproduktion untersucht und dabei Tagesproduktionen von 67 bis 318 mg C m^{-2} gemessen. Dies zeigt sehr deutlich die Schwankungsbreite der Phytoplankton-Produktion. Die geringere Produktion in den Fjorden ist vor allem auf Trübungen des Wassers durch sedimenthaltige Schmelzwasserzuströme im Frühling und die längere Eisbedeckung zurück zu führen.

Die Disko-Bucht ist damit ein Meeresgebiet, das mit 36 bis $104 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ (PETERSEN 1964; ANDERSEN 1977a, 1981a; NIELSEN & HANSEN 1999) im Vergleich mit anderen arktischen Gewässern eine eher hohe, im weltweiten Vergleich eine eher geringe Produktion aufweist. Zu den geringsten je gemessenen Werten zählen die, die ENGLISH (1961) im zentralen arktischen Ozean mit $0,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ kalkulierte. Etwas höhere Werte wurden mit $4,7$ – $13,7 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ aus dem nordgrönländischen Jørgen Brønlund Fjord berichtet (ANDERSEN 1977b). Für den ostgrönländischen Young Sound (74° N), an dem die Zackenberg-Forschungsstation liegt, berechneten RYSGAARD et al. (1999) eine Jahresproduktion von etwa 10 g C m^{-2} . WASSMANN & AADNENSEN (1984) zitieren aus verschiedenen Untersuchungen norwegischer Fjorde Werte zwischen 90 und $230 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$. Eine Langzeituntersuchung der phytoplanktischen Primärproduktion wurde zwischen 1985 und 1994 im südwestschwedischen Gullmar Fjord (ca. 58° N) durchgeführt (LINDAHL 1994). Die mittlere Jahresproduktion lag bei 230 g C m^{-2} mit einer Variationsbreite

von 180 bis 339 g. Die jährliche Produktion von Phytoplankton in subarktischen Gewässern liegt bei durchschnittlich 40-80 g C m⁻² Wassersäule. Die höchsten Chlorophyllwerte wurden in eisfreien Gewässern, sogenannten Polynyas, mit 605 g C m⁻² gemessen. Dies ist zwar noch viel, verglichen mit vielen borealen und tropischen Gewässern, aber relativ wenig gegenüber Spitzenwerten aus der Antarktis (5.500 g C m⁻²) oder den Auftriebsgebieten vor der peruanischen Küste (3.500 g C m⁻²) (zitiert nach BORN & BÖCHER 2001). In den nährstoffärmsten Gewässern des Atlantiks kann die jährliche Produktion unter 25 g C m⁻² liegen (SOMMER 1998).

Das Phytoplankton im Mellemfjord konzentrierte sich 1999 besonders in Tiefen von 15-30 m. Diese Beobachtung wurde dort auch 1998 (HANSEN & SCHMIDT 1999), im Nord- und Disko Fjord (NIELSEN et al. 1998) sowie im westgrönländischen Young Sound (RYSGAARD et al. 1999) gemacht. Ein Zusammenhang zwischen der Fluoreszenz einerseits und der Temperatur und Salinität ist daher möglich.

Ursache dafür mögen zum einen die leicht ausgesüßten und erwärmten oberen Wasserschichten sein, auf die besonders arktische Arten sensibel reagieren (HORNER & SCRADER 1982; HORNER 1985). Daher sind die obersten Schichten arm an Phytoplankton. Auf der anderen Seite kann der direkte und fast 24-stündige Lichteinfall in den obersten Schichten auch zu Photoinhibition führen, einem Phänomen, das aus gemäßigten Breiten bekannt ist. Hierbei steigt die Photosynthesrate der UV-empfindlichen Organismen ab einer bestimmten Lichtintensität nicht weiter an (BORN & BÖCHER 2001). Die thermohaline Grenzschicht hat eine höhere Dichte und erschwert somit das Absinken des Phytoplanktons in größere Tiefen. Die genannten Gründe sorgen damit für die beobachtete erhöhte Phytoplanktonkonzentration in den Schichten von 15 bis 30 m. Im Herbst 1999 hatte sich die physikalische Grenzschicht im Mellemfjord weitgehend aufgelöst und große Teile der Phytoplankton-Biomasse sanken ab.

Die wichtigsten Arten des Phytoplanktons in den Gewässern um die Disko-Insel sind *Coscinodiscus* spp. (10 bis 60 µm), *Thalassiosira fallax* (20 bis 45 µm) (Abb. 53) sowie *Fragilaria islandica* (15 µm) (NIELSEN & HANSEN 1995). Weitere Arten für den Mellemfjord wurden von HANSEN & SCHMIDT (1999) identifiziert. Neben den Phytoplanktonorganismen sind Ciliaten und heterotrophe Dinoflagellaten offenbar weitere Schlüsselorganismen im Kohlenstoffkreislauf des pelagischen Ökosystems der arktischen Disko-Bucht LEVINSEN et al. (1999).

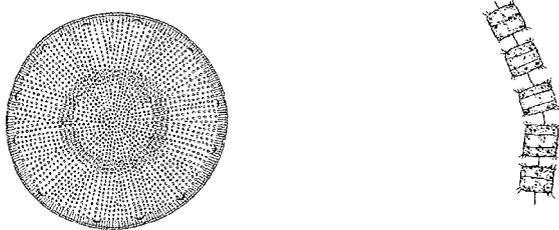


Abb. 53: *Coscinodiscus* sp. verändert nach SITTE et al. (1991) und *Thalassiosira* sp. verändert nach MILJØFORUM (2003).

Phytoplankton entwickelt sich nicht gleichmäßig, sondern eher schubweise. Es liegt nahe, dass die jährliche Produktion in arktischen Gewässern eng mit der Länge der eisfreien Saison korreliert ist und dabei nahezu auf sie beschränkt ist. Die Produktion von Untereisalgen lässt sich in der Quantität vernachlässigen (Andersen 1977a). Auch können absinkende Untereisalgen sich nicht weiter fortpflanzen, da sie an ihren hochsalinen Lebensraum angepasst sind (HORNER & SCRADER 1982; HORNER 1985). Die planktische Primärproduktion nimmt von der Arktis zu den Tropen zu, aber der Transfer zu höheren trophischen Ebenen scheint effizienter in höheren Breiten zu sein (PETERSEN & CURTIS 1980). Charakteristisch ist eine deutliche Frühjahrsblüte, gefolgt von mehreren teilweise verringerten Blüten. Allerdings ist die Tendenz feststellbar, dass mit zunehmenden Breitengraden auch die Konzentration auf ein einziges Ereignis zunimmt (SMITH & SAKSHAUG 1990). Nach BORN & BÖCHER (2001) weisen hocharktische Gewässer sogar nur eine Phytoplanktonblüte auf, die im Frühling stattfindet. Dies ist im Mellemfjord offenbar der Fall (Tab. 9). Hier wurden die höchsten Werte im Frühling gemessen, die dann kontinuierlich im Laufe des Jahres abnahmen. Das Phytoplankton im Gebiet um Godhavn/Qeqertarsuaq hingegen zeigte im Jahresverlauf drei Produktionsmaxima (ANDERSEN 1981a): Eine erste große Blüte fand im Frühling, im Mai, statt, als das Meereis aufbrach und das Licht ungehindert in die Wasserschichten eindringen konnte. Hier wurden Werte von bis zu $1,5 \text{ g C m}^{-2}$ pro Tag gemessen. In den Gewässern der Disko-Bucht besteht die erste Blüte üblicherweise aus Diatomeen, die die Nährstoffe der oberen Wasserschichten aufzehren. Nach dieser Frühlingsblüte hängt die Primärproduktion von der Remineralisierung von Nährstoffen ab, wie NIELSEN & HANSEN (1995, 1999) beobachteten. Später fiel die Produktion dann wieder ab. Ein weiterer Anstieg war im Juli zu beobachten, da es in dieser Jahreszeit zu tiden- und windbedingtem Nährstoffauftrieb kommt.

Im September kam es dann zu einem letzten Anstieg, da es auch hier zu einer Durchmischung der Wassersäule kommt und daher wieder neue Nährstoffe in den Oberflächenschichten zur Verfügung stehen (ANDERSEN 1981a). Eine andere Situation wurde im Diskofjord beobachtet. Hier kam es nur zu zwei Produktionsmaxima – einem im Frühling und einem im Herbst. Die höchste gemessene Tagesproduktion lag bei $0,7 \text{ g C m}^{-2}$.

JONES et al. (1994) untersuchten einen Fjordkomplex an der schottischen Westküste (55 bis 56° N , 005° W). Chlorophyllmessungen ergaben drei Phytoplankton-Blüten im Frühling, Früh- und Spätsommer, die vergleichbar stark ausgeprägt waren. Bei der von LINDAHL (1994) durchgeführten Langzeituntersuchung im südwestschwedischen Gullmar Fjord (58° N) sank nach einer Frühlingsblüte im März mit Chlorophyllwerten von 3 (0 bis 10 m Tiefe) bis 5 (15 bis 30 m Tiefe) $\mu\text{g l}^{-1}$ die Produktion zunächst ab, um dann im Verlaufe des Sommers auf noch höhere Werte zu steigen. Die Frühlingsblüte (Februar bis April) trug etwa 19% der Jahresproduktion bei, während die Sommerproduktion (Mai bis September) beinahe 70% der Primärproduktion im Gullmar Fjord ausmachte.

Die im Mellemfjord erhobenen Daten zur Fluoreszenz unterstützen die These, dass es sich hier um einen eher hocharktisch geprägten Fjord handelt, dessen hydrographische Bedingungen sich deutlich von den umgebenen Gewässern unterscheidet. Die Tendenz geht beim Mellemfjord, vermutlich auch beim Nordfjord und bei den inneren Bereichen des Diskofjords dahin, dass nur eine große Phytoplanktonblüte stattfindet und die Chlorophyllkonzentration im Wasser im Laufe des Jahres recht kontinuierlich abnimmt. Ursache ist vermutlich die längere Eisbedeckung und die Trübung durch Schmelzwasserzuflüsse.

5.3.2 Zooplankton

Ähnlich wie bei Phytoplankton gibt es auch bei der Einschätzung des Zooplanktons unterschiedliche Vorgehensweisen. Dies umfasst die Bestimmung des Verdrängungsvolumens, des Nass- und Trockengewichts sowie des Kohlenstoffgehalts. Mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren aus der Literatur ist es möglich, solche Werte umzurechnen, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Nach der weitgehend anerkannten Formel von CUSHING et al. (1958) erhält man den Kohlenstoffgehalt, indem man das Trockengewicht mit $0,6$ multipliziert. Allerdings muss dies mit Vorbehalt geschehen, denn oft besteht die Ausbeute eines Planktonnetzes nicht nur aus Zooplankton. Phyto-

planktonaggregate, Detritus oder anorganisches Material können zu Missinterpretationen führen. Bei der Analyse der Mellemfjord-Daten wurde Wert darauf gelegt, eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, das heißt, es wurden regelmäßig Stichproben auf ihre „Reinheit“ untersucht.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Zooplankton grob charakterisiert und die Biomasse pro Quadratmeter Wassersäule, respektive pro Kubikmeter Wasseroberfläche berechnet. Mit dem verwendeten Gerät lassen sich die meisten Adultstadien der Copepoden fangen. Dennoch können die Larvenstadien durch die Maschen schlüpfen und so einer Quantifizierung entgehen. Copepoden machen in arktischen Gewässern 70-90 % der Zooplankton-Biomasse aus, während es in tropischen Gewässern nur etwa 35 % sind (LONGHURST 1985).

Häufig unterschätzt in seiner Bedeutung sei nach HANSEN et al. (1999) das Protozooplankton, das bei einer Untersuchung des Zooplanktons mit Netzen geringerer Maschenweite in der Disko-Bucht in der euphotischen Zone dominierte. Nie machten dort die Copepoden mehr als 30 % der Zooplankton-Biomasse aus; das Meroplankton machte nur in einer Probe mehr als 20 % aus. Das Copepoden-„Grazing“ an der Phytoplankton-Blüte betrug etwa ein Drittel des Protozooplankton-„Grazings“. Damit hatten die Copepoden in jener Diatomeen-dominierten Sommer-Herbst-Situation eine geringere Bedeutung am Abbau des Phytoplankton als das Protozooplankton.

Ähnlich wie beim Phytoplankton wird auch bei der Zooplankton-Quantifizierung teilweise pro Quadratmeter und teilweise pro Kubikmeter kalkuliert. Bei der Berechnung pro Quadratmeter wird davon ausgegangen, dass das Zooplankton eng mit der Phytoplanktonbiomasse korreliert ist, da diese als Nahrung verwendet wird und das Zooplankton auch nur in bestimmten Tiefen vorkommt. Ein weiterer Faktor, der direkte Vergleiche erschwert, ist der Einsatz unterschiedlicher Maschenweiten. In der vorliegenden Arbeit wurde ein 300 µm-Netz verwendet, mit dem Vertikalhols durchgeführt wurden. In anderen Untersuchungen kam oft das WP2-Netz zu Einsatz (z.B. HANSEN & SCHMIDT 1999; MADSEN et al. 2001), das sowohl vertikal als auch horizontal eingesetzt werden kann. Bei horizontalem Einsatz fängt ein Planktonnetz die Organismen einer bestimmten Tiefe, bei vertikalem Einsatz lässt sich das Plankton der gesamten Wassersäule an einem bestimmten geographischen Punkt fangen.

Im Mellemfjord wurde 1999 eine höhere Copepodenbiomasse als 1998 festgestellt. Der geringste gemessenen Wert lag bei 4,4 mg tg m⁻³. HANSEN &

SCHMIDT (1999) hatten 1998 im geringsten Fall nur ein Zehntel dieser Menge gemessen. Der Höchstwert lag damals bei 9,5 und ein Jahr später bei 19,5 mg tg m⁻³ (Tab. 10). Extreme Schwankungen in der Zooplankton-Biomasse sind bekannt (VALDÉS 2003). Das Maximum der Zooplankton-Biomasse, das von Copepoden dominiert war, lag zeitlich einige Tage nach dem Maximum des Phytoplanktons. Die enge Korrelation einiger Copepoden-Arten mit der Phytoplanktonblüte war schon von NIELSEN & HANSEN (1995) beobachtet worden. Die Reproduktion von *Calanus finmarchicus* und *C. glacialis* sind danach mit der Entwicklung des Phytoplankton korreliert. Hingegen brütet *C. hyperboreus* im frühen Frühjahr, in Zeiten von Nahrungsmangel. Sie können dabei von ihren Fettreserven zehren. Die Tiere können jedoch mehr Eier produzieren, wenn mehr Nahrung vorhanden ist. Nachdem das Phytoplankton die euphotische Zone verlassen hat, wandert der größte Teil der Copepodenbiomasse ebenfalls in tiefere Schichten ab. Hohe C/N-Verhältnisse in *C. hyperboreus* legen nahe, dass sie gerade Lipidspeicher anlegten (NIEHOFF et al. 2002; CONOVER 1988).

Tab. 10: Minimal- und Maximalwerte für die Copepodenbiomasse in verschiedene Zeiträumen im Mellemfjord. Angaben in mg tg m⁻³. Die Daten von HANSEN & SCHMIDT (1999) wurden mit einem WP-2-Netz mit einer Maschenweite von 200 µm erhoben. Die Daten von 1999 mit einem Vertikalplanktonnetz mit 300 µm Maschenweite. Die Trockengewichtsdaten wurden nach der Formel von CUSHING et al. (1958) umgerechnet. Dabei wurde von einem Copepodenanteil von 80 % ausgegangen.

Zeitraum	20./21.7.98	25.-27.7.98	25.5. - 28.5.99	29.7. - 2.8.99	13.-18.9.99
Min	0,4	0,4	4,4	13,4	8,4
Max	9,5	1	10,5	19,5	11
Quelle	HANSEN & SCHMIDT (1999)		Vorliegende Arbeit		

Das Zooplankton kommt im Mellemfjord nicht homogen in bestimmten Tiefenschichten vor. Dies wird aus der Gegenüberstellung der Biomasse pro Quadratmeter und Kubikmeter deutlich. Wäre dies der Fall, so dürften sich die Diagramme der beiden Darstellungsarten nicht voneinander unterscheiden. Die Abbildungen 42 A-C zeigen aber deutlich höhere Konzentrationen an den tieferen Stationen. Das Zooplankton kommt also offensichtlich auch noch in größeren Tiefen in höheren Konzentrationen vor.

Einen guten Überblick über die Plankton-Biomasse in verschiedenen Regionen der Welt geben die Berichte des INTERNATIONAL COUNCIL FOR THE EXPLORATION OF THE SEAS (ICES) (VALDÉS 2003) und der Plankton-Atlas

der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) der US-amerikanischen Regierung (O'BRIEN et al. 2002). Diese beziehen sich meist auf das Trockengewicht oder den Kohlenstoffgehalt pro Quadratmeter. Die Abundanzen einzelner Arten vor der Westgrönländischen Küste und deren Schwankungen zwischen 1950 und 1984 wurden von PEDERSEN & SMIDT (2000) veröffentlicht.

Die vom ICES herausgegebenen Planktondaten des Nordatlantiks (VALDÉS 2003) beziehen sich meist auf die Werte pro Quadratmeter. In den Gewässern um Island schwankte die Zooplankton-Biomasse in den Jahren 1960 und 2002 zwischen 0,5 und 13 mg tg m⁻². In der Norwegischen See lag die Variationsbreite 1994 bis 2002 zwischen 6 und 11 mg tg m⁻² (200 µm Planktonnetz; 0-150 m). Die Werte des Mellemfjords mit 0,6 bis 5 mg tg m⁻³ liegen da eher am unteren Rand des Spektrums.

O'BRIEN et al. (2002) veröffentlichten Ergebnisse über die mittlere Zooplankton-Biomasse in verschiedenen Meeresgebieten, berechnet pro Kubikmeter (0-200 m Tiefe; 150-500 µm Maschenweite). Im Europäischen Nordmeer fanden sie Werte von 25 – 250 und in der Beringstraße 50 – 250 mg C m⁻³ vor. Im Bereich des offenen Ozeans lagen die Werte mit 0 – 5 mg C m⁻³ meist deutlich darunter, während in Küstennähe eher bis zu 250 mg und mehr Kohlenstoff pro Kubikmeter gemessen wurde. Die Biomasse im Mellemfjord, die 1999 (umgerechnet mit Faktor 0,6) 4,4 – 19,5 mg C m⁻³ ergab, liegt somit deutlich im unteren Spektrum, des sonst für küstennahe Regionen angegebenen Bereichs.

Über die Biologie und Saisonalität des Zooplanktons in der Disko-Bucht gibt es eine Reihe von Untersuchungen. NIELSEN & HANSEN (1995) haben eine Copepoden-Biomasse von 60 ± 28 mg C m⁻³ in der euphotischen Zone der Disko-Bucht berechnet. MADSEN et al. (2001) untersuchten 1996/1997 unter anderem mit einem 200 µm WP-2-Netz die Copepoden-Biomasse. Sie fanden in Tiefen von 0 - 50 m in den Monaten Mai bis Mitte Juli 40 - 80 mg C m⁻³, mit einem Maximalwert von 127 mg C m⁻³. Ende Juli 1996 bis Ende April 1997 sank die Biomasse auf < 1 bis 6 mg C m⁻³. Das Maximum lag bei dieser engmaschigen Untersuchung deutlich am Anfang Juni. Bei einer Zeitverzögerung um drei Wochen gegenüber dem Mellemfjord, wie es die Eissituation nahe legt, müsste dort das Maximum Ende Juni sein. Dem widersprechen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, in der der höchste Wert am 31. Juli gemessen wurde. Möglicherweise ist das Zooplanktonmaximum zeitlich noch weiter nach hinten verschoben, was ein weiteres Indiz dafür wäre, dass sich der Mellemfjord deutlich von dem die Disko-Insel umgebenden Wasser unterscheidet.

5.4 Sediment

Die Einteilung der Sedimentklassen des Fjords wurde aufgrund mehrmaliger Beprobung vorgenommen. Die Sedimentkomposition des Meeresbodens ist dort recht divers, was sich erst nach wiederholten Probennahmen deutlich abzeichnete. Das Sediment wurde anhand unbehandelter Proben aus einem HAPS und einem Mini Van Veen-Greifer beurteilt. Spezifische Einteilungen und die genauere Einschätzung über die Verteilung von Kies, Foraminiferen oder Detritus konnten nicht aufrecht erhalten werden. Daher gibt es auch Abweichungen gegenüber den Beschreibungen bei LIEBERMANN (1999) und LÖRZ (2000), die solche Einteilungen vorgenommen hatten. Dort war das Sediment teilweise nach dem Sieben beurteilt worden oder aus Proben, die mit einer Dreiecksdredge genommen wurden. Dieses geschleppte Fanggerät hat eine Maschenweite von 500 µm und lässt deshalb eine unbekannte Menge an Feinsediment hindurch. Eine deutliche und auffällige Sonderstellung wiesen die Stationen M1 und S1 auf (Abb. 5). Die Station M1 lag in einer Senke am Eingang des Fjords. Dort sammelt sich offensichtlich Feinsediment, das von der Strömung nicht ohne Weiteres abtransportiert werden kann. Auffällig war hier ein sehr hoher Anteil an Ophiuroidea (*Ophiura robusta* (Ayres, 1851) und *Stegophiura stuwitzki* (Lütken, 1857)). Ganz anders war Station S1 geprägt. Hier fielen zahlreiche langstielige rote Ascidien (*Boltenia ovifera* (Linnaeus, 1767)) auf, die auf Hartboden hindeuten. Zudem war im HAPS und im Mini Van Veen-Greifer kaum Sediment zu finden; lediglich ein hoher Anteil an Muschelschill war in den Proben vorhanden. Dies führe ich darauf zurück, dass die Station S1 („Enoks Havn“) häufig Ankerplatz für Muschelfischer ist, die dort ihren Fang von *Chlamys islandica* verarbeiten. Die mittleren Stationen M2, M3, M4 sowie die Station N4 wiesen einen hohen Anteil an Weichboden auf. Dies lässt sich durch die Mittellage in diesem steilen Fjord erklären und bei Station N4 durch den Zustrom von Schmelzwasser, das an jener Stelle in den Fjord fließt.

GILBERT et al. (1998) stellen fest, dass der Mellemfjord eine Sonderstellung gegenüber dem südlicheren Diskofjord sowie vergleichbaren Fjorden auf Baffin Island, auf der gegenüber liegenden Seite der Baffin Bay, besitzt. Während die meisten Fjorde am Ausgang des Fjordes eine niedrigere Sedimentation als im inneren Bereich aufweisen, ist dies im Mellemfjord genau umgekehrt. Nach ihren Messungen gibt es am Eingang des Fjordes eine Sedimentdicke von elf Metern bei einer jährlichen Akkumulation von einem Millimeter. Im mittleren und inneren Bereich liegt die Sedimentdicke mit sechs Metern und einer jährlichen Akkumulation von 0,4 mm deutlich niedriger. Dieser Wert wurde anhand von Sedimentkernen errechnet.

GILBERT et al. (1998) erklären das mit Erosion und Umverteilungs-Effekten, da der Mellemfjord insgesamt mehr Wind- und Wellenschlag-exponiert ist.

Vom Sedimentchemismus und der Akkumulation direkt Rückschlüsse auf die Produktionsprozesse in der Wassersäule zu ziehen, kann leicht zu Fehlinterpretationen führen, da in Küstengewässern nur ca. 20-40 % der Primärproduktion den Meeresboden erreichen (PARSONS et al. 1977; FORSSKÅHL et al. 1982; WASSMANN 1983; DAVIES & PAYNE 1984; SMETACEK et al. 1984). Ein Großteil der Produktion wird bereits auf dem Weg nach unten konsumiert und resuspendiert. Umgekehrt gibt es auch eine Rückführung von sedimentierten Material. Der Stofffluss vom Phytoplankton über Bakterien und Nanoflagellaten zu höheren trophischen Ebenen wird als mikrobielle Schleife („*Microbial loop*“) (z. B. NIELSEN & RICHARDSON 1989) bezeichnet.

5.4.1 Sedimentfalle

Einen Eindruck von der Sedimentation im Mellemfjord liefern die Ergebnisse der Sedimentfalle. Die hiermit gewonnenen Ergebnisse legen nahe, dass das Sedimentvolumen und die jährliche Zunahme am Grunde des Mellemfjords eher von terrestrischen Einflüssen bestimmt werden, als von herabsinkenden organischen Bestandteilen, die in der Wassersäule produziert wurden. Auffällig war der große Unterschied des organischen Anteils zwischen der oberen (50 m Wassertiefe) und der unteren (70 m) Sedimentfalle. GILBERT et al. (1998) geben für den Mellemfjord Werte von 5,5 % bis 7 % organischen Sedimentanteil an. Die ermittelten Werte von 9 %, bzw. 10 % (50 m) und 3 % (75 m) liegen somit um Gilberts Werte herum. Die Untersuchung mittels der Sedimentfalle stellt natürlich nur einen punktuellen Wert dar. Den geringeren organische Anteil in den tieferen Fallen führe ich auf laterale Advektion einer Wolke anorganischen Sediments aus dem Sarquardlit-Delta zurück (Abb. 5). Die Sedimentfalle war etwa fünf Kilometer entfernt installiert. Daher ist anzunehmen, dass die Sedimentwolke schon eine größere Tiefe erreicht hatte. Damit würde sich der große Volumen-Unterschied in den beiden Sedimentfallentiefen erklären lassen, der vor allem auf verschiedenen Mengen anorganischen Sedimentes beruht. Die Zu- oder Abnahme von Sedimentation mit der Wassertiefe ist verschiedenen Faktoren unterworfen. Dies hängt unter anderem von hydrographischen und saisonalen Aspekten ab. Die Sedimentmenge des partikulären anorganischen Materials (PIM) nimmt üblicherweise mit der Tiefe in jenen Phasen ab, in denen sich ein Gewässer in der Stagnation befindet (WASSMANN 1985b). In Phasen des Bodenwasser-Austausches nimmt die Sedimentation hingegen mit der Tiefe zu.

Tab. 11: Ergebnisse von Sedimentationsuntersuchungen in verschiedenen Fjorden. Angegeben ist die Menge des gesamten partikulären Materials (total particulate material, TPM), des organischen Anteils daran (particulate organic material, POM) sowie dessen Anteil am Gesamtmaterial (POM/TPM).

Untersuchungsgebiet und Autor	Untersuchungsperiode	Tiefe der Sedimentfalle (m)	Ø Sedimentation (g m ⁻² pro Tag)		POM/TPM (%)
			TPM	POM	
Framvaren, SW-Norwegen (SKEI 83)	Ein vollst. Jahr (1981)	40	0,25		
Lindåspollene, W-Norwegen (WASSMANN 1983)	Mär.-Okt. 1981	10	1,16		
Fanaufjord, W-Norwegen (WASSMAN 1984)	Ein vollst. Jahr (1979/80)	60 90	2,26 2,43	0,68 0,73	30,01 30
Nordåsvannet, W-Norwegen (WASSMANN 1985a)	Mär.-Mai 1982/83	20	1,67		
		40	1,29		
		45	1,08		
		50	1,05		
Vågsbøpollen, W-Norwegen (WASSMANN 1985b)	Mär.-Aug. 1982	5	1,96	1,46	74,5
		8	1,1	0,7	63,6
Kviturdvikkollen, W-Norwegen (WASSMANN 1985b) A ⁴	Feb. -Sep. 1982	10	2,15	0,96	44,6
		13	2,28	1,07	46,9
Malengen Fjord, N-Norwegen (KECK & WASSMANN 1996) A ³	Mär.-Okt. 1991	30	1,9-7,1		
		10	5,3-13,8		
Barents-See (WASSMANN 1989)	Mai/Jun. 1984 Aug. 1995		1,34	0,87	64,9
			1,22	0,57	46,7
Disko-Fjord, W-Grönland (GILBERT et al. 2002) A ^{1,A2}	Jun.-Jul. 2000	35-65	100-500	2,5-21	2,5-4,7
		65-95	150-2.500	6-100	2,9-5,8
		70-100	600-3.400	13-122	2,25-3,9
	Jul.-Sep. 2000	35-65	200-1.700	28-350	4,4-5,6
		65-95	400-6.000	17-268	3,9-4,5
		70-100	500-6.700	147-287	4,1-4,4
Mellemfjord, W-Grönland (vorliegende Untersuchung)	Aug.-Sep. 1999	50	25/26	2	8-9
		70	105/124	3	3/4

A¹ Die Originalwerte können geringfügig von den angegebenen Zahlen abweichen, da sie aus einem Diagramm abgelesen wurden.

A² Die Sedimentfallen wurden bei dieser Untersuchung nicht an dem Abstand zur Oberfläche, sondern zum Grund ausgerichtet. Die Tiefenangaben geben jedoch den Abstand zur Oberfläche an.

A³ Die Sedimentfallen wurden bei dieser Untersuchung nicht an dem Abstand zur Oberfläche, sondern zum Grund ausgerichtet. Die Tiefenangaben geben den Abstand zum Meeresboden an.

A⁴ Die Werte wurden in der Veröffentlichung in g m⁻² pro Tag angegeben. Gemeint war aber mg m⁻² (WASSMANN, pers. Komm.)

Da die Sedimentfalle im Mellemfjord während einer Stagnationsphase installiert war, worauf auch die CTD-Meßdaten hindeuten (vgl. Kap. 4.3.2), hätten eigentlich die unteren Fallen weniger Sediment aufweisen müssen. Ein Widerspruch, der auch auf laterale Advektion hindeutet.

Mit umgerechnet bis zu $123,5 \text{ g tg m}^{-2}$ pro Tag liegt die Sedimentation an der unteren Grenze einiger von GILBERT et al. (2002) im Disko-Fjord gemessenen Werte. Dort allerdings waren die Sedimentfallen in einem Gebiet installiert worden, das unter dem Einfluss eines temporär sehr aktiven Gletschers steht, der hohe Sedimentmengen in den Disko-Fjord einträgt. Die dortige Sedimentation gehörte im Untersuchungszeitraum zu den weltweit höchsten. In norwegischen Fjorden war im Rahmen verschiedener Untersuchungen stets geringere Werte gemessen worden. Die in Tab. 11 zusammengestellten Sedimentationsraten verschiedener Gebiete lagen zwischen $0,25$ und $13,8 \text{ g tg m}^{-2}$ pro Tag. Der Anteil des organischen Materials am gesamten partikulären Material lag mit 30 bis 65 % stets höher als in den beiden untersuchten Fjorden der Disko-Insel. Dort lag er bei 2,3 bis 5,8 % (GILBERT et al. 2002), bzw. 3 bis 9 % (vorliegende Arbeit).

5.4.2 C/N-Verhältnis

Weltweit liegt der Mittelwert des C/N-Verhältnisses von sinkenden Partikeln im Oberflächenwasser bei 7,1 mit zunehmender Tendenz in größerer Tiefe. Lebendes Phytoplankton hat durchschnittlich einen C/N-Wert von 6,6, der auch als Redfield-Verhältnis bezeichnet wird (OTT 1996). Die Werte des Sedimentes im Mellemfjord liegen mit 8 bis 10,2 über dem globalen Durchschnitt, der von SCHNEIDER (2003) mit 8,3 bis 8,4 in 0-500 m Tiefe angegeben wird.

Aus der Karasee und dem Gebiet westlich von Franz-Josef Land wurden C/N-Verhältnisse von 4 bis 13 berichtet. In der Laptevsee weisen die verbreitet hohen C/N Werte ($> 7,5$) auf die Dominanz von terrigenem organischen Material hin (STEIN 1996). In der Framstraße wurden Werte zwischen unter 6 bis über 8 gemessen (HEBBELN & BERNER 1993). GREBMEIER et al. (1988) sowie GREBMEIER & MCROY (1989) ermittelten auf dem Bering-Schelf C/N-Verhältnisse von durchschnittlich 6,8. Im Küstenwasser Alaskas lag der Mittelwert bei 8,3 bei einer Wassertiefe um 50 m. Der Untersuchungszeitraum war Juli bis September 1984 bis 1986. An tiefen Stationen des nördlichen Nordatlantik (376 bis 3.200 m) lagen die C/N-Werte zwischen 5,8 und 11,5 (KÖSTER & MEYER-REIL 2001). Im ostgrönländischen Young Sound

lagen C/N-Verhältnisse von 10,3 bis 12,2 vor (SEJR et al. 2000). Aus Nordostgrönland berichten BRANDT und SCHNACK (1999) Werte zwischen 4,9 (1.082 m Tiefe) und 9,2 (183 m Tiefe).

Die Werte des Mellemfjords zeigen eine uneinheitliche Tendenz. Eine Saisonalität war nicht zu erkennen. Die deutlich über dem Redfield-Verhältnis von 6,6 liegenden Werte zeigen, dass das Sediment nicht nur aus biologischen Prozessen in der Wassersäule stammen kann. Da im Mellemfjord nicht mit anthropogenen Kohlenstoffeinträgen zu rechnen ist, wie es z.B. von GRAY (1984) aus der Kieler Bucht vor allem entlang alter Dampferlinien berichtet wird, liegt es nahe zu vermuten, dass ein nicht unerheblicher Anteil des Kohlenstoffs terrigenen Ursprungs ist.

5.4.3 Chlorophylläquivalente (CPE)

Am Ende eines langen Winters können die Chlorophylläquivalente leicht bei Null liegen (GRAF et al. 1995). Dafür gibt es drei Ursachen: 1.) Es zersetzt sich relativ schnell. Die geschätzte Halbwertszeit liegt bei drei bis vier Wochen (ABELE-OESCHGER 1991). 2.) Es wird durch Bioturbation in tiefere Schichten transportiert. Verschiedene grabende Organismen sorgen dafür, dass ein Sedimentationsereignis bis in ca. 10 cm Tiefe nachweisbar ist (GRAF et al. 1995; RITZAU et al. 2001). 3.) Dieses Material, das eine wertvolle Nahrungsquelle darstellt, wird von benthischen Organismen, wie z.B. den Peracarida, aufgezehrt. Aus diesem Grund bleibt das Chlorophyll nicht lange auf der Sedimentoberfläche liegen.

Auf dem Vøring-Plateau am Norwegischen Kontinentalhang hat GRAF (1989) in 1.430 m Tiefe nach einer Frühlings sedimentation einen raschen Anstieg der Chl *a*-Konzentration von 0 auf $3,3 \mu\text{g cm}^{-3}$ registriert. Im ostgrönländischen Becken (2.530 m Tiefe) waren es direkt nach einem Sedimentationsereignis im Mittel 6,3 und 9 Tage später nur noch $4 \mu\text{g cm}^{-3}$ (GRAF et al. 1995). BOETIUS et al. (1996) untersuchten Pigmentkonzentrationen des Oberflächensediments in verschiedenen Gebieten der Arktis. Die geringsten Werte wiesen die Stationen der zentralen Arktis mit unter $0,2 \mu\text{g cm}^{-3}$ Sediment auf. In Nordostgrönland lagen die Werte mit $0,03$ bis $0,34 \mu\text{g cm}^{-3}$ bei Tiefen von 183 bis 1.965 m teilweise noch darunter (BRANDT & SCHNACK 1999). Hier wurde allerdings der Durchschnittswert für die oberen 10 cm des Sediments berechnet.

Die Ergebnisse lassen einen Trend erkennen: Der Chl-*a*-Gehalt in der oberen Sedimentschicht ist um so höher, je flacher und je südlicher das Unter-

suchungsgebiet ist. Die höchsten Werte wurden vom Kontinentalhang mit 7-10 $\mu\text{g cm}^{-3}$ bei 200 m Wassertiefe gemessen. Im nördlichen Nordatlantik lag der Mittelwert bei 0,3 bis 1,1 $\mu\text{g cm}^{-3}$ mit Maximalwerten von 4,5 $\mu\text{g cm}^{-3}$. Alle untersuchten Stationen lagen dabei tiefer als 500 m (RITZAU et al. 2001). Im Öresund, der Wasserstraße zwischen Dänemark und Schweden, stießen HANSEN & JOSEFSON (2001) in Wassertiefen bis 55 m auf Chlorophyllwerte bis zu 8,2 $\mu\text{g cm}^{-3}$.

Die Menge der Chlorophylläquivalente im Mellemfjord lagen mit 6 bis 10 $\mu\text{g cm}^{-3}$ höher als bei den meisten der oben zitierten Arbeiten. Dies dürfte in erster Linie an der geringeren Wassertiefe liegen. Ein Großteil des wertvollen Materials wird auf seinem Weg von der euphotischen Zone bis zum Meeresgrund von Organismen aufgenommen (STEIN 1996). Nur ein Teil des abgestorbenen Phytoplanktons erreicht den Meeresboden in Form schnell sinkender Aggregate oder als Kotballen von Zooplanktonorganismen. Darum kann bei flacheren Gewässern von höheren CPE-Werten im Sediment ausgegangen werden.

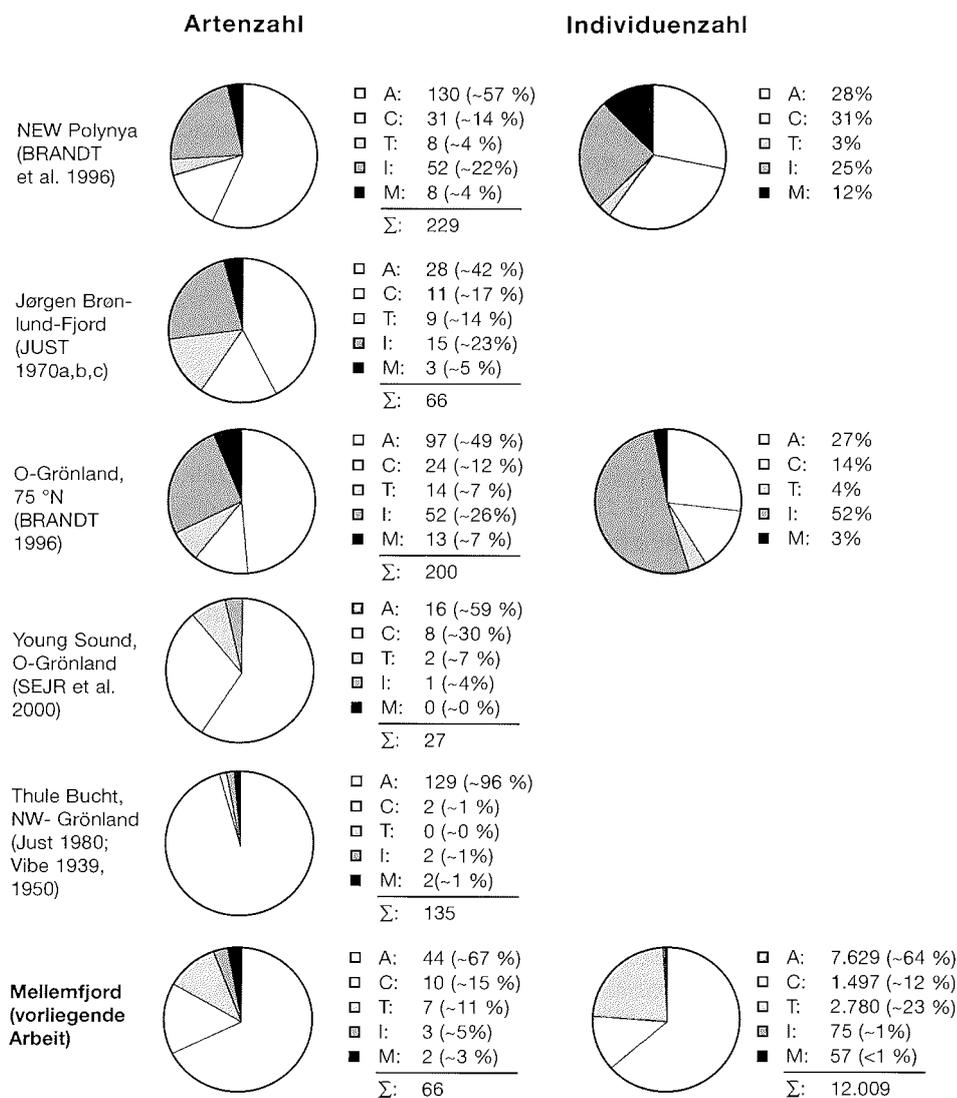
5.4.4 Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})

Der organische Kohlenstoffgehalt in den oberen Sedimentschichten des Mellemfjord liegt mit 0,35 bis 0,7 % etwa ähnlich hoch wie in anderen Gebieten der Arktis. STEIN (1996) gibt eine gute Zusammenfassung über die Situation im Gebiet von der östlichen zentralen Arktis bis zum eurasischen Kontinentalschelf. In dem beschriebenen Gebiet sind C_{org} -Werte zwischen 0,5 und 1 % die Regel. In der Laptevsee schwankten die Werte zwischen 0,3 und 2,3 %. Leicht höhere Werte wurden mit > 1 % nördlich von Svalbard und in der Framstrasse gemessen, während vor der grönländischen Nordostküste überwiegend < 1 % gemessen wurde (BRANDT & SCHNACK 1999; HEBBELN & BERNER 1993). Ähnliche Werte fanden ARTEMYEV & PETROVA (1996) in der Dvinsky- und Kandalaksha-Bucht des Weißen Meeres mit 1-2 %. Für die Tiefsee haben EMERSON & HEDGES (1988) Werte zwischen 0,24 und 0,63 % ermittelt. In der Untersuchung von GREBMEIER et al. (1988) war der C_{org} im nördlichen Beringmeer am geringsten (durchschnittlich 0,5 %) und am höchsten (durchschnittlich 1,5 %) in der Tschuktschensee („Chuckchi Sea“). Für den ostgrönländischen Young Sound geben SEJR et al. (2000) Werte zwischen 0,54 und 1,37 % an. Einen Vergleich zwischen verschiedenen Meeresgebieten der ganzen Welt zieht ROMANKEVICK (1984). Maximale Werte erreichen 16 % (Schelfgebiet südwestliches Afrika). Die geringsten Werte mit 0,08 % stammen aus dem Golf von Aqaba (Rotes Meer). Ein Zusammenhang zwischen Wassertiefe und dem organischen Kohlenstoffgehalt lässt sich aus den dort zitierten Daten nicht ablesen.

5.5 Anteile der Peracarida-Ordnungen in Hinsicht auf Arten- und Individuenzahl

Amphipoden sind in den Gewässern um Grönland die diverseste Ordnung der Peracarida. Diesen Schluss legt der Vergleich von benthologischen Untersuchungen nahe, die in den letzten Jahren rund um Grönland durchgeführt wurden (Tab. 12).

Tab. 12: Anteile der Peracarida-Ordnungen in verschiedenen Untersuchungsgebieten um Grönland. Auf ganze Prozentzahlen gerundet.



Dabei lag der Anteil der Amphipoden zwischen 42 und 59 % der identifizierten Arten (JUST 1970 a,b,c; BRANDT 1996; BRANDT et al. 1996; SEJR et al. 2000). Bei den Anteilen der Cumacea, Tanaidacea, Isopoda und Mysidacea ist kein Trend festzustellen. Dass die Mysidaceen in den Proben weder abundant noch divers waren, ist nicht überraschend, da sie überwiegend planktisch leben. Bei den Individuenzahlen fallen bei BRANDT et al. (1996) und BRANDT (1997) vor allem der mit bis zu 52 % der Individuen hohe Anteil von Isopoden auf, die im Mellemfjord kaum eine Rolle gespielt haben. Dabei ist natürlich zu beachten, dass die Proben aus Ostgrönland aus Tiefen von bis zu 2.680 m stammen und der dortige Lebensraum zwar ebenfalls arktisch ist, aber nicht ohne weiteres mit dem geschützten Mellemfjord zu vergleichen ist. Der Anteil von 96 % Amphipoden an den Arten aus dem Thule-Gebiet lässt sich damit erklären, dass JUST (1980) sich ausschließlich auf diese Ordnung konzentrierte. Bemerkenswert ist noch die Tatsache, dass im Mellemfjord (vorliegende Arbeit) und im Jørgen Brønlund Fjord (JUST 1970a,b,c) mit 66 Arten von Peracarida die exakt gleiche Artenzahl gefunden wurde.

5.6 Diversität

Der Mellemfjord hat, gemessen an seiner Größe, eine hohe Diversität. Dies ist nicht zuletzt deshalb überraschend, da bei einer benthologischen Aufnahme des benachbarten Disko-Fjords kaum Peracarida gefunden wurden (SCHMID & PIEPENBURG 1993). Die Autoren hatten dabei einen Van Veen-Greifer und Siebe mit einem Millimeter Maschenweite verwendet.

Saisonal betrachtet waren der Frühling und Sommer 1999 mit 59 Peracarida-Arten von insgesamt 66 Arten im Mellemfjord am diversesten. Allein im Frühling wurden 42 von 44 Amphipoden-Arten gefunden. Dies ist ein deutlicher Unterschied zum Herbst, in dem nur 33 Arten gefunden wurden.

Am Beispiel der Amphipoden, über die es eine Vielzahl von Untersuchungen aus der Arktis und anderen Gewässern gibt, soll die Diversität verglichen werden. In Tab. 13 wird die Anzahl der identifizierten Arten der Größe des Untersuchungsgebietes gegenüber gestellt. Hiernach besitzt der Mellemfjord mit 44 Amphipoden-Arten bei 30 km² Untersuchungsgebiet eine Diversität, die, auf die Größe des Gebietes bezogen, zu den höchsten der zitierten Untersuchungen gehört. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass in größeren Gebieten meist die Stationsdichte geringer ist. Zusätzliches Gewicht erhält die Diversität des Mellemfjord allerdings, wenn man in Betracht zieht,

dass sogar nur ein Teil des Fjordes beprobt wurde. Die flacheren Zonen im Fjord, also das Gebiet unterhalb 50 m Tiefe, blieben aus methodischen Gründen unbeprobte. Gerade die Uferzonen mit großen Makrophyten bieten eine Vielzahl von Lebensräumen für die Peracarida. Zweifellos sind dort noch weitere Arten zu finden. Für diese Bereiche besteht weiterer Forschungsbedarf.

Weltweit sind 7.879 Arten von Amphipoden bekannt (Stand 1. 1. 2003) (VADER, pers. Komm.) Über die Zahl arktischer Amphipoden gibt es verschiedene Angaben. GURJANOVA (1951) kommt in der (russischen) Arktis auf 470 Arten von Gammaridea. Eine aktuellere Zahl stammt von TZVETKOVA (1995). Sie nennt 520 Arten von Amphipoden in der Arktis. Bei PALERUD & VADER (1991), die allerdings noch den Nordatlantik bis 48 °N einschließen, sind es 740. Auch wenn die Zahlen etwas auseinander liegen, geben sie aber einen ganz guten Eindruck von der Biodiversität im Mellemfjord. Immerhin fast 10 % der aus der Arktis bekannten Amphipoden konnten hier nachgewiesen werden.

Betrachtet man die Minimal- und Maximalwerte für den Shannon-Wiener-Index und die Äquität, fällt auf, dass sie alle im Frühling 1999 ermittelt wurden. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Peracarida-Gemeinschaften also die höchsten Diversitäts-Schwankungen auf (Tab. 8). Zum Herbst hin nivellierte sich die Diversität weiter. Die geringsten Diversitäten lagen an den Stationen M1 und S1 vor. Beide unterschieden sich in ihrer Sedimentzusammensetzung deutlich von den anderen Stationen. S1 war durch felsigen Hartboden und sekundären Hartboden geprägt, während M1 einen extremen Weichboden aufwies, der durch hohe Schlangensternabundanzen gekennzeichnet war. Die höchsten Diversitäten traten in der Mitte des Fjordes auf. Dies ist die Region im Fjord, wo die konstantesten Bedingungen zu erwarten sind. Am Eingang des Fjordes kommen Wind- und Wellenschlag-Effekte vermutlich mehr zum Tragen. Dies gilt auch für die flacheren Uferregionen, wo Tiden-effekte und Schwankungen des Lichteinfalls stärker ausgeprägt sein dürften. Schwankungen der Salinität sind in der Tiefe, in der die Tiere leben, nicht nachweisbar. Das gilt selbst für die Stationen in der Nähe von Schmelzwasserzuströmen, da das Wasser geringerer Salinität an der Oberfläche bleibt (siehe Kap. 4.3.2.1). Im Mellemfjord ist der Trend zu erkennen, dass die Diversität dort am größten ist, wo die Lebensbedingungen am konstantesten sind. Ein Vergleich mit der Diversität anderer Untersuchungen wurde nicht angestellt. Der Vergleich ist schwierig, da das Ergebnis stark von der Probengröße beeinflusst wird (SOETAERT & HEIP 1990).

DISKUSSION

Tab. 13: Artenzahl von Amphipoden in verschiedenen Regionen der Arktis und anderer Meeresgebiete.

Gebiet	Geschätzte ^A Größe (km ²)	Anzahl der Amphipodenarten	Tiefe (m)	Quelle
Disko-Fjord, W-Grönland	300	0 (?) ^B	41-190	SCHMID & PIE- PENBURG (1993)
Young Sound, W-Greenland	30	16	20-85	SEJR et al. (2000)
Jørgen Brønlund Fjord (NO-Grönland)	100	28	0-84	JUST (1970a)
Norwegisches becken	500	30	2.000-3.000	DAHL (1979)
Mellemfjord	30 ^C	44	50-145	Vorliegende Arbeit
Loch Ewe, W-Schottland	40	53	0-50	ROBERTSON et al. (1989)
Hornsund, Spitzbergen	200	58	0-250	JAZDZEWSKI et al. (1995)
Ostsee	365.000	71	0-450	KÖHN (1995)
Kieler Bucht	4.600	75	0-40	GERLACH (2000)
Gullmarfjord, W-Schweden	100	84	33-110	BUHL-JENSEN & FOSSÅ (1991)
NO-Grönland, 75° N	7.500	97	200-2680	BRANDT (1996)
Weißes Meer	95.000	98	0-300	BULYCEVA (1957)
Thule (NW-Grönland)	600	129	0-300	JUST (1980)
Admiralty Bay, Antarktis	120	106	0-500	JAZDZEWSKI et al. (1995)
Ungava Bay, O-Kanada	50.000	114	n.d.	DUNBAR (1954)
Ost-isländisches Becken	500	120	2.600-2.800	THURSTON (1980)
NEW-Polynya, O-Grönland	40.000	130	45-517	BRANDT et al. (1996)
W-norwegischer Schelf + 5 Fjorde	250.000	150 (149 Schelf, 39 Fjorde)	147-520	BUHL-JENSEN (1986)
Nordsee	580.000	350	0-700	nach KÖHN(1995)

^A Einige der Schätzungen beruhen auf Angaben von WESLAWSKI (1990)

^B „...amphipods [...] are considered too random to be significant“ (SCHMID & PIEPENBURG 1993)

^C Größe des Untersuchungsgebietes

5.7 Arten-Areal-Kurve des Mellemfjords

Aus den beiden vorangegangenen Kapiteln wurde deutlich, dass die ermittelte Diversität stark vom Beprobungsaufwand abhängt. Mit hoher Sicherheit sind in den Gebieten, wie z. B. der Thule-Region oder dem Disko-Fjord, weitere Arten von Peracarida zu finden. Grundsätzlich sind Arten-Areal-Kurven ein brauchbarer und pragmatischer Ansatz, um heraus zu finden, ob man die tatsächliche Artenzahl in einem bestimmten Gebiet annähernd vollständig erfasst hat. Die Arten-Areal-Kurve des Mellemfjords wird zu ihrem Ende hin deutlich flacher. Die Form der Kurve kann Hinweise zur Zahl der tatsächlich in dem Untersuchungsgebiet vorkommenden Peracarida (S) liefern und zur Frage, wie groß der identifizierte Anteil daran ist. Die Kurve für die untersuchten Proben (Abb. 43) verläuft zum Ende hin fast horizontal und nähert sich so einer Asymptote. Dies kann nach Auffassung von WILLIAMSON et al. (2001) in solchen Fällen nicht passieren, wenn auf der x-Achse ein sich vergrößernder geographischer Bereich aufgetragen wird. Dies ist aber hier nicht der Fall. Das Untersuchungsgebiet ist ein relativ geschlossener Bereich und auf der x-Achse sind wiederholte Probennahmen der gleichen 12 Stationen aufgetragen.

Kann nun die tatsächliche Artenzahl in dem Fjord mathematisch ausgerechnet werden? Dafür könnte man die Kurve mit einer Exponentialfunktion extrapolieren, also mathematisch weiter schreiben. Man muss die Funktion ermitteln, die der Kurve zugrunde liegt und den Trend fortschreiben. Rein mathematisch lebten danach 70,12 Arten im Untersuchungsgebiet. Dieses Vorgehen ist aber in der Biodiversitätsforschung unüblich, da so eine mathematische Exaktheit vorgespiegelt wird, die es in der Natur nicht geben kann (K.R. CLARKE, pers. Komm.). Natürlich können dabei immer Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten auftreten. So könnte es sein, dass bei wiederholten Probennahmen die Grenzen des untersuchten Gebietes überschritten werden und so weitere Bereiche mit weiteren Arten „erschlossen“ werden. Dies kann bedeuten, dass die geographischen Positionen bei erneuten Probennahmen nicht genau eingehalten werden oder dass Fanggeräte unterschiedlich effektiv arbeiten. Daneben können im Laufe von Zeit-Serien-Beprobungen neue Arten in das Gebiet einwandern oder andere das Gebiet verlassen. Dies kann z. B. beim Mellemfjord, der eine offene Verbindung zum Meer hat, nicht ausgeschlossen werden. Zusätzlich kann sich die Artenzahl durch neue taxonomische Erkenntnisse erhöhen. So ist es zum Beispiel möglich, dass die identifizierten Tanaidacea noch in weitere Arten aufgeteilt werden können (GUERRERO-KOMMRITZ, pers. Komm.). Die Extrapolation einer Arten-Areal-Kurve ist jedoch bei einer abflachenden Kurve, wie es bei

der vorliegenden Untersuchung der Fall ist, zuverlässiger als bei Kurven, die noch deutlicher ansteigen (K.R. CLARKE, pers. Komm.).

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen machen: 1.) Die große Mehrzahl der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten ist identifiziert worden. 2.) Wenn es noch weitere Arten gibt, werden sie auf ein kleines Gebiet beschränkt und/oder nicht häufig sein. 3.) Die vermutete tatsächliche Anzahl der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten liegt bei 70.

5.8 Multidimensionale Skalierung (MDS) und hierarchische Clusteranalyse

Betrachtet man die vier Gemeinschaftsanalysen für die einzelnen Zyklen, lassen sich einige Gemeinsamkeiten feststellen. Die Stationen M2/M3/M4 liegen stets nah beieinander. Ihre Gemeinschaften ähneln sich offenbar. Weiter ist offensichtlich, dass sich die Station S4 stark von den anderen Stationen unterscheidet. In allen Untersuchungszeiträumen zeigte die dort vorgefundene Gemeinschaft große Unterschiede zu den anderen Stationen. Lediglich im Frühling 1999 gab es eine gewisse Ähnlichkeit zur Station M1. Ähnliches gilt auch für die Station S1, die auch zu jedem Zeitpunkt recht große Abweichungen zu den anderen Stationen aufwies.

In Abb. 48 werden die Peracarida-Gemeinschaften aller drei Untersuchungszyklen von 1999 zusammengestellt. Hier wurden die Proben von 1998 nicht einbezogen, da in diesem Jahr die Umweltparameter nicht systematisch untersucht wurden (siehe Kap. 3). Auffällig ist, dass die Stationen S1, M1 und S4 sich deutlich von den anderen Stationen absetzten. Die Stationen S1 der drei Zyklen unterscheiden sich aber auch untereinander stark. Das bedeutet, die Peracarida-Fauna an dieser Hartbodenstation verändert sich im Laufe des Jahres deutlich. Etwas abgeschwächer gilt dies auch für die Station S4. Die Station M1, die in einer Senke am Fjordeingang liegt und einen extrem hohen Weichbodenanteil aufweist, unterscheidet sich zwar stark von den anderen Stationen. Sie weist aber eine deutlich konstantere Gemeinschaft auf als S1 und S4.

5.9 Korrelation der Peracarida-Verteilungsmuster mit Umweltparametern

Mit dem Bio-ENV-Modul von PRIMER 5.2.8 wurde untersucht, welche Umweltfaktoren die Artzusammensetzung der Peracarida an den Stationen am besten erklären. Danach hat eine Kombination aus dem Sedimenttyp und

des C/N-Verhältnisses den größten Einfluss (Rangkorrelation 0,52). Welche Umweltfaktoren die Gemeinschaftsstrukturen im Benthos bestimmen, wurde schon für verschiedene Tiergruppen untersucht. Bei Amphipoden ging man zunächst davon aus, dass es vor allem die Temperatur ist, die die Verbreitung bestimmt (ENEQUIST 1949). Spätere Studien betonten die besondere Bedeutung der Partikelgröße (BARNARD 1969; PARKER 1984) oder die Nahrungsverfügbarkeit (BUCHANAN 1963; PARKER 1984). Bei einer Studie an der schottischen Westküste (57° N), dessen Fragestellung denen der vorliegenden Arbeit ähnelt, errechneten ROBERTSON et al. (1989), dass der Anteil des organischen Kohlenstoffs und die Wassertiefe dort die Faktoren sind, die die Amphipoden-Gemeinschaften am ehesten charakterisieren.

Bei einer Untersuchung des Mega-Epibenthos in Nordost-Grönland ergaben die Analysen, dass eine Kombination aus Breitengrad und Meerestiefe die Gemeinschaftsstrukturen am besten erklären (STARMANS 1997). Zumindest bei Polychaeten kommt SCHNACK (1998), der in der gleichen Region die benthische Makrofauna untersuchte, zu einem anderen Ergebnis. SCHNACK fand in zwei Untersuchungsgebieten an der westgrönländischen Ostküste (75° N und 79° N) widersprechende Ergebnisse zu der Frage vor, welche Umweltfaktoren die Besiedlungsmuster der Polychaeten am besten erklären. Auf dem 75°-Schnitt hatte eine Kombination aus Wassertiefe, Siltanteil und Chl *a*-Gehalt des Sediments den größten Einfluß. Solche Parameter, die direkt im Zusammenhang mit der Nahrungsverfügbarkeit stehen, wie C/N-Verhältnis, Kohlenstoffgehalt und Chl *a*-Gehalt erklärten die Gemeinschaftsstruktur dort nur unzureichend. Auf dem 79°-Schnitt hingegen war die Wassertiefe der Faktor, der am besten mit der Gemeinschaftsstruktur korreliert werden konnte. Bei diesen Stationen hatten die Parameter, die direkt im Zusammenhang mit der Nahrungsverfügbarkeit stehen (Chl *a*, C_{org}) einen weitaus größeren Einfluss.

5.10 Saisonalität der Lebenszyklen

Die Untersuchung von Lebenszyklen der Peracarida sind schwierig und daher bisher selten durchgeführt worden. Bei allein 7.879 Arten von Amphipoden (Stand 1. 1. 2003) (VADER, pers. Komm.) ist es offensichtlich, dass nur für die wenigsten Arten so detaillierte Untersuchungen der Lebensbedingungen vorgenommen werden konnten, wie es zum Beispiel JUST (1978) für die Gattung *Acanthonotozoma* getan hat. Unter Laborbedingungen lassen sich die natürlichen Lebensverhältnisse kaum simulieren, Tiere aus größeren Tiefen kommen meist schon tot an Bord und Beobachtungen in freier

Natur sind aufwändig. Dies gilt gerade für polare Gewässer, in denen aus logistischen Gründen ein längerfristiger Aufenthalt schwierig ist und in denen lange Eisbedeckung die meisten Forschungsaktivitäten auf die Sommermonate beschränkt. Aus diesem Grund ist bei den meisten der in der Arktis vorkommenden Arten wenig über den Lebenszyklus bekannt. Einen guten und aktuellen Überblick über den Forschungsstand geben JOHNSON et al. (2001). Die Abundanzen von 10 Arten im Mellemfjord vorkommender Peracarida ließen Aussagen zu den Reproduktionszyklen zu.

Es handelt sich um acht Amphipoden und zwei Cumaceen. Isopoden und Mysidaceen waren zu selten, um Aussagen zu treffen. Tanaidaceen, wie die Gattung *Akanthophoreus*, waren zwar häufig, doch die Abgrenzung der Arten war zu schwierig. Auffällig war, dass der Anteil weiblicher Tanaidacea mit voll ausgebildeten Marsupium im gesamten Untersuchungszeitraum äußerst gering war. Offenbar pflanzen sich die Tiere nicht während der eisfreien Saison fort. Bisher sind die Reproduktionsmuster von 16 Tanaidaceen-Arten bekannt (JOHNSON et al. 2001). Eine im Mellemfjord vorkommende Art gehört nicht dazu. Die Inkubationszeit beträgt bei den untersuchten Tieren 14 bis 90 Tage, das heißt, die Reproduktion der Tiere im Mellemfjord könnte bis zum Eisauflauf abgeschlossen sein.

Unter den untersuchten Arten gab es einige mit saisonalen Variationen in der durchschnittlichen Körperlänge. *Pontoporeia femorata* war im Herbst im Durchschnitt deutlich kleiner als in den anderen Jahreszeiten, bedingt durch einen hohen Anteil von Jungtieren. *Harpinia antennaria* und *Leucon nasica* waren im Frühling und *Monoculodes tuberculatus* war im Sommer 1999 durchschnittlich deutlich kleiner als in den anderen Probenzyklen. Ein sich wiederholendes Muster zeigt *Westwoodilla caecula*. In beiden Sommerzyklen waren die Tiere im Durchschnitt kleiner als im Frühling und Herbst. Ein interessantes Bild zeigten die mittleren Größen von *Aceroides latipes*. Die höchsten Werte waren im Sommer 1998 zu beobachten, um dann zum Frühling 1999 deutlich abzunehmen. Von Probenzyklus zu Probenzyklus nahm dann die mittlere Größe wieder sukzessive zu. Drei Arten zeigten keine eindeutigen Varianzen: *Protomedea fasciata*, *Andaniella pectinata* sowie *Eudorellopsis integra*.

5.10.1 Cumacea

Über die Reproduktionszyklen der Cumacea gibt es wenig Literatur. GRANGER et al. (1979) untersuchten 1968 und 1969 *Leucon nasica* aus einem

Gebiet im St Lawrence-Stroms (48° N, 064° W). Die Tiere hatten eine maximale Länge von 13 mm. Das größte Exemplar, das im Mellemfjord von dieser Art gefunden wurde, war mit 11,7 mm deutlich kleiner. COREY (1981) hat bei seinen Tieren, die aus der Clyde-See und von der kanadischen Ostküste stammen, nur die Carapaxlänge gemessen. Nach den Carapax-/Körperlängen-Berechnungen von GRANGER et al. (1979) dürfte das größte Tier dort um 11,5 mm gewesen sein.

GRANGER untersuchte dabei in dem Zeitraum von Mitte Mai bis Ende Oktober auch den Anteil der Weibchen, die ein Marsupium ausgebildet hatten, bzw. schon Embryonen trugen. Dabei stieg der Anteil der Weibchen mit Marsupium von 15 % im Mai auf ein Maximum von 80 % Ende August an. Bis Ende Oktober war dann der Anteil wieder auf 66 % gesunken. Der Anteil der Weibchen, die Embryonen trugen, ging von Mai (63 %) bis Oktober (3 %) kontinuierlich zurück. Hieraus lässt sich schließen, dass sich die Embryonen im Laufe des Winters fortentwickeln. Die Inkubationszeit, also die Zeit von der Eiablage bis zum Verlassen des Marsupiums, beträgt im Skagerak 68 Tage (FORSMANN 1938). Allerdings lassen sich diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf den Mellemfjord übertragen. Nach den Erkenntnissen von STEELE & STEELE (1973) dauert der Entwicklungszyklus von Peracarida bei kälteren Temperaturen erheblich länger. GRANGER et al. (1979) postulierte für die Tiere seines Untersuchungsgebietes, die bei Bodentemperaturen von 0 bis 1 °C leben, eine Inkubationszeit von acht Monaten und einen Entwicklungszyklus, der mehr als ein Jahr beträgt. Zu einem anderen Schluss kommt allerdings COREY (1981). Er definiert als Brutsaison den Zeitraum zwischen November und März. Im Mellemfjord ließen sich dagegen nur im Sommer weibliche *Leucon nasica* mit Marsupium nachweisen, mit Anteilen von 15 bis 20 %. Diese Beobachtungen widersprechen damit sowohl den Erkenntnissen von GRANGER et al. (1979) als auch von COREY (1981). Danach hätten im Herbst in hoher Abundanz Weibchen mit Eiern oder Embryonen auftreten müssen. Um diesen Widerspruch aufzuklären, besteht weiterer Forschungsbedarf.

Über die Entwicklungszyklen von *Eudorellopsis integra*, dem zweiten untersuchten Cumaceen, konnte keine Literatur ausfindig gemacht werden. Der mit 39 % hohe Anteil von marsupiumtragenden Weibchen im Frühjahr deutet auf eine benthopelagische Kopplung mit der Frühjahrssedimentation hin. Die durchschnittliche Körpergröße dieser Art änderte sich jedoch nur unwesentlich.

5.10.2 Amphipoda

Neben der Arbeit von JOHNSON et al. (2001) über Peracarida gibt SAINTE-MARIE (1991) einen guten Überblick über die Reproduktions-Charakteristika von Amphipoden. Von den neun Amphipodenarten, die im Mellemfjord auf die Saisonalität der Reproduktion hin oder die Längenhäufigkeitsverteilungen untersucht wurden, werden dort zwei Arten zitiert. Es handelt sich um *Westwoodilla caecula* und *Pontoporeia femorata*.

Westwoodilla caecula wurde von BEARE & MOORE (1998) aus einem Fjord (Loch Fyne) an der britischen Westküste (55° N, 005° W) untersucht. Sie konnten dabei keine eindeutigen Muster des Lebenszyklusses identifizieren. Die größten gemessenen Tiere waren 8,3 mm groß und damit kleiner als die größten Exemplare des Mellemfjords (9,0 mm). Ovigere (eitragende) Weibchen konnten in allen Monaten zwischen März und Dezember nachgewiesen werden mit einem Schwerpunkt im September. Im Mellemfjord war dagegen im Frühling eine deutliche Spitze beobachtet worden. Mit 30 % Anteil der marsupiumtragenden Weibchen schien hier ein Schwerpunkt der Reproduktion zu sein. In den anderen untersuchten Zeiträumen lag der Anteil bei maximal 10 %. Außerdem war die Durchschnittsgröße im Sommer gesunken, da ein hoher Anteil von Jungtieren die Population dominierte. *Westwoodilla caecula* ernährt sich vorwiegend von Phytodetritus. Eine Kopplung an die Frühjahrssedimentation ist daher naheliegend.

Pontoporeia femorata von der kanadischen Ostküste (45° N bis 69° N) wurde von STEELE & STEELE (1978) untersucht. Nach ihren Erkenntnissen hat diese Art einen zweijährigen Lebenszyklus und reproduzieren sich im Frühling und Sommer. Die größten Tiere erreichten eine Länge von 13 mm. Die Ergebnisse des Mellemfjords sind auch in diesem Fall nicht direkt mit der Literatur in Übereinstimmung zu bringen. Dort war im September der größte Anteil von ovigere Weibchen beobachtet worden, gleichzeitig war die Durchschnittsgröße der Population durch einen hohen Anteil ab Tieren unter 3 mm Körperlänge gesunken. Auch insgesamt waren die Individuen dort kleiner. Sie erreichten maximal 9,1 mm, was bei STEELE & STEELE (1978) schon die untere Grenze geschlechtsreifer Weibchen war.

Zu *Rhachotropis inflata* fand sich bei WESLAWSKI & LEGEZYNSKA (2002) lediglich der Hinweis, dass im Juli in der Svalbard-Region Weibchen mit leerem Marsupium aufgefunden wurden. Diese Tatsache widerspricht nicht den Beobachtungen aus dem Mellemfjord, die eine Reproduktion dieser Art im Frühling vermuten lassen. Über die Lebens- und Reproduktionszyklen von

Aceroides latipes, *Andaniella pectinata*, *Harpinia antennaria*, *Monoculodes tuberculatus* sowie *Protomeдея fasciata* ist bisher nichts bekannt.

Grundsätzlich geht man bei arktischen Amphipoden von einer einzigen, streng an saisonale Bedingungen gekoppelten Brut aus, bei der die Jungtiere im Frühling, gekoppelt an das Nahrungsangebot der Frühlingssedimentation, entlassen werden (JOHNSON et al. 2001; WESLAWSKI & LEGEZYNSKA 2002). Diese Tendenz konnte für den Mellemfjord so nicht bestätigt werden. Bei den acht beschriebenen Amphipodenarten, sowie den bei den beiden Cumaceen-Arten, gab es deutliche Hinweise auf eine Saisonalität in der Reproduktion. Diese war allerdings von Art zu Art ganz unterschiedlich.

5.11 Lipiduntersuchungen und saisonale Aspekte von *Melita dentata* und *Akanthophoreus* spp.

5.11.1 Methodenkritik

Den Extraktionslösungen wurde Butylhydroxytoluol (BHT) als Antioxidationsmittel zugesetzt. Im Nachhinein stellte sich jedoch heraus, daß BHT bei der Neutrallipidtrennung simultan mit den Wachs- bzw. Sterolestern läuft, so dass sich ihre Banden überlagern (STÜBUNG et al. 2003 und PETERS, pers. Komm.). Die Proben von *Melita dentata* und *Akanthophoreus* spp. wiesen laut Analysegerät Wachsesteranteile auf. Diese Ergebnisse korrespondierten allerdings nicht mit dem Anteil der Fettalkohole, der mit 0,2 bis 8,8 % relativ gering war (Abb. 29 und 30). Bei Tieren, die Wachsester als Speicherstoff bilden, liegen die Fettalkoholanteile deutlich höher. Bei Copepoden des Laptevmeeres lag er um 30 % (PETERS 2001). Da eine Wiederholung der Analysen nicht möglich war, wurden die Werte für Wachsester ignoriert. Die daraus resultierende Überschätzung des Triacylglycerinanteils an den Gesamtlipiden dürfte jedoch gering sein, da der niedrige Fettalkoholanteil eine Speicherung von Wachsestern in nennenswertem Umfang ausschließt. Lediglich *Melita dentata* zeigte im Herbst mit 12,4 % Fettalkoholen einen erhöhten Anteil, der eine Speicherung von Wachsestern impliziert. Die Analyse des Fettsäuremusters ist von der BHT-Problematik nicht betroffen.

5.11.2 Lipidklassen

Sterole und Polarlipide sind Stuktur lipide, die z. B. beim Aufbau der Membranen, bei der Informationsverarbeitung oder beim Austausch von Nährstoffen

und Stoffwechselprodukten beteiligt sind. Beide Lipidklassen konnten bei *Melita dentata* nachgewiesen werden. Wichtig sind aber vor allem die Anteile der Triacylglycerine, die als Speicherlipid Verwendung finden. Dies ist bei Amphipoden häufiger nachgewiesen worden (z. B. GRAEVE 1993; HAGEN 1988). Der Anteil der Speicherlipide an den Gesamtlipiden stieg bei *Melita dentata* zum Sommer von 22 auf 41 % der Gesamtlipide und fiel dann zum Herbst wieder steil ab. Im letzten Untersuchungszyklus waren gerade noch 4 % an Speicherlipiden messbar.

Dies lässt sich wohl in erster Linie damit erklären, dass im Herbst keine adulten Tiere mehr vorkamen und die Proben zu einem größeren Anteil aus jüngeren Stadien bestanden, die offenbar über weniger Speicherlipide verfügen. Waren im Frühling und Sommer die Adulten noch in hoher Abundanz vorhanden, ging im Herbst kein einziges mehr ins Netz, obwohl der Beprobungsaufwand erheblich erhöht wurde. Offenbar findet im Spätsommer ein besonderes Ereignis statt. Ein Abwandern der Tiere ins Pelagial kann ausgeschlossen werden, da sie nicht in den Planktonhols nachgewiesen werden konnten. Dass sie den Fjord verlassen, um ins freie Meer zu wandern, ist aufgrund der langen zurückzulegenden Wanderstrecke ebenso unwahrscheinlich. Möglich ist, dass sich die Tiere tiefer ins Sediment eingraben und so von der Rauschert-Dredge nicht mehr gefangen werden können. Es ist zu vermuten, dass der Lebenszyklus der Tiere der Saisonalität unterliegt und die adulten Organismen am Ende des Sommers absterben. Über den Lebenszyklus sowie die Lebensdauer von *Melita dentata* in polaren Breiten ist wenig bekannt. WESLAWSKI & LEGEZYNSKA (2002) erwähnen Weibchen mit leerem Marsupium, die im Juli in den Gewässern Spitzbergens gesichtet worden waren. Geschlechtreife Weibchen mit Marsupium konnten im Mellemfjord nicht nachgewiesen werden. Sollten die Tiere einen einjährigen Lebenszyklus haben, legen die Ergebnisse der Lipiduntersuchungen dieser Arbeit nahe, dass sie sich im späten Winter fortpflanzen und Reservestoffe ggf. erst später im Jahr anlegen.

Typischerweise haben Gammariden eine Überwinterungsgeneration und eine oder mehrere Frühlings-Sommergeneration, wobei besonders polare Arten sich an die klimatische Saisonalität anpassen und oft ihren Nachwuchs im Frühjahr entlassen, wenn dieser vom Nahrungsangebot des frischen Phytodetritus profitiert (JOHNSON et al. 2001). Lebenszyklen von Amphipoden sind sehr divers. So reift zum Beispiel *Melita zeylandica* (Melitidae) in weniger als einem Monat und kann in Intervallen von nur acht Tagen bis zu 22 mal Nachwuchs pro Jahr erzeugen (KRISHNAN & JOHN 1974). Hier handelt es sich allerdings nicht um eine arktische Art. Auch extrem langlebige Amphipoden sind bekannt. Für *Eurythenus gryllus* (Lysianassidae) werden Lebensdauern von über 13 Jahren

beschrieben (INGRAM & HESSLER 1987). Untersuchungen der Lipidklassen sind bisher vorwiegend an planktischen Copepoda und Euphausiacea durchgeführt worden. Bei vielen dieser polaren herbivoren Organismen sind die Lipidanreicherungen unmittelbar nachweisbar (z. B. HAGEN 1988; KATTNER und KRAUSE 1989; HAGEN 1996). Aber auch an benthischen Amphipoden wurden einige Untersuchungen zum Gehalt an Speicherlipiden durchgeführt: BÜHRING (1999) wies bei benthopelagischen Amphipoden des Nordost-Atlantiks zwei unterschiedliche Speicherstrategien nach. Während *Paralicella* sp. und *Orchomene* sp. hauptsächlich Triacylglyceride mit Anteilen von 61 bzw. 52 % der Gesamtlipide aufwiesen, speicherte *Eurythenes gryllus* dagegen Wachsester mit Anteilen von 70 % der Gesamtlipide. Tiere aus ähnlicher Region wurden von GRAEVE (1993) untersucht. Die benthischen Amphipoden *Anonyx nugax* und *Stegocephalus inflatus* zeigten mit 69 bzw. 55 % hohe Triacylglyceridgehalte in den Gesamtlipiden. Saisonale Aspekte des Lipidgehaltes an Amphipoden aus der Ostsee wurden bei einer Untersuchung, die HILL et al. (1992) 1988 und 1989 durchführten, berücksichtigt. *Monoporeia affinis* und *Pontoporeia femorata* akkumulierten Triacylglyceride im Laufe des Sommers.

Untersuchungen zur Speicherstoffzusammensetzung von Tanaidaceen liegen bisher nicht vor. Für *Akanthophoreus* spp. konnten steigende Anteile an Speicherlipiden nachgewiesen werden. Der Anteil der Triacylglycerine verdreifachte sich vom Frühling (17 %) zum Sommer (55 %) und blieb dann im Herbst konstant. Das Anlegen der Reservestoffe kann als benthopelagische Kopplung im Sinne einer Reaktion auf die Sedimentation der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons interpretiert werden. Im gesamten Untersuchungszeitraum war der Anteil geschlechtsreifer Tanaidacea-Weibchen äußerst gering. Vermutlich pflanzen sich die Tiere nicht während der eisfreien Saison fort. Offenbar legen die Tiere im Laufe der eisfreien Saison Reservespeicher an, um sich im Winter fortzupflanzen.

5.11.3 Fettsäuremuster

Eindeutig zu erkennen ist die Dominanz der ungesättigten Fettsäuren bei beiden Tieren, die laut CLARKE (1983) ein Kennzeichen polarer wechselwarmer Tiere sind. Bei *Melita dentata* verfügt lediglich die gesättigte FS 16:0 mit 10 bis 12 % der Gesamtfettsäuren über einen nennenswerten Anteil. Die Fettsäure 20:5(n-3) war die mit 20 bis 25 % der Gesamtfettsäuren die häufigste bei *Melita dentata*. Sie ist eine typische Fettsäure in Diatomeen (GRAEVE 1993; VOLKMANN et al. 1980) und spielt eine entscheidende Rolle im Kohlenstofftransfer zwischen Produzenten und Konsumenten (MÜLLER-NAVARRA et al. 2000).

Sie gehört auch bei Copepoden und Euphausiaceen zu den häufigsten Fettsäuren (HAGEN 1996). Dies gilt ebenso für die 16:1(n-7) (GRAEVE et al. 1997) die mit Anteilen von 5 bis 15 % ebenfalls häufig war. Die einfach ungesättigte FS 18:1(n-9) die mit Anteilen um 15 % nachzuweisen war, ist von ALBERS et al. (1996) als vorrangiger Bestandteil von Wachsestern beschrieben worden. Die gesättigte FS 16:0 ist in marinen Systemen relativ häufig anzutreffen und wird von vielen Organismen selbst hergestellt. Die Interpretation ihres Anteils ist daher schwierig und sie ist für die Analyse von trophischen Stufen daher weniger geeignet (SARGENT & WHITTLE 1981). Eine saisonale Verschiebung der Fettsäuren-Zusammensetzung fand nicht in deutlichem Ausmaß statt.

Akanthophoreus spp. verfügte über einen Anteil von 17 bis 22 % 18:1(n-7)-Fettsäure. Ein so hoher Anteil war nach HAGEN (1996) allerdings weder in Copepoden, noch in Euphausiaceen oder Fischen nachzuweisen. Ebenfalls häufig war der Anteil von 18:1(n-9). Die gesättigte FS 16:0 wurde vom Organismus selbst produziert, und die mehrfach ungesättigte FS 20:5(n-3) weist auf den Verzehr von Diatomeen hin (GRAEVE 1997). Eine saisonale Verschiebung fand auch hier nicht in deutlichem Ausmaß statt.

Interessant ist auch das Verhältnis zwischen der FS 18:1(n-9) und ihrem Isomer 18:1(n-7). Erstere kann von den meisten Organismen selbst synthetisiert werden. Die zweite, die in *Akanthophoreus* spp. die dominante FS war, wird durch eine Elongation der Diatomeen-FS 16:1(n-7) hergestellt. Das Verhältnis von 18:1(n-9) zu 18:1(n-7) kann einen Hinweis auf die Ernährungsweise eines Organismus geben (SARGENT & FALK-PETERSEN 1981). So sinkt das Verhältnis von Aasfressern über carnivore Organismen bis zu Suspensionsfressern (GRAEVE et al. 1997). Erhöhte Werte des (n-7)-Isomers deuten auf herbivore Ernährung hin (SARGENT & FALK-PETERSEN 1981). Der Wert liegt bei *Melita dentata* bei 2,3 und liegt damit auf ähnlichem Niveau wie die aasfressenden Amphipoden *Anonyx nugax* (3,27) und *Stegocephalus inflatus* (3,6). *Akanthophoreus* spp. ist mit seinem Wert von 0,5 eher bei einigen Vertretern der Ophiuroidea und Crinoidea angesiedelt, die sich von Diatomeen-Material ernährten (SARGENT & FALK-PETERSEN 1981).

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse der Fettsäureanalysen darauf hin, dass sich *Melita dentata* omnivor ernährt. Zum einen war ein hoher Anteil der Diatomeen-Fettsäure 20:5(n-3) und 16:1(n-7) feststellbar. Zum anderen deutete das Verhältnis zwischen den 18:1-Isomeren auf eine nicht-ausschliesslich herbivore Ernährung hin. Dagegen sprechen bei *Akanthophoreus* spp. sowohl der Anteil der FS 20:5(n-3) als auch das Verhältnis der beiden Octadecaensäuren-Isomere für eine eher herbivore Ernährung.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Mellemfjord ist ein Seegebiet, das sich ozeanographisch deutlich von der Disko-Bucht unterscheidet. Die jährliche Eisbedeckung ist länger und die durchschnittliche Lufttemperatur liegt deutlich unter der von Qeqertarsuaq. Die Phytoplanktonproduktion ist geringer und konzentriert sich auf eine starke Frühlingsblüte. Sie setzt später ein als in der Disko-Bucht. Die Zooplanktonbiomasse zeigte einen der Phytoplanktonblüte gegenüber zeitverzögerten Anstieg. Sedimentologische Befunde sprechen für eine Verbesserung der Nahrungsqualität für detritusfressende Organismen als Reaktion auf ein Sedimentationsereignis. Die Sedimentation ist allerdings stark von terrigenem Eintrag beeinflusst.

Die Peracarida-Fauna ist vielfältig. Besonders Amphipoden sind im Mellemfjord besonders artenreich. Die Diversität ist dort am größten, wo die Lebensbedingungen am konstantesten sind. Im Verhältnis zur beprobten Fläche gehört dieses Untersuchungsgebiet zu den diversesten der Arktis. Fast zehn Prozent der aus der gesamten Arktis bekannten Amphipoden konnten hier nachgewiesen werden.

Saisonal auftretende Reproduktionsstadien bei einigen Arten deuten auf eine Kopplung mit dem Sedimentationsereignis hin. Andere Arten zeigten zwar auch eine Saisonalität, diese konnte jedoch nicht mit dem Nahrungsangebot in Verbindung gebracht werden. Eine generelle benthopelagische Kopplung, das bedeutet, eine deutliche Veränderung der gesamten Peracarida-Gemeinschaft oder das Auftreten von Reproduktionsstadien bei der Mehrzahl der Arten als Reaktion auf die Veränderungen in der Wassersäule oder des Sedimentes, konnten so im Mellemfjord nicht nachgewiesen werden.

Widersprüchliche Angaben über die Lebenszyklen von Peracarida, wie es für *Westwoodilla caecula* und *Leucon nasica* dokumentiert wurde, deuten darauf hin, dass verschiedene Populationen der gleichen Art, die in verschiedenen geographischen Regionen leben, ganz unterschiedliche Lebenszyklen haben können.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Untersuchung der Wassertiefen unterhalb von 50 m bis zum Ufer des Mellemfjords. Dieses Gebiet konnte wegen der hohen Felsendichte nicht mit der geschleppten Rauschert-Dredge beprobt werden. Hier sind mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere Arten zu erwarten. Darüber hinaus wären weitere Untersuchungen mit den gleichen Methoden im Mellemfjord wünschenswert, um die hier festge-

SCHLUSSFOLGERUNG

stellten Trends saisonaler Effekte zu untermauern oder interannuelle Unterschiede aufzeigen zu können. Solche Untersuchungen sind gerade vor dem Hintergrund möglicher Klimaveränderungen besonders wertvoll.

7. LITERATUR

- ABELE-OESCHGER D (1991) Potential of some carotinoids in two recent sedimentations of Kiel Bight as biogenic indicators of phytodetritus. *Mar Ecol Prog Ser* 70: 83-92
- ACKMAN RG (1981) Flame ionization detection applied to thin-layer chromatography on coated quartz rods. *Methods Enzymol* 72: 205-252
- ALBERS CS, KATTNER G, HAGEN W (1996) The compositions of wax esters, triacylglycerols and phospholipids in Arctic and Antarctic copepods: evidence of energetic adaptations. *Mar Chem* 55: 347-358
- ANDERSEN OGN (1977a) Primary production associated with sea ice at Godhavn, Disko, West Greenland. *Ophelia* 16: 205-220
- ANDERSEN OGN (1977b) Primary production, illumination and hydrography in Jørgen Brønlund Fjord, North Greenland. *Meddr Grønland* 205: 1-27
- ANDERSEN OGN (1981a) The annual cycle of phytoplankton primary production and hydrography in the Disko Bugt area, West Greenland. *Meddr Grønland Bioscience* 6: 65 pp
- ANDERSEN OGN (1981b) The annual cycle of temperature, salinity and water masses in Disko Bugt and adjacent waters, West Greenland. *Meddr Grønland Bioscience* 5: 33 pp
- ARTEMYEV VE, PETROVA VI (1996) Organic matter on bottom sediments of the White Sea. In: STEIN R, IVANOV GI, LEVITAN MA, FAHL K (Hrsg.) Surfaced sediment composition and sedimentary processes in central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin. *Ber Polarforsch* 212: 191-200
- BARNARD JL (1969) The families and genera of marine gammaridean Amphipoda. *Bull US Nat Mus* 271: 1-535
- BEARE DJ, MOORE PG (1998) The life history of the offshore oedicerotids *Westwoodilla caecula* and *Monoculodes packardii* (Crustacea: Amphipoda) from Loch Fyne, Scotland. *J Mar Biol Assoc UK* 78: 835-852

LITERATUR

- BOETIUS A, GRAHL C, KRÖNCKE I, LIEBEZEIT G, NÖTHIG EM (1996) Distribution of plant pigments in surface sediments of the eastern Arctic. In: STEIN R, IVANOV GI, LEVITAN MA, FAHL K (Hrsg.) Surface sediment composition and sedimentary processes in central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin. *Ber Polarforsch* 212:213-218
- BORN EW, BÖCHER J (2001) The ecology of Greenland. Ministry of Environment and Natural Resources, Nuuk. 429 pp
- BRANDT A (1995) Peracarid fauna (Crustacea, Malacostraca) of the Northeast Water Polynya off Greenland: documenting close benthic-pelagic coupling in the Westwind Trough. *Mar Ecol Prog Ser* 21: 39-51
- BRANDT A (1996) Abundance, diversity and community patterns of epibenthic- and benthic-boundary layer peracarid crustaceans at 75° N off East Greenland. *Polar Biol* 17: 159-174
- BRANDT A (1997) Suprabenthic Peracarida (Crustacea, Malacostraca) sampled at 75° N off East Greenland. *Polar Biol* 17: 462-464
- BRANDT A, SCHNACK K (1999) Macrofaunal abundance at 79°N off East Greenland: opposing data from epibenthic-sledge and box-corer samples. *Polar Biol* 22: 75-81
- BRANDT A, VASSILENKO S, PIEPENBURG D, THURSON M (1996) The species composition of the peracarid fauna (Crustacea, Malacostraca) of the Northeast Water Polynya (Greenland). *Meddr Grønland Bioscience* 44: 30
- BRAY JR, CURTIS JT (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monograph* 27: 325-349
- BUCH E, (1984) Variations in temperature and salinity of West Greenland Waters, 1970-82. *NAFO Sci Counc Stud* 7: 39-43
- BUCH E (1990) A monograph on the physical oceanography of Greenland waters. Greenland Fisheries Research Institute, Copenhagen. 405 pp
- BUCHANAN JB (1963) The bottom fauna communities and their sediment relationships off the coast of Northumberland. *Oikos* 14: 154-175

- BUHL-JENSEN L (1986) The benthic amphipod fauna of the west-Norwegian continental shelf compared with the fauna of five adjacent fjords. *Sarsia* 71: 193-208
- BUHL-JENSEN L, FOSSÅ JH (1991) Hyperbenthic crustacean fauna of the Gullmarfjord area (western Sweden): species richness, seasonal variation and long-term changes. *Mar Biol* 109: 245-258
- BÜHRING S (1999) Untersuchungen zur taxonomischen Zusammensetzung und zum Reservestoffbestand benthopelagischer Fauna des Nordost-Atlantiks. Diplomarbeit. Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischerei-wissenschaft. 84 pp
- BULYCEVA AJ (1957) Amphipoda of Beloe sea (russisch). Materialy po izuceniju Belogomorja, Moskva Akad. Nauk. USSR: 391-410
- CLARKE A (1983) Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 21: 341-453
- CLARKE KR, WARWICK RM (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. Primer-E Ltd. 102 pp
- CONOVER RJ (1988) Comparative life histories of the genera *Calanus* and *Neocalanus* in high latitudes of the northern hemisphere. *Hydrobiologia* 167/168: 127-142
- COREY S (1981) Comparative fecundity and reproductive strategies in seventeen species of the Cumacea. *Mar Biol* 62: 65-72
- CUSHING DH, HUMPREY GH, BANSE K, LAEVASTUI T (1958) Report of the committee on terms and equivalents. *Rapp PV Reun Cons Int Explor Mer* 144: 15-16
- DAHL E (1979) Amphipoda Gammaridea from the deep Norwegian Sea. A preliminary report. *Sarsia* 64: 57-59
- DAVIES JM, PAYNE R (1984) Supply of organic matter to the sediment in the northern North Sea during a spring phytoplankton bloom. *Mar Biol* 78: 315-324
- DCRS Danish Center for Remote Sensing. <http://www.emi.dtu.dk>

LITERATUR

- DEAN WE (1974) Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J Sed Petrol* 44: 242-248
- DESLOGES JR, GILBERT R, NIELSEN N, CHRISTIANSEN C, RASCH M, ØHLENSCHLÄGER R (2002) Holo-cene glacimarine sedimentary environments in fiords of Disko Bugt, West Greenland. *Quat Sci Rev* 21: 947-963
- DUNBAR MJ (1951) Eastern Arctic waters. *Bull Fish Res Bd Can* 88: 131 pp
- DUNBAR MJ (1953) Arctic and subarctic marine ecology: Immediate problems. *Arctic* 6: 75-90
- DUNBAR MJ (1954) The Amphipod Crustacea of Ungava Bay, Canadian Eastern Arctic. *J Fish Res Bd Canada* 11: 709-798
- EMERSON S, HEDGES JI (1988) Processes controlling the organic carbon content of open ocean sediments. *Paleoceanography* 3: 621-634
- ENEQUIST P (1949) Studies on the soft-bottom amphipods of the Skagerrak. *Zool Bidr Uppsala* 28: 297-492
- ENGLISH TS (1961) Some biological oceanographic observations in the central north Polar Sea drift station Alpha, 1957-1958. *Arct Inst N Amer Tech Pap* 13: viii-80
- ENGRAF A, NIELSEN J, NIELSEN N, HUMLUM O (1980) Arktisk geomorfologi Enoks Havn, Disko 1978. Københavns Universitets Geografiske Centralinstitut. 142 pp
- FABRICIUS O (1780) *Fauna Groenlandica*. Rothe IG, Kopenhagen und Leipzig. 452 pp
- FIELD JG, CLARKE KR, WARWICK RM (1982) A practical Strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar Ecol Prog Ser* 8: 37-52
- FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509

- FORSMANN B (1938) Untersuchungen über die Cumaceen des Skageraks. Zool Bidr Uppsala 18: 1-162
- FORSSKÅHL M, LAAKKONEN A, LEPPANEN JM (1982) Seasonal cycle of production and sedimentation of organic matter at the entrance to the Gulf of Finland. Neth J Sea Res 16: 290-299
- FRASER AJ, TOCHER DR, SARGENT JR (1985) Thin-layer chromatography-flame ionisation detection and the quantitation of marine neutral lipids and phospholipids. J Exp Mar Biol Ecol. 88: 91-99
- FRISCHE H, ASMUSSEN J, PETERSEN MB, MIKKELSEN O, PEJRUP M (1995) Fjorden. In: HANSEN S, MIKKELSEN O, KJÆR-ANDERSEN T (Hrsg.) Naturgeografisk hovedfagskursus 1995. Geografisk Institut, København Universitet: 145-185
- GADE HG (1986) Features of fjord and ocean interaction. In: HURDLE BG (Hrsg.) The Nordic Seas. Springer, New York: 183-189
- GERLACH SA (2000) Checkliste der Fauna der Kieler Bucht und eine Bibliographie zur Biologie und Ökologie der Kieler Bucht. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), Die Biodiversität in der deutschen Nord- und Ostsee I. Bericht BfG-1247, Koblenz. 376 pp
- GILBERT R, NIELSEN N, DESLOGES JR, RASCH M (1998) Contrasting glacial marine sedimentary environments of two Arctic fjords on Disko, West Greenland. Mar Geol 147: 63-83
- GILBERT R, NIELSEN N, MÖLLER H, DESLOGES JR, RASCH M (2002) Glacial marine sedimentation in Kangerluk (Disko Fjord), West Greenland, in response to a surging glacier. Mar Geol 191: 1-18
- GRAEVE M (1993) Umsatz und Verteilung von Lipiden in antarktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen. Ber Polarforsch 124: 141 pp
- GRAEVE M, KATTNER G, PIEPENBURG D (1997) Lipids in Arctic benthos: does fatty acid and alcohol composition reflect feeding and trophic interactions? Polar Biol 18: 53-61

LITERATUR

- GRAF G (1989) Benthic-pelagic coupling in a deep-sea benthic community. *Nature* 341: 437-439
- GRAF G (1992) Benthic-pelagic coupling: A benthic view. *Oceanogr. Mar Biol Ann Rev* 30: 149 - 190
- GRAF G, GERLACH SA, LINKE P, QUEISSER W, RITZAU W, SCHELTZ A, THOMSEN L, WITTE U (1995) Benthic-pelagic coupling in the Greenland-Norwegian Sea and its effect on the geological record. *Geol. Rundschau* 84: 49-58
- GRANGER D, BRUNEL P, MESSIER D (1979) Cycle de développement de *Leucon nasica* (Crustacea, Cumacea) dans la nappe glaciaire circo littorale de la baie des Chaleurs, golfe du Saint-Laurent, en 1968 et 1969. *Can J Zool* 57: 95-106
- GRAY JS (1984) *Ökologie mariner Sedimente*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 193 pp
- GREBMEIER JM, FEDER HM, MCROY CP (1989) Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi Seas. II. Benthic community structure. *Mar Ecol Prog Ser* 51: 253-268
- GREBMEIER JM, MCROY CP (1989) Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi Seas III. Benthic food supply and carbon cycling. *Mar Ecol Prog Ser* 53: 79-91
- GREBMEIER JM, MCROY CP, FEDER HM (1988) Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi Seas. I. Food supply source and benthic biomass. *Mar Ecol Prog Ser* 48: 57-67
- GURJANOVA EF (1951) Amphipods of the seas of the USSR and surrounding waters (Amphipoda - Gammaridea) (russisch). *Opredeliteli po Faune SSSR, Akad. Nauk SSSR* 41: 1-1029
- HAGEN W (1988) Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton. *Ber Polarforsch* 49: 129 pp
- HAGEN W (1996) The role of lipids in the ecology of polar plankton and nekton - a synopsis. Habilitationsschrift. Universität Kiel, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. 124 pp

- HANSEN AS, NIELSEN TG, LEVINSEN H, MADSEN SD, THINGSTAD F, HANSEN BW (2003) Impact of changing ice cover on pelagic productivity and food web structure in Disko Bay, West Greenland: a dynamic model approach. *Deep Sea Res* 50: 171-187
- HANSEN B, HUMLUM O, NIELSEN N, RASCH M, FUNCH P (1997) Meteorological observations in 1996 at the Arctic Station, Qeqertarsuaq (Godhavn), West Greenland. *Danish J Geogr* 97: 152-153
- HANSEN BU, NIELSEN N, HUMLUM O (2000) Meteorological Observations 1999 at the Arctic Station, Qeqertarsuaq, Central West Greenland. *Danish J Geogr* 100: 85-87
- HANSEN BW, NIELSEN TG, LEVINSEN H (1999) Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during the stratified summer situation. III. Mesozooplankton. *Aquat Microb Ecol* 16: 233-249
- HANSEN HJ (1888) *Malacostraca marina Groenlandiæ occidentalis*. Oversigt over det vestlige Grønlands Fauna af malakostrake Havkrebsdyr. *Vidensk Meddr dansk naturh Foren* 1887: 5-226
- HANSEN JLS, JOSEFSON AB (2001) Pools of chlorophyll and live planktonic diatoms in aphotic marine sediments. *Mar Biol* 139: 289-299
- HANSEN N, SCHMIDT F (1999) The Mellemfjord (Disko, West Greenland) - hydrography and pelagic biology. In: BRANDT A, THOMSEN HA, HEIDE-JØRGENSEN H, KRISTENSEN RM, RUHBERG H (Hrsg.) *The 1998 danish-german excursion to Disko Island, West Greenland*. *Ber Polarforsch* 330: 111-133
- HANSEN S, MIKKELSEN O, KJÆR-ANDERSEN T (1995) *Naturgeografisk hovedfagskursus 1995, Mellemfjord, Disko, Grønland*. Geografisk Institut, København Universitet. 189 pp
- HAYWARD PJ, RYLAND JS (1995) *Handbook of the marine fauna of North-West Europe*. Oxford University Press, New York. 800 pp
- HEBBELN D, BERNER H (1993) Surface sediment distribution in the Fram Strait. *Deep Sea Res.* I 40: 1731-1745

LITERATUR

- HILL C, QUIGLEY MA, CAVALETTO JF, GORDON W (1992) Seasonal changes in lipid content and composition in the benthic amphipods *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata*. *Limnol Oceanogr* 37: 1280-1289
- HOLM-HANSEN O, LORENZEN CJ, HOLMES RW, STICHLAND JDH (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. *J Cons perm int Explor Mer* 30: 3-15
- HORNER RA (1985) *Sea ice biota*. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida. 215 pp
- HORNER RA, SCRADER GC (1982) Relative contributions of ice algae, phytoplankton and benthic microalgae to primary production in near shore regions of the Beaufort Sea. *Arctic* 35: 485-503
- HUMLUM O, CHRISTIANSEN HH, HANSEN BU, HASHOLD, JAKOBSEN BH, NIELSEN N, RASCH M (1995) Holocene Landscape Evolution in the Mellemfjord area, Disko Island, Central West Greenland: Area Presentation and preliminary results. *Danish J Geogr* 95: 28-41
- HURLBERT HS (1971) The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586
- INGRAM CL, HESSLER RR (1987) Population biology of the deep-sea-amphipod *Eurythenes gryllus*: inferences from instar analyses. *Deep Sea Res* 34A: 1889-1910
- JAZDZEWSKI K, WESLAWSKI JM, DE BROYER C (1995) A comparison of the Amphipod faunal diversity in two polar fjords: Admiralty Bay, King George Island (Antarctic) and Hornsund, Spitzbergen (Arctic). *Pol Arch Hydrobiol* 42: 367-384
- JANSEN, TA (2002) A taxonomic revision of *Westwoodilla* Bate, 1862 (Crustacea, Amphipoda), including descriptions of two new species. *Steenstrupia* 27(1): 83-136
- JENSEN HM, PEDERSEN L, BURMEISTER AD, HANSEN BW (1999) Pelagic primary production during summer along 65 to 72° N off West Greenland. *Polar Biol* 21: 269-278

- JESPERSEN P (1923) Dr. Thorild Wulff's plankton-collections in the waters west of Greenland. *Metazoa. Meddr Grønland* 64: 101-160
- JOHANNESSEN OM, SHALINA EV, MILES MW (1999) Satellite evidence for an arctic sea ice cover in transformation. *Science* 286: 1937-1939
- JOHNSON WS, STEVENS M, WATLING L (2001) Reproduction and development of marine peracaridans. *Adv Mar Biol* 39: 105-260
- JONES KJ, GRANTHAM B, EZZI I, RIPPETH T, SIMPSON J (1994) Physical controls on phytoplankton and nutrient cycles in the Clyde Sea, a fjordic system on the west coast of Scotland. In: SKJOLDAL HR, HOPKINS C, ERIKSTAD KE, LEINAAS HP (Hrsg.) *Ecology of fjords and costal waters*. Elsevier Science BV, Tromsø. 93-104
- JONES NS (1957) Cumacea, Family Leuconidae. *Cons perm int Exp Mer* 74: 3 pp
- JUST J (1970a) Amphipoda from Jørgen Brønlund Fjord, North Greenland. *Meddr Grønland* 184: 1-39
- JUST J (1970b) Cumacea from Jørgen Brønlund Fjord, North Greenland. *Meddr Grønland* 184: 1-23
- JUST J (1970c) Decapoda, Mysidacea, Isopoda, and Tanaidacea from Jørgen Brønlund Fjord, North Greenland. *Meddr Grønland* 184: 1-32
- JUST J (1978) Taxonomy, biology, and evolution of the circumarctic genus *Acanthonotozoma* (Amphipoda), with notes on *Panoploeopsis*. *Acta Arctica* 20: 140 pp
- JUST J (1980) Amphipoda (Crustacea) of the Thule area, Northwest Greenland: Faunistics and taxonomy. *Meddr Grønland Bioscience* 2: 61
- KANNEWORFF E, NICOLAISEN W (1973) The HAPS. A frame supported bottom corer. *Ophelia* 10: 119-129
- KATTNER G, FRICKE HSG (1986) Simple gas-liquid chromatographic method for the simultaneous determination of fatty acids and alcohols in wax esters of marine organisms. *J Chromatogr* 361: 263-268

LITERATUR

- KATTNER G, KRAUSE M (1989) Seasonal variations of lipids (wax esters, fatty acids and alcohols) in calanoid copepods from North Sea. *Mar Chem* 26: 261-275
- KATTNER G, HAGEN W (1995) Polar herbivorous copepods – different pathways in lipid biosynthesis. *ICES J Mar Sci* 52: 329–335
- KECK A, WASSMANN P (1996) Temporal and spatial patterns of sedimentation in the subarctic fjord Malangen, northern Norway. *Sarsia* 80: 259-276
- KÖHN J (1995) Amphipods of the Baltic Sea. *Pol Arch Hydrobiol* 42: 385-394
- KÖSTER M, MEYER-REIL L-A (2001) Concentration and microbial decomposition of organic material in sediments of the Norwegian-Greenland Sea. In: SCHÄFER P, RITZAU W, SCHLÜTER M, THIEDE J (Hrsg.) *The northern North Atlantic*. Springer, Berlin und Heidelberg. 241-257
- KRISHNAN L, JOHN PR (1974) Observations on the breeding biology of *Melita zeylandica* Stebbing, a brackish water amphipod. *Hydrobiologia* 44: 413-430
- KRISTENSEN RM, FUNCH P (2000) Micrognathozoa: A new class with complicated jaws like those of Rotifera and Gnathostomulida. *J Morphol* 246: 1-49
- KRØYER HN (1838) Grønlands Amfipoder beskrivne af Henrik Krøyer. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger* 7: 229–326
- LEVINSEN H, NIELSEN TG, HANSEN BW (1999) Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during the stratified summer situation. II. Heterotrophic dinoflagellates and ciliates. *Aquat Microb Ecol* 16: 217-232
- LIEBERMANN A (1999) The diversity of Polychaeta and their feeding habits related to types of sediment in Mellemfjord, Disko Island, West Greenland. In: BRANDT A, THOMSEN HA, HEIDE-JØRGENSEN H, KRISTENSEN RM, RUHBERG H (Hrsg.) *The 1998 danish-german excursion to Disko Island, West Greenland*. *Ber Polarforsch* 333: 152-163

- LINDAHL O (1994) Long-term studies of primary phytoplankton production in the Gullmar fjord, Sweden. In: SKJOLDAL HR, HOPKINS C, ERIKSTAD KE, LEINAAS HP (Hrsg.) Ecology of fjords and coastal waters. Elsevier, Tromsø. 105-112 pp
- LOMAKINA NB (1958) Kumovïie raki (Cumacea) (russisch). Opredeliteli po Faune SSSR, Akad. Nauk SSSR 66 : 1-302
- LONGHURST AR (1985) The structure and evolution of plankton communities. Prog Oceanog 15: 1-35
- LÖRZ AN (2000) Benthische Peracarida des arktischen Mellemfjordes, West-Grönland. Ber Polarforsch 363: 94 pp
- LÖRZ AN, DI RENZO A, NICKEL J (1999) Comparative analysis of three different sampling gear types for marine macrobenthos. In: BRANDT A, THOMSEN HA, HEIDE-JØRGENSEN H, KRISTENSEN RM, RUHBERG H (Hrsg.) The 1998 danish-german excursion to Disko Island, West Greenland. Ber Polarforsch 333: 134-151
- MADSEN SD, NIELSEN TG, HANSEN BW (2001) Annual population development and production by *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* in Disko Bay, western Greenland. Mar Biol 139: 75-93
- MILJØFORUM (2003) http://www.uio.no/miljoforum/m_alge/art/thalassiosira.htm. (Universitetet i Oslo)
- MILLS EL (1969) The community concept in marine zoology, with comments on continuity and instability in some marine communities: A review. J Fish Res Bd Canada 26:1415-1428
- MÜLLER-NAVARRA DC, BRETT MT, LISTON AM, GOLDMANN CR (2000) A highly unsaturated fatty acid predicts carbon transfer between primary producers and consumers. Nature 403: 74-77
- NIEHOFF B, MADSEN SD, HANSEN BW, NIELSEN TG (2002) Reproductive cycles of three dominant *Calanus* species in Disko Bay, West Greenland. Mar Biol 140: 567-576

LITERATUR

- NIELSEN J (1978) Mellemfjords submarine geomorfologi. In: ENGRAF A, NIELSEN J, NIELSEN N, HUMLUM O (Hrsg.) Arktisk geomorfologi Enoks Havn, Disko 1978. Københavns Universitets Geografiske Centralinstitut: 21-25
- NIELSEN N, HANSEN BU, HUMLUM O, RASCH M (1995) Meteorological observations at Arctic Station, Qeqertarsuaq (Godhavn), Central West Greenland. Geografisk Tidsskrift 96: 97-104
- NIELSEN N, HUMLUM O, HANSEN BU (2001) Meteorological Observations 2000 at the Arctic Station, Qeqertarsuaq (69°15'), Central West Greenland. Danish J Geogr 101: 155-157
- NIELSEN N, RASCH M, CHRISTIANSEN C (1998) Notes on bathymetry, drainage basins, hydrography, hydrology and climate in Kangerluk (Disko Fjord), Akullit (Mellemfjord) and Kangersooq Disko, central West Greenland. University of Copenhagen, Institute of Geography: 82 pp
- NIELSEN TG, HANSEN BW (1995) Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during and after the sedimentation of a diatom bloom. Mar Ecol Prog Ser 125: 239-257
- NIELSEN TG, HANSEN BW (1999) Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during the stratified summer situation. I. Hydrography, phytoplankton and bacterioplankton. Aquat Microb Ecol 16: 205-216
- NIELSEN TG, RICHARDSON K (1989) Food chain structure of the North Sea plankton communities: seasonal variations of the role of the microbial loop. Mar Ecol Prog Ser 56: 75-87
- O'BRIEN TD, CONKRIGHT ME, BOYER TP, STEPHENS C, ANTONOV JI, LOCARNINI RA, GARCIA HE (2002) World Ocean Atlas 2001, Volume 5: Plankton. U.S. Government Printing Office, Wash., D.C. 89 pp
- OTT J (1996) Meereskunde - Einführung in die Geographie und Biologie der Ozeane. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 424 pp
- PALERUD R, VADER W (1991) Marine Amphipoda Gammaridea in North-east Atlantic and Norwegian Arctic. Tromsø 68: 1-97

- PARKER JG (1984) The distribution of the subtidal Amphipoda in Belfast Lough in relation to sediment types. *Ophelia* 23: 119-140
- PARSONS TR, TAKAHASCHI M, HARGRAVE BT (1977) Biological oceanographic processes. Pergamon Press, New York. 332 pp
- PETERS J (2001) Zur Ökologie und Ernährungssituation ausgewählter Zooplankter im Laptevmeer. Diplomarbeit. Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Zoologisches Museum. 92 pp
- PEDERSEN SA, SMIDT ELB (2000) Zooplankton Distribution and Abundance in West Greenland Waters, 1950–1984. *J Northw Atl Fish Sci* 26: 45-102
- PETERSEN GH (1964) The hydrography, primary production, bathymetry, and „Tagsaq“ of Disko Bugt, West Greenland. *Meddr Grønland* 159: 45 pp
- PETERSEN GH, CURTIS MA (1980) Differences in energy flow through major components of Subarctic, temperate and tropical marine shelf ecosystems. *Dana* 1: 53-64
- PIELOU EC (1966) The measurement of species diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol* 13: 131-144
- PIELOU EC (1974) Population and community ecology. Gordon & Breach, New York. 424 pp
- RITZAU W, GRAF G, SCHELTZ A, QUEISSER W (2001) Benthic-pelagic coupling and carbon dynamics in the northern North Atlantic. In: SCHÄFER P, RITZAU W, SCHLÜTER M, THIEDE J (Hrsg.) The northern North Atlantic. Springer, Berlin und Heidelberg, 207-224
- ROBERTSON MR, HALL SJ, ELEFThERIOU A (1989) Environmental correlates with amphipod distribution in a Scottish sea loch. *Cah Biol Mar* 30: 243-258
- ROMANKEVICH EA (1984) Geochemistry of organic matter in the ocean. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 334 pp

LITERATUR

- RYSGAARD S, NIELSEN TG, HANSEN BW (1999) Seasonal variation in nutrients, pelagic primary production and grazing in a high-Arctic coastal marine ecosystem, Young Sound, Northeast Greenland. *Mar Ecol Prog Ser* 179: 13-25
- SAINTE-MARIE B (1991) A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: Variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia* 223: 189-227
- SARGENT JR, FALK-PETERSEN S (1981) Ecological investigations on the zooplankton community in Balsfjorden, Northern Norway: lipids and fatty acids in *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschi* and *T. inermis* during mid-winter. *Mar Biol* 62: 131-137
- SARGENT JR, WHITTLE KJ (1981) Lipids and hydrocarbons in the marine food web. In: LONGHURST AR (Hrsg.) *Analyses of marine ecosystems*. Academic press, London. 491-533 pp
- SARS GO (1895) *An account of the Crustacea of Norway. Vol. I: Amphipoda (plates)*. 248 Tafeln
- SARS GO (1900) *An account of the Crustacea of Norway-Cumacea. The Norwegian North Polar Expedition 1893-1896*. Bergen Museum, Bergen. 155 pp
- SCHMID MK, PIEPENBURG D (1993) The benthos zonation of the Disko-Fjord, West Greenland. *Meddr Grønland Bioscience* 37: 21 pp
- SCHNACK K (1998) Besiedlungsmuster der benthischen Macrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang. *Ber Polarforsch* 294: 124 pp
- SCHNEIDER B (2003) Variable C:N ratios of Particulate Organic Matter and their influence on the marine carbon cycle. *Ber Polarforsch Meeresforsch* 437: 98 pp
- SEJR MK, JENSEN KT, RYSGAARD S (2000) Macrozoobenthic community structure in an high-arctic East Greenland fjord. *Polar Biol* 23: 792-801
- SHANNON CE, WEAVER W (1949) *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. 155 pp

- SIEG J, WINN R (1979) Keys to the suborders and families of Tanaidacea (Crustacea). Proc Biol Soc Wash 91 (4): 840-846
- SIEG J (1986) Tanaidacea (Crustacea) von der Antarktis und Subantarktis. II Tanaidacea gesammelt von Dr. J. W. WÄGELE während der Deutschen Antarktisexpedition 1983. Mitt zool Mus Univ Kiel II(4): 1-80
- SITTE P, ZIEGLER H, EHRENDORFER F, BRESINSKY A (1991) Strasburger, Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 1040 pp
- SKEI J (1983) Geochemical and sedimentological considerations of a permanently anoxic fjord Framvaren, South Norway. Sediment Geol 36: 131-145
- SMETACEK V, BODUNGEN BV, KNOPPERS B, PEINERT R, POLLEHNE F, STEGMANN P, ZEITZSCHEL B (1984) Seasonal stages characterizing the annual cycle of an inshore pelagic system. Rapp PV Reun Cons Int Explor Mer 183: 126-135
- SMITH SL, SAKSHAUG E (1990) Polar phytoplankton. In: SMITH WO (Hrsg.) Polar oceanography. Part B. Chemistry, biology and geology. Academic Press Inc., San Diego. 477-525
- SOETAERT K, HEIP C (1990) Sample-size dependence of diversity indices and the determination of sufficient sample size in a high diversity deep-sea environment. Mar Ecol Prog Ser 59: 305-307
- SOMMER U (1994) Planktologie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 274 pp
- SOMMER U (1998) Biologische Meereskunde. Springer, Berlin und Heidelberg. 475 pp
- STARMANS A (1997) Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis. Ber. Polarforsch 250: 150
- STEELE DH, STEELE VJ (1973) The biology of *Gammarus* (Crustacera, Amphipoda) in the northwestern Atlantic. VII. The duration of embryonic development in five species at various temperatures. Can J Zool 51: 995-999

LITERATUR

- STEELE DH, STEELE VJ (1978) Some aspects of the biology of *Pontoporeia femorata* and *Pontoporeia affinis* (Crustacea, Amphipoda) in the northwestern Atlantic. *Astarte* 11: 61-66
- STEIN R (1996) Organic-carbon and carbonate distribution in surface sediments from eastern central arctic ocean and the Eurasian Continental Margin: Sources and pathways. In: STEIN R, IVANOV GI, LEVITAN MA, FAHL K (Hrsg.) Surface-sediment composition and sedimentary processes in central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin. *Ber. Polarforsch*: 243-267
- STEPHENSEN K (1933) The Godthaab Expedition 1928 - Amphipoda. *Meddr Grønland* 79: 1-88
- STÜBING D, HAGEN, W, SCHMIDT K (2003) On the use of lipid biomarkers in marine food web analyses: An experimental case study on the Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Limnol Oceanogr* 48 (8): 1685-1700
- SYVITSKI JPM, BURELL DC, SKEI JM (1986) Fjords - Processes and Products. Springer, New York. 379 pp
- THORSON G (1933) Investigation on shallow water animal communities in the Franz-Joseph Fjord (East Greenland) and adjacent waters. *Meddr Grønland* 100: 70 pp
- THURSTON MH (1980) Abyssal benthic Amphipoda (Crustacea) from the East Iceland Basin. 1. The genus *Rhachotropis*. *Bull Br Mus nat Hist (Zool)* 38: 43-67
- TZVETKOVA NL (1995) The general distribution of Amphipoda Gammaridea in the North and Far East Russian seas. *Pol Arch Hydrobiol* 42: 335-346
- VALDÉS L (2003) Zooplankton monitoring results in the ICES area. Summary status report 2001/2002. International Council for the Exploration of the Seas, Kopen-hagen. 21 pp
- VERADO DJ, FROEHLICH PN, MCINTYRE A (1990) Determination of organic carbon and nitro-gen in marine sediments using the Carlo Erba NA-1500 analyzer. *Deep Sea Res* 37: 157-165

- VIBE C (1939) Preliminary investigations on shallow water animal communities in the Upernavik- and Thule-districts (Northwest Greenland). Meddr Grønland 124: 40 pp
- VIBE C (1950) The marine mammals and the marine fauna in the Thule district (North-west Greenland) with observations on the ice conditions in 1939-41. Meddr Grønland 150: 6-115
- VOLKMANN JK, EGLINTON G, CORNER EDS (1980) Sterols and fatty acids of the marine diatom *Biddulphia sinensis*. Phytochemistry 19: 1809-1813
- WASSMANN P (1983) Sedimentation of organic and inorganic particulate material in Lindåspollene, a stratified, landlocked fjord in western Norway. Mar Ecol Prog Ser 13: 237-248
- WASSMANN P (1984) Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. Mar Biol 83: 83-94
- WASSMANN P (1985a) Sedimentation of particulate material in Nord-åsvannet, a hyper-trophic, land-locked fjord in western Norway. Mar Ecol Prog Ser 22: 259-271
- WASSMANN P (1985b) Sedimentation of particulate material in two shallow, land-locked fjords in western Norway. Sarsia 70: 317-331
- WASSMANN P (1989) Sedimentation of organic matter and silicate from the euphotic zone of the Barents Sea. Rapp PV Reun Cons Int Explor Mer 188: 108-114
- WASSMANN P, AADNESEN A (1984) Hydrography, nutrients, suspended organic matter, and primary production in a shallow fjord system on the west coast of Norway. Sarsia 69: 139-153
- WESLAWSKI JM (1990) Distribution and ecology of south Spitsbergen coastal marine Amphipoda (Crustacea). Pol Arch Hydrobiol 37: 503-519
- WESLAWSKI JM, LEGEZYNSKA J (2002) Life cycles of some Arctic amphipods. Pol Polar Res 23: 253-264

LITERATUR

- WILLIAMSON M, GASTON KJ, LONSDALE WM (2001) The species-area relationship does not have an asymptote. *J Biogeography* 28: 827-830
- YENTSCH CS, MENZEL DW (1963) A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep Sea Res* 10: 221-231
- ZIMMER C (1941) Cumacea. In: BRONNS HG (Hrsg.) *Klassen und Ordnungen des Tierreichs*. Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler KG, Leipzig. 1-222

8. ANHANG

Tab. A1: Übersicht über die wichtigsten der gemessenen Werte für die Umwelt-Parameter. Die Werte für den Sedimentchemismus wurden nur einmal pro Quertransekt erhoben (siehe Kap. 3.5.1).

Sommer 1998

Station	N1	M1	S1	N2	M2	S2	N3	M3	S3	N4	M4	S4
Max. Fluoreszenz	2,4	2	2	2,4	2,8	2,4	1,9	2	2,2	1,8	1,8	1,6
Sedimentklasse	4	1	3	4	2	4	4	2	4	2	2	4
C/N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zooplankton g/50 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CPE µg/g Sediment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C _{org} (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Frühling 1999

Station	N1	M1	S1	N2	M2	S2	N3	M3	S3	N4	M4	S4
Max. Fluoreszenz	4,1	4,2	3,9	2,6	3,1	2,9	3,6	3,2	3,3	3,4	3,3	3,5
Sedimentklasse	4	1	3	4	2	4	4	2	4	2	2	4
C/N	10,2	10,2	10,2	8,23	8,23	8,23	9,1	9,1	9,1	8,4	8,4	8,4
Zooplankton g/50 m	0,81	0,75	0,7	0,79	0,86	0,77	0,65	0,61	0,59	0,49	0,36	0,4
CPE µg/g Sediment	11,7	11,7	11,7	13,8	13,8	13,8	12,1	12,1	12,1	11,9	11,9	11,9
C _{org} (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36

Sommer 1999

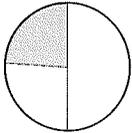
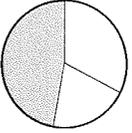
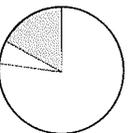
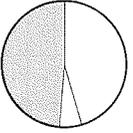
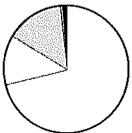
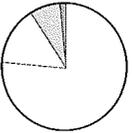
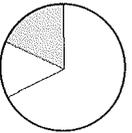
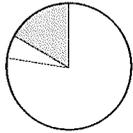
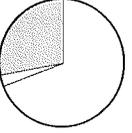
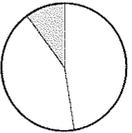
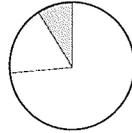
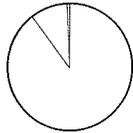
Station	N1	M1	S1	N2	M2	S2	N3	M3	S3	N4	M4	S4
Max. Fluoreszenz	1	0,5	0,7	1,3	1,7	0,8	1,8	1,1	0,5	1,2	1,2	0,9
Sedimentklasse	4	1	3	4	2	4	4	2	4	2	2	4
C/N	8,44	8,44	8,44	9,01	9,01	9,01	8,38	8,38	8,38	9,56	9,56	9,56
Zooplankton g/50 m	1,53	1,51	1,6	1,59	1,59	1,4	1,48	1,41	1,39	1,1	1,24	1,2
CPE µg/g Sediment	13,5	13,5	13,5	13,6	13,6	13,6	14,2	14,2	14,2	12,1	12,1	12,1
C _{org} (%)	0,48	0,48	0,48	0,51	0,51	0,51	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46

Herbst 1999

Station	N1	M1	S1	N2	M2	S2	N3	M3	S3	N4	M4	S4
Max. Fluoreszenz	0,2	0,2	0,12	0,12	0,2	0,21	0,19	0,3	0,4	0,09	0,2	0,21
Sedimentklasse	4	1	3	4	2	4	4	2	4	2	2	4
C/N	8,02	8,02	8,02	8,49	8,49	8,49	8,95	8,95	8,95	8,92	8,92	8,92
Zooplankton g/50 m	0,7	0,71	0,69	0,74	0,8	0,71	0,81	0,75	0,72	0,9	0,82	0,83
CPE µg/g Sediment	17,4	17,4	17,4	17	17	17	16,2	16,2	16,2	16,5	16,5	16,5
C _{org} (%)	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,54	0,54	0,54	0,49	0,49	0,49

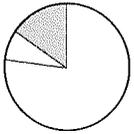
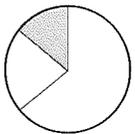
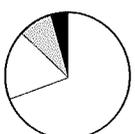
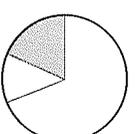
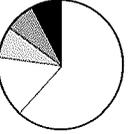
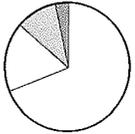
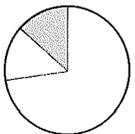
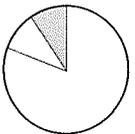
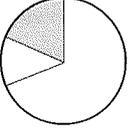
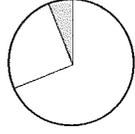
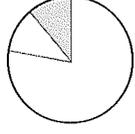
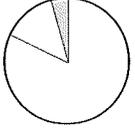
Tab. A2: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Individuenzahlen** im Zyklus I (**Sommer 1998**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

124

Transekt	1	2	3	4
N	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 81 □ C: 42 □ T: 39 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 162 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 62 □ C: 38 □ T: 89 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 189 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 228 □ C: 17 □ T: 50 □ I: 0 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 296 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 89 □ C: 11 □ T: 96 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 196
M	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 211 □ C: 37 □ T: 44 □ I: 2 ■ M: 3 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 297 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 430 □ C: 81 □ T: 44 □ I: 8 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 563 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 124 □ C: 50 □ T: 33 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 183 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 267 □ C: 20 □ T: 57 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 344
S	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 295 □ C: 12 □ T: 119 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 426 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 137 □ C: 122 □ T: 30 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 289 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 50 □ C: 12 □ T: 6 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 68 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 185 □ C: 20 □ T: 1 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 206

Tab. A3: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Artenzahlen** im Zyklus I (**Sommer 1998**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

125

Transekt	1	2	3	4
N	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 10 □ C: 1 □ T: 2 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 13 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 9 □ C: 3 □ T: 2 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 14 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 16 □ C: 4 □ T: 2 ▣ I: 0 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 23 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 11 □ C: 2 □ T: 3 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 16
M	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 8 □ C: 2 □ T: 1 ▣ I: 1 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 13 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 20 □ C: 5 □ T: 3 ▣ I: 1 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 29 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 16 □ C: 3 □ T: 3 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 22 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 17 □ C: 2 □ T: 2 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 21
S	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 11 □ C: 2 □ T: 3 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 16 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 11 □ C: 4 □ T: 1 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 16 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 7 □ C: 1 □ T: 1 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 9 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 18 □ C: 3 □ T: 1 ▣ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 22

ANHANG

Tab. A4: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Individuenzahlen** im Zyklus II (**Frühling 1999**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

126

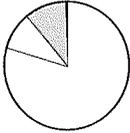
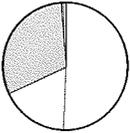
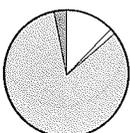
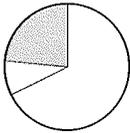
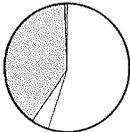
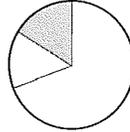
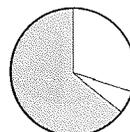
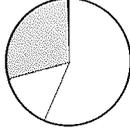
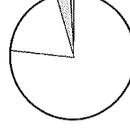
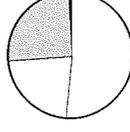
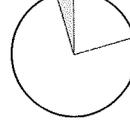
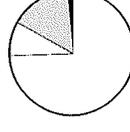
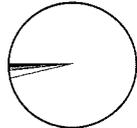
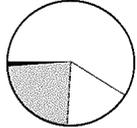
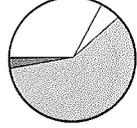
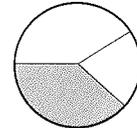
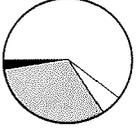
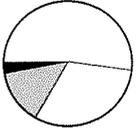
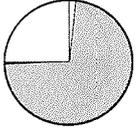
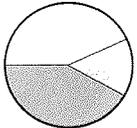
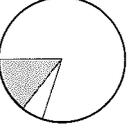
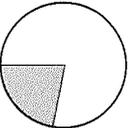
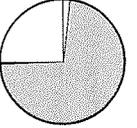
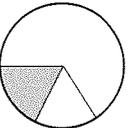
Transekt	1	2	3	4
N	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 310 □ C: 36 □ T: 41 ▨ I: 0 ■ M: 2 Σ: 389 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 176 □ C: 61 □ T: 107 ▨ I: 4 ■ M: 0 Σ: 348 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 38 □ C: 4 □ T: 250 ▨ I: 9 ■ M: 0 Σ: 301 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 89 □ C: 22 □ T: 45 ▨ I: 0 ■ M: 1 Σ: 157
M	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 99 □ C: 8 □ T: 72 ▨ I: 1 ■ M: 0 Σ: 180 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 374 □ C: 78 □ T: 87 ▨ I: 0 ■ M: 0 Σ: 539 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 30 □ C: 6 □ T: 65 ▨ I: 0 ■ M: 0 Σ: 101 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 200 □ C: 25 □ T: 70 ▨ I: 0 ■ M: 0 Σ: 295
S	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 503 □ C: 123 □ T: 24 ▨ I: 5 ■ M: 0 Σ: 655 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 132 □ C: 58 □ T: 65 ▨ I: 0 ■ M: 2 Σ: 257 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 19 □ C: 69 □ T: 4 ▨ I: 0 ■ M: 0 Σ: 92 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 214 □ C: 24 □ T: 45 ▨ I: 0 ■ M: 4 Σ: 287

Tabelle A5: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der Artenzahlen im Zyklus II (Frühling 1999). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

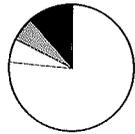
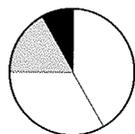
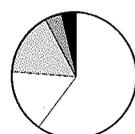
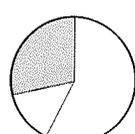
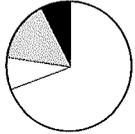
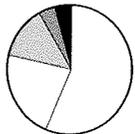
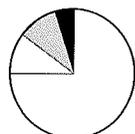
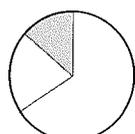
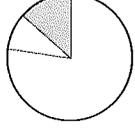
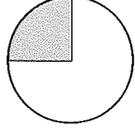
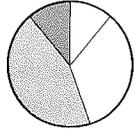
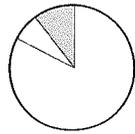
Transekt	1	2	3	4																																																
N	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>15</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>21</td></tr> </table>	□ A:	15	□ C:	3	□ T:	2	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	21	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>5</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>5</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>15</td></tr> </table>	□ A:	5	□ C:	4	□ T:	5	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	15	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>21</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>25</td></tr> </table>	□ A:	21	□ C:	1	□ T:	2	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	25	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>8</td></tr> </table>	□ A:	4	□ C:	1	□ T:	2	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	8
□ A:	15																																																			
□ C:	3																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	21																																																			
□ A:	5																																																			
□ C:	4																																																			
□ T:	5																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	15																																																			
□ A:	21																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	25																																																			
□ A:	4																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	8																																																			
M	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>5</td></tr> </table>	□ A:	1	□ C:	2	□ T:	1	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	5	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>18</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>6</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>28</td></tr> </table>	□ A:	18	□ C:	6	□ T:	4	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	28	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>3</td></tr> </table>	□ A:	1	□ C:	1	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	3	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>11</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>18</td></tr> </table>	□ A:	11	□ C:	3	□ T:	4	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	18
□ A:	1																																																			
□ C:	2																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	5																																																			
□ A:	18																																																			
□ C:	6																																																			
□ T:	4																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	28																																																			
□ A:	1																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	3																																																			
□ A:	11																																																			
□ C:	3																																																			
□ T:	4																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	18																																																			
S	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>22</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>29</td></tr> </table>	□ A:	22	□ C:	4	□ T:	2	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	29	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>10</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>16</td></tr> </table>	□ A:	10	□ C:	2	□ T:	3	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	16	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>3</td></tr> </table>	□ A:	1	□ C:	1	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	3	<table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>11</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>16</td></tr> </table>	□ A:	11	□ C:	2	□ T:	2	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	16
□ A:	22																																																			
□ C:	4																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	29																																																			
□ A:	10																																																			
□ C:	2																																																			
□ T:	3																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	16																																																			
□ A:	1																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	3																																																			
□ A:	11																																																			
□ C:	2																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	16																																																			

Tab. A6: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Individuenzahlen** im Zyklus II (**Sommer 1999**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

Transekt	1	2	3	4																																																
N	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>215</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>0</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>2</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>2</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>223</td></tr> </table>	□ A:	215	□ C:	4	□ T:	0	▨ I:	2	■ M:	2	Σ:	223	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>114</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>33</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>45</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>2</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>194</td></tr> </table>	□ A:	114	□ C:	33	□ T:	45	▨ I:	0	■ M:	2	Σ:	194	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>97</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>17</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>175</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>7</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>297</td></tr> </table>	□ A:	97	□ C:	17	□ T:	175	▨ I:	7	■ M:	1	Σ:	297	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>16</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>8</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>15</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>39</td></tr> </table>	□ A:	16	□ C:	8	□ T:	15	▨ I:	0	■ M:	0	Σ:	39
□ A:	215																																																			
□ C:	4																																																			
□ T:	0																																																			
▨ I:	2																																																			
■ M:	2																																																			
Σ:	223																																																			
□ A:	114																																																			
□ C:	33																																																			
□ T:	45																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	2																																																			
Σ:	194																																																			
□ A:	97																																																			
□ C:	17																																																			
□ T:	175																																																			
▨ I:	7																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	297																																																			
□ A:	16																																																			
□ C:	8																																																			
□ T:	15																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	39																																																			
M	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>46</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>24</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>2</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>76</td></tr> </table>	□ A:	46	□ C:	4	□ T:	24	▨ I:	0	■ M:	2	Σ:	76	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>214</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>127</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>57</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>10</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>409</td></tr> </table>	□ A:	214	□ C:	127	□ T:	57	▨ I:	1	■ M:	10	Σ:	409	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>48</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>139</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>191</td></tr> </table>	□ A:	48	□ C:	3	□ T:	139	▨ I:	0	■ M:	1	Σ:	191	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>127</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>43</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>123</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>293</td></tr> </table>	□ A:	127	□ C:	43	□ T:	123	▨ I:	0	■ M:	0	Σ:	293
□ A:	46																																																			
□ C:	4																																																			
□ T:	24																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	2																																																			
Σ:	76																																																			
□ A:	214																																																			
□ C:	127																																																			
□ T:	57																																																			
▨ I:	1																																																			
■ M:	10																																																			
Σ:	409																																																			
□ A:	48																																																			
□ C:	3																																																			
□ T:	139																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	191																																																			
□ A:	127																																																			
□ C:	43																																																			
□ T:	123																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	293																																																			
S	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>407</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>27</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>74</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>508</td></tr> </table>	□ A:	407	□ C:	27	□ T:	74	▨ I:	0	■ M:	0	Σ:	508	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>71</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>0</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>20</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>91</td></tr> </table>	□ A:	71	□ C:	0	□ T:	20	▨ I:	0	■ M:	0	Σ:	91	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>9</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>27</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>48</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>5</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>89</td></tr> </table>	□ A:	9	□ C:	27	□ T:	48	▨ I:	5	■ M:	0	Σ:	89	 <table border="1"> <tr><td>□ A:</td><td>138</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>35</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>37</td></tr> <tr><td>▨ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>210</td></tr> </table>	□ A:	138	□ C:	35	□ T:	37	▨ I:	0	■ M:	0	Σ:	210
□ A:	407																																																			
□ C:	27																																																			
□ T:	74																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	508																																																			
□ A:	71																																																			
□ C:	0																																																			
□ T:	20																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	91																																																			
□ A:	9																																																			
□ C:	27																																																			
□ T:	48																																																			
▨ I:	5																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	89																																																			
□ A:	138																																																			
□ C:	35																																																			
□ T:	37																																																			
▨ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	210																																																			

Tab. A7: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Artenzahlen** im Zyklus II (**Sommer 1999**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

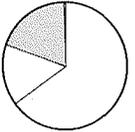
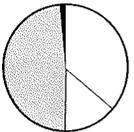
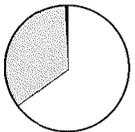
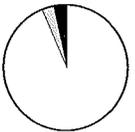
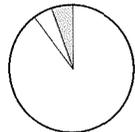
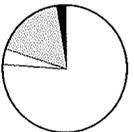
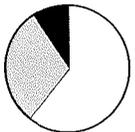
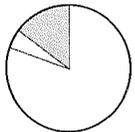
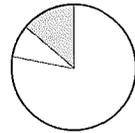
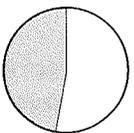
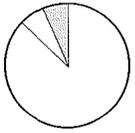
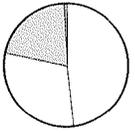
129

Transekt	1	2	3	4
N	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 13 □ C: 1 □ T: 0 ▨ I: 1 ■ M: 2 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 17 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 5 □ C: 4 □ T: 2 ▨ I: 0 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 12 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 15 □ C: 4 □ T: 4 ▨ I: 1 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 25 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 4 □ C: 1 □ T: 2 ▨ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 7
M	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 9 □ C: 1 □ T: 2 ▨ I: 0 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 13 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 13 □ C: 5 □ T: 3 ▨ I: 1 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 23 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 15 □ C: 2 □ T: 2 ▨ I: 0 ■ M: 1 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 20 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 19 □ C: 6 □ T: 4 ▨ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 29
S	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 17 □ C: 2 □ T: 3 ▨ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 22 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 6 □ C: 0 □ T: 2 ▨ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 8 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 1 □ C: 3 □ T: 4 ▨ I: 1 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 9 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 23 □ C: 2 □ T: 3 ▨ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 28

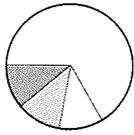
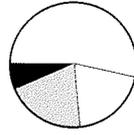
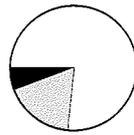
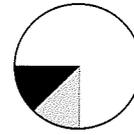
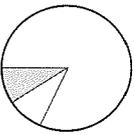
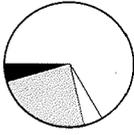
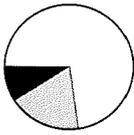
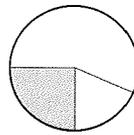
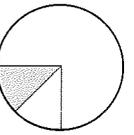
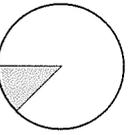
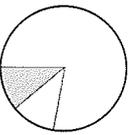
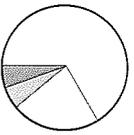
ANHANG

Tab. A8: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Individuenzahlen** im Zyklus III (**Herbst 1999**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

130

Transekt	1	2	3	4
N	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 208 □ C: 50 □ T: 61 □ I: 1 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 320 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 80 □ C: 31 □ T: 107 □ I: 0 ■ M: 3 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 221 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 135 □ C: 0 □ T: 71 □ I: 0 ■ M: 2 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 208 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 86 □ C: 0 □ T: 3 □ I: 0 ■ M: 3 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 92
M	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 87 □ C: 5 □ T: 5 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 97 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 297 □ C: 15 □ T: 68 □ I: 0 ■ M: 10 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 390 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 51 □ C: 0 □ T: 25 □ I: 0 ■ M: 8 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 84 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 82 □ C: 16 □ T: 52 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 350
S	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 351 □ C: 38 □ T: 61 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 450 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 47 □ C: 0 □ T: 42 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 89 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 68 □ C: 5 □ T: 5 □ I: 0 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 78 	 <ul style="list-style-type: none"> □ A: 92 □ C: 57 □ T: 40 □ I: 1 ■ M: 0 <li style="border-top: 1px solid black;">Σ: 190

Tab. A9: Anteile der Peracarida-Ordnungen (Amphipoda (A), Cumacea (C), Tanaidacea (T), Isopoda (I), Mysidacea (M)) innerhalb der **Artenzahlen** im Zyklus III (**Herbst 1999**). Die Buchstaben N, M und S symbolisieren den nördlichen, mittleren und südlichen Transekt, mittlere und südlichen Transekt. Die Zahlen nummerieren die Quertransekte in west-östlicher Richtung.

Transekt	1	2	3	4																																																
N	 <table border="1" data-bbox="454 1444 603 1556"> <tr><td>□ A:</td><td>6</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>9</td></tr> </table>	□ A:	6	□ C:	1	□ T:	1	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	9	 <table border="1" data-bbox="454 1108 603 1220"> <tr><td>□ A:</td><td>8</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>15</td></tr> </table>	□ A:	8	□ C:	3	□ T:	3	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	15	 <table border="1" data-bbox="454 772 603 884"> <tr><td>□ A:</td><td>13</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>0</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>17</td></tr> </table>	□ A:	13	□ C:	0	□ T:	3	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	17	 <table border="1" data-bbox="454 436 603 548"> <tr><td>□ A:</td><td>6</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>0</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>8</td></tr> </table>	□ A:	6	□ C:	0	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	8
□ A:	6																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	9																																																			
□ A:	8																																																			
□ C:	3																																																			
□ T:	3																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	15																																																			
□ A:	13																																																			
□ C:	0																																																			
□ T:	3																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	17																																																			
□ A:	6																																																			
□ C:	0																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	8																																																			
M	 <table border="1" data-bbox="678 1444 826 1556"> <tr><td>□ A:</td><td>9</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>11</td></tr> </table>	□ A:	9	□ C:	1	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	11	 <table border="1" data-bbox="678 1108 826 1220"> <tr><td>□ A:</td><td>14</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>5</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>21</td></tr> </table>	□ A:	14	□ C:	1	□ T:	5	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	21	 <table border="1" data-bbox="678 772 826 884"> <tr><td>□ A:</td><td>8</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>0</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>1</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>11</td></tr> </table>	□ A:	8	□ C:	0	□ T:	2	□ I:	0	■ M:	1	Σ:	11	 <table border="1" data-bbox="678 436 826 548"> <tr><td>□ A:</td><td>9</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>3</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>16</td></tr> </table>	□ A:	9	□ C:	3	□ T:	4	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	16
□ A:	9																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	11																																																			
□ A:	14																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	5																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	21																																																			
□ A:	8																																																			
□ C:	0																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	1																																																			
Σ:	11																																																			
□ A:	9																																																			
□ C:	3																																																			
□ T:	4																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	16																																																			
S	 <table border="1" data-bbox="901 1444 1050 1556"> <tr><td>□ A:</td><td>12</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>2</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>16</td></tr> </table>	□ A:	12	□ C:	2	□ T:	2	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	16	 <table border="1" data-bbox="901 1108 1050 1220"> <tr><td>□ A:</td><td>7</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>0</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>8</td></tr> </table>	□ A:	7	□ C:	0	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	8	 <table border="1" data-bbox="901 772 1050 884"> <tr><td>□ A:</td><td>7</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>0</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>9</td></tr> </table>	□ A:	7	□ C:	1	□ T:	1	□ I:	0	■ M:	0	Σ:	9	 <table border="1" data-bbox="901 436 1050 548"> <tr><td>□ A:</td><td>12</td></tr> <tr><td>□ C:</td><td>4</td></tr> <tr><td>□ T:</td><td>1</td></tr> <tr><td>□ I:</td><td>1</td></tr> <tr><td>■ M:</td><td>0</td></tr> <tr><td>Σ:</td><td>18</td></tr> </table>	□ A:	12	□ C:	4	□ T:	1	□ I:	1	■ M:	0	Σ:	18
□ A:	12																																																			
□ C:	2																																																			
□ T:	2																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	16																																																			
□ A:	7																																																			
□ C:	0																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	8																																																			
□ A:	7																																																			
□ C:	1																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	0																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	9																																																			
□ A:	12																																																			
□ C:	4																																																			
□ T:	1																																																			
□ I:	1																																																			
■ M:	0																																																			
Σ:	18																																																			

Tab. A10: Artenliste

Ordnung	Art	Familie
Amphipoda	<i>Ampelisca macrocephala</i> Liljeborg, 1852	Ampeliscidae
	<i>Byblis gaimardi</i> (Krøyer, 1846)	Ampeliscidae
	<i>Haploops aff. laevis</i> Hoek, 1882	Ampeliscidae
	<i>Haploops tenuis</i> Kannevorff, 1966	Ampeliscidae
	<i>Haploops tubicola</i> Liljeborg, 1855	Ampeliscidae
	<i>Leptamphopus c.f. sarsi</i> Vanhöffen, 1897	Caliopiidae
	<i>Rhachotropis inflata</i> (G.O.Sars, 1882)	Eusiridae
	<i>Gammarus oceanicus</i> Segerståle, 1947	Gammaridae
	<i>Protomedeia fasciata</i> Krøyer, 1842	Isaeidae
	<i>Photis</i> sp.	Isaeidae
	<i>Lembos c.f. websteri</i> (Bate, 1857)	Isaeidae
	<i>Anonyx</i> sp.	Lysianassidae
	<i>Aristias neglectus</i> Hansen, 1888	Lysianassidae
	<i>Gronella lobata</i> (Chevreux, 1907)	Lysianassidae
	<i>Onisimus cf. litoralis</i> (Krøyer, 1845)	Lysianassidae
	<i>Paratryphosites abyssi</i> (Goes, 1866)	Lysianassidae
	<i>Melita dentata</i> (Krøyer, 1842)	Melitidae
	<i>Maera aff. loveni</i> (Bruzelius, 1859)	Melitidae
	<i>Aceroides latipes</i> Sars, 1866	Oedicerotidae
	<i>Aceroides</i> sp. 1	Oedicerotidae
	<i>Aceroides</i> sp. 2	Oedicerotidae
	<i>Arrhis phyllonyx</i> (Sars, 1858)	Oedicerotidae
	<i>Monoculodes tuberculatus</i> Boeck, 1871	Oedicerotidae
	<i>Rostruculodes vibei</i> Just, 1980	Oedicerotidae
	<i>Monoculodes borealis</i> Boeck, 1871	Oedicerotidae
	<i>Monoculodes latimanus</i> (Goës, 1866)	Oedicerotidae
	<i>Paroediceros lynceus</i> (M. Sars, 1858)	Oedicerotidae
	<i>Paroediceros propinquus</i> (Goës, 1866)	Oedicerotidae
	<i>Westwoodiella caecula</i> (Bate, 1856)	Oedicerotidae
	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	Phoxocephalidae
	<i>Parapleustes bicuspis</i> (Krøyer, 1838)	Pleustidae
	<i>Pontoporeia femorata</i> Krøyer, 1842	Pontoporeiidae
	<i>Andaniella pectinata</i> Sars, 1883	Stegocephalidae
	<i>Metopa boeckii</i> Sars, 1895	Stenothoidae
	<i>Metopa cf. alderi</i> (Bate, 1857)	Stenothoidae
	<i>Metopa</i> sp.1	Stenothoidae
	<i>Metopa longicornis</i> (Boeck 1871)	Stenothoidae
	<i>Metopella longimana</i> (Boeck, 1971)	Stenothoidae
	<i>Hardametopa carinata</i> (Hansen, 1888)	Stenothoidae
	<i>Syrrhoë crenulata</i> Goës, 1866	Synopiidae
	Gen. sp.	Synopiidae
	<i>Pardalisca cuspidata</i> Krøyer, 1842	Pardaliscidae
	<i>Parthemisto abyssorum</i> Boeck, 1872	Hyperiididae
	<i>Eudorella emarginata</i> (Krøyer, 1846)	Leuconidae
	<i>Eudorella truncatula</i> (Bate, 1856)	Leuconidae
	<i>Eudorellopsis integra</i> (Smith, 1879)	Leuconidae
	<i>Leucon nasica</i> (Krøyer, 1841)	Leuconidae
<i>Leucon nasicooides</i> (Krøyer, 1841)	Leuconidae	
<i>Leucon pallidus</i> G.O. Sars, 1865	Leuconidae	
<i>Petalosarsia declivis</i> (Sars, 1865)	Pseudocumidae	
<i>Leptostylis ampullacea</i> (Liljeborg, 1855)	Diastylidae	
<i>Diastylis scorpioides</i> (Lepechin, 1780)	Diastylidae	
<i>Brachydiastylis resima</i> (Krøyer, 1846)	Diastylidae	
Cumacea		

Tanaidacea	<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	Anarthuridae
	<i>Akanthophoreus multiserratus</i> (Hansen, 1913)	Anarthuridae
	<i>Acanthophoreus longiremis</i> (Lilljeberg, 1864)	Anarthuridae
	<i>Paraleptognathia</i> sp.	Anarthuridae
	<i>Leptognathia</i> sp.	Leptognathidae
	<i>Typhlotanais finmarchicus</i> G.O.Sars, 1882	Typhlotanidae
Isopoda	Gen. sp.	Pseudotanidae
	<i>Munna</i> sp.	Munnidae
	<i>Baeonectes muticus</i> (Sars, 1864)	Eurycopidae
	<i>Eugerdia arctica</i> Svavarsson, 1988	Desmosomatidae
Mysidacea	<i>Erythrope elegans</i> (Sars, 1863)	Mysida
	<i>Siriella</i> sp.	Mysidae

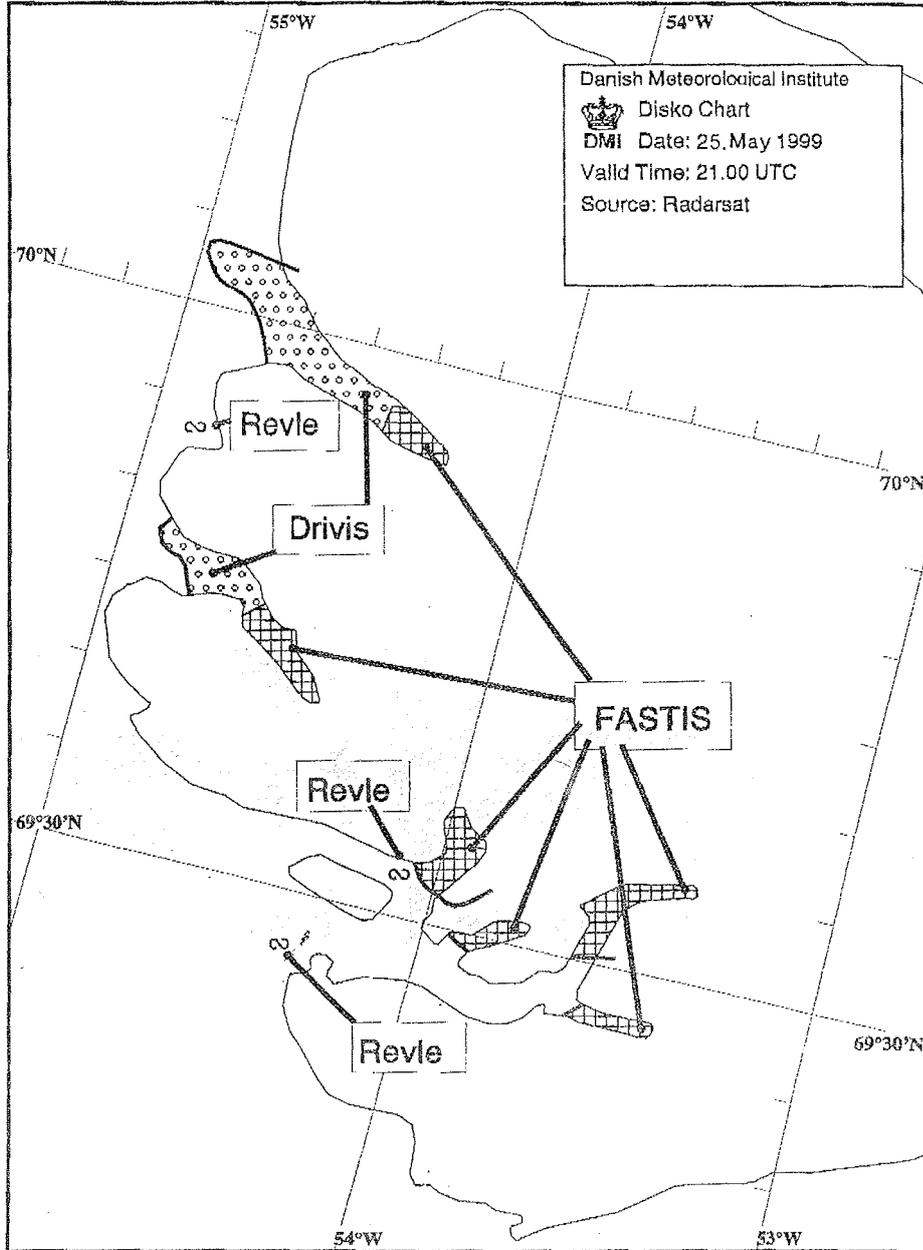


Abb. A1: Eiskarte des Dänischen Meteorologischen Instituts (DMI)

9. DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt meiner akademischen Lehrerin Prof. Dr. Angelika Brandt. Sie hat meine Begeisterung für die Ranzenkrebse geweckt, hatte stets ein offenes Ohr für mich, und ich verdanke ihr eine Vielzahl wertvoller Anregungen.

Prof. Dr. Reinhardt M. Kristensen (Universität Kopenhagen) hat mir die Arktis näher gebracht. Sein Rat war mir stets wertvoll.

Den TeilnehmerInnen der Exkursion nach Qeqertarsuaq 1998 und deren Organisatoren Prof. Dr. A. Brandt, Prof. Dr. H.A. Thomsen, Dr. H. Heide-Jørgensen, Prof. Dr. R.M. Kristensen und PD Dr. H. Ruhberg danke ich für die gute Zusammenarbeit. Dr. A.N. Lörz danke ich besonders für ihre Unterstützung beim Aussortieren und Bestimmen der 98er Proben.

Ich danke dem Alfred-Wegener-Institut für Polarforschung für die Unterstützung und die Bereitstellung verschiedener Ressourcen. Prof. Dr. W. Arntz, Dr. I. Schewe, Dr. M. Strasser und T. Wittling vom AWI danke ich für einen anregenden wissenschaftlichen Austausch.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Arktischen Station (Universität Kopenhagen) und der Crew des FS „Porsild“, namentlich Frantz Nielsen, Dr. Stefan Bernstein, Jørgen Broberg und Barat Thygesen danke ich für ihre Unterstützung bei den Feldarbeiten und ihre freundschaftliche Begleitung. Dem Komitee der Arktischen Station danke ich dafür, dass es mir Möglichkeit gegeben hat, für einen so langen Zeitraum in der Arktis zu forschen.

Herrn Prof. Dr. W. Hagen und seiner Mitarbeiterin D. Stübing (Universität Bremen) bin ich dankbar dafür, dass sie mir freundlicherweise die Lipidanalysen ermöglicht haben.

Einen herzlichen Dank an Herrn Prof. Dr. O. Pfannkuche und seine Mitarbeiterinnen B. Domeyer und A. Kähler vom GEOMAR in Kiel für die Hilfe bei den Sedimentanalysen.

Für die freundliche Anleitung und Unterstützung bei taxonomischen Fragen danke ich herzlich Dr. H.-G. Andres, Dr. C.O. Coleman und dem Museum für Naturkunde Berlin, J. Guerrero-Kommritz, Dr. T. Krapp-Schickel, Dr. U. Mühlenhard-Siegel, Dr. M. Malyutina, Dr. D. Rocca-tagliata und A. Schmidt.

Anregende Gespräche und manch hilfreichen Hinweis verdanke ich S. Brix, Prof. Dr. A. Boetius, S. Bühring, M. Duncan, Dr. B.W. Hansen, N. Hansen, L. Hansen, M. Hardt, Dr. S. Heise, Dr. V. Hennig, Dr. B. Hilbig, Prof. Dr. O. Giere, Prof. Dr. G. Graf, J. Guerrero-Kommritz, Dr. M. Krause, Prof. Dr. E. Kremer, Dr. K.R. Klarke, Dr. J. Krieger, J. Peters, A. di Renzo, B. Retzlaff, PD Dr. H. Ruhberg, Dr. F. Thiermann, Dr. C. Warnecke-Cremer und Dr. P. Wassmann.

Für technische Unterstützung und wertvolle Hinweise danke ich dem Dänischen Meteorologischen Institut (DMI), J. Atkins (Customer Support Manager, Chelsea Instruments), H. Kapp und G. Wegener.

Für die finanzielle und ideelle Unterstützung dieser Dissertation gilt mein Dank der Hans-Böckler-Stiftung für ein Graduiertenstipendium, der Hansischen Universitätsstiftung sowie der Johanna und Fritz-Buch-Gedächtnis-Stiftung für die Unterstützung meiner Forschungsreisen. Dem COBICE (Copenhagen Biosystematics Centre) und Dr. J. Olesen verdanke ich einen interessanten Studienaufenthalt im Zoologischen Museum der Universität Kopenhagen.

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Geduld und die grenzenlose Unterstützung meiner Frau Anja und meiner gesamten Familie. 1000 Dank!

