

Berichte

zur Polar-
und Meeresforschung

528

2006

**Reports
on Polar and Marine Research**



**Makrozoobenthos-Gemeinschaften arktischer
Weichböden: Struktur und Bedeutung als
Nahrungsgrundlage demersaler Fische**

**Macrozoobenthos communities of Arctic softbottom:
Structure and importance as a food basis for
demersal fishes**

Marko Herrmann

ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG

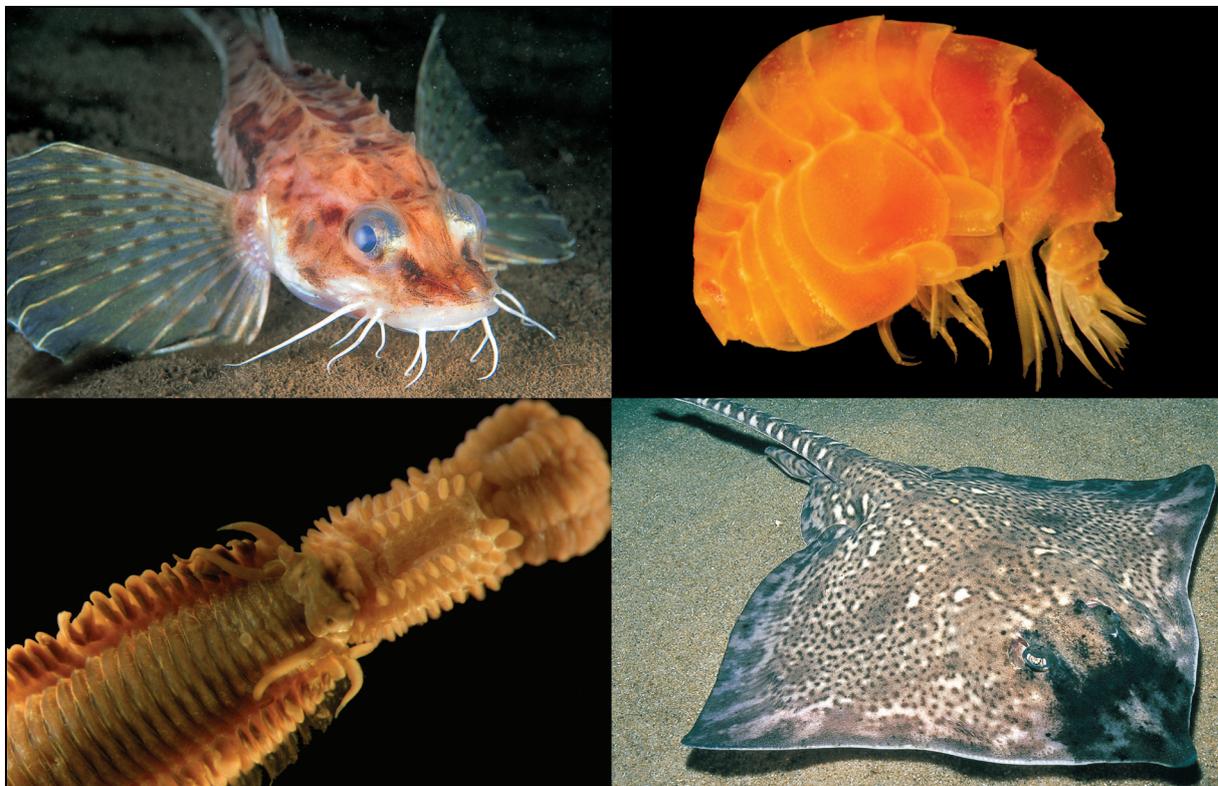
Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

D-27568 BREMERHAVEN

Bundesrepublik Deutschland – Federal Republic of Germany

**Makrozoobenthos – Gemeinschaften arktischer Weichböden:
Struktur und Bedeutung als Nahrungsgrundlage demersaler Fische**

**Macrozoobenthos communities of Arctic softbottom:
Structure and importance as a food basis for demersal fishes**



Diplomarbeit
vorgelegt von
Marko Herrmann^{1*}
Mai 2004

Das Titelbild zeigt die Fische *Leptagonus decagonus* und *Raja clavata* (fotografiert von Erling Svendsen, <http://www.marinbi.com/>), den Amphipoden *Lepidepecreum umbo* sowie den Kopf des Polychaeten *Phyllodoce groenlandica*.

Erstgutachter: Prof. Dr. Dietrich Schnack¹

Zweitgutachter: Prof. Dr. Wolf Arntz²

Im Prüfungsamt vorgelegt am:

¹ IFM-GEOMAR Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel

² Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Postfach 120161, D-27515 Bremerhaven

* E-Mail: mherrmann@macrozoobenthos.de

Meinen Eltern

Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit untersuchte die Weichbodenfauna (einschließlich In- und Epifauna) im Bereich von 5 m bis 30 m des Kongsfjorden. Anhand der gewonnenen Ergebnisse wurde die Bedeutung der Makrofauna als Nahrungsgrundlage demersaler Fisch untersucht. Zu diesem Zweck wurde das Makrozoobenthos auf sechs Tiefenstationen beprobt, wo insgesamt 30 Proben (6 x 5 Replikate) gesammelt wurden. Beprobt wurde eine Stechkastenfläche von jeweils 192 cm², die mit einem Air-liftsystem abgesaugt wurde. Polychaeten (84 %), Mollusken (10 %) und Crustaceen (3 %) dominierten die Weichbodenfauna. Insgesamt wurden 63 Arten gefunden, von denen 30 als Erstnachweise für den Kongsfjorden und sieben für Svalbard gelten (in Übereinstimmung mit Gulliksen *et al.* 1999). Die durchschnittliche Abundanz betrug 6293 Individuen m⁻², die mittlere Biomasse (afTM) 14 g m⁻². Mittels Cluster- und MDS-Analyse konnten drei Gemeinschaften identifiziert werden: Die „Flachwasser“ – Gemeinschaft auf 5 m (28 Arten; 2260 Individuen m⁻²; 3,5 g m⁻² afTM), die „Mittlere Tiefe“ – Gemeinschaft zwischen 10 m bis 20 m (51 Arten; 7184 Individuen m⁻²; 20,7 g m⁻² afTM) und die „Tiefwasser“ – Gemeinschaft im Bereich von 25 m bis 30 m (44 Arten; 6982 Individuen m⁻²; 10,6 g m⁻² afTM). Die gefundenen Arten wurden hinsichtlich ihrer Nahrungsökologie klassifiziert und in zoogeographische Gebiete eingeteilt. Fünf Arten ernährten sich omnivor, 23 karnivor, 25 von Detritus und 18 Arten als Suspensionsfresser. Die meisten Arten waren arktisch-boreale (34), gefolgt von kosmopolitischen Arten (20); nur fünf der Arten hatten eine arktische Verbreitung. Folgende ökologischen Indizes wurden ermittelt: der Margalef Index (1,45°–°2,23), die Shannon-Wiener Diversität (1,85°–°2,19) und die Äquität (0,67°–°0,82). Sechs dominante Arten (> 10 %) wurden identifiziert (*Crassikorophium crassicorne*, *Chaetozone setosa*, *Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis*, *Scoloplos armiger* und *Spio armata*) und drei Indikatorarten (*Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis* und *Scoloplos armiger*). Die im Beprobungsgebiet gefunden demersale Fischfauna, bestand aus neun Arten: *Anarhichas lupus*, *Anisarchus medius*, *Eumicrotremus derjugini*, *Gadus morhua*, *Gymnacanthus tricuspis*, *Leptoclinus maculatus*, *Liparis liparis*, *Lumpenus lampraeformis* und *Myoxocephalus scorpius*. Anhand von Mageninhaltsanalysen konnten makrozoobenthische Organismen dieser Studie analysiert werden, die als Nahrungsgrundlage für die vorliegende demersale Fischfauna dient: *Priapulius caudatus*, *Scoloplos armiger*, *Anonyx sarsi*, *Crassikorophium* sp., *Ischyrocerus* sp., *Monoculodes tesselatus*, *Onisimus edwardsi*, *Sclerocrangon boreas* und *Ophiura sarsi*. Im Nährtierspektrum dominierten Polychaeten (max. 87 %), Amphipoden (max. 56 %), Mollusken (max. 50 %) und Echinodermen (max. 48 %).

Summary

The focus of the present study was to investigate the soft bottom community (including in- and epifauna) at the coastal slope (5 m to 30 m) in Kongsfjorden, and to estimate its importance as food source for demersal fish. For these purposes the macrozoobenthos was sampled at six sampling locations. In total 30 samples were taken (6 x 5 replicates) by means of a steel frame of 192 cm² area size. A suction pump („airlift“) collected the soft bottom fauna within the designated area. Polychaets (84 %), molluscs (10 %) and crustaceans (3 %) dominated the soft bottom community. In total, 63 species were found, including 30 species which have not been recorded in Kongsfjorden earlier. Seven species have not yet been recorded for the entire archipelago of Svalbard (according to Gulliksen *et al.* 1999). The average abundance was 6293 individuals m⁻², the average biomass was 14 g ash free dry mass (afDM) m⁻². Three community types could be identified by means of cluster-analysis and multidimensional scaling: The „shallow water“ – community at 5 m (28 species; 2260 individuals m⁻²; 3.5 g m⁻² afDM), the „mid-water“ – community between 10 m and 20 m (51 species; 7184 individuals m⁻²; 20.7 g m⁻² afDM) and the „deep-water“ – community in the range of 25 m and 30 m (44 species; 6982 individuals m⁻²; 10.6 g m⁻² afDM). The species found were then categorized with respect to their feeding ecology and were classified to their zoogeography. Five species were omnivorous, 23 carnivorous, 25 detritivorous and 18 suspension feeders. Most of the species (34) were arctic-boreal followed by cosmopolitan species (20); only five species were true arctic. Furthermore ecological indices were calculated: the Margalef Index (1.45°–°2.23), Shannon-Wiener diversity (1.85°–°2.19) and evenness (0.67°–°0.82). Six dominant species (> 10 %) were identified (*Crassikorophium crassicorne*, *Chaetozone setosa*, *Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis*, *Scoloplos armiger* and *Spio armata*) and three were determined as indicator species (*Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis* and *Scoloplos armiger*). Nine species of demersal fish were found in shallow areas (5 m to 30 m) of Kongsfjorden: *Anarhichas lupus*, *Anisarchus medius*, *Eumicrotremus derjugini*, *Gadus morhua*, *Gymnacanthus tricuspis*, *Leptoclinus maculatus*, *Liparis liparis*, *Lumpenus lampretæformis* and *Myoxocephalus scorpius*. According to the literature these fish species were feeding on the bottom community, in particular on taxa which found at this study *Priapulius caudatus*, *Scoloplos armiger*, *Anonyx sarsi*, *Crassikorophium* sp., *Ischyrocerus* sp., *Monoculodes tessellatus*, *Onisimus edwardsi*, *Sclerocrangon boreas* and *Ophiura sarsi*. Polychaets (up to 87 %), amphipods (up to 56 %), molluscs (up to 50 %) and echinoderms (up to 48 %) dominated the spectrum of food source.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Material und Methoden	12
2.1	Untersuchungsgebiet	12
2.2	Probennahme	13
2.3	Probenaufbearbeitung	14
2.4	Datenanalysen	16
2.4.1	Repräsentative Probenfläche.....	16
2.4.2	Trophische Struktur und Zoogeographie	16
2.4.3	Ökologische Indizes	17
2.4.4	Gemeinschaftsanalysen.....	18
2.4.4.1	Cluster- und MDS Analysen.....	19
2.4.4.2	ANOSIM 1 Analyse	20
2.4.4.3	SIMPER Analyse	20
2.4.4.4	BVSTEP Analyse	21
2.4.4.5	Fischfauna.....	21
3	Ergebnisse	22
3.1	Makrozoobenthos des Kongsfjorden	22
3.1.1	Repräsentative Probenfläche.....	22
3.1.2	Abundanzen und Biomassen	23
3.1.3	Trophische Struktur und Zoogeographie	29
3.1.4	Ökologische Indizes	30
3.1.5	Gemeinschaftsanalysen.....	31
3.1.5.1	Cluster- und MDS Analysen.....	31
3.1.5.2	ANOSIM 1 Analyse	33
3.1.5.3	SIMPER Analyse	33
3.1.5.4	BVSTEP Analyse	34
3.1.6	Dominante Arten	36
3.2	Demersale Fische des Kongsfjorden	43
3.2.1	Fischfauna.....	43
3.2.2	Mageninhaltsanalysen	49
4	Diskussion	52
4.1	Methoden	52
4.1.1	Probennahme	52
4.1.2	Probenaufbearbeitung	54
4.2	Makrozoobenthos des Kongsfjorden	56
4.2.1	Probenmaterial (Sammelnetzinhalt)	56
4.2.2	Artenanzahlen, Abundanzen und Biomassen.....	57
4.2.3	Trophische Struktur und Zoogeographie	60
4.2.4	Vergleich der Diversität.....	63
4.2.5	Gemeinschaftsanalyse.....	64
4.2.6	Abiotische Einflüsse	65
4.3	Demersale Fische des Kongsfjorden	68
4.4	Ausblick	71
Anhang	72	
Abbildungen.....	80	
Tabellen	82	
Danksagung	83	
Eidesstattliche Versicherung	84	
Literaturverzeichnis	85	
Artenindex	95	

1 Einleitung

Das Benthos (griechisch: die Tier- und Pflanzenwelt des Meeresbodens) zählt neben dem Pelagial (die Gesamtheit der im freien Wasser lebenden Organismen) und dem „Sympagic“ (englisch: Gesamtheit der Organismen die „mit dem Eis“ verbunden leben) zu den drei Haupteinheiten des Marinen Ökosystems. Der Artenreichtum im Benthos ist um ein vielfaches höher als der des Pelagials. Mehr als 95 % der im Meer lebenden Arten werden zum Benthos gezählt (Gulliksen & Svensen 2004).

Rückblickend auf die Geschichte der Benthologie kann man sagen, dass dieses Fachgebiet nicht immer so umfangreiche Forschungsfelder wie in heutiger Zeit bearbeitet hat. Anfänglich war die Benthologie keine einzelne Forschungseinheit, sondern Teil der marinen Fischereibiologie. Die ersten Untersuchungen in diesem Gebiet, die eng mit den Namen Petersen (1918), Boysen Jensen (1919) und Blegvad (1928) verbunden sind, zielten auf die Vermessung von Fischnahrung unterschiedlicher Meeresgebiete und auf die Frage, in welchem Ausmaß diese Beutetiere als limitierender Faktor für demersale (am Boden lebende) Fischbestände eine Rolle spielen könnte.

Während das marine Zoobenthos in der Vergangenheit vorwiegend mit Netzen und Bodengreifern untersucht wurde, werden gegenwärtig zunehmend „modernere“ Methoden eingesetzt, die im System keine Störungen hervorrufen, wie z. B. die Unterwasserphotographie (Sahade *et al.* 1998; Jørgensen & Gulliksen 2001; Beuchel 2002; Sahade *et al.* 2004 im Druck). Neuerdings sind auch kabellose, so genannte "Autonomous Underwater Vehicles" (AUV) im Einsatz, mit denen permanente oder zeitweilig eisbedeckte Habitate untersucht werden können. Diese Fahrzeuge führen selbstständig vorprogrammierte Missionen in den Tiefen der Meere durch. Anschließend koppeln sie an das Mutterschiff oder an Unterwasserstationen an, um die Daten über Satellit an die Forschungsinstitute zu übermitteln. Mit diesem technischen Fortschritt wird man zukünftig Fragen benthischer Nahrungsketten, an deren Ende vom Menschen stark genutzte Fischarten wie der Polardorsch (*Boreogadus saida*) stehen, besser beantworten können. Untersuchungen in diesem Forschungsfeld gewinnen mit rasanter Zunahme der Erdbevölkerung und steigendem Nahrungsbedarf immer mehr an Bedeutung. Die gesamte weltweite Fischereiproduktion (Summe der

gesamten Fänge und der Aquakultur-Erzeugung) verdoppelte sich in den letzten 30 Jahren und lag 1991 bei 137 Millionen Tonnen (Europäische Kommission 2001).

Zu den wichtigsten Fischgründen der Welt gehören, neben den Küstenauftriebsgebieten, die Schelfgebiete des Nordpolarmeeres (Jennings & Kaiser 2000). An der Seefischerei Nordeuropas hat die Region Svalbard, neben der Barentssee und Grönland, einen jährlichen Anteil von 0,2 Millionen Tonnen (ICES 2002).

Die Fischbestände polarer Regionen wurden in der Vergangenheit durch eine Vielzahl von unterschiedlichen Surveys quantitativ sowie qualitativ untersucht (z. B. Dalen *et al.* 1977; Dalen & Smedstad 1978; Randa & Smedstad 1982; Randa & Smedstad 1983; Borkin 1984; Falk-Petersen *et al.* 1986; Aune *et al.* 1998; Aglen 1999; Andersen *et al.* 1999; Davidsen *et al.* 2000).

Eine bewährte Methode, um den Nahrungsbedarf sowie die -zusammensetzung von Organismen abschätzen zu können, ist die Mageninhaltsanalyse. Auch bei Fischen ist diese Methode Standard und wurde bereits in vielen Studien bei verschiedenen Fischarten angewandt (Windell 1966; Magnuson 1969; Elliott 1972; Elliott & Persson 1978; Persson 1979; Jobling 1981; Dwyer *et al.* 1987; Amundsen & Klemetsen 1988; Bromley 1988; Smith *et al.* 1989). Auch Fische aus polaren Gewässern wurden hinsichtlich ihrer Nahrungsspektren von zahlreichen Wissenschaftlern untersucht (z. B. Alton 1972; Pálsson 1981; Craig *et al.* 1982; Haug & Gulliksen 1982; Pálsson 1983; Tiedtke 1988; Lønne & Gulliksen 1989; Ajjad & Gjøsaeter 1990; Ortova *et al.* 1990; Mattson 1990a; Mattson 1990b; Michaud *et al.* 1996; Hop *et al.* 1997; Hop & Tonn 1998; Sufke *et al.* 1998; Dolgov 2000; Ihalainen & Storemark 2000; Munk 2002; Arnberg 2003; Dalpadado & Bogstad 2003).

Eine Reihe dieser Arbeiten beschreiben Nahrungspräferenzen des Polardorschs, der die Fischfauna der Arktis dominiert (Moskalenko 1964) und als Indikatorart arktischer Ökosysteme angesehen wird. Hier nimmt er eine zentrale Rolle im Energietransport von niedrigeren (z. B. Zooplankton und Eisfauna) zu höheren trophischen Ebenen (Seevögel und marinen Säugetieren) ein (Bradstreet & Cross 1982). Zudem dient der Polardorsch auch als Nahrung für karnivore Fischarten (Haug & Gulliksen 1982). In Gebieten ohne Eisdecke lassen sich Adulte als semipelagisch klassifizieren, da sie

sowohl im Pelagial als auch in Bodennähe gefunden wurden (Hognestad 1968; Gjøsaeter & Bjerke 1973). Deshalb liegt die Vermutung nahe, dass sich diese polare Fischart gelegentlich von makrobenthischen Organismen ernährt. Mageninhaltsanalysen der oben genannten Referenzen ergaben jedoch, dass bisher keine benthischen Tiere in den Mägen der Polardorsche gefunden wurde, was ihn damit für die vorliegende Arbeit als Predator uninteressant macht. Hier stellt sich nun die Frage, welche Fischarten anstelle des Polardorsches dann die Makrobenthosfauna als Nahrungsressource nutzen.

Um dieser Frage nachzugehen, wurden Mageninhaltsanalysen demersaler Fische aus küstennahen Flachwasserbereichen des Kongsfjorden untersucht, die mehr Informationen über die Struktur und Bedeutung des Makrozoobenthos lieferten, als vorangegangene Analysen (Falk-Petersen *et al.* 1988; Lydersen *et al.* 1989). Bodenfische bilden ein wichtiges Bindeglied zwischen der benthischen Fauna und der darüber liegenden Wassersäule, da sie organisches Material des Bodens in obere Schichten des Habitates transportieren, indem sie Makroinvertebraten des Bodens als Nahrung aufnehmen und selber von anderen Fischen des Pelagials gefressen werden.

Das marine Benthos arktischer und sub-arktischer Gebiete, ist ähnlich wie die Fischfauna in diesem Gebiet, bereits seit über einem Jahrhundert Gegenstand der Forschung (Curtis 1975). Die Barentssee mit Svalbard gehört zu den Gebieten, die am besten erforscht sind, was hauptsächlich auf die intensive Fischerei und den relativ einfachen Zugang und der kurzen Distanz zu Forschungsstationen zurückzuführen ist.

Svalbard (norwegisch) bezeichnet eine Inselgruppe der Arktis (griechisch: árktos, bedeutet Bär, „Land unter dem Sternbild des großen Bären“), deren größte Insel die westlich gelegene Insel Spitzbergen ist. Die Wassermassen vor der Westküste Spitzbergens werden stark vom „warmen“ Nordatlantikstrom geprägt, der entlang der norwegischen Küste fließt (Loeng 1991; Pfirman *et al.* 1994). Trotz des hohen Breitengrads dieser Region wird dadurch das Klima milder, als in vergleichbaren Gebieten. Daher dominieren in den Fjorden eher sub-arktische, statt arktische Eigenschaften. Die charakteristischen Wassermassenverhältnisse beeinflussen die Verbreitung

der Fischbestände, indem Fische passiv transportiert werden und durch die Temperatur, sowie die Salinität des Wassers beeinflusst werden (Hop *et al.* 2002).

Im Vergleich zu anderen marinen Systemen, wie z. B. tropischer Regionen oder der Antarktis, wird für arktisch benthische Gemeinschaften eine geringe Biodiversität angenommen (Arntz *et al.* 1997; Starmans *et al.* 1999), obwohl lokale Gemeinschaften reich an Biomasse und Diversität sein können (Brandt 1997). Dies hat hauptsächlich evolutionszeitliche Gründe, denn die benthische Fauna in der Arktis und somit auch von Svalbard ist sehr jung im Vergleich zur Antarktis. Das Ausmaß des Endemismus ist deshalb in der Arktis relativ gering und die meisten Arten von Svalbard sind auch aus südlicheren Breitengraden bekannt. Ein weiterer Grund für die geringe Diversität sind oft die von Weichboden dominierten einheitlichen Habitate. Die meisten Untersuchungen des arktischen Benthos sind vergleichende Studien der Weichbodenfauna (Holte & Oug 1996; Piepenburg & Schmid 1996; Wlodarska *et al.* 1996; Holte & Gulliksen 1998; Wlodarska-Kowalczyk & Pearson 2004; Laudien *et al.* 2004 im Druck).

Der Kongsfjorden ist ein von fünf Gletschern beeinflusster Fjord in der Arktis, der typisch für West-Spitzbergen, sowohl von atlantischen, als auch von arktischen Wassermassen beeinflusst wird. Er bildet eine Grenze zwischen atlantischen und arktischen biogeographischen Verbreitungszonen vieler Organismen. Die Biodiversität und die Tierpopulation werden stark von verschiedenen physikalischen Faktoren geprägt, die den Fjord von beiden Enden her beeinflussen (Hop *et al.* 2002; Svendsen *et al.* 2002). Die absolute Artenzahl ist im innersten Teil des Fjords gering, die Zahl der verschiedenen Organismen in gestörten Gebieten (Eis, Wind usw.), mit gemischten Bodentypen, kann jedoch erstaunlich hoch sein. Allgemein zeigt sich ein Trend in zunehmender Artendiversität vom Fjordanfang bis zum Fjordausgang (Gulliksen & Svendsen 2004)

Frühere Forschungsarbeiten im Kongsfjorden untersuchten den Weichboden in Wassertiefen von 40 m bis 83 m (Hop *et al.* 2002), 50 m bis 70 m (Wlodarska-Kowalczyk *et al.* 1998; Kendall *et al.* 2003) und 38 m bis 380 m (Wlodarska-Kowalczyk & Pearson 2004) sowie den Hartboden (Jørgensen & Gulliksen 2001).

Die vorliegende Diplomarbeit versucht die Lücke im Flachwasserbereich zu schließen, indem eine Bestandsaufnahme des Makrozoobenthos im Tiefenbereich von 5 m bis 30 m durchgeführt wurde. Das beprobte Habitat gilt, im Gegensatz zu Habitaten vorangegangener Untersuchungen, tiefenbedingt als Aufzuchtgebiet für viele Fischarten. Anhand der analysierten makrobenthischen Gemeinschaft des Weichbodenhabitates im Kongsfjorden, wurde die Struktur und Bedeutung der Nahrungsgrundlage demersaler Fische untersucht. Untersucht wurden zu diesem Zweck sechs verschiedene Tiefenzonen bezüglich ihrer taxonomischen und zoogeographischen Zusammensetzungen, Biomasse und Diversität, sowie bezüglich der Ernährungsweise der Invertebraten. Die makrobenthische Fauna wurde außerdem auf dominante Arten und Indikatorarten hin analysiert. Unterschiede in der faunalen Zusammensetzung wurden durch Clusteranalysen der Abundanz und Biomasse aufgezeigt und durch den Einfluss von abiotischen Faktoren erklärt. Auf Svalbard sind folgende abiotischen Faktoren besonders wichtig: Licht und dessen Eindringtiefe, Störungen am Meeresboden durch Eisbergstrandungen, Struktur und Gefälle des Bodensubstrates, Wasserströmungen, Wassertemperatur und Salinität. Auch die Wassertiefe ist ein wichtiger Faktor, wird jedoch von den vorgenannten Faktoren häufig überlagert (Gulliksen & Svensen 2004).

2 Material und Methoden

Die Beprobung der Bodentiergemeinschaft dieser Diplomarbeit fand im Kongsfjorden (Spitzbergen) statt. Die Datenauswertung und Identifikation der Tiere erfolgte an der Koldewey Station des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI), am Universitätszentrum Svalbard (UNIS) und der Universität Rostock, mit Hilfe der dort ansässigen Spezialisten. Die schriftliche Ausarbeitung fand am Institut für Meereskunde (IFM-GEOMAR) an der Universität zu Kiel statt. Um Aussagen über die Nahrung demersaler Fische hinsichtlich der beprobten Weichbodenfauna des Kongsfjorden machen zu können, wurden Mageninhaltsanalysen ausgewertet. Daten für diese Analysen wurden der Literatur entnommen.

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Brandal (78°56,887'N, 11°51,539'O) liegt im inneren Teil des arktisch Gletscherfjords Kongsfjorden an der Westküste Spitzbergens (Abb. 1). Brandal (Abb. 2) befindet sich am nordöstlichen Rand der Brøgger Halbinsel, welche die Südküste des Kongsfjorden bildet. Letzterer ist 20 km lang, seine Breite variiert

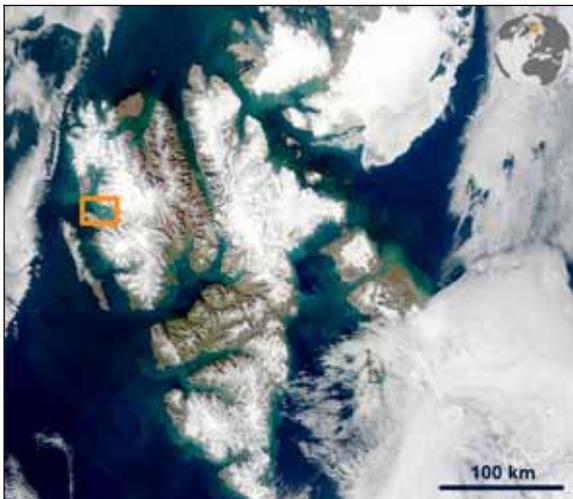


Abb. 1: Svalbard MODIS Satellitenbild, aufgenommen am 27.08.2003 aus 250 m Höhe



Abb. 2: Landsat TM Bild Kongsfjorden, Spitzbergen, mit eingezeichnetem Transekt A (siehe Diskussion Kap. 4.2.6)

zwischen 4 km und 10 km. Die maximale Wassertiefe beträgt 350 m. Der Fjord mündet zwischen dem Berg „Kvadehuken“ und „Kapp Guissez“, direkt über die „Kongsfjordrenna“ in den Nordatlantik (Bluhm *et al.* 2001; Jørgensen & Gulliksen 2001; Svendsen *et al.* 2002).

Die gezeitenabhängigen Wasserstandsschwankungen liegen zwischen 1,5 m und 2 m und sind mit leichten Strömungen verbunden. Die durchschnittliche Oberflächenwassertemperatur liegt knapp über 0°C, kann jedoch im Sommer bis auf 6°C ansteigen. Die Temperatur in 20 m Tiefe bleibt hingegen über das ganze Jahr konstant und beträgt 3,6°C. Während des Sommers liegt die 34-Isohaline bei einer Wassertiefe von 5 m (Hop *et al.* 2002; Svendsen *et al.* 2002).

Brandal ist ein Weichbodenhabitat und wird als sublitorale Zone bezeichnet, zu der gewöhnlich der Bereich von der Nipptide bis hinab zur Schelfkante gezählt wird. Während der vorliegenden Studie konnten jedoch nur Beprobungen des Bodenmaterials bis zu einer Wassertiefe von 30 m berücksichtigt werden (dies ist das Limit der Forschungstaucher Taucher). Der Boden in Brandal fällt stetig innerhalb der ersten 50 m ab. Anschließend folgt ein steiler Hang. Das Sediment besteht aus einem Sand-Ton-Gemisch und ist gut durchlüftet. Gelegentlich sind von Eisbergen verfrachtete Steine zu finden, die als Basis für die Entstehung einer Hartbodengemeinschaft in sedimentären Bereichen dienen können (Whittington *et al.* 1997). Diese Steine sind oft mit Makrofauna und Makroalgen (wie z.B. *Acrosiphonia* aff. *flagellata*, *Laminaria digitata* und *Phycodrys rubens*) bewachsen (Lippert *et al.* 2001).

2.2 Probennahme

Während der vorliegenden Arbeit wurden Tiere im Benthos des Kongsfjorden gesammelt, die als Makrozoobenthos bezeichnet werden. Laut Definition werden Organismen so bezeichnet, die von einer 1 mm Sieb-Maschenweite zurückgehalten werden (Dybern *et al.* 1976). Die quantitative Probennahme der Weichbodentiere erfolgte in den Monaten Juni – August 2003. Dabei wurden mit jeweils fünf Replikaten sechs Transekte (5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m und 30 m) durch Forschungstaucher beprobt. Die Replikate wurden dabei als unabhängig angesehen, da die Bodenfläche der jeweiligen Tiefenstufe zufällig und mit genügend Abstand voneinander beprobt wurde. Da ein Vorexperiment keine Unterschiede in der Effizienz hinsichtlich der Selektivität eines Airliftsystems (Abb. 4) im Vergleich zu einem Taucherstechkasten (Rumohr & Arntz 1982) zeigte, wurde zur Sedimententnahme ein Airliftsystem (Herrmann *et al.* 2004b in Vorbereitung) benutzt. Dabei wurde das in einem Stechkasten (Abb. 3, Fläche: 16 cm x 12,5 cm = 200 cm²) eingeschlossene Substrat mit

der Bodentiergemeinschaft bis in eine Tiefe von 20 cm abgesaugt. Die Proben wurden während des schnellen Transports ins Labor mit frischem Seewasser versorgt. Die im Vorexperiment untersuchten Vor- und Nachteile des Airliftsystems gegenüber dem Taucherstechkasten (Rumohr & Arntz 1982) werden in Kap. 4.1.1 diskutiert.



Abb. 3: Stechkasten (Fläche: 0,2 m²)



Abb. 4: Airlift System (Länge von 80 cm)

Das Airliftsystem arbeitet nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe. Es wird jedoch nicht mit Wasser betrieben, sondern mit Druckluft. Das Gerät besteht aus einem Rohr (6 cm im Durchmesser, 80 cm lang mit einem n-Stück am hinteren Ende), einer Druckluftdüse, betrieben durch eine Presslufttauchflasche (15 Liter, 200 bar) und einem angeschlossenen, austauschbaren Sammelnetz (Maschenweite 0,5 mm), indem das aufgespülte Sediment gesiebt und die zu identifizierende Makrofauna zurück gehalten wurde.

2.3 Probenaufbearbeitung

Die Probenaufbereitung erfolgte unmittelbar nach der Probennahme im Labor durch Vorsortieren der Makrofauna in folgende Taxa: Priapulida, Sipunculida, Anthozoa, Bivalvia, Gastropoda, Caudofoveata, Polychaeta, Amphipoda, Isopoda, Decapoda, Echinodermata und Chordata.

Um zu einem späteren Zeitpunkt taxonomische Untersuchungen durchführen zu können, wurden alle Unterproben direkt in 75 % Ethanol fixiert. Die Bestimmung erfolgte soweit möglich bis auf Artniveau, unter Zuhilfenahme eines Binokulars (6,3 bis 40 fache Vergrößerung), einer Kaltlichtquelle und der in Tab. 1 aufgeführten Bestimmungsliteratur.

Tab. 1: Übersicht der Bestimmungsliteratur, die zur Identifizierung der in Brandal gewonnenen Weichbodenfauna benutzt wurde.

Taxa	Bestimmungsliteratur
Priapulida	Stresemann 1992; Hayward & Ryland 1995; Moen & Svensen 1999
Anthozoa	Danielssen 1890; Carlgren 1921; Manuel 1981
Mollusca	Beedham 1972; Tebble 1976; Jones & Baxter 1987; Klekowski 1991
Polychaeta	Bick 1985; Holthe 1986; Pleijel 1993; Hartmann-Schröder 1996; Kluijver 2000
Crustacea	Sars 1890; Barnard & Karaman 1991; Klekowski 1991; d'Udekem d'Acoz 2003
Echinodermata	Mortensen 1927; Dahl 1928; Klekowski 1992; Madsen 1994
Chordata	Gaevskaja 1948; Hayward & Ryland 1995

Um Details von Strukturen besser sichtbar machen zu können, wurden Polychaeten teilweise für die Identifikation mit Methylengrün angefärbt. Aus Übersichtgründen wurde im weiteren Verlauf der vorliegenden Studie meistens auf die Nennung von Autoren und Synonyme der Arten verzichtet. Diese Angaben können jedoch aus dem Anhang in Tab. A 9 und Tab. A 10 entnommen werden.

Zur Charakterisierung der Bodentiergemeinschaft wurden Abundanz- und Biomassendaten erfasst. Polychaeten waren nicht komplett vorhanden, so dass lediglich der posteriore Teil berücksichtigt wurde. Individuen ausgewählter Arten wurden als Referenztiere der Sammlung des Museums für Naturkunde (Humboldt-Universität zu Berlin) überlassen (Tab. A 6). Zur Biomassenbestimmung wurde von unbeschädigten Tieren die Nass (NM)-, Trocken (TM)- und aschefreie Trockenmasse (afTM) ermittelt und anschließend die Biomasse (m^{-2}) mit Hilfe der Abundanzdaten abgeschätzt. Vor der Bestimmung der Nassmasse wurden die Tiere kurz mit Saugpapier trockengeputzt und anschließend gewogen. Für die nachfolgende Trockenmassebestimmung wurden die Individuen bei 70°C bis zur Massekonstanz, jedoch mindestens 24 h getrocknet und anschließend erneut gewogen. Hierbei wurden Mollusken mit geöffneten Schalen und Polychaeten ohne Röhren verwendet. Nach Veraschung der Tiere bei 500°C für 24 h in einem Muffelofen wurde die Aschemasse erfasst und zur Bestimmung der afTM von der zugehörigen TM subtrahiert. Alle Massen wurden bis auf 0,1 mg genau bestimmt.

2.4 Datenanalysen

Nachdem die Rohdaten (siehe Anhang Tab. A 1 und Tab. A 2) auf 1 m² extrapoliert wurden, erfolgten sämtliche statistischen Gemeinschaftsanalysen mit dem Computerprogramm *Primer v5* (Clarke & Warwick 2001).

2.4.1 Repräsentative Probenfläche

Um abschätzen zu können, wie groß die benötigte Probenfläche (= Fläche der Replikat) sein muss, wurden kumulative Arten-Areal-Kurven erstellt (Gleason 1922). Mit Hilfe dieser Kurven lässt sich die Zahl der gefundenen Arten mit zunehmender Probenfläche darstellen und so ein theoretischer Endwert für die gesamte Lebensgemeinschaft, ohne weiteres Beprobieren, berechnen. In der Regel ist der Kurvenverlauf einer Arten-Akkumulationskurve asymptotisch und nähert sich einem Grenzwert, der dem Maximum der Artenzahl des untersuchten Areals entspricht. Die ursprünglich entwickelte „island biogeography theory“ (deutsch: biogeographische Inseltheorie) (MacArthur & Wilson 1967) geht davon aus, dass sich die Anzahl der Arten in Abhängigkeit von der Fläche in einem Gleichgewichtszustand stabilisiert. Wird in einer Arten-Areal-Kurve die Artenzahl gegenüber der Fläche aufgetragen, so steigt die Artenzahl bei zunehmender Fläche rapide an, um ab einem bestimmten Punkt – dem so genannten „minimum area point“ (deutsch: Punkt der minimalen Fläche) - in einen quasi stabilen Spezies-Pool überzugehen, der auch bei zunehmender Fläche nicht mehr wesentlich um zusätzliche Arten erweitert wird.

2.4.2 Trophische Struktur und Zoogeographie

Um neben den nachfolgenden statistischen Analysen, die sich auf Abundanz- und Biomassenwerte stützen, auch Aussagen über das Fraßverhalten der einzelnen Arten sowie deren Verbreitung machen zu können, wurden den Tieren fünf Ernährungstypen zugeordnet: Omnivor, Karnivor, Untergrund-Detritivor, Oberflächen-Detritivor und Suspensionsfresser (Syvitski *et al.* 1989; Aitken 1990; Gromisz & Legezynska 1992; Schmid & Piepenburg 1993).

Eine zoogeographische Einteilung erfolgte in die Zonen „arktisch“, „arktisch-boreal“, „boreal“ und „kosmopolitisch“ (Gaevskaja 1948; Weslawski *et al.* 1990b; Rózycki

1991; Weslawski 1991; Anisimova *et al.* 1992; Gromisz & Legezynska 1992). Die zoogeographischen Gruppen bedeuten:

- „arktisch“ – Arten, die nur in hoch arktischen Regionen auf treten, definiert bei Dunbar (1968)
- „arktisch-boreal“ – Arten, die in arktischen und borealen Gewässern vorkommen
- „boreal“ – Arten, die hauptsächlich im Nordatlantik verbreitet sind; die nördlichste Grenze ist an der europäischen Arktis
- „kosmopolitisch“ – Organismen, mit einer sehr großflächigen Verbreitung, bis zum südlichen Mittelmeer sowie tropischen Regionen

2.4.3 Ökologische Indizes

Zur Charakterisierung der makrozoobenthischen Vielfaltigkeit der untersuchten Weichbodengemeinschaft dienen ökologische Indizes. Das einfachste Diversitätsmaß ist die Artenzahl (Krebs 1978). Hier wird jedoch die Gesamtindividuenanzahl nicht mit berücksichtigt. Um dem gerecht zu werden, wurden aus der Vielzahl der bekannten Indizes drei ausgewählt: die Taxonomische Diversität (*sensu* Tarazona *et al.* 1988), der Artenreichtum (engl.: species richness) und die Äquität (engl.: evenness), die als zusätzliches Maß die Ausgeglichenheit der Fauna wiedergibt.

Die Taxonomische Diversität wurde mit Hilfe des Shannon-Wiener Diversitätsindizes (H' , L_n) berechnet (Shannon & Weaver 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \ln p_i, \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{N}$$

(1)

wobei die Individuenzahl der Art i durch n_i ausgedrückt wird. N ist hier die Gesamtindividuenanzahl und k die Anzahl der Arten. Die Shannon-Wiener Diversität ist ein Maß für den Artenreichtum oder die Varietät der Arten (Odum 1983).

Der Artenreichtum wurde mit dem Margalef's Index (d) ausgerechnet, der ein Maß für die vorhandene Artenanzahl bei einer bestimmten Anzahl von Individuen ist. Er wird wie folgt berechnet:

$$d = \frac{(S - 1)}{\log N} \quad (2)$$

Die Äquität beschreibt die Homogenität der Artenverteilung innerhalb einer Gemeinschaft (Pielou 1975). Pielou's Äquitäts Index (J') ist eine Funktion der Shannon Diversität (H') und wird wie folgt berechnet:

$$J' = \frac{H'}{\log S} \quad (3)$$

Dabei kann J' Werte zwischen 0 und 1 annehmen, ist $J' = 0$, so ist nur eine Art in der Probe vertreten, bei $J' = 1$ ist der Höchstwert erreicht und alle Individuen sind gleichmäßig auf die vorhandenen Arten verteilt.

2.4.4 Gemeinschaftsanalysen

Zur Ermittlung der Gemeinschaftsstruktur in der jeweiligen Wassertiefe wurden multivariate Verfahren benutzt (Field *et al.* 1982). Eine Übersicht der im folgenden Text häufig genutzten Abkürzungen gibt Tab. 2 wieder:

Tab. 2: Im Text häufig verwendete Abkürzungen multivariater statistischer Verfahren

Abkürzungen	Definition
ANOSIM 1	one-way analysis of similarity (engl.), entspricht einer multivariaten ANOVA
Cluster	hierarchische Clusteranalyse
MDS	nicht-metrische multidimensionale Skalierung, ein Ordinationsverfahren
SIMPER	similarity percentage (engl.), prozentuale Ähnlichkeit zwischen Stationsgruppen
BVSTEP	multivariate Methode, die Umweltfaktoren in die Rechnung mit einbezieht

Um den Einfluss dominanter Arten zu reduzieren und Datenreihen vergleichbar zu machen wurden alle Daten quadratwurzeltransformiert (engl.: square root). Anschließend wurden mit Hilfe von Abundanzen, sowie Biomassewerten jeweils eine Ähnlichkeitsmatrix erstellt, die als Grundlage für die ANOSIM 1-, Cluster-, MDS Analyse und BVSTEP diene.

Die verwendete Ähnlichkeitsmatrix basiert auf dem Bray-Curtis Ähnlichkeitskoeffizienten (engl.: Bray-Curtis similarity), der das Maß der Ähnlichkeit bzw. die Distanz zwischen den Proben in Bezug auf den angewandten Parameter (hier die Tiefe) repräsentiert (Bray & Curtis 1957). Dies wird gewährleistet, indem er das Verhältnis von tatsächlich auftretender Ähnlichkeit zur maximal möglichen Ähnlichkeit wiedergibt:

$$S_{jk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^p 2 \min(y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right) \quad (4)$$

Die Ähnlichkeit zwischen den Proben j und k wird dabei durch S_{jk} beschrieben, die Dichten der Art i in den Proben j und k durch y_{ij} und y_{ik} . Der Vorteil des Bray-Curtis Koeffizienten gegenüber anderen Distanzmaßen, wie z. B. der Euklidischen Distanz liegt darin, dass Nullwerte nicht als Ähnlichkeit berechnet werden. Aufgrund der häufigen Nullwerte innerhalb der vorliegenden Datenmatrix bietet sich dieses Distanzmaß an.

2.4.4.1 Cluster- und MDS Analysen

Um eventuelle Unterschiede in der Makrozoobenthosgemeinschaft hinsichtlich der jeweiligen Tiefenstationen herauszufinden, wurden Clusteranalysen nicht nur von Abundanz-, sondern auch von Biomassedaten durchgeführt, da das jeweilige Ergebnis der Datensätze Unterschiede aufweisen kann (Wlodarska-Kowalczyk *et al.* 1998).

Die Basis von Clusteranalysen sind Ähnlichkeits- bzw. Abstandskoeffizienten. Grundsätzlich ist es möglich, sowohl Stationscluster als auch Artencluster zu erzeugen. Der in dieser Studie verwendete Datensatz (Tab. 4) enthält sowohl sehr häufige, als auch sehr seltene Arten, die eine Clusterung von Arten sinnlos macht. Daher wurde in dieser Untersuchung nur mit Stationsclustern gearbeitet, die den Bray-Curtis Koeffizient und der Clustermethode „group average“ (deutsch: Gruppen Mittelwert) benutzen.

Die MDS Methode wurde angewandt, um die Ergebnisse der Clusteranalyse zu verifizieren (Kruskal & Wish 1978). MDS ist ein Ordinationsverfahren, das im Gegensatz zur Hauptkomponenten- und Faktorenanalyse, keine Voraussetzung bezüglich der Verteilung und Linearität der Daten erfordert (Clarke & Warwick 1994). Durch die MDS Diagramme wurden Ähnlichkeiten zwischen Proben zweidimensional, geometrisch visualisiert, wobei die räumliche Distanz zwischen den Punkten (Replikaten) den jeweiligen Ähnlichkeiten der Proben in der Bray-Curtis Ähnlichkeitsmatrix entspricht. Dabei gilt, je näher ein Replikat zu einem beliebigen anderen Replikat liegt, umso ähnlicher ist dieses in seiner quantitativen Artenzusammensetzung. Die erreichte statistische Güte der Darstellung wird über einen berechneten „Stress-Wert“ dokumentiert. „Stress-Werte“ $< 0,1$ entsprechen einer guten Ordination mit geringem Potential für Fehlinterpretationen, Werte $< 0,2$ geben immer noch brauchbare Inter-

pretationsmöglichkeiten, während die Auswertung von MDS-Plots mit „Stress-Werten“ $\geq 0,2$ mit Vorsicht erfolgen sollte (Clarke & Warwick 1994).

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen von Proben wurden mit den folgenden drei weiteren statistischen Verfahren, ANOSIM 1, SIMPER und BIOENV ermittelt.

2.4.4.2 ANOSIM 1 Analyse

ANOSIM 1 ist ein Permutationstest, mit dem zwei oder mehrere Gruppen innerhalb einer Abstands- oder Ähnlichkeitsmatrix miteinander verglichen werden können. Diese Methode berechnet die mittleren Rangähnlichkeiten innerhalb der Gruppe und anschließend zwischen den Gruppen. In diesem rechnerisch aufwendigen Verfahren wird zunächst ein Testwert R durch Randomisierung ermittelt, indem die Proben Bezeichnungen zufällig gemischt und die Ähnlichkeiten innerhalb und zwischen den Gruppen erneut berechnet werden. Im Testverfahren wurden 999 mögliche Permutationen der Stationsallokationen durchgeführt und eine Verteilungsstatistik der resultierenden R-Werte erzeugt. Sollte der ursprüngliche R-Wert der Originaldaten mit nur sehr geringer Wahrscheinlichkeit dieser (Zufalls-) Verteilung entstammen, wird die Nullhypothese zurückgewiesen. Falls alle Replikate innerhalb einer Station ähnlicher zueinander sind, als irgendein Replikat einer anderen Station, ist $R = 1$. Stationen sind klar voneinander zu unterscheiden, wenn die R-Werte $> 0,75$ sind. Werte von $R \approx 0,5$ deuten noch auf gute Unterscheidbarkeit hin, wobei hier jedoch auf einige Übereinstimmungen hingewiesen wird. Dagegen sagen R-Werte $< 0,25$ aus, dass sich die untersuchten Stationen kaum noch unterscheiden lassen. Liegt der R-Wert um Null, wird die Nullhypothese nicht zurückgewiesen; Ähnlichkeiten zwischen und innerhalb der Stationen sind dann durchschnittlich gleich (Clarke & Gorley 2001).

2.4.4.3 SIMPER Analyse

Wird die Nullhypothese der ANOSIM 1 zurückgewiesen, so können jene Arten, die für die paarweisen Unterschiede zwischen den Stationsgruppen verantwortlich sind mit Hilfe der SIMPER Analyse ermittelt werden. Dabei wurde auf quadratwurzeltransformierte Abundanz-Daten zurückgegriffen. Die SIMPER Analyse gibt Auskunft über die Arten, die am meisten zur Ähnlichkeit zwischen Stationen innerhalb eines Gebie-

tes beitragen, sowie über solche Arten, die den höchsten Beitrag an der Gegensätzlichkeit zwischen zwei Untersuchungsgebieten liefern (Clarke & Gorley 2001).

2.4.4.4 BVSTEP Analyse

Mit Hilfe der BVSTEP Methode werden die Beziehungen zwischen Umweltparametern und ökologischen Gemeinschaften genauer untersucht. Durch Korrelation der biotischen Abundanzdaten mit abiotischen Stationsdaten (hier die Wassertiefe) wurden „Indikatorarten“ identifiziert, indem das Gesamtmuster aller Stationen analysiert wurde. Als Grundlage dienten die Abundanzdaten (Tab. 3) aller Stationen und die daraus generierte Bray-Curtis Ähnlichkeitsmatrix (Tab. A 3). Für die Rankkorrelationen wurde die Spearman Methode benutzt. Dabei wurden erneut quadratwurzeltransformierte Abundanzdaten verwendet (Clarke & Gorley 2001).

2.4.4.5 Fischfauna

Um die Frage beantworten zu können, ob die vorgefundene Makrobenthosfauna im Bereich von 5 m bis 30 m des Kongsfjorden eine Rolle als Nahrungsgrundlage demersaler Fische spielt und wenn ja welche der Arten besonders wichtig dabei sind, wurde in dieser Diplomarbeit die Fischgemeinschaft anhand einer Literaturrecherche untersucht. Leider sind Daten von Mageninhaltsanalysen demersaler Fische aus polaren Gewässern, jedoch nur sehr spärlich vorhanden. Darüber hinaus sind noch keine Nahrungsuntersuchungen benthischer Fische aus dem Kongsfjorden bekannt und nur wenige Studien liefern Daten aus der Region Spitzbergens. Um dennoch Abschätzungen der Nahrungsmengen und Zusammensetzung machen zu können, wurden die Analysedaten der Fischfauna im Kongsfjorden durch Nahrungsuntersuchungen anderer Regionen ergänzt.

3 Ergebnisse

3.1 Makrozoobenthos des Kongsfjorden

Die Ergebnisse der Makrozoobenthosfauna des Untersuchungsgebietes Brandal werden nachfolgend dargestellt, können aber auch im Internet abgerufen werden (Herrmann 2004a).

3.1.1 Repräsentative Probenfläche

Abb. 5 zeigt kumulierte Arten-Areal-Kurven der jeweiligen Tiefenstufen. Durch das

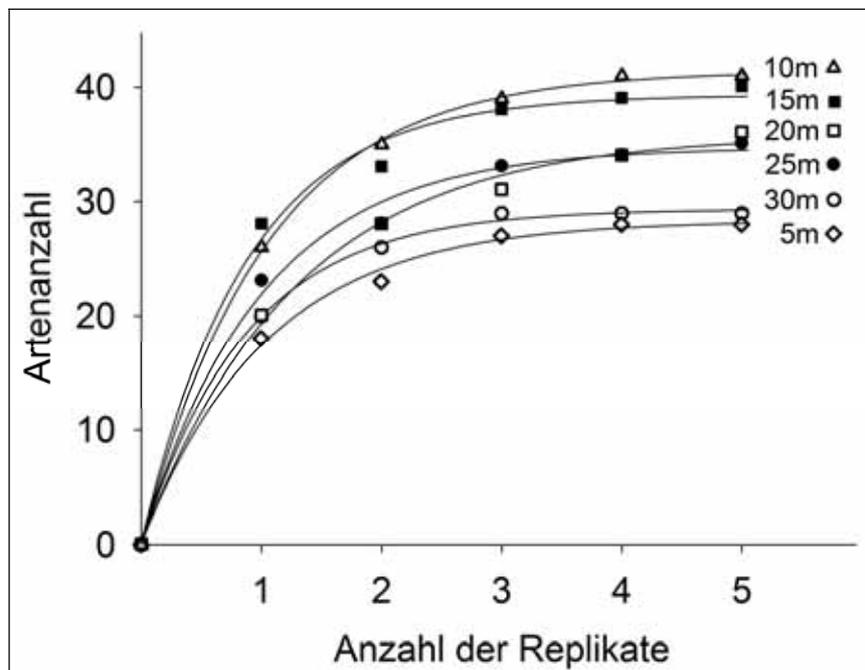


Abb. 5: Kumulierte Arten-Areal-Kurven für alle Stationen, die Anzahl der auftretenden Arten wurde der Größe nach sortiert und gegen die Anzahl der beprobten 192 cm² großen Flächen (Replikate) aufgetragen.

Auftragen der Artenzahlen gegen die Fläche bzw. Anzahl der Replikate, entstehen parabelförmige Kurven, die sich einem Sättigungswert nähern. Da mit dem Anstieg der Replikate ab einem bestimmten Punkt nur noch sehr wenig neue Arten auftreten werden, die kumulierten Arten-Areal-Kurven nähern sich einem Maximum,

ist die Beprobung von 5 Replikaten im Kongsfjorden ausreichend, um mindestens 90 % der Makrozoobenthosfauna im Weichboden zu erfassen (Gray 2001).

3.1.2 Abundanzen und Biomassen

Anhand des Probenmaterials, dass wie in Kapitel 2.2 beschrieben, mit dem Stechkasten (Fläche 0,2 m²) entnommen wurde, konnten insgesamt 3436 Individuen identifiziert werden (siehe Anhang Tab. A 1). Diese Abundanzdaten und die Ergebnisse aus der Biomassenbestimmung wurden auf eine Fläche von 1 m² extrapoliert und für die entsprechenden Stationen in Tab. 4 dargestellt. Durchschnittlich wurden 6293 Individuen m⁻² mit einer durchschnittlichen Biomasse (afTM) von 14 g m⁻² im Weichbodenhabitat von Brandal erfasst. Es konnten insgesamt 63 Taxa gefunden werden, von denen 30 als Erstnachweise für den Kongsfjorden gelten und sieben für Svalbard (verglichen mit Gulliksen *et al.* 1999). Nur 11 der 47 Arten und zusätzlich 16 Familien, die nicht weiter bestimmt werden konnten, besiedelten das komplette Tiefenspektrum von 5 bis 30 m: die Polychaeten *Dipolydora quadrilobata*, *Chaetozone setosa*, *Euchone analis*, *Lumbrineris* sp., *Ophelina* sp., *Scoloplos armiger*, *Spio armata*, *Travisia forbesii*; die Muscheln *Axinopsida orbiculata* und *Crenella decussata* und der Opisthobranchia *Cylichna* cf. *arctica* (Tafel 2, m. re.) Auf der flachsten Station (5 m) konnte der überwiegende Teil aller Amphipoda (80 %) gefunden werden. Auch die Muschel *Cyrtodaria siliqua* (Tafel 2, oben li.) wurde ausschließlich in 5m gesammelt. Im Gegensatz dazu konnte man die Muschel *Ciliatocardium ciliatum* (Tafel 2,

Tab. 3: Durchschnittliche Abundanz- (Ind. m⁻²) und Biomassewerte (g afTM m⁻²) im Benthos des Kongsfjorden (5 bis 30 m) für den Zeitraum Juni – August 2003 (aufsteigend nach Abundanzwerten sortiert).

Taxa	Abundanzen (m ⁻²)	Biomassen (g afTM m ⁻²)
Polychaeten	5314	8,058
Mollusken	632	1,607
Crustaceen	217	0,421
Echinodermen	92	1,991
Anthozoen	14	1,929
Priapuliden	12	0,050
Asciadiaceen	10	0,415
Sipunculiden	2	-
Gesamt	6293	14,471

oben re.), die Schnecke *Oenopota* sp. (Tafel 2, m. li.) und die Würmer *Amphitrite cirrata* und *Orbinia* sp. nur bei 30 m antreffen. Aus der Tab. 3 kann entnommen werden, dass die wesentlichen

Taxa dieser Weichbodengemeinschaft Polychaeten, Mollusken und Crustaceen sind, denn hinsichtlich der Abundanz stellen Polychaeten 84 % der Fauna, Mollusken 10 %, Crustaceen 3 %, Echinodermen 1 % und Sonstige weniger als 1 % (einschließlich Priapuliden, Sipunculiden, Anthozoen and Asciadiaceen). Für die Gesamtbiomasse sind jedoch Crustaceen (3 %), Polychaeten (56 %), Echinodermen (14 %),

Tafel 1: *Axinopsida orbiculata* (oben li.), *Crenella decussata* (oben re.), *Astarte borealis* (m. li.), *Serripes groenlandicus* juvenil (m. re.), *Sclerocrangon boreas* (unten li.) und *Anonyx nugax* (unten re.)



0,5 mm



0,5 mm



5 mm



2 mm



5 mm



2 mm

Anthozoen (13 %), Mollusken (11 %) und Andere (einschließlich Priapuliden, Sipunculiden und Ascidiaceen) mit etwas mehr als 3 % nur gering Bedeutung. Nicht nur innerhalb der Polychaeten hat *Dipolydora quadrilobata* (siehe auch Tafel 3, m. re.) mit Abstand die höchsten Abundanzen, sondern ist auch insgesamt das Tier, das am häufigsten gefunden werden konnte. Den zweit größten Einfluss auf die Abundanzen der Polychaeten hat *Scoloplos armiger* (siehe auch Tafel 3, m. li.). Die Biomassen der Polychaeten werden sehr stark von *Maldanidae* 2 indet. und wiederum von *Scoloplos armiger* geprägt. In der Gruppe der Mollusca zeigten *Axinopsida orbiculata* (Tafel 1, oben li.) und *Crenella decussata* (Tafel 1, oben re.) die höchsten Abundanzen, aber eher geringe Biomassen. Hingegen lieferten *Astarte borealis* (Tafel 1, m. li.) und *Serripes groenlandicus* (Tafel 1, m. re.), mit geringen Abundanzen, die größten Biomassen der Mollusken. Den entscheidenden Anteil der Abundanzen der Crustaceen hat der Amphipode *Crassikorophium crassicorne* (siehe auch Tafel 3, oben li.) Die Biomassen wären höchstwahrscheinlich von dem Decapoda *Sclerocrangon boreas* (Tafel 1, unten li.) bestimmt worden, doch dieses Einzelexemplar wurde nicht verascht, sondern als Referenztier in die Sammlung des Berliner Naturkunde Museums (Tab. A 6) gegeben. Stattdessen stellt der Amphipode *Anonyx nugax* (Tafel 1, unten re.) den größten Biomasseanteil der Crustaceen.

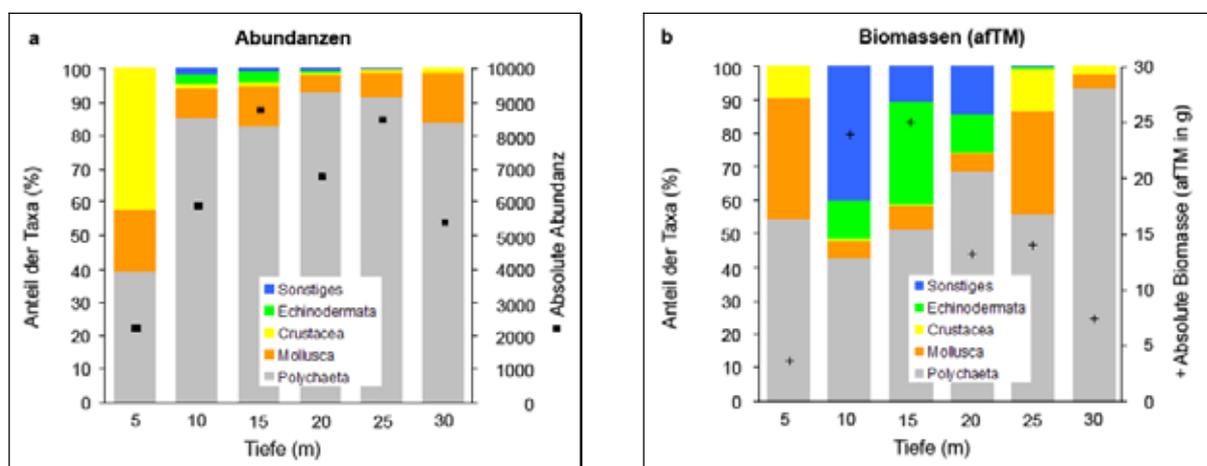


Abb. 6: Prozentuale Verteilung von a) Abundanz- und b) Biomassendaten aller Stationen der Taxa Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata und Sonstige (d.h. Priapulida, Sipunculida, Anthozoa und Ascidiacea)

In Abb. 6 sind prozentuale Verteilungen der Abundanzen (a) und Biomassen (b) der Taxa Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata und Sonstige (einschließlich Priapulida, Sipunculida, Anthozoa and Ascidiacea) grafisch dargestellt.

Tafel 2: *Cyrtodaria siliqua* (oben li.), *Ciliatocardium ciliatum* (oben re.), *Oenopota* sp. (m. li.), *Cylichna cf. arctica* (m. re.), *Travisia forbesii* (unten li.) und *Maldanidae* 2 indet. (unten re.)



0,5 mm



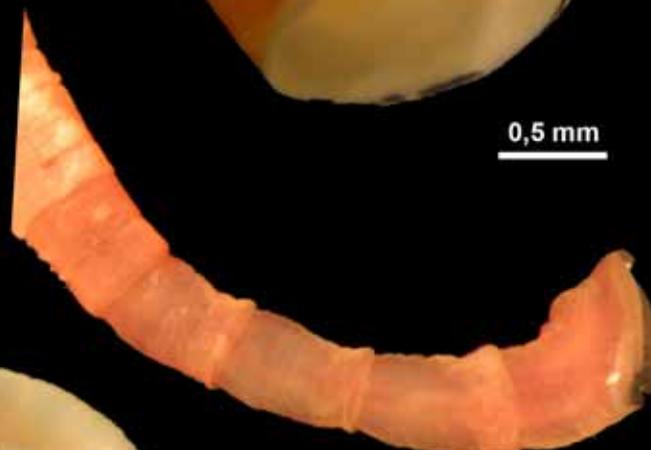
300 μ m



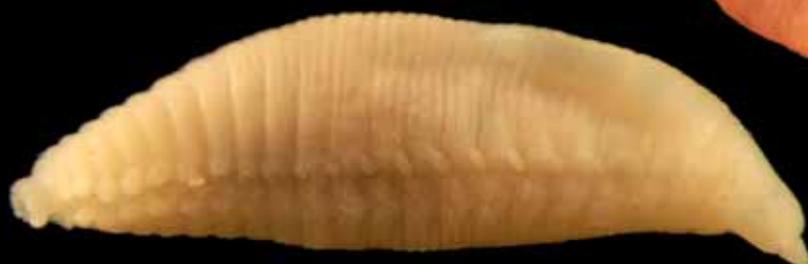
0,5 mm



0,5 mm



1 mm



0,5 mm

Nur in der 5 m Station überwiegt der Anteil der Crustaceen (42 %), gegenüber allen anderen vorhandenen Taxa. Als zeitgrößte Gruppe der 5 m Station treten Polychaeten (40 %) auf, gefolgt von Mollusken (18 %). In den Stationen 10 m bis 30 m zeichnet sich eine homogene Verteilung der Taxa ab: die Polychaeten stellen mit Abstand den größten Anteil (83 % bis 92 %), gefolgt von den Mollusken (5 % bis 15 %), Crustaceen (~ 1 %), Echinodermen (1 % bis 4 %) und Sonstigen (einschließlich Priapuliden, Sipunculiden, Anthozoen and Ascidiaceen), die durchschnittlich den geringsten Anteil (< 2 %) an der Gesamtverteilung der Taxa haben.

Die niedrigsten Abundanzen (siehe Abb. 6a) wurden in der flachsten Station (2260 Individuen m^{-2} , 28 Arten) gefunden, gefolgt von der tiefsten Station (5443 Individuen m^{-2} , 29 Arten). Die mittleren Tiefenbereiche zeigten die höchsten Abundanzen: 10 m mit 5969 Individuen m^{-2} (42 Arten), 15 m mit 8802 Individuen m^{-2} (41 Arten), 20 m mit 6781 Individuen m^{-2} (36 Arten) und 25 m mit 8521 Individuen m^{-2} (35 Arten).

Hinsichtlich der Biomassen (siehe Abb. 6b) lassen die Polychaeten (43 % bis 93 %) immer noch den größten Anteil erkennen, Echinodermen (< 1 % bis 31 %) und Sonstige (1 % bis 40 %) (einschließlich Priapuliden, Sipunculiden, Anthozoen and Ascidiaceen) haben aber einen viel größeren Einfluss auf die Gemeinschaft, als dies bei der Abundanzverteilung der Fall ist. Polychaeten die höchsten Biomassen (93 %) bei 30 m und den geringsten (43 %) bei 10 m. Die Biomassen der Crustaceen liegen zwischen < 1 % und 13 %, wobei größte Biomassen bei 5 m und 25 m erreicht werden. In den Stationen 10 m bis 20 m, wo der Einfluss der Biomassen von Echinodermen und Sonstigen zusammen sehr groß ist, liefern die Mollusken durchschnittlich nur 6 % an Biomasse. An den Stationen 5 m und 25 m haben die Mollusken einen Biomasseanteil von 30 % und 34 %, bei 30 m liegt der Wert bei 4 %.

In Abb. 6b lässt sich ein ähnlicher Trend, wie im Abundanzdiagramm, der sechs beprobten Stationen feststellen. Auch hier sind die Werte in der flachsten Station (5 m) mit einer Biomasse von 3,5 g afTM m^{-2} , gefolgt von der tiefsten Station (30 m) mit 7,3 g afTM m^{-2} am niedrigsten. Die höchsten Biomassen werden in den Stationen 10 m und 15 m, mit 23,9 g afTM m^{-2} und 25,0 g afTM m^{-2} erreicht. Die Stationen 20 m (13,2 g afTM m^{-2}) und 25 m (13,9 g afTM m^{-2}) weisen fast gleich große Biomassen auf.

Tab. 4: Identifizierte Organismen mit mittleren Abundanz (A, Individuen m⁻²) und mittlere Biomassen (B, g afTM m⁻²), n.d. = nicht definiert, Erstnachweis für ¹ Kongsfjorden oder ² Svalbard.

Taxa	5 m		10 m		15 m		20 m		25 m		30 m	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
PRIAPULIDA												
<i>Priapulidus caudatus</i> ¹			21	0,085	10	0,042	21	0,085	21	0,085		
SIPUNCULIDA												
<i>Sipunculida</i> indet.					10	n.d.						
ANTHOZOA												
<i>Edwardsia fusca</i> ¹			63	8,682	10	1,447	10	1,447				
MOLLUSCA												
<i>Astarte borealis</i>									10	3,104		
<i>Astarte sulcata</i> ¹	21	0,075	21	0,075	31	0,113	10	0,038				
<i>Axinopsida orbiculata</i> ¹	10	0,003	10	0,003	271	0,073	10	0,003	302	0,081	326	0,087
<i>Chaetoderma nitidulum</i> ¹									10	n.d.		
<i>Ciliatocardium ciliatum</i>											13	n.d.
<i>Crenella decussata</i> ¹	21	0,001	313	0,148	448	0,196	73	0,051	156	0,077	273	0,129
<i>Cryptonatica affinis</i> ¹			10	0,012	21	0,024						
<i>Cyllichna cf. arctica</i> ¹	52	0,060	21	0,024	73	0,083	52	0,060	10	0,012	26	0,030
<i>Cyrtodaria siliqua</i> ²	52	0,040										
<i>Hiatella rugosa</i> ²	42	0,635	52	0,005	135	0,040	115	0,203			39	0,005
<i>Liocyma fluctuosa</i> ¹	73	0,378	10	0,054	10	0,054	10	0,054				
<i>Macoma</i> sp.			31	0,035	31	0,035	21	0,023	52	0,058	13	0,014
<i>Montacuta</i> sp. ¹	94	0,011					42	0,029			78	0,008
<i>Oenopota simplex</i> ¹	42	0,048	21	0,024	10	0,012	10	0,012				
<i>Oenopota</i> sp.											26	0,030
<i>Polinices pallidus</i>									10	0,012	13	0,015
<i>Serripes groenlandicus</i> ¹			31	0,882	42	1,176	10	0,294	31	0,882		
<i>Thracia septentrionalis</i> ²	10	0,002	10	0,002	10	0,002			10	0,002	13	0,003
POLYCHAETA												
<i>Ampharete cf. baltica</i> ²					42	0,045	31	0,034	229	0,249	378	0,410
<i>Amphitrite cirrata</i>											13	1,679
<i>Apistobranchnus tullbergi</i> ¹					10	n.d.			10	n.d.	65	n.d.
<i>Brada villosa</i> ¹			52	0,117	21	0,298	10	0,006	31	0,005		
<i>Chaetozone setosa</i>	10	0,004	354	0,151	531	0,351	635	0,572	781	0,234	469	0,141
<i>Chone</i> sp. ¹					10	0,073	42	0,291	52	0,363		
<i>Dipolydora quadrilobata</i> ¹	73	0,012	1188	0,198	2344	0,390	1906	0,317	3583	0,596	2018	0,336
<i>Eteone flava</i> ¹			94	0,247	198	0,668	198	0,623	135	0,397	117	0,344
<i>Eteone spetsbergensis</i> ¹			10	0,127								
<i>Euchone analis</i> ¹	167	0,435	1031	1,278	1000	1,039	365	0,540	167	0,208	117	0,146
<i>Glycera capitata</i>							10	n.d.				
<i>Lumbrineris</i> sp.	10	0,133	73	0,933	83	1,066	31	0,400	146	1,865	130	1,665
<i>Maldanidae</i> 1 indet.									31	0,299		
<i>Maldanidae</i> 2 indet.*			177	1,692	417	3,982	271	2,588	188	1,792	65	0,622
<i>Marenzelleria wireni</i> ²	10	0,017	10	0,017								
<i>Ophelia limacina</i>	10	n.d.	52	n.d.	42	n.d.			21	n.d.		
<i>Ophelina</i> sp.	10	n.d.	83	n.d.	63	n.d.	10	n.d.	73	n.d.	39	n.d.
<i>Orbinia</i> sp. ²											13	0,259
<i>Paraonidae</i> indet.									10	n.d.		
<i>Phyllodoce groenlandica</i> ¹			52	1,935	42	1,781	10	0,393				
<i>Polynoinae</i> indet.			31	0,098	21	0,065					13	0,041
<i>Praxillella praetermissa</i> ¹	10	n.d.	31	n.d.			21	n.d.				
<i>Scalibregma inflatum</i>	21	0,121	21	0,121			10	0,060	10	0,060	39	0,227
<i>Scoloplos armiger</i>	83	0,138	1271	2,097	1927	1,985	1906	2,217	1167	0,612	534	0,280
<i>Sigalionidae</i> indet.					21	0,344	10	0,172			13	0,215
<i>Spio armata</i> ¹	365	0,317	385	0,335	323	0,281	750	0,652	1083	0,942	508	0,442
<i>Spio filicornis</i> ¹			10	0,028	10	0,028	21	0,056	42	0,111		
<i>Travisia forbesii</i> ¹	115	0,699	156	0,783	167	0,349	63	0,082	42	0,019	13	0,006
CRUSTACEA												
<i>Anonyx nugax</i> ¹	63	0,167	10	0,066					10	0,066	26	0,165
<i>Crassikorophium crassicorne</i> ¹	729	0,079	10	0,001								
<i>Ischyrocerus megalops</i>			10	0,003	21	0,007						
<i>Monoculodes</i> sp.									31	n.d.		
<i>Onisimus edwardsi</i> ¹	31	0,009			10	0,003	10	0,003	21	0,006		
<i>Paroediceros lynceus</i> ¹	42	0,066	10	0,016								
<i>Priscilla armata</i> ²	52	0,011	10	0,002								
<i>Protomeia</i> sp. ¹	42	0,013	10	0,003			21	0,006			52	0,016
<i>Sclerocrangon boreas</i>									10	1,650		
<i>Synidothea nodulosa</i> ¹			21	0,048	31	0,071			21	0,048		
ECHINODERMATA												
<i>Chiridota laevis</i>			31	1,936	104	6,442	21	1,290				
<i>Holothurioidea</i> indet.					10	n.d.						
<i>Ophiura robusta</i>			135	0,801	208	1,232	31	0,185	10	0,062		
ASCIDIACEA												
<i>Pelonaia corrugata</i>			21	0,830	31	1,246	10	0,415				

* ist wahrscheinlich *Praxillella praetermissa* (A. Bick, Univ. Rostock, pers. Komm.)

3.1.3 Trophische Struktur und Zoogeographie

In Abb. 7 sind die Nahrungstypen der beprobten Makrofauna dargestellt. Es wurden fünf omnivore, 23 karnivore, 25 detritivore und 18 suspensionsfressende Arten katalogisiert. Neun Arten konnte kein Ernährungstyp zugeordnet werden. Hier lag keine entsprechende Information aus der Literatur vor. Omnivore Arten machten den geringsten Anteil der Gesamtartenzahl auf 5 m (3 %) und 10 m (1 %) aus. Karnivoren waren im flacheren häufiger (30 %), als im tieferen Wasser (5 %). Auch Untergrund-Detritivoren bewohnen den „Flachwasserbereich“ häufiger, als andere Stationen. Auf 5 m und 10 m konnten 30 % Untergrund-Detritivore festgestellt werden, bei 30 m nur noch die Hälfte. Einen umgekehrten Trend ließ Oberflächen-Detritivore feststellen. Ein Minimum (13 %) wurde in 5 m ermittelt, ein Maximum (39 %) auf 30 m. Suspensionsfresser bewohnten den 5 m Bereich mit 25 %, während in allen anderen Tiefen 39 % dieses Ernährungstyps zu finden waren.

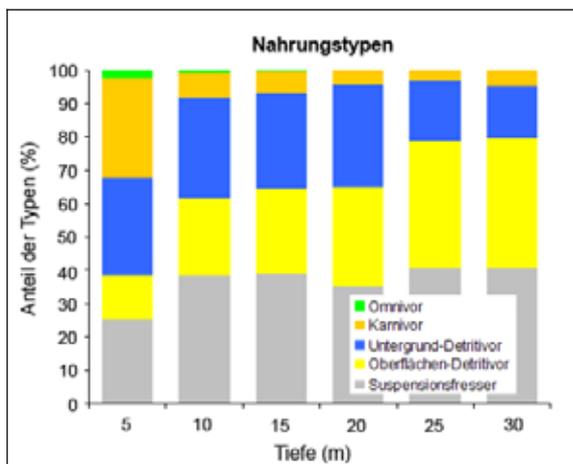


Abb. 7: Nahrungstypen der Makrofauna, unterteilt in Omnivor und Karnivor, sowie in Untergrund-Detritivor, Oberflächen-Detritivor und Suspensionsfresser

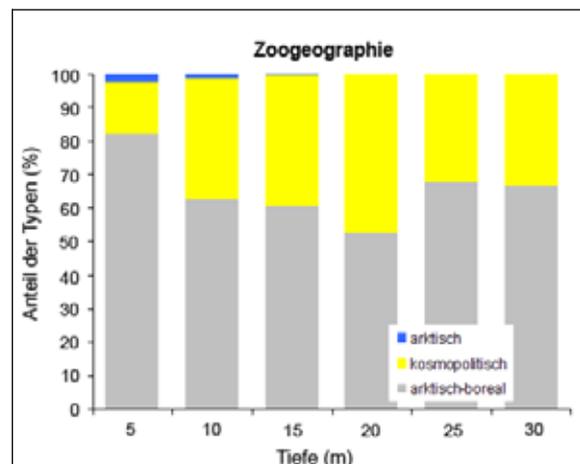


Abb. 8: Zoogeographie der Makrofauna wurde unterteilt in arktische, arktisch-boreale und kosmopolitische Zonen

Eine zoogeographische Einordnung der Arten wird in Abb. 8 gezeigt. Fünf Arten wurden als arktische Arten klassifiziert, 34 als arktisch-boreal und 20 als kosmopolitisch. Es konnten keine borealen Arten gefunden werden. Drei Taxa konnten nicht eingeordnet werden, da auch hier die entsprechende Information der Literatur nicht zu entnehmen war. Auf allen Tiefen war die zoogeographische Artenkomposition sehr ähnlich, mit durchschnittlich 1 % arktischen, 65 % arktisch-borealen und 34 % kosmopolitischen Vertretern. Im Vergleich zu allen anderen Tiefen, konnten tendenziell jedoch mehr arktisch-boreale Arten auf der 5 m Station gefunden werden, wohingegen auf der 30 m Station keine arktischen Arten vorhanden waren.

3.1.4 Ökologische Indizes

Die absoluten Artenzahlen, Mittelwerte von Artenzahlen, sowie die Indizes für die

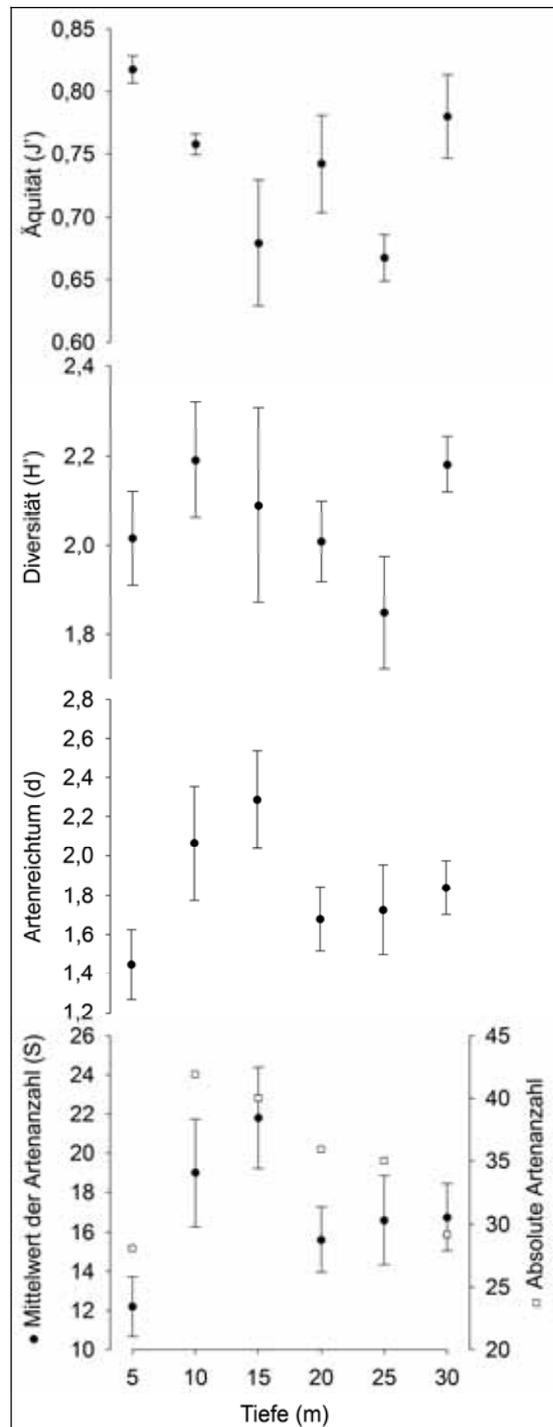


Abb. 9: Dargestellt sind die absolute Artenanzahl, der Mittelwert der Artenanzahl (S), sowie der Margalef Index (d), der Shannon-Wiener Index (H') und der Pielou Index (J') der jeweiligen Stationen (Tiefe in m), als Fehler ist hier der Standardfehler (SF) angegeben.

Die Diversität (H'), den Artenreichtum (d) und die Äquität (J') mit den dazugehörigen Standardfehlern (SF) der jeweiligen Station sind in Abb. 9 für die Weichbodenmakrofauna des Kongsfjorden dargestellt. Die geringste absolute Artenanzahl von 28 wurde in der 5 m Station ermittelt. In den Stationen 10 m bis 20 m war die Gesamtartenanzahlen mit 36 und 42 am höchsten.

Die Grafik der mittleren Artenanzahlen (Abb. 9 unten linke Skala) zeigt eine ähnliche Tendenz zu der Grafik der absoluten Artenzahlen (Abb. 9 unten rechte Skala). Auch hier wurde für die 5 m Station mit durchschnittlich 12 (2 SF) Arten der geringste Wert erreicht. Durchschnittlich leben die meisten Arten auf 15 m (22 ± 3 SF).

Der Margalef Index (d) hat sein Minimum bei 1,45 (0,18 SF) und sein Maximum bei 2,23 (0,25 SF). Der Verlauf der Artenreichtumskurve ähnelt dem der Artenanzahlkurve, da d quasi nur eine andere Darstellung von S ist.

Die 25 m Station zeigte die geringste Diversität von 1,85 (0,28 SF). In „mittlerer“ Wassertiefe von 10 m wurde die höchste Diversität mit 2,19 (0,29 SF) erreicht. Die Gesamtdiversität lag bei 2,06 (0,12 SF).

Die Höchste Äquität konnte auf 5 m ($0,82 \pm 0,01$ SF) und die niedrigste auf 25 m ($0,67 \pm 0,02$ SF) festgestellt werden.

3.1.5 Gemeinschaftsanalysen

3.1.5.1 Cluster- und MDS Analysen

Die Weichbodengemeinschaft im Tiefenbereich (5 m bis 30 m) des Kongsfjorden wurde anhand von Abundanz- und Biomassedaten mittels Clusteranalyse untersucht. Das Resultat der Berechnung wird jeweils in einem Dendrogramm für die Abundanzen (Abb. 10) und für die Biomassen (Abb. 11) gezeigt. Die zugehörigen Ähnlichkeitsmatrizen für Abundanzen (Tab. A 3) und Biomassen (Tab. A 4) sind im Anhang aufgeführt.

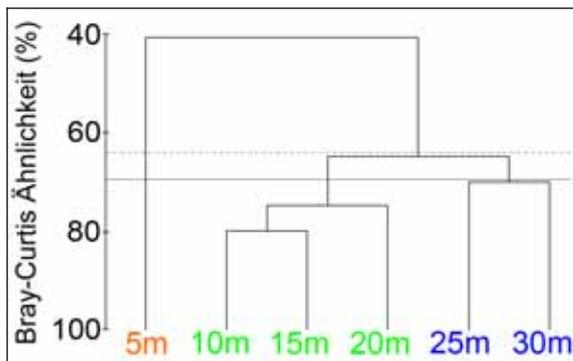


Abb. 10: Aus der Clusteranalyse resultierendes Dendrogramm visualisiert die Abundanz-Daten. Gestrichelte Linie: Zwei Gruppen werden bei einer willkürlich gewählten Ähnlichkeit von 62% definiert. Durchgezogene Linie: Drei Gruppen werden bei einer Ähnlichkeit von 69% separiert. Gruppe I ist orange, Gruppe II grün und Gruppe III blau gedruckt.

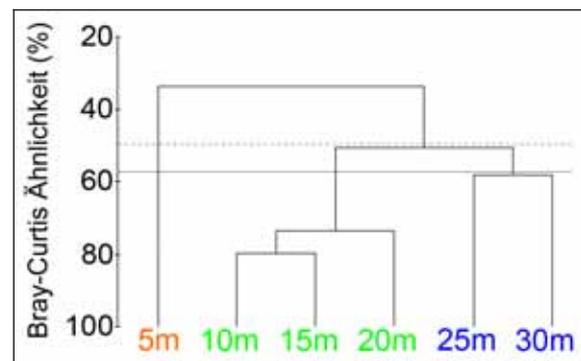


Abb. 11: Aus der Clusteranalyse resultierendes Dendrogramm visualisiert die Biomasse-Daten. Gestrichelte Linie: zwei Gruppen werden bei einer willkürlich gewählten Ähnlichkeit von 49% definiert. Durchgezogene Linie: Drei Gruppen werden bei einer Ähnlichkeit von 58% separiert. Gruppe I ist orange, Gruppe II grün und Gruppe III blau gedruckt.



Abb. 12: Aus der MDS-Analyse resultierender Plot visualisiert die Abundanz-Daten. Gruppe I ist orange, Gruppe II grün und Gruppe III blau gedruckt.



Abb. 13: Aus der MDS-Analyse resultierender Plot visualisiert die Biomasse-Daten. Gruppe I ist orange, Gruppe II grün und Gruppe III blau gedruckt.

Beide Analysen, für Abundanzen und Biomassen, spiegeln ein ähnliches Bild wieder. Dabei lassen sich den 6 untersuchten Stationen drei Gruppen zuordnen (siehe auch

Abb. 14), die sich nach ihren charakteristischen abiotischen Kennzeichen wie folgt bezeichnen lassen:

- Gruppe I:** „Flachwasser“ – Gemeinschaft (5 m Station);
- Gruppe II:** „Mittlere Tiefe“ – Gemeinschaft (10 m bis 20 m Stationen);
- Gruppe III:** „Tiefwasser“ – Gemeinschaft (25 m bis 30 m Stationen).

Die drei Gemeinschaften wurden zusammen mit den nachfolgende Ergebnissen der statistischen Analysen in Abb. 14 zeichnerisch dargestellt.

Die „Flachwasser“ – Gruppe unterscheidet sich stark Rest. Die Gruppen II und III bildeten zwei ähnliche, jedoch noch trennbare Untergruppen mit den „mittleren“ Tiefenstufen und den „tieferen“ Stationen. Unterschiede lassen sich im Bray-Curtis Koeffizienten erkennen: Während sich bei der auf Abundanzdaten basierenden Clusteranalyse bei einer Ähnlichkeit von 62 % zwei Gruppen und bei 69 % drei Gruppen ergeben, werden bei der auf Biomassedaten basierenden Clusteranalyse zwei Gruppen bereits bei einer Ähnlichkeit von 49 % und drei Gruppen bei 58 % getrennt.

Die Resultate der MDS Methode wurden grafisch in Abb. 12 und in Abb. 13 dargestellt. Die Stationsbezeichnungen dieser MDS-Plots sind mit denselben farblichen Beschriftungen versehen, die in Abb. 10 und Abb. 11 benutzt wurden. Beide MDS-Plots korrelieren mit den Dendrogrammen der Clusteranalyse. Sowohl im Abundanz-Daten Plot (Abb. 12), als auch im Biomasse-Daten Plot (Abb. 13) lassen sich, mehrere deutlich voneinander trennbare Stationsgruppen feststellen. In beiden MDS-Plots bilden sich zwei ähnliche, aber dennoch unterscheidbare Untergruppen, jeweils analog mit der gleichen prozentualen Ähnlichkeit, wie in Abb. 10 und Abb. 11: die 5 m Station („Flachwasser“ orange markiert) trennt sich von den restlichen Stationen („Mittlere Tiefe“ grün, „Tiefwasser“ blau markiert). Geringe Ähnlichkeitsunterschiede bezüglich der Abundanzen und Biomassen lassen sich zwischen den Gruppen 10 m bis 20 m und 25 m bis 30 m erkennen. Im Abundanzdatenplot sind die Gruppen „Mittlere Tiefe“ (grün markiert) und „Tiefwasser“ (blau markiert) ähnlicher zueinander, als im Biomasseplot. Innerhalb der Gruppe „Tiefwasser“ ist die Distanz im Biomasseplot zwischen der 25 m Station und der 30 m Station größer, als im Abundanzdatenplot.

Der Stressfaktor von 0,02 dokumentiert in beiden Plots eine sehr gut erreichte statistische Güte.

3.1.5.2 ANOSIM 1 Analyse

Die ANOSIM 1 ergab einen R-Wert von 0,422 ($p < 0,001$), was für eine gute Unterscheidbarkeit der einzelnen Stationen, jedoch einigen Überlappungen, spricht. Dies

Tab. 5: R Statistik als Ergebnisse der paarweisen ANOSIM 1-Analyse, klare Unterschiede ($R > 0,75$) sind orange, gute Unterschiede ($R \approx 0,5$) grün und geringe Unterschiede ($R < 0,25$) blau gedruckt.

	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
10 m	0,86				
15 m	0,92	-0,09			
20 m	0,88	0,11	0,10		
25 m	0,98	0,66	0,34	0,18	
30 m	0,87	0,76	0,49	0,39	0,18

30 m, obwohl diese Bereiche (grün markiert) Unähnlichkeiten zeigten. Für die verbleibenden paarweisen Vergleiche gab es kaum erkennbare Unterschiede (blau markiert).

wird besonders deutlich, wenn man die R Statistik der Vergleichsstationen (Tab. 5) betrachtet. Signifikant unterschied sich die 5 m Station im Artenreichtum von allen anderen Tiefen. Auch die 10 m Station zeigte eine hohe Unähnlichkeit gegenüber 30 m Station (orange markiert). Noch gut zu unterscheiden waren die Stationen 10 m von 25 m, 15 m von 25 m, 15 m von 30 m und 20 m von

3.1.5.3 SIMPER Analyse

Einen Überblick über die Arten, die für das Zustandekommen des typischen Makrozoobenthosmusters der einzelnen Stationen, sowie für die Gemeinschaftsunterschiede bei paarweisen Vergleichen zwischen den Stationen verantwortlich sind, liefert die in Tab. 6 abgebildete SIMPER Analyse. Beispielsweise beträgt die mittlere Ähnlichkeit der 5 m Station 46 %, zu der die Tiere *Crassicorophium crassicorne* und *Spio armata* mit einer mittleren Ähnlichkeit zwischen den Stationen (Av. Sim.) von 15 % und 12 % beziehungsweise mit einem prozentualen Beitrag (Contrib %) von 32 % und 26 %, kumuliert zu 32 % und 57 % beitragen. Der Tab. 6 kann entnommen werden, dass von den gesamt gefunden 63 Taxa, je nach Station nur zwischen 8 und 13 Taxa für das Gesamtbild der einzelnen Stationen hauptverantwortlich sind. Ausgehend von diesen Hauptarten, werden im Folgenden Arten als dominant bezeichnet, die mit mindestens 10 % zur Gemeinschaft beitragen. Im Kapitel 3.1.6 wird gesondert auf diese Arten eingegangen. Auf der 5 m Station sind die dominanten Arten *Crassicorophium crassicorne* (32 %), *Spio armata* (26 %), *Hiatella rugosa* (6 %) und *Travisia forbesii* (5 %). Alle anderen Tiefenstufen werden von *Scoloplos armiger*

(11 % bis 22 %) and *Dipolydora quadrilobata* (14 % bis 31 %) dominiert. *Euchone analis* dominiert 10 m und 15 m (10 %, 14 %), *Spio armata* 10 m, 20 m bis 30 m (11 % bis 14 %) und *Chaetozone setosa* 20 m bis 30 m (11 % bis 14 %). Korrespondierend zur ANOSIM 1 und MDS-Analyse wird auch hier deutlich, dass sich die 5 m Station, durch das divergente Arteninventar auf den 4 ersten Rangplätzen der SIMPER Analyse, von den anderen Stationen unterscheidet. Die hohe Ähnlichkeit innerhalb der beiden Gemeinschaften 10 m bis 20 m und 25 m bis 30 m lässt sich erst durch das Betrachten der restlichen Rangplätze erkennen, wenn auch mit leicht verschiedener Rangfolge. Die Abundanzverteilung zeigt innerhalb der ranghöchsten Arten eine große Spanne, die von weniger als 50 *Oenopota simplex* pro Quadratmeter (5 m Station) bis zu mehr als 3500 *Dipolydora quadrilobata* pro Quadratmeter (25 m Station) reicht.

3.1.5.4 BVSTEP Analyse

Die SIMPER Analyse zeigte, welche der insgesamt 63 Arten für die paarweisen Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen verantwortlich sind. Wie bereits einleitend erwähnt spielt die Wassertiefe als abiotischer Faktor eine große Rolle bei der Beschaffenheit von Gemeinschaften. In einem letzten Rechenschritt wird deshalb mit der BVSTEP Methode die Wassertiefe als abiotische Variable zur Feststellung der Artenzusammensetzung herangezogen. Aus dieser Analyse resultieren lediglich drei Indikatorarten von den insgesamt 63 identifizierten Arten, wobei die Dominanz dieser drei Arten bei ca. 98 % aller Individuen ($p = 0,975$) liegt. Die Indikatorarten sind:

Dipolydora quadrilobata (Tafel 3, m. re.),

Euchone analis (Tafel 3, unten li.) und

Scoloplos armiger (Tafel 3, m. li.)

Tab. 6: Ergebnisse der SIMPER Analyse: Dargestellt sind nur ranghöchste Taxa, die zu insgesamt 90 % (> 10 % blau, > 5 % grün) der Ähnlichkeit beitragen, mit mittlerer Abundanz (Av. Abund.), mittlerer Ähnlichkeit zwischen den Stationen (Av. Sim.), Standardabweichung der Ähnlichkeit (Sim/SD), prozentualer Beitrag (Contrib %), kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten (Cum. %).

	Taxa	Av. Abund.	Av. Sim.	Sim/SD	Contrib %	Cum. %
5 m Station Av. Sim.: 45,99 %	<i>Crassikorophium crassicorne</i>	729,17	14,64	4,86	31,82	31,82
	<i>Spio armata</i>	364,58	11,79	3,47	25,64	57,46
	<i>Hiatella rugosa</i>	41,67	2,89	1,12	6,28	63,74
	<i>Travisia forbesii</i>	114,58	2,35	0,61	5,10	68,84
	<i>Euchone analis</i>	166,67	1,89	0,56	4,11	72,94
	<i>Montacuta</i> sp.	93,75	1,65	0,60	3,59	76,53
	<i>Anonyx nugax</i>	62,50	1,58	0,61	3,43	79,97
	<i>Oenopota simplex</i>	41,67	1,58	0,61	3,43	83,40
	<i>Priscilla armata</i>	52,08	1,51	0,61	3,29	86,69
	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	72,92	1,44	0,62	3,12	89,81
	<i>Cylichna cf. arctica</i>	52,08	1,28	0,62	2,79	92,60
10 m Station Av. Sim.: 56,99 %	<i>Scoloplos armiger</i>	1270,83	11,76	2,70	20,63	20,63
	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	1187,50	8,18	2,95	14,35	34,98
	<i>Euchone analis</i>	1031,25	7,72	4,72	13,55	48,53
	<i>Spio armata</i>	385,42	6,08	2,67	10,66	59,19
	<i>Chaetozone setosa</i>	354,17	5,46	3,18	9,57	68,77
	<i>Travisia forbesii</i>	156,25	4,06	6,05	7,13	75,90
	<i>Maldanidae 2 indet.</i>	177,08	3,65	5,25	6,41	82,31
	<i>Ophelina</i> sp.	83,33	1,92	1,11	3,37	85,68
	<i>Crenella decussata</i>	312,50	1,54	0,61	2,71	88,39
	<i>Eteone flava</i>	93,75	1,02	0,61	1,79	90,18
15 m Station Av. Sim.: 60,09 %	<i>Scoloplos armiger</i>	1927,08	9,76	1,69	16,24	16,24
	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	2343,75	9,19	4,95	15,29	31,54
	<i>Euchone analis</i>	1000,00	6,30	3,38	10,48	42,02
	<i>Chaetozone setosa</i>	531,25	5,10	5,42	8,49	50,51
	<i>Crenella decussata</i>	447,92	3,89	2,98	6,48	56,99
	<i>Spio armata</i>	322,92	3,55	3,18	5,91	62,90
	<i>Maldanidae 2 indet.</i>	416,67	3,54	2,78	5,90	68,80
	<i>Eteone flava</i>	197,92	3,42	4,46	5,69	74,48
	<i>Ophiura robusta</i>	208,33	3,02	5,14	5,02	79,50
	<i>Axinopsida orbiculata</i>	270,83	2,86	3,24	4,76	84,26
	<i>Hiatella rugosa</i>	135,42	1,71	1,13	2,85	87,11
	<i>Travisia forbesii</i>	166,67	1,57	1,10	2,61	89,72
	<i>Cylichna cf. arctica</i>	72,92	1,49	1,10	2,49	92,21
20 m Station Av. Sim.: 56,31 %	<i>Scoloplos armiger</i>	1906,25	12,20	2,61	21,66	21,66
	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	1906,25	8,92	1,15	15,85	37,51
	<i>Chaetozone setosa</i>	635,42	8,14	4,37	14,46	51,97
	<i>Spio armata</i>	750,00	7,10	2,15	12,60	64,57
	<i>Euchone analis</i>	364,58	4,14	1,12	7,36	71,93
	<i>Maldanidae 2 indet.</i>	270,83	3,80	2,08	6,75	78,68
	<i>Eteone flava</i>	197,92	3,77	6,52	6,70	85,38
	<i>Hiatella rugosa</i>	114,58	3,36	4,47	5,96	91,34
25 m Station Av. Sim.: 59,46 %	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	3583,33	18,25	5,63	30,69	30,69
	<i>Scoloplos armiger</i>	1166,67	9,09	3,07	15,28	45,97
	<i>Spio armata</i>	1083,33	8,46	4,59	14,23	60,20
	<i>Chaetozone setosa</i>	781,25	6,51	4,30	10,94	71,14
	<i>Eteone flava</i>	135,42	3,32	3,69	5,58	76,73
	<i>Lumbrineris</i> sp.	145,83	3,16	2,99	5,32	82,04
	<i>Ampharete cf. baltica</i>	229,17	1,96	1,06	3,30	85,34
	<i>Macoma</i> sp.	52,08	1,54	1,10	2,59	87,93
	<i>Axinopsida orbiculata</i>	302,08	1,31	0,60	2,20	90,13
30 m Station Av. Sim.: 65,16 %	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	2018,23	14,23	6,60	21,84	21,84
	<i>Spio armata</i>	507,81	7,58	4,49	11,64	33,47
	<i>Chaetozone setosa</i>	468,75	7,42	4,86	11,39	44,87
	<i>Scoloplos armiger</i>	533,85	7,17	5,73	11,00	55,87
	<i>Axinopsida orbiculata</i>	325,52	6,27	13,70	9,62	65,49
	<i>Crenella decussata</i>	273,44	5,67	5,77	8,70	74,19
	<i>Ampharete cf. baltica</i>	377,60	3,82	0,91	5,87	80,06
	<i>Eteone flava</i>	117,19	2,38	0,91	3,66	83,72
	<i>Montacuta</i> sp.	78,13	1,71	0,90	2,63	86,34
	<i>Maldanidae 2 indet.</i>	65,10	1,57	0,87	2,42	88,76
	<i>Lumbrineris</i> sp.	130,21	1,56	0,87	2,40	91,16

3.1.6 Dominante Arten

Im Folgenden wird auf die Verbreitung, Ökologie sowie Biologie der ranghöchsten Arten eingegangen, die aus der statistische Methode SIMPER (Kap. 3.1.5.3) resultieren. Dabei werden die Arten genauer betrachtet werden, die jeweils mit mindestens 10 % zur Ähnlichkeit der Gesamtgemeinschaftsstruktur beitragen (siehe Tab. 6, blaue Markierung). Leider sind Literaturangaben teilweise noch sehr lückenhaft. Dennoch wird hier versucht die vorhandene Information der jeweiligen Tiere zusammenfassend darzustellen. Für diese dominanten Arten werden im Folgenden die allgemeinen Verbreitungsgebiete und die Systematik mit Hilfe von Hartmann-Schröder (1996) wiedergegeben. Aussagen über die Verbreitung der Arten von Svalbard konnten mit Gulliksen *et al.* (1999) gemacht werden.

***Crassikorophium crassicorne* BRUZELIUS, 1859 (Tafel 3, oben li.)**

Systematik: Unterordnung Gammaridea, Familie Corophiidae

In der vorliegenden Diplomarbeit reiht sich diese Art, als einziger Amphipoda in die Gruppe der dominanten Tiere ein, die im Übrigen nur von Polychaeten getragen wird. Die Verbreitung der Art ist als arktisch-boreal bekannt.

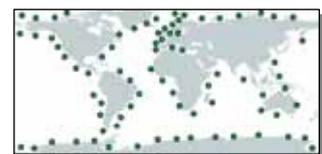


Im Kongsfjorden konnte *Crassikorophium crassicorne* zum ersten Mal durch diese Diplomarbeit nachgewiesen werden. Der Flohkrebs wurde auf den Stationen 5 m bis 10 m gefunden. Die Art ernährt sich an der Sedimentoberfläche. Als Nahrungsquelle wird organisches Material genutzt, was sich am Meeresboden angesammelt hat. Neben Detritus können auch Bakterien und Mikroalgen aufgenommen werden (Schellenberg 1942). Der 5 mm lange, braune Amphipoda lebt meist vergraben im schlammigen Sand (Kästner 1967). Es ist jedoch anzunehmen, dass er sich wie *Corophium volutator* schwimmend fortbewegen kann (Lawrie & Raffaelli 1998). Damit wäre diese Art die mobilste, die im Kongsfjorden zwischen 5 m und 30 m im Weichboden gefunden wurde.

***Chaetozone setosa* MALMGREN, 1867 (Tafel 3, unten re.)**

Systematik: Ordnung Cirratulida, Familie Cirratulidae

Dieser kosmopolitische Polychaet ist auch von Svalbard, einschließlich des Kongsfjorden bekannt.



Chaetozone setosa lebt gewöhnlich im flachen



0,5 mm



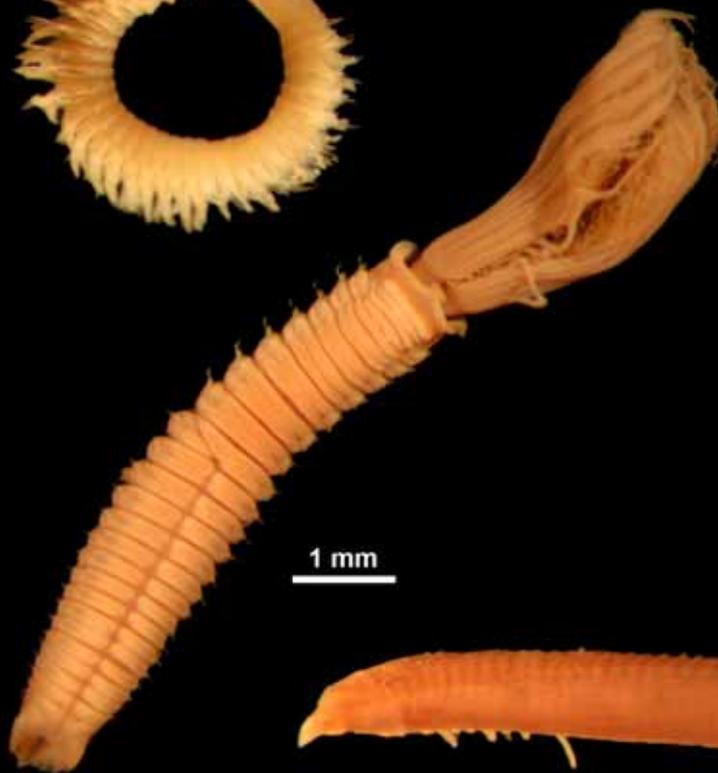
0,5 mm



1 mm



300 µm



1 mm



0,5 mm

Wasser, kann aber auch bis in Tiefen von über 4000 m vorkommen (Christie 1985). Während dieser Studie konnte die Art im Kongsfjorden in allen Tiefen (5 m bis 30 m) festgestellt werden. Die Art wird bis 25 mm lang und ernährt sich an der Bodenoberfläche detritivor und kann in Fjorden auch bei mindestens vorübergehend mesohalinen Salzkonzentrationen überleben (Hartmann-Schröder 1996). Der Reproduktionszyklus dieser Art wurde noch nicht vollständig geklärt, jedoch konnte in Frankreich in der Bucht von Brest beobachtet werden, dass sich Juvenile im Januar rekrutieren und im Frühling sowie Sommer heranwachsen. Im Herbst bricht die Population dort wieder zusammen, bis sie im Winter fast völlig verschwindet (Hily 1987). Dieser Polychaet lebt, ohne eigene Röhre, bevorzugt auf schlammigen Böden, kann aber auch feine Sedimente bewohnen, die aus feinem Sand bis hin zum Schlamm bestehen können. Erreicht die Sulfidzone die Sedimentoberfläche, so nehmen die Dichten dieser Art rasch ab. Eine sehr wichtige Rolle spielt diese Art bei der Wiederbesiedlung von gestörten Habitaten. Laut Literatur soll *Chaetozone setosa* während Sukzessionen in den ersten zwei Jahren eine der dominantesten Arten und somit ein guter Indikator für kurzzeitige Dynamiken in Schlamm und Feinsand Sediment sein (Hily 1987). Dies kann jedoch durch die vorliegende Untersuchung nicht bestätigt werden.

Dipolydora quadrilobata (JACOBI, 1883) (Tafel 3, m. re.)

Systematik: Ordnung Spionida, Familie Spionidae

Der arktisch-boreale Polychaet, früher *Polydora quadrilobata*, wurde zuerst von Jacobi (1883) für den Kieler Hafen beschrieben. Für Svalbard wurde diese Art bis jetzt noch nicht nachgewiesen, konnte jedoch während dieser Studie im Kongsfjorden in allen Stationen (5 m bis 30 m) gefunden werden. *Dipolydora quadrilobata* hat in dieser Untersuchung mit Abstand die höchsten Abundanzen aller Arten. Spionidae werden allgemein als „Interface-Fresser“ klassifiziert. Sie ernähren sich an der Sediment-Wasser Grenzschicht entweder in benthischen Sedimenten von Detritus oder, anders als die zweitdominante Art *Scoloplos armiger*, durch filtern der darüber liegenden Wasserschicht. Spionidae Polychaeten bauen U-förmige Röhren im Sediment, indem sie mit ihrem Schleim das umliegende Material verfestigen. Sie erreichen mit ihren Palpen die Sedimentoberfläche und können somit in die Wassersäule nach Nahrungspartikel suchen. Palpen am Prostomium spielen nicht nur bei der Nahrungsaufnahme mechanisch eine wichtige Rollen, sondern sind auch durch ihre Chemorezeptoren mit sensorischen Funktionen für Spioniden von großer Bedeutung (Riordan Jr. & Lindsay 2002). Detritusmaterial und Planktonorganismen dienen



nicht nur als Nahrung, sondern auch zum Bau der Röhren. *Dipolydora quadrilobata* kann bis zu einer Länge von 25 mm heranwachsen und zeigt eine große Anpassung an das Nahrungsangebot sowie an die Bedingungen der Bodenbeschaffenheit, obwohl seine Röhre nur aus feinem Baumaterial besteht. Damit ist der opportunistische Polychaet nicht an eine bestimmte Korngrößenzusammensetzung des Sedimentes gebunden, sondern kommt in sehr unterschiedlichen Böden vor (Hempel 1957). An der Niederländischen Nordseeküste beträgt die maximale Lebensspanne der Art 1 bis 1½ Jahre, mit einer Hauptkohorte pro Jahr (Lambeck & Valeintijn 1987). An der nördlichen Neuengland Küste konnte man feststellen, dass der Brutvorgang durch female Brutpflege, in der eigenen Röhre, während der Wintermonate stattfindet. Außerdem hat man dort festgestellt, dass *Dipolydora quadrilobata* in der gleichen Brut-saison, zwei Entwicklungstypen nebeneinander ausbildet. In dem einen Entwicklungstyp ernähren sich die Larven von unbefruchteten Eiern und haben nur ein kurzes pelagisches Stadium, während im anderen Typ keine unbefruchteten Eier existieren und die Larven eine längere Zeit pelagisch leben (Blake 1969).

Euchone analis (KRØYER, 1865) (Tafel 3, unten li.)

Systematik: Ordnung Sabellida, Familie Sabellidae, U.-familie Fabriciinae

Der Polychaet ist eine arktisch-boreale Art. Er wurde bereits



aus vielen Regionen von Svalbard beschrieben, jedoch bis jetzt noch nicht aus dem Kongsfjorden, wo diese Studie Tiere in 5 m bis 30 m nachweisen konnte. *Euchone analis* lebt in einer membranösen, mit Sandkörnern oder Detritus behafteten Röhre und ernährt sich als Suspensionsfresser. Die Tiere sind meist nie größer als 10 mm. In der Disko Bucht in Westgrönland konnten geschlechtsreife Tiere jedoch schon bei einer Körpergröße von 4 mm bis 6 mm beobachtet werden. Reife Eier und Spermatischen wurden dort sowohl in den Sommerproben als auch in den Herbstproben gefunden. Es scheint dort eine Hauptlaichaktivität im Herbst oder Winter zu geben (Curtis 1977).

Scoloplos armiger (O.F. MÜLLER, 1776) (Tafel 3, m. li.)

Systematik: Ordnung Orbiniida, Familie Orbiniidae, U.-familie Orbiniinae

Scoloplos armiger ist eine kosmopolitische, euryöke Art und



besiedelt das Eulitoral sowie Bathyal. Selbst in weiten Teilen von Svalbard - und auch im Kongsfjorden - ist der Polychaet schon lang bekannt. Im Untersuchungsgebiet dieser Studie war die Art auf allen beprobten Tiefen (5 bis 30 m) präsent und

nach *Dipolydora quadrilobata* die zweithäufigste Art. *Scoloplos armiger* lebt in allen Sedimenttypen vom Grobsand bis zu Silt und Ton, scheint aber mit der Tiefe feinere Sedimente zu bevorzugen. Er lebt vagil - mit einer Siedlungstiefe von 5 bis 20 cm - im Sediment und ist somit nicht wie sedentäre Polychaeten durch den Bau einer Röhre an einen Ort gebunden. Vor Fressfeinden schützt er sich, indem er die Oberfläche des Sedimentes meidet und endobenthisch lebt. Dennoch ist er aber Nahrungsgrundlage von vielen Fischen und karnivor lebenden Polychaeten. Adulte Tiere ernähren sich als Sedimentfresser, wohingegen Juvenile hauptsächlich Diatomeen fressen. Der adulte, bis zu 120 mm lange, sich getrenntgeschlechtlich durch so genannte Laichbeeren fortpflanzende Polychaet, wird erst im zweiten Lebensjahr geschlechtsreif. An der deutschen Nordseeküste wurde eine Laichzeit von März bis April festgestellt, diese kann jedoch abhängig von der geographischen Lage variieren. Außerdem wurde durch die selbe Forschungsarbeit erkannt, dass ähnlich wie *Chaetozone setosa*, *Scoloplos armiger* eine wichtige Rolle bei Wiederbesiedlungsprozessen spielt (Weber 1990).

Spio armata (THULIN, 1957) (Tafel 3, oben re.)

Systematik: Ordnung Spionida, Familie Spionidae

Die Verbreitung des Polychaeten wird als arktisch-boreal beschrieben. Auf Svalbard wurde *Spio armata* zuvor nur an der Südküste gefunden. Durch diese Studie ist die Art nun auch im Kongsfjorden (5 bis 30 m) nachgewiesen. Über seine Biologie ist sehr wenig bekannt, bei der Bearbeitung der Proben konnte jedoch festgestellt werden, dass diese Tiere sehr zerbrechlich in Sandröhren leben, die mit einer Sekretmembran ausgekleidet sind. *Spio armata* hat eine Körperlänge von etwa 13 mm, ernährt sich an der Bodenoberfläche als Suspensionsfresser und in schlammigem Sand, der zum Teil mit Muschelfragmenten und Steinen durchmischt ist und häufig leicht nach H₂S riecht (Oug 2001).

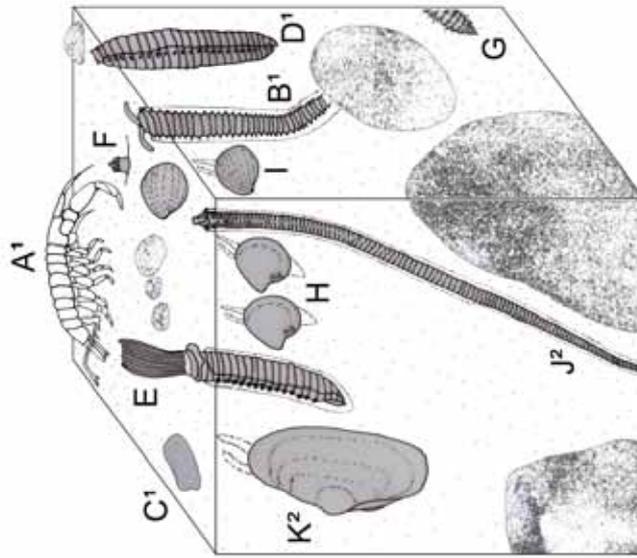


Für das bessere Verständnis der Weichbodenfauna im Tiefenbereich von 5 m bis 30 m des Kongsfjorden ist neben dem Wissen über die Biologie der „10 %-Arten“ (Tab. 6, blaue Markierung) auch ein visueller Gesamteindruck hilfreich. Abb. 14 fasst die Ergebnisse der Gemeinschaftsanalyse (3.1.5) zusammen, indem typische Vertreter der entsprechenden Wassertiefen dargestellt wurden. Eingezeichnet wurden auch Arten, die mindestens 5 % (Tab. 6, grün markiert) zur Gemeinschaft beitragen und solche Arten die nur auf der jeweiligen Tiefenstufe gefunden werden konnten. Des

Weiteren wurde versucht auf die Bodenbeschaffenheit einzugehen, indem mehrere kleine Steine in der Gemeinschaft I (5 m), nur noch wenige in der Gemeinschaft II (10 m bis 20 m) und schließlich keine Steine mehr in der Gemeinschaft III (25 m bis 30 m) skizzenhaft abgebildet wurden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Organismen in Abb. 14 nicht maßstabsgetreu gezeichnet wurde. Um keinen falschen Eindruck von der Bodenbeschaffenheit zu bekommen, sollte man auch beachten, dass die Steine in der Realität nur wenige Millimeter groß sind und die im Umfeld lebenden Tiere noch viel kleiner sind. Außerdem soll die Abb. 14 die bereits in Kap. 3.1.2 beschriebenen Ergebnisse durch die optische Anschauung festigen.

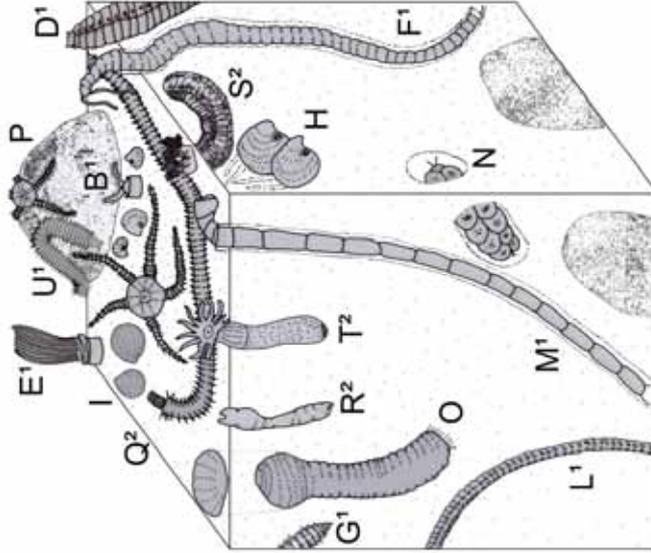
Gruppe I:

„Flachwasser“ – Gemeinschaft
(5 m Station)



Gruppe II:

„Mittlere Tiefe“ – Gemeinschaft
(10 m bis 20 m Stationen)



Gruppe III:

„Tiefwasser“ – Gemeinschaft
(25 m bis 30 m Stationen)

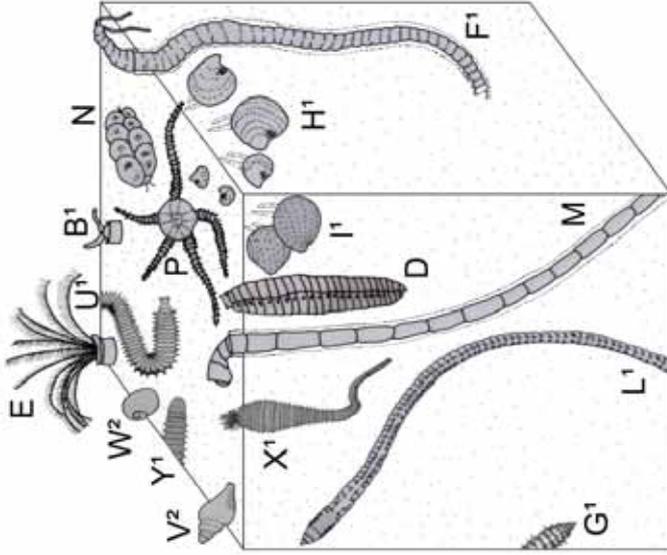


Abb. 14: Typische Vertreter (¹ Arten, die mindestens 5% innerhalb der jeweiligen Gemeinschaft dominieren, ² Arten, die nur aus entsprechender Tiefe gesammelt werden konnten) der drei, aus der Cluster- und MDS-Analyse resultierenden Weichbodengemeinschaften: **Gruppe I:** 5 m Gemeinschaft, **Gruppe II:** 10 m bis 20 m Gemeinschaft, **Gruppe III:** 25 m bis 30 m Gemeinschaft. Zur besseren Veranschaulichung wurden die hier dargestellten Organismen nicht maßstabsgetreu gezeichnet.

(A) *Crassiorophium crassicorne*, (B) *Spio armata*, (C) *Hiatella rugosa*, (D) *Travisia forbesii*, (E) *Euchone analis*, (F) *Dipolydora quadrilobata*, (G) *Chaetozone setosa*, (H) *Axinopsida orbiculata*, (I) *Crenella decussata*, (J) *Marenzelleria wireni*, (K) *Cyrtodaria siliqua*, (L) *Scoloplos armiger*, (M) *Mal-
daridae* indet., (N) *Polynoiae* indet. zum Teil in Polychaetenröhre, (O) *Priapulius caudatus*, (P) *Ophiura robusta*, (Q) *Phyllodoce groenlandica*, (R) *Pelonaia corrugata*, (S) *Chiridota laevis*, (T) *Edwardsia fusca*, (U) *Eteone flava*, (V) *Oenopota* sp., (W) *Polinices pallidus*, (X) *Ampharete* cf. *baltica*, (Y) *Lumbrineris* sp.

3.2 Demersale Fische des Kongsfjorden

3.2.1 Fischfauna

Im Kongsfjorden sind neben einigen wenigen pelagischen Fischarten, wie dem Polardorsch (*Boreogadus saida*) und der Lodde (*Mallotus villosus*), die meisten Fische benthisch. Die Fischgemeinschaft besteht aus über 30 arktischen, sowie borealen Fischarten. Häufige arktische Arten sind der Schwarze Heilbutt (*Reinhardtius hippoglossoides*) und die Aalmutter (*Lycodes* sp.) Boreale Fische wie die Doggerscharbe (*Hippoglossoides platessoides*) und der Große Rotbarsch (*Sebastes marinus*) sind ebenfalls bekannt. Geringer abundant, aber dennoch im Kongsfjorden als demersale Fischart wichtig, ist der Nagelrochen (*Raja clavata*, siehe Deckblatt) und *Leptagonus decagonus* (engl.: Atlantic poacher, siehe Deckblatt). Zu den größten lokalen Fischen zählt der benthopelagisch lebende Grönlandhai (*Somniosus microcephalus*). Bei der Auswahl der Fischarten der relevanten Tiefe wurde auf Fangdaten zurückgegriffen, die durch Taucher mit Handnetzen in maximaler Wassertiefe von 30 m erhoben wurden. Von allen bekannten Fischarten aus dem Kongsfjorden haben damit nur neun für diese Studie eine Relevanz, da nur diese in der Lage wären, die hier studierte Makrofauna (Wassertiefe von 5 bis 30 m) als Nahrungsressource zu nutzen (Hop *et al.* 2002). Im Folgenden werden die neun ausgewählten Fischarten im Einzelnen vorgestellt. Die Ergebnisse der Mageninhaltsanalysen werden im Anschluss daran dargestellt.

Myoxocephalus scorpius (LINNAEUS, 1758) (Tafel 6, unten)

Systematik: Ordnung Scorpaeniformes, Familie Cottidae

Der Gemeine Seeskorpion ist ein arktischer Fisch. Die Art erreicht eine Größe von bis zu 90 cm und wird nicht kommer-



ziell genutzt. Lebensraum ist hier der Tiefenbereich von 0 m und 110 m. Als Nahrungsgrundlage dienen Fische, sowie große Crustaceen, sowie in geringen Mengen Amphipoden und Polychaeten (Fedorov 1986).



Liparis liparis (LINNAEUS, 1766) (Tafel 6, oben)

Systematik: Ordnung Scorpaeniformes, Familie Liparidae

Der Große Scheibenbauch ist eine arktische Art (Perlmutter

1961). *Liparis liparis* kann eine Größe von bis zu 15 cm erreichen und lebt demersal oberhalb von 300 m. Die Hauptnahrung besteht aus Crustaceen. Gelegentlich werden jedoch auch Fische und Polychaeten gefressen (Stein & Able 1986). Eine fischereiliche Nutzung dieser Art ist nicht bekannt.

***Anarhichas lupus*** LINNAEUS, 1758 (Tafel 4, oben)

Systematik: Ordnung Perciformes, Familie Anarhichadidae

Die auch als Gestreifter Kattfisch bekannte Art hat eine borea-

le Verbreitung (Robins & Ray 1986). Diese kommerziell stark genutzte Art kann eine Länge von 150 cm erreichen, ist grau-grünlich gefärbt, meistens jedoch schwarz oder rötlich-braun (Muus & Nielsen 1999). Die Art bewohnt, meist als Einzelgänger, felsigen Untergrund, kann aber auch auf sandigen oder schlammigen Böden in einer Tiefe von 1 m bis 500 m leben. *Anarhichas lupus* ernährt sich hauptsächlich von hartschaligen Muscheln, Krabben, Hummern, Seeigeln und anderen Stachelhäutern (Frimodt 1995).

***Lumpenus lampretaeformis*** (WALBAUM, 1792) (Tafel 4, m.)

Systematik: Ordnung Perciformes, Familie Stichaeidae

Die Verbreitung des Spitzschwänzigen Bandfisches wird als arktisch-boreal angegeben (Muus & Nielsen 1999). Fischerei-

lich wird die bis zu 50 cm groß werdende Art nicht genutzt. Die Tiere leben im Tiefenbereich von 30 m bis 200 m und bewohnen dort schlammige Böden in Y-förmigen Röhren (Muus & Nielsen 1999). Die Art konnte im Kongsfjorden auf 30 m nachgewiesen werden (Hop *et al.* 2002). Als Nahrung dienen hauptsächlich kleine Krebstiere, Muscheln, Schlangensterne und Würmer (Wheeler 1992).

***Gadus morhua*** LINNAEUS, 1758 (Tafel 5, oben)

Systematik: Ordnung Gadiformes, Familie Gadidae

Gadus morhua ist eine boreale Fischart (Cohen *et al.* 1990), die in der Ostsee als Dorsch und in der Nordsee als Kabeljau

bekannt ist. Die wichtigsten Bestände sind der norwegisch-arktische Bestand in der Barentssee und der





Islandbestand (Muus & Nielsen 1999). *Gadus morhua* gehört zu den gefährdeten Arten und steht somit auf der Roten Liste (Sobel 1996). Die Bestände des Dorsches sind nicht nur durch Überfischung gefährdet, auch durch Starke Juvenilmortalität bedingt durch Predation. In der Ostsee ernähren sich z. B. Heringe (*Clupea harengus*) und Sprotten (*Sprattus sprattus*) vornehmlich von Dorschbrut (Köster & Schnack 1994; Schnack 1995; Schnack 1997). *Gadus morhua* lebt benthopelagisch im Tiefenbereich von 1 bis 600 m und kann mit einer Länge von 200 cm und einem maximalen Gewicht von 96 kg ein Alter von 25 Jahren erreichen. Der Karnivor ernährt sich meist in der Dämmerung von Invertebraten und Fisch (Frimodt 1995).

Anisarchus medius (REINHARDT, 1837)

Systematik: Ordnung Perciformes, Familie Stichaeidae

Der barschartige Fisch ist in der Arktis verbreitet, jedoch fi-

schereilich unattraktiv. Die Art kann eine Körperlänge von bis zu 18 cm erreichen, ist gelblich gefärbt und lebt auf schlammigen Böden in Tiefen von 10 bis 300 m. Als Nahrung dienen ausschließlich benthische Invertebraten (Makushok 1986).



Eumicrotremus derjugini POPOV, 1926 (Tafel 4, unten)

Systematik: Ordnung Scorpaeniformes, Familie Cyclopteridae

Die aus der Familie der Seehasen stammende Art ist in der

Arktis weit verbreitet (Robins & Ray 1986). Der olivefarbene, an der Dorsalseite dunklere Fisch kann bis zu 10 cm Größe heranwachsen und ist in der Fischerei nicht von Bedeutung. Adulte Tiere leben auf schlammigen, kiesigen und steinigen Böden in Wassertiefen von 50 bis 274 m, juvenile Tiere bevorzugen jedoch das Flachwasser (Stein 1986).



Gymnacanthus tricuspis (REINHARDT, 1830) (Tafel 5, m.)

Systematik: Ordnung Scorpaeniformes, Familie Cottidae

Die Verbreitung der Art, die der Familie der Groppen angehört, wird als arktisch angegeben. Die demersal lebenden

Fische können eine Größe von 30 cm erreichen. Im Tiefenbereich von 0 bis 240 m lebt die Art eingegraben in sandigen oder sandig-schlammigen Böden und ernährt sich hauptsächlich von Amphipoden und Polychaeten (Fedorov 1986). Eine kommerzielle Nutzung dieser Art ist nicht bekannt.





Leptoclinus maculatus (FRIES, 1837) (Tafel 5, unten)

Systematik: Ordnung Perciformes, Familie Stichaeidae

Der als boreal bekannte Fisch lebt in arktischen sowie pazifi-



schen Gewässern (Makushok 1986). *Leptoclinus maculatus* kann bis zu 20 cm groß werden, bewohnt sandige Böden in Tiefen von 15 bis 400 m (Eschmeyer *et al.* 1983) und ernährt sich vornehmlich von Polychaeten und Crustaceen (Makushok 1986). *Leptoclinus maculatus* ist für die Fischerei uninteressant.

3.2.2 Mageninhaltsanalysen

Die Ergebnisse der Mageninhaltsanalysen ausgewählter demersaler Fischarten werden in Abb. 15 gezeigt. Die Referenzen aus dieser Abbildung sind in Tab. 7 aufgeführt. Häufigkeitsangaben für Hauptnahrungsbestandteile lieferten Literaturrecherchen (Tab. 7) für folgende Fischarten: *Myoxocephalus scorpius*, *Liparis* sp., *Anarhichas lupus*, *Lumpenus lampretæformis* und *Gadus morhua*. Für die beiden erstgenannten Fische sind Nahrungsuntersuchungen aus der Literatur von Spitzbergen bekannt. Für die restlichen Arten wurden Mageninhaltsanalysen anderer Habitate dargestellt.

Als Nahrungsressource wurde ausschließlich die relevante makrobenthische Fauna dargestellt, die von demersalen Fischen im Kongsfjorden als Nahrung genutzt werden kann. Aus dem Plankton und dem Nekton wurden aus Übersichtsgründen keine Nahrungsangaben gemacht. Außerdem berücksichtigt die Abb. 15 keine detaillierten Aussagen über genau identifizierte Nahrungs- sowie über deren Masseangaben, sondern gibt lediglich ein generelles Bild der Nahrungszusammensetzung wieder.

Die Nahrung von *Myoxocephalus scorpius* in Spitzbergen setzt sich zu einem großen Teil aus Amphipoden, Bivalvieren und Polychaeten zusammen, die insgesamt über 63 % des identifizierbaren Mageninhalts stellen. Davon waren die wichtigsten Nahrungsbestandteile die Amphipoden (56 %) und die Polychaeten (6 %). Den geringsten Teil des Mageninhaltes machten Gastropoden mit etwas mehr als 1% aus. Einzelne Arten wie *Anonyx sarsi* (30 %), *Onisimus edwardsi* (3 %) und *Ischyrocerus* sp. (9 %) konnten aus den Mägen identifiziert werden (Lydersen *et al.* 1989). Auch der Decapode *Sclerocrangon* sp. ist ein Beuteorganismus dieser Fischart (Fedorov 1986).

Für *Liparis* sp. ergibt sich eine ähnliche Nahrungszusammenstellung wie für *Myoxocephalus scorpius*. Neben Polychaeten (1 % und 9 %), sind auch Crustaceen und die Amphipoden (56 % und 52 %) Hauptnahrungsbestandteile dieser Art im Habitat um Spitzbergen. Genauer bestimmt werden konnten ebenso die Beutetiere *Onisimus edwardsi* (10 %) und *Ischyrocerus* sp. (5 %) (Lydersen *et al.* 1989). Auch *Monoculodes tessellatus* (1 %) und *Sclerocrangon boreas* (3 %) wurde als Nahrung dieser Fischart erkannt (Falk-Petersen *et al.* 1988).

In der Nahrungszusammensetzung von *Anarhichas lupus* zeigt sich, dass neben den Crustaceen (12 % bis 80 %), Gastropoden (1 % bis 30 %) und Bivalvieren (9 % bis 57 %), auch Echinodermen (2 % bis 48 %) zu den wichtigen Beuteorganismen gehören. Auffällig ist der hohe Anteil an Crustaceen (80 %), speziell Amphipoden (12 %) auf der Station der Norwegischen See bzw. der westlichen Barents See (Ortova *et al.* 1990, siehe Abb. 15, Ref. 4). In den Mägen dieser Art konnten *Ophiura sarsi* (bis 29 %) und *Sclerocrangon boreas* (1 %) als Beutetier identifiziert werden (Bowman *et al.* 2000).

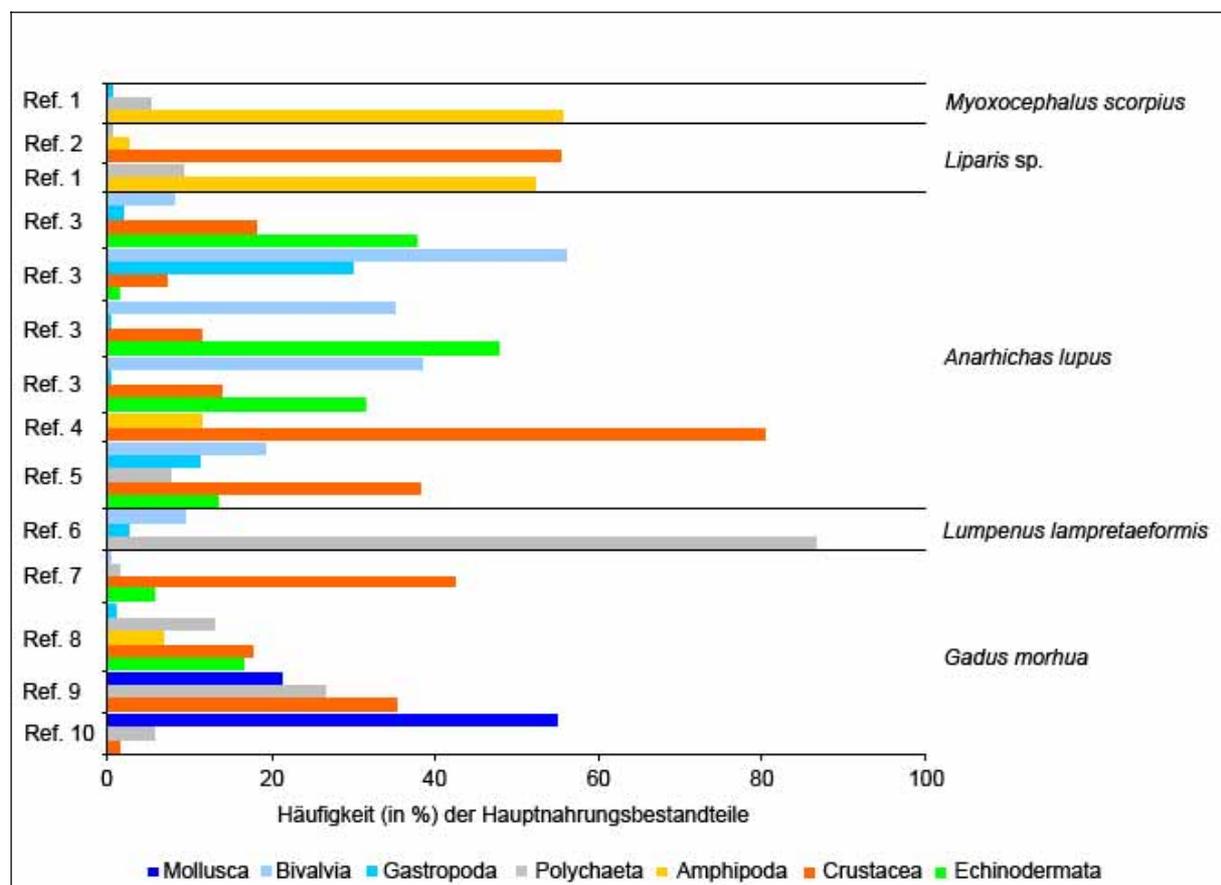


Abb. 15: Darstellung der prozentualen Verteilung von Beutetierorganismen demersaler Fischarten aufgrund von Mageninhaltsanalysen. Die Daten sind der Literatur entnommen (Ref. 1 bis 10, Erläuterung siehe Tab. 7).

Tab. 7: Auflistung der Referenznummern aus Abb. 15 und der dazugehörigen Angaben der Fischarten, Daten der Fangregionen, sowie der Literaturquellen.

Ref.-Nr.	Fischart, Lokalität (Referenz)
Ref. 1	<i>Myoxocephalus scorpius</i> und <i>Liparis</i> sp., Spitzbergen (Lydersen <i>et al.</i> 1989)
Ref. 2	<i>Liparis</i> sp., Spitzbergen (Falk-Petersen <i>et al.</i> 1988)
Ref. 3	<i>Anarhichas lupus</i> , Schottisches Schelf, Georges Bank, Süd Cape Hatteras und Golf von Main (Bowman <i>et al.</i> 2000)
Ref. 4	<i>Anarhichas lupus</i> , Norwegische See / westliches Barents See (Ortova <i>et al.</i> 1990)
Ref. 5	<i>Anarhichas lupus</i> , Nordsee (Liao & Lucas 2000)
Ref. 6	<i>Lumpenus lampretæformis</i> , West-Schottland (Gordon & Duncan 1979)
Ref. 7	<i>Gadus morhua</i> , Masfjorden, West-Norwegen (Nordeide & Fosså 1992)
Ref. 8	<i>Gadus morhua</i> , West-Grönland (Tiedtke 1988)
Ref. 9	<i>Gadus morhua</i> juvenil, Kieler Bucht (Arntz 1974)
Ref. 10	<i>Gadus morhua</i> adult, westliche Ostsee (Arntz 1973)

Mageninhaltsanalysen von *Lumpenus lampretæformis* konnten belegen, dass sich diese Art bevorzugt von Polychaeten (87 %) ernährt. Auch Gastropoden (3 %) und Bivalvii (10 %) sind im Nahrungsspektrum enthalten.

Die Nahrungszusammensetzung von *Gadus morhua* ist breit gefächert. In den Mägen konnten Überreste von Mollusken (bis 50 %), Crustaceen (bis 43 %), Polychaeten (bis 27 %) und Echinodermen (bis 17 %) gefunden werden. In der Kieler Bucht frisst der Dorsch *Scoloplos armiger* und verschiedene Amphipoden (Arntz 1974). Auch in der südlichen Ostsee wird häufig *Scoloplos armiger*, sowie *Priapulus caudatus* und *Crassikorophium* sp. als Nahrung aufgenommen (Zalachowski 1985).

Für die Fische *Eumicrotremus derjugini*, *Gymnacanthus tricuspis*, *Anisarchus medius* und *Leptoclinus maculatus* lassen sich vorwiegend Nährtiergruppen, vereinzelt auch Beuteorganismen aus identifizierten Mageninhalten durch entsprechende Referenzen belegen. So weiß man, dass *Gymnacanthus tricuspis* den Flohkrebs *Protomedea fasciata* und die Muschel *Macoma calcarea* frisst (Atkinson & Percy 1992). *Anisarchus medius* hingegen ernährt sich bevorzugt von Polychaeten, aber auch Bivalvii und Crustaceen (Makushok 1986). Von *Leptoclinus maculatus* sind lediglich die Gruppen, Polychaeten und Crustaceen, aus der Nahrungsanalyse bekannt (Makushok 1986).

4 Diskussion

Die gesetzten Ziele der vorliegenden Diplomarbeit wurden erreicht. Es erfolgte eine Bestandsaufnahme der Makrozoobenthos Gemeinschaft in Brandal, in der Abundanzen sowie Biomassen erfasst wurden. Daraus ließen sich ökologische Größen ermitteln, die zum Vergleich der Fauna mit anderen Habitaten erforderlich waren. Auszüge dieser Daten wurden bereits von uns publiziert (Laudien *et al.* 2004 im Druck) und dienen in den kommenden Jahren als Datengrundlage für das AWI Projekt KOP 51 „Succession of benthic communities in polar environments: Benthic resilience in polar environments: a comparison“. Des Weiteren wurden mittels statistischer Analysen Faktoren ermittelt, durch die sich benthische Ökosysteme der klassifizierten Gemeinschaften unterscheiden lassen. Dominante Arten der Gemeinschaften, sowie Indikatorarten konnten so ermittelt werden. Außerdem wurden abiotische Faktoren ermittelt, die die Artenzusammensetzung, Biodiversität und Stabilität von Gemeinschaften des Kongsfjorden verändern können. Als Nahrungsgrundlage demersaler Fische wurden einzelne Beuteorganismen sowie Makrozoobenthosgruppen ermittelt, die das Habitat Brandal bewohnen. Die erzielten Ergebnisse werden nachfolgend im Einzelnen diskutiert.

4.1 Methoden

4.1.1 Probennahme

Probenzahl

Das optimale Verfahren zur Erstellung eines Stationsnetzes ist die statistisch zufällige Festlegung („random sampling“) von Stationen und Replikaten (Elliott 1977). Aus diesem Grund erfolgte die Beprobung der Tiefenstufen willkürlich. Die Beprobungsstelle wurde mit geschlossenen Augen durch den Taucher bestimmt und die Replikate mit genügend Abstand zueinander beprobt. Der dadurch eventuell entstandene systematische Fehler kann nicht quantifiziert werden. Sediment und Fauna können im Kongsfjorden aufgrund der komplizierten hydrographischen Verhältnisse auch an räumlich eng benachbarten Stellen sehr verschieden sein (Svendsen *et al.* 2002).

Während des Beprobenszeitraumes von Juli – August 2003 wurden starke saisonalbedingte Veränderungen des Wasserkörpers festgestellt. Durch die maximale Pri-

märproduktion im April und anschließender Zooplanktonblüte im Beprobungszeitraum, als auch durch den immer größer werdenden Sedimenteintrag durch Schmelzwasser (Svendsen *et al.* 2002), konnte eine stetige Trübung des Wasser beobachtet werden.

Die Beprobung von fünf Replikaten mit einer Fläche von 0,1 m² gilt nicht nur als Standard (McInyre 1971; Green 1979; Hartley 1982), sondern lässt sich auch durch die Arten-Areal-Kurven begründen. Mehr Probenmaterial hätte von einer Person in der vorgegebenen Zeit nicht bearbeitet werden können, da für die sorgfältige Identifizierung der Organismen fast vier Monate benötigt wurde.

Beprobungsgerät

Alle Proben dieser Arbeit wurden mit einem Airliftsystem, aufgrund dessen Vorteile, gesammelt. Dieses Gerät wurde insbesondere gewählt, da eine quantitative Beprobung von sessiler und zusätzlich freibeweglicher Makroinfauna < 1 cm möglich ist (Benson 1989), die durch fotografische Untersuchungen nicht erfasst werden können (Jørgensen & Gulliksen 2001; Sahade *et al.* 2004 im Druck). Außerdem ist von Vorteil, dass mit dem Airliftsystem das Sediment tiefer als mit dem Taucherstechkasten (Eindringtiefe von 15 cm siehe Rumohr & Arntz 1982) beprobt werden kann und somit auch Polychaeten, wie *Scoloplos armiger* in einer Siedlungstiefe von bis zu 20 cm (Weber 1990) quantitativ gesammelt werden konnten. Auch im Vergleich zum Van Veen – Greifer (Van Veen 1933) zeigt das Airliftsystem hinsichtlich der Eindringtiefe keinen Nachteil (Rumohr 1999). Ein weiterer Vorzug gegenüber Sammelgeräten, die von der Wasseroberfläche aus bedient werden, ist dass nach der taucherischen Beprobung ein Sieben des Materials an der Oberfläche nicht mehr notwendig ist, da lediglich der Überstand in den Sammelnetzen verbleibt. Dadurch wurde das Probenvolumen bereits beim Sammeln unter Wasser deutlich kleiner und konnte einfacher und verlustfrei an die Wasseroberfläche transportiert werden. Eine Selektion der Tiere kann durch die Beprobung mit dem Airlift, ähnlich wie bei der Siebtechnik, nicht ausgeschlossen werden, denn die Konstruktion des Sammelnetzes kann starken Einfluss auf Anzahl und Masse der zurückgehaltenen Tiere (Ankar 1976) haben. Die Bedienung des Airliftsystems ist für den Taucher einfach. Als Alternative wurde in Voruntersuchungen ein Taucherstechkasten nach Rumohr & Arntz (1982) getestet. Dabei traten bei unserem Einsatz teilweise folgende Probleme auf: Manchmal ver-

hinderten kleine Steine im Sediment das perfekte Schließen des Beprobungsgeräts. Daher musste zusätzlich ein PVC-Beutel angebracht werden, was zusätzliche kostbare Tauchzeit fordert, um beim Hieven des Gerätes kein Material zu verlieren.

Im Einsatz zeigte das Airliftsystem folgende Nachteile: Nach Beendigung des „Saugvorganges“ kann beim Austausch oder Verschluss der Beutel durch ungeübte Forschungstaucher möglicherweise Probenmaterial verloren gehen. Die Funktion kann durch das Luftlimit der Pressluftflasche mit ansteigender Tiefe eingeschränkt werden (Benson 1989). Abhängig von der Tiefe konnten zwischen ein und drei Replikaten mit einer Flaschenfüllung gesammelt werden.

4.1.2 Probenaufbearbeitung

Taxonomische Bestimmung

Zur Identifizierung der gesammelten Individuen wurde die in Tab. 1 aufgelistete Bestimmungsliteratur benutzt. Die Nomenklatur der einzelnen Arten war nicht immer eindeutig, da veraltete Literatur teilweise nicht mehr gültige Artnamen beinhaltet. Um die vorgefundenen Arten auch zukünftigen Untersuchungen vergleichbar machen zu können, wurden im Anhang (Tab. A 9 und Tab. A 10) alle gesammelten Organismen unter Angabe der Autoren und Synonyme aufgeführt.

Schwierige, zum Teil taxonomisch nicht ganz eindeutig bestimmbare Arten, wie z. B. die Polychaeten *Chone* sp., *Lumbrineris* sp. und *Ophelina* sp. oder der Amphipode *Protomeia* sp. werden derzeit zur genauen Artenbestimmung weiter bearbeitet. Andere Tiere, wie *Maldanidae* 1 indet., *Maldanidae* 2 indet. sowie *Holothurioidea* indet. konnten wegen fehlenden charakteristischen Merkmalen und des schlechten Erhaltungszustands nicht bis zur Art identifiziert werden. Wobei *Maldanidae* 2 indet., der den gefundenen dominanten Arten der Gruppe II („Mittlere Tiefe“ – Gemeinschaft, 10 m bis 20 m) angehört (siehe Tab. 6, Abb. 14), mit hoher Wahrscheinlichkeit *Praxillella praetermissa* ist (A. Bick, Univ. Rostock, pers. Komm.) Ob es sich bei dem Polychaeten *Scoloplos armiger* tatsächlich nur um eine Art handelt ist unklar, da in der Nordsee aktuell bereits zwei verschiedene Arten gefunden wurden, von denen die zweite jedoch formell noch nicht beschrieben ist (Kruse 2003).

Konservierung

Allgemein wird die Konservierung von Tieren mit gepuffertem Formalin (4 % Formalin in Seewasser + Hexamin oder Borax) empfohlen (McInyre 1971; Dybern *et al.* 1976; Rumohr 1999). Formalin verändern jedoch die chemische Zusammensetzung (Brey 1984) sowie die Biomasse der Makrobenthosorganismen (Brey 1986) und ist krebs-erregend (Bundesgesundheitsamt 1984). Auch andere Flüssigkeiten, wie Dowicil 75 und Kohrsolin erwiesen sich nicht als geeignete Konservierungsmittel für das Makrozoobenthos (Brey 1986). In der vorliegenden Arbeit wurde daher auf Formalin verzichtet und stattdessen in 75 % Ethanol fixiert. Starke Entfärbungen sowie Kontraktionen der Tiere, besonders bei den Polychaeten, haben sich allerdings als Nachteil für die anschließende Identifikation der Tiere erwiesen.

Massebestimmung

Dybern *et al.* (1976) empfehlen eine Temperatur von 60°C für die Trockenmassebestimmung. Winberg (1971) stellte kaum Unterschiede der erreichten Massen durch eine Trocknung bei 50°C und 100°C bis 105°C fest. Die hier verwendete Trocknungstemperatur von 70°C scheint daher ein annehmbarer Kompromiss zwischen Zeitaufwand und der Gefahr von Massenverlusten durch Oxidation organischer Substanzen bei zu hohen Temperaturen. Für die Bestimmung des Aschegehaltes wurde hier eine Temperatur von 500 C gewählt. Auch Winberg (1971) und Dybern *et al.* (1976) empfehlen Temperaturen zwischen 500°C und 550°C. Durch höhere Veraschungstemperaturen können vor allem bei Muscheln, durch Oxidationen von Calciumcarbonat (CaCO_2) zu Calciumoxid (CaO = Kalk), unkorrekte Werte für die aschefreie Trockenmasse (afTM) entstehen (Rumohr 1999).

4.2 Makrozoobenthos des Kongsfjorden

4.2.1 Probenmaterial (Sammelnetzinhalt)



Abb. 16: Probenmaterial der Beprobungsfläche Brandal aus den Sammelnetzen des Airliftes der jeweiligen Tiefenstufen von 5 m bis 30 m mit einem Bildausschnitt von jeweils 5 cm x 5 cm.

Das in Abb. 16 dargestellte Probenmaterial ist keine Sedimentprobe, sondern hier wurde der bereits ausgewaschene Inhalt des Sammelnetzes, der abhängig von der Maschenweite (0,5 mm) und vom Airliftdurchmesser (6 cm) ist, dargestellt. Sandiges Sediment (Mittel- und Feinsand, laut DIN 4022: 0,63 mm bis 0,063 mm) wurde also bereits während der Beprobung Unterwasser ausgespült und größere Steine konnten mit dem Airliftsystem nicht erfasst werden, die jedoch sorgfältig von organischem Material „abgesaugt“ wurden. Trotz des vorsortierten Materials, lässt sich in Abb. 16 ein Trend der Probenzusammensetzung erkennen. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Anteil an Mittelkies (nach DIN 4022: 6,3 mm bis 20,0 mm) ab, die Anzahl der Polychaetenröhren, die zum größten Teil aus Grobsand (nach DIN 4022: 0,63 mm bis 2 mm) bis Feinsand (nach DIN 4022: 0,063 mm bis 0,2 mm) bestehen, erhöht sich. Während in der 5 m Zone relativ viel Mittelkies gefunden wurde, nimmt das Verhältnis von biologischen Strukturen zu Mittelkies in der 10 m Station ab. Böden des 15 m Transektes beinhalten nur noch wenig Mittelkies. In den restlichen Stationen (20 m bis 30 m) ist er nicht mehr zu vorzufinden, das Material besteht ausschließlich aus organischem Material und Polychaetenröhren (siehe auch Abb. 14). Daraus kann geschlossen werden, dass mit zunehmender Tiefe das Sediment feiner wird. Bestätigt wird diese Annahme auch durch die gefundenen Abundanzdaten der Polychaeten aus Kap. 3.1.2 (5 m: 39 %, 30 m: 83 %). Übereinstimmend stellte Plate (1996) im Liefdefjorden, Nordwest-Spitzbergen fest, dass die Artenanzahl und die Individuenzahl anstiegen, je kleiner die Korngrößenzahl des Sediments bzw. je schluffiger der Boden war. Im Kongsfjorden konnte Hop et

al. (2002) äquivalent zu unserer Beobachtung feststellen, dass feineres Sediment tiefere Gebiete des Fjords bedeckte und flache Zonen (5 m bis 10 m) vom Schmelzwasser (kann kleine Steine mit sich führen) angrenzender Gletscher geprägt wurden.

Anhand der hier genannten Argumente, lassen sich Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung, abhängig vom Tiefengradienten, fotografisch belegen.

4.2.2 Artenanzahlen, Abundanzen und Biomassen

Artenanzahlen

Die im Kap. 3.1.2 aufgeführte Artenliste (Tab. 4) beinhaltet 63 Taxa, von denen 30 für den Kongsfjorden und sieben für Svalbard als Erstnachweise gelten. Die restlichen 32 Taxa machen einen geringen Anteil (16 %) aus, vergleicht man sie mit der Gesamtverbreitungsliste der benthischen Makroinvertebraten im Kongsfjorden, die von Gulliksen *et al.* (1999) zusammengefasst wurde und fast 200 Invertebraten berücksichtigt.

Abundanzen

Polychaeten und Mollusken dominieren die Weichbodenfauna in Brandal in der Anzahl der Arten (28 und 18), als auch Individuen (4544 und 820 Individuen m⁻²). Crustaceen hingegen traten in geringen Anzahlen auf (10 Arten, 78 Individuen m⁻²). Vergleicht man die vorliegenden Daten mit Werten der Untersuchung von Wlodarska-Kowalczyk *et al.* (1998), lassen sich gleiche Verhältnisse für Polychaeten und Mollusken feststellen. Unterschiedlich ist jedoch der höhere Prozentsatz an Crustaceen unserer Beprobung. In der Studie von Wlodarska-Kowalczyk *et al.* (1998) setzte sich die Fauna aus dem folgendem Verhältnis von Polychaeten : Mollusken : Crustaceen zusammen: 8 : 5 : 1, während in der vorliegenden Studie ein Verhältnis von 8 : 5 : 2,9 beobachtet wurde. Ähnlich niedrige Werte, wie die von Wlodarska-Kowalczyk *et al.* (1998), für Crustaceen wurden jedoch auch von Holte *et al.* (1996) im Grønfjorden sowie im Adventfjorden und Göhrlich *et al.* (1987) in gletscherbeeinflussten Gebieten von Hornsund beschrieben. Sehr wahrscheinlich wurde die Abundanz von Crustaceen aus vorangegangenen Studien als Unterschätzung zu bewerten, da die relativ mobilen Crustaceen zusammen mit den eher stationären Polychaeten und Mollusken mit einem Bodengreifer beprobt wurden. Das von

Tauchern bediente Airliftsystem scheint hier die adäquatere Methode zu sein, um mobile benthische Crustaceen zu beproben (siehe Kap. 4.1.1 Beprobungsgerät). Andere Methoden, wie das Dredgen oder die Unterwasserfotographie konnten ebenfalls abundante Populationen von frei lebenden Crustaceen feststellen (Syvitski *et al.* 1989; Wlodarska *et al.* 1996), die unsere Werte bestätigen.

Biomassen

Die gefundenen Biomassewerte lagen zwischen 51 g m^{-2} und 248 g m^{-2} Nassmasse, beziehungsweise zwischen $3,5 \text{ g m}^{-2}$ und $25,0 \text{ g m}^{-2}$ aschefreier Trockenmasse (afTM). Wlodarska-Kowalczuk *et al.* (1998) ermittelten für ihre zwei Proben aus dem Kongsfjorden eine Formalin-Nassmasse von 6 g m^{-2} bzw. 11 g m^{-2} . Diese Werte sind erheblich niedriger als die Werte der vorliegenden Arbeit. Erklärbar sind diese Unterschiede wiederum durch unterschiedliche Sedimentationen. Demnach sind geringe Biomassen in der Nähe der Gletscherfront anzutreffen, was eine Folge aus der knappen Nahrungsverfügbarkeit für Untergrund-Detritivoren sein könnte. Wenig Nahrung resultiert wiederum aus der niedrigen Primärproduktion und der Verdünnung von organischen Material im Substrat, bedingt durch die hohe Sedimentation (Göhrlich *et al.* 1987). Wlodarska-Kowalczuk *et al.* (1998) erwähnen zudem selbstkritisch, dass ihre Ergebnisse eine mögliche Unterschätzung der Fauna darstellt, da sie ein nicht adäquates Probennahmegerät (Van Veen – Greifer: ungeeignet für die quantitative Beprobung Crustaceen) benutzen und eine geringe Probenanzahl wählten. Verglichen mit Werten von Jørgensen & Gulliksen (2001), die eine Hartbodenfauna des Kongsfjorden untersuchten (380 g m^{-2} bis 2300 g m^{-2} Nassmasse), sind unsere Biomassen deutlich geringer. Grund hierfür sind sicherlich die deutlich größeren Arten der Hartbodengemeinschaft, die höhere Biomassen zur Folge haben (Jørgensen & Gulliksen 2001; Sahade *et al.* 2004 im Druck).

Konversationsfaktoren

Biomassebestimmungen sind sehr mühsam und zeitaufwendig (siehe Kap. 2.3). So genannte Konversationsfaktoren sind ein Mittel, um Einheiten ineinander umzurechnen und kostbare Laborzeit zu sparen. So können z. B. Werte von Nassmassen (NM), anhand der Faktoren der entsprechenden Taxa, in Werte von aschefreier Trockenmasse (afTM) umgerechnet werden, was heutzutage eine anerkannte Methode

ist und in der Praxis fortwährend angewandt wird (Rumohr *et al.* 1987; Brey *et al.* 1988; Dauvin & Joncourt 1989; Brey 1990b; Ricciardi & Bourget 1998).

Tab. 8: Konversationsfaktoren der verschiedenen Taxa zum Konvertieren der Nassmasse (NM) zum aschefreien Trockenmasse (afTM) der Autoren: (1) vorliegende Arbeit, (2) Brey (2001)

Taxa	(1) NM → afTM	(B) NM → afTM
Mollusken	0,071	0,143
Bivalvii	0,080	0,057
Gastropoden	0,050	0,107
Anneliden	0,122	0,157
Polychaeten errantia	0,143	0,169
Polychaeten sedentaria	0,142	0,145
Crustaceen	0,106	0,169
Amphipoden	0,054	0,160
Isopoden	0,104	0,142
Echinodermen	0,102	0,091
Holothurien	0,112	0,112
Ophiuroiden	0,074	0,090

Tab. 8 stellt Faktoren dar, die zum Konvertieren von NM in afTM dienen. Verglichen werden Faktoren der vorliegenden Arbeit mit Faktoren aus der Literatur, die auf Ost- und Nordseedaten basie-

ren. Festgestellt werden können sehr gute Übereinstimmungen unserer Faktoren von Polychaeten (sedentaria) und Holothurien mit denen aus der Literatur. Große Abweichungen lassen sich jedoch in den Konversationsfaktoren der Gastropoden und der Amphipoden erkennen.

Tab. 9: Konversationsfaktoren der verschiedenen Taxa zum Konvertieren der Nassmasse (NM) zum aschefreien Trockenmasse (afTM) der drei ermittelten Gemeinschaften der Beprobungsfläche Brandal (siehe Kap. 3.1.5) in Abhängigkeit mit der Wassertiefe

Taxa	5 m	10 m bis 20 m	25 m bis 30 m
	NM → afTM	NM → afTM	NM → afTM
Mollusken	0,068	0,063	0,080
Anneliden	0,077	0,120	0,138
Crustaceen	0,043	0,084	0,149
Echinodermen	-	0,102	0,074

Unterschiede lassen sich auch im Vergleich der Brandal Faktoren untereinander (Tab. 9) erkennen, die in Abhängigkeit der Tiefe,

große Schwankungen innerhalb einzelner Taxa aufweisen. Grund der verschiedenen Konversationsfaktoren gleicher Taxa wahrscheinlich verschieden große Organismen in den jeweiligen Tiefenstationen. Es ist anzunehmen, dass Konversationsfaktoren nicht nur von der Wassertiefe der Beprobung abhängig sind, sondern auch vom Habitat, von der geografischen Region, sowie von saisonalen Bedingungen. Aufgrund der teilweise erheblichen Abweichungen in Tab. 8 und Tab. 9 der ermittelten Konversationsfaktoren, kann keine Biomassenbestimmungen benthischer Makroinvertebraten durch allgemein gültige Konversationsfaktoren empfohlen werden.

4.2.3 Trophische Struktur und Zoogeographie

Trophische Struktur

Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Gemeinschaft von Polychaeten dominiert wird, die sich als Oberflächen-Detritivore und Suspensionsfresser ernähren (*Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis*, *Spio armata*). Weiterhin dominierte der untergrund-detritivore Polychaet *Scoloplos armiger* und der detritivor-karnivore Amphipoda *Crassikorophium crassicorne*.

In früheren Studien, die im Vergleich zu unserer Analyse näher zur Gletscherfront (bis zu 1 nm = nautische Seemeilen) durchgeführt wurden und damit unter höherem Einfluss der Sedimentation von partikulärem anorganischem Material (PIM) standen, zeigte sich, dass die Weichbodenfauna aus ca. 50 % Depositfressern und Untergrund-Detritivoren besteht. In der vorliegenden Arbeit fallen lediglich 36 % auf Detritivore, suspensionsfressende Arten waren fast doppelt so häufig vertreten (27 %) (Wlodarska-Kowalczyk *et al.* 1998:14 %). Diese Resultate stimmen gut mit der allgemeinen Tendenz überein, dass die Dominanz der Depositfresser mit geringerer Distanz zum Gletscher und der damit verbundenen Abnahme des Gletschereinflusses steigt (Farrow *et al.* 1983; Syvitski *et al.* 1989; Holte *et al.* 1996; Wlodarska *et al.* 1996). Dieser Zusammenhang gilt ebenfalls für Filtrierer. Sie finden nachteilige Verhältnisse in Gletschernähe vor (höherer Gehalt an PIM). Daraus ergeben sich ungünstigen Filtrationsbedingungen, die die geringe Abundanzen erklären.

Weiter lässt sich mit Zunahme der Wassertiefe eine Abnahme der karnivoren Arten und eine Zunahme der Arten erkennen, die sich von Detritus an der Oberfläche ernähren. Long & Lewis (1987) beobachteten im St. Lawrence Golf ebenfalls eine Zunahme von Depositfresser, jedoch nicht direkt in Abhängigkeit der Wassertiefe, sondern mit feiner werdendem Sediment, dessen Anteil in Brandal mit der Wassertiefe zunimmt (siehe Kap. 4.2.1).

Equivalent zu unseren Daten konnten Schmid & Piepenburg (1993) im Disko Fjord (West Grönland) in tieferen Zonen eine große Dominanz an Depositfressern nachweisen. Depositfresser nutzen, wie der Name schon sagt, organisches Material, das am Boden akkumuliert als Nahrungsgrundlage vorliegt (Petersen 1978; Thayer 1979). Sedimentationen und Akkumulationen werden durch geringe Strömungen am

Meeresboden in der Regel in geschützten (eher tiefen) Zonen begünstigt, was die größere Anzahl an Untergrund- und Oberflächen-Detritivoren der tieferen Stationen der vorliegenden Arbeit erklären kann.

Abgesehen von der 5 m Station bleibt die Anzahl der Suspensionfresser in allen anderen Tiefen fast gleich groß (Abb. 7). Eine Erklärung hierfür liefert Petersen (1978): Die Degradation von frei schwebendem organischen Material ist in der Regel etwas fortgeschrittener als für organisches Material, welches bereits auf den Boden absedimentiert ist. Damit ist der qualitative Nährwert der Nahrung für Suspensionfresser höher, als für Depositfresser. Besonders begünstigt sind Suspensionfresser an exponierten und flachen Stellen, die nahe des Primärproduktionsmaximums liegen (Petersen 1978). Damit wäre die Dominanz der Suspensionfresser indirekt mit dem Lichteinfall korreliert.

Untergrund-Detritivoren der vorliegenden Arbeit, wie *Maldanidae* 2 indet., der wie bereits in Kap. 4.1.2 diskutiert wurde, mit hoher Wahrscheinlichkeit die Art *Praxillella praetermissa* darstellt, machen einen wichtigen Teil der Fauna aus (dominante Art, siehe Kap. 3.1.5.3) und spielen, ähnlich wie der Regenwurm (*Lumbricus terrestris*) terrestrischer Regionen, eine signifikante Rolle beim Materialtransport von tiefen Sedimentschichten zur Sedimentoberfläche. Untergrund-Detritivoren sind besonders wichtig für benthisch trophische Dynamiken in kohlenstoffarmen Regionen, da sie festgelegten Kohlenstoff aus dem Boden wieder dem Nährstoffkreislauf im Wasser zuführen können (Holte & Gulliksen 1998). Somit kommt dieser trophischen Gruppe eine große Bedeutung im Bereich der benthopelagischen Kopplung (Interaktion zwischen benthischen und planktischen Gemeinschaften) zu.

Zoogeographie

Der Arktische Ozean ist im Vergleich zur geologischen Geschichte relativ jung. Viele Autoren beschreiben die arktisch litorale Fauna daher als „unentwickelt“ (z. B. Zenkevitch 1963; Bernard 1979). Im Gegensatz zur Antarktis konnte sich hier noch keine speziell angepasste Fauna entwickeln (Clarke & Crame 1989). Anpassungsfähige Arten, wie arktisch-boreale Arten waren begünstigter beim Nachwandern entlang des Kontinentalschelfs, am Ende des Pleistozäns. Hier ergab sich, durch die Eismassenverschiebung in Richtung Norden für litoral-benthische Tiere die Möglichkeit in Richtung Norden zu wandern. Dies erklärt, dass die Tiere des Kongsfjorden bzw. der Ark-

tis eher euryök als stenök sind. Die Toleranz speziell der arktisch-borealen Arten gegenüber abiotischen Faktoren ist sehr ausgeprägt. Dies erklärt auch die Dominanz der arktisch-borealen Arten und die geringe Abundanz an rein arktisch verbreiteten Tieren im Kongsfjorden (Kap. 3.1.3 und Tab. 10 Beprobungsort A.), was für arktisch-marines Benthos charakteristisch ist (Curtis 1973).

Tab. 10: Zoogeographische Zonen in Prozent zur Gesamtindividuenzahl verschiedener Autoren (der Nummerierung von Tab. 11 folgend): (1) vorliegende Studie und (5) Wlodarska *et al.* 1996. Unterschieden wurden die Zonen: arktisch (Ark.), arktisch-boreal (Ark.B), boreal (B) und kosmopolitisch (K). Die Beprobungsorte Kongsfjorden (A) und Tikhaia Bucht (N) sind in Abb. 17 dargestellt und wurden der Tab. 11 folgend mit entsprechenden Buchstaben versehen.

Beprobungsort	Ark.	Ark.B	B	K
A Kongsfjorden (1)	1 %	65 %	0 %	34 %
N Tikhaia Bucht (5)	28 %	45 %	2 %	11 %

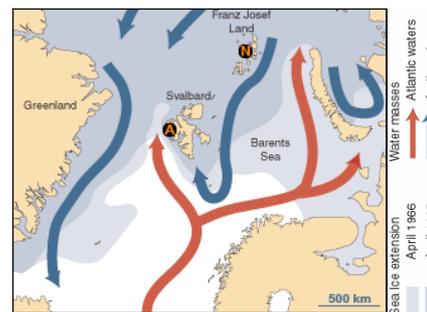


Abb. 17: Strömungen im Arktischen Ozean

Der Vergleich der vorliegenden zoogeographischen Verhältnisse mit denen der Untersuchung von Wlodarska *et al.* (1996), die ebenfalls in einem gletscherbeeinflussten Gebiet durchgeführt wurde, zeigt klare Abgrenzungen von Region mit typischen Gemeinschaften: Im „warmen“ Kongsfjorden (Tab. 10, A), der von atlantischem Wasser geprägt wird (Abb. 17), dominierten arktisch-boreale Arten. Als arktische Arten konnten lediglich 1 % der gesamten Individuen klassifiziert werden. In der „kalten“ Tikhaia Bucht (Tab. 10, N), die von arktischem Wasser umgeben ist (Abb. 17), dominierten mit Curtis (1973) übereinstimmend ebenfalls die arktisch-borealen Arten, jedoch stieg der Anteil der arktischen Arten auf 28 % an. Demzufolge ist der Kongsfjorden trotz seiner geographischen Lage in der Arktis, kein arktischer, sondern eher ein sub-arktischer Fjord (Hop *et al.* 2002). Die Ursache hierfür ist der Nordatlantikstrom (Abb. 17, roter Pfeil), der mit seinen nördlichsten Ausdehnungen die Westküste von Svalbard und damit auch der Kongsfjorden beeinflusst (Svendsen *et al.* 2002).

4.2.4 Vergleich der Diversität

Tab. 11: Bereiche des Shannon Wiener Index (H' , $\log e$) gletscherbeeinflusster Gebiete Spitzbergens im Tiefenbereich von 2 m bis 95 m unterschiedlicher Autoren: (1) vorliegende Arbeit, (2) Wlodarska-Kowalczyk *et al.* 1998, (3) Kendall & Aschan 1993, (4) Gromisz 1983, (5) Wlodarska *et al.* 1996, (6) Gulliksen *et al.* 1984, (7) Holte *et al.* 1996. Beprobungsorte sind in Abb. 18 dargestellt.

Beprobungsort	Tiefe (m)	H'
A Kongsfjorden (1)	5-30	1,85-2,19
A Kongsfjorden (2)	50-70	1,49
B Skoddebukta (2)	30-75	1,49-2,54
C Yoldiabukta (2)	57-75	1,26-1,48
D Julibukta (2)	30-50	2,22-2,30
E Ekmanfjorden (2)	30-55	2,22-2,31
F Tempelfjorden (2)	40-80	1,85-2,01
G Bettybukta (2)	40-80	0,43-2,11
H Sassenfjorden (3)	30-95	2,6-2,9
I Hornsund am Hyrnebreen (4)	5-53	0,7-1,38 ^a
J Hornsund am Storbreen (4)	18-37	1,2-2,07 ^a
B Skoddebukta (5)	2-60	0,38-2,49
K Van Mijenfjorden (6)	25-75	2-2,5 ^a
L Raudfjorden (6)	25-75	2,7-3,2 ^a
M Adventfjorden (7)	26-52	1,38-1,79

^a Werte wurden aus Diagrammen entnommen.

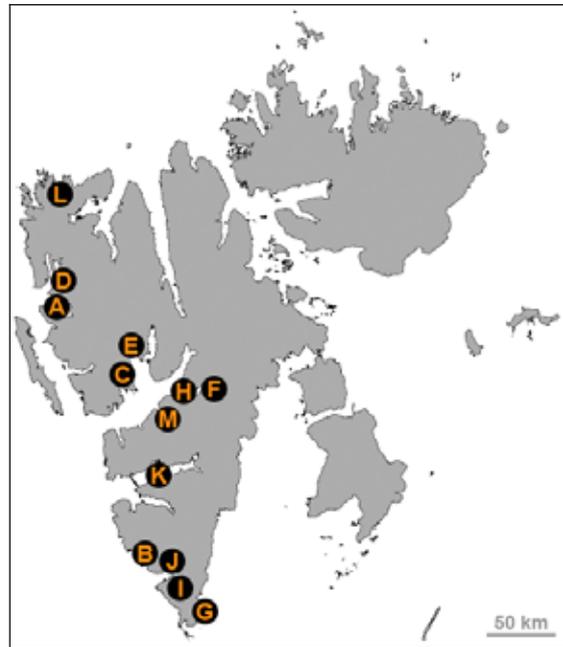


Abb. 18: Spitzbergen: Untersuchungsgebiete der unterschiedlichen Autoren. Die Legende der Buchstaben folgt Tab. 11.

In der vorliegenden Arbeit wurden Shannon-Wiener Werte zwischen 1,85 und 2,19 ermittelt. Die Flächenwassergemeinschaft zeigt die geringste Diversität und die 10 m Station die höchste. Damit liegen die vorgefundenen Diversitätswerte etwas höher als die Werte bisheriger Arbeiten (Wlodarska-Kowalczyk *et al.* 1998), jedoch größtenteils innerhalb der Bereiche, die aus verschiedenen gletscherbeeinflussten Regionen von Spitzbergen veröffentlicht wurden (Tab. 11). Grund für die Schwankungen der Diversität ähnlicher Habitate könnten wiederum die verschiedenen Sedimentationsraten sein (Kendall & Aschan 1993; Wlodarska *et al.* 1996). Diversitätsunterschiede in der entlang der hier untersuchten Tiefengradienten sind jedoch nicht auf verschiedene Sedimentationsraten zwischen den jeweiligen Tiefenstufen zurückzuführen, da die Transekte nah beieinander lagen (Gesamtdistanz zwischen dem 5 m Transekt und dem 30 m Transekt < 100 m). Die Annahme, dass der abiotische Faktor Wassertiefe, Ursache für die Unterschiede der Diversität entlang des Tiefengradienten ist, konnte durch die Literatur nicht bestätigt werden. Analysen der Weichbodenfauna des norwegischen Kontinentalsockels hinsichtlich der Biodiversität zeigten (Ellingsen 2002), dass die Wassertiefe keinen Einfluss auf den Artenreichtum haben. Eine mögliche Erklärung der vorgefundenen Diversitätsunterschiede werden in Kap 4.2.6 gegeben.

4.2.5 Gemeinschaftsanalyse

Wie bereits einleitend erwähnt, sind gegenwärtig keine Forschungsarbeiten bekannt, die das Weichbodenhabitat im Kongsfjorden in einer Tiefe von 5 m bis 30 m untersuchten. Dadurch kann hier keine Aussage über die Vergleichbarkeit der drei, anhand von statistischen Methoden ermittelten (3.1.5) und in Abb. 14 dargestellten Gemeinschaften „Flachwasser“, „Mittlere Tiefe“ und „Tiefenwasser“ gemacht werden.

Tab. 12: Prozentuale Verhältnisse, gemessen an der Summe der Abundanzen bzw. der Biomassen der jeweiligen Gemeinschaft, für Abundanzdaten (A in Ind. m⁻²) und Biomassendaten (B in afTM m⁻²) der dominanten Arten (Dom. Arten) und der Indikatorarten der drei Benthosgemeinschaften in Bran-

Gemeinschaften	Dom. Arten (A)	Dom. Arten (B)	Indikatorarten ¹ (A)	Indikatorarten ¹ (B)
„Flachwasser“ ²	55 %	50 %	14 %	16 %
„Mittlere Tiefe“ ³	89 %	42 %	60 %	16 %
„Tiefenwasser“ ⁴	88 %	44 %	54 %	10 %

¹ Indikatorarten (Kap. 3.1.5.4) sind: *Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis* und *Scoloplos armiger*.

² Dominante Arten hinsichtlich Abundanzen (5 m Station, Tab. 6) der „Flachwasser“ – Gemeinschaft sind: *Crassikorophium crassicorne*, *Spio armata*, *Hiatella rugosa* und *Travisia forbesii*.

³ Dominante Arten hinsichtlich Abundanzen (10 m bis 20 m Station, Tab. 6) der „Mittleren Tiefen“ – Gemeinschaft sind: *Chaetozone setosa*, *Dipolydora quadrilobata*, *Euchone analis*, *Maldanidae 2* indet., *Scoloplos armiger*, *Spio armata* und *Travisia forbesii*.

⁴ Dominante Arten hinsichtlich Abundanzen (25 m bis 30 m Station, Tab. 6) der „Tiefenwasser“ – Gemeinschaft sind: *Ampharete cf. baltica*, *Axinopsida orbiculata*, *Chaetozone setosa*, *Crenella decussata*, *Dipolydora quadrilobata*, *Eteone flava*, *Lumbrineris sp.*, *Scoloplos armiger* und *Spio armata*.

Gruppe I: „Flachwasser“ – Gemeinschaft (5 m Station)

Von insgesamt 63 identifizierten Arten sind 28 Arten Teil der „Flachwasser“ – Gemeinschaft, 18 Arten kommen ebenfalls in allen anderen Tiefen (bis 30 m) vor. Die Muschel *Cyrtodaria siliqua* ist die einzige Art, die ausschließlich in der „Flachwasser“ – Gemeinschaft angetroffen werden kann. Dies widerspricht allen bisherigen Untersuchungen gänzlich, denn diese Muschel ist aus der Literatur als Tiefseeart bekannt (Nesis 1965). Die Verhältnisse von Abundanzen (55 % zu 50 %) und Biomassen (14 % zu 16 %) für dominanten Arten und Indikatorarten der „Flachwasser“ – Gemeinschaft (Tab. 12) sprechen für eine gute Vergleichbarkeit unserer Ergebnisse. Auffällig ist in dieser Gemeinschaft, dass sich von den Polychaeten nur *Lumbrineris sp.* karnivor ernährt, während alle andere karnivoren Polychaeten in tieferen Stationen zu finden waren. Anscheinend ist die zur Verfügung stehende Nahrung für den sehr kleinen (nur wenige Millimeter groß) Polychaeten *Lumbrineris sp.*, ausreichend. Als Beutetier können die noch kleineren Nemertinen dienen (Hartmann-Schröder 1996).

Gruppe II: „Mittlere Tiefe“ – Gemeinschaft (10 m bis 20 m Stationen)

51 Arten konnten der Gemeinschaft der „Mittlere Tiefe“ zugeordnet werden, wovon 17 Arten auch in allen übrigen Tiefenstationen vorhanden waren. Die folgenden 10 Arten, *Chirodota laevis*, *Cryptonatica affinis*, *Edwardsia fusca*, *Eteone spetsbergen-sis*, *Glycera capitata*, *Holothurioidea* indet., *Ischyrocerus megalops*, *Pelonaia corrugata*, *Phyllodoce groenlandica* und *Sipunculida* indet. sind die kennzeichnenden Vertreter dieser Gemeinschaft. Sie wurden ausschließlich in dieser Wassertiefe gefunden. In der „Mittleren Tiefen“ – Gemeinschaft halbieren sich die Verhältnisse von Abundanzen zu Biomassen der dominanten, sowie der Indikatorarten.

Gruppe III: „Tiefwasser“ – Gemeinschaft (25 m bis 30 m Stationen)

44 Arten der insgesamt 63 in Brandal vorkommenden Arten konnten als „Tiefwasser“ – Arten identifiziert werden, wovon 18 Arten auch aus dem restlichen Beprobungsgebiet bekannt sind. Die folgenden elf Arten, die nur in den beiden tiefsten Stationen 25 m und 30 m angetroffen wurden sind: *Amphitrite cirrata*, *Astarte borealis*, *Chaetoderma nitidulum*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Maldanidae* 1 indet. (ist nicht *Praxillella praetermissa*), *Monoculodes* sp., *Oenopota* sp., *Orbinia* sp., *Paraonidae* indet., *Polinices pallidus* und *Sclerocrangon boreas*.

4.2.6 Abiotische Einflüsse

Distanz zur Gletscherfront

Einige der abundanten Arten konnten auch durch eine vorherige Studie der Weichbodenmakrofauna (50 m bis 70 m) nachgewiesen werden (Wlodarska-Kowalczuk *et al.* 1998). Gute Übereinstimmungen konnten für die Individuenanzahlen von *Chaetozone setosa* (781 Individuen m⁻²) und *Paraonidae* indet. (10 Individuen m⁻²) bei 25 m im Vergleich zu den Werten von Wlodarska-Kowalczuk *et al.* (1998), mit 739 und 11 Individuen m⁻², gefunden werden. Unterschiede zeigten sich jedoch bei den Abundanzen von *Eteone flava* und *Lumbrineris* sp., die während unserer Untersuchung höhere Werte erreichten, als die Abundanzen von *Eteone longa* and *Lumbrineris fragilis* der früheren, tieferen Studie. *Macoma* sp. und *Liocyma fluctuosa* wurden durch die vorliegende Untersuchung das erste Mal aus dem Kongsfjorden nachgewiesen. Durch vorangegangene Forschungsarbeiten sind die beiden Muscheln auf Spitzbergen nur aus der Julibukta, Skoddebukta und Bettybukta bekannt (Wlodarska-

Kowalczuk *et al.* 1998). Grund hierfür könnte der größere Abstand zwischen der Beprobungsfläche und der Gletscherfrontseite sein. In der vorliegenden Arbeit beträgt diese Distanz ungefähr 8,5 nm (nautische Seemeilen). Hingegen lagen die Beprobungsgebiete früherer Kongsfjordenstudien, nur 1 nm von der Gletscherfront entfernt. Im Vergleich dazu wurden drei andere Fjorde, mit einer Entfernung zur Gletscherfront mit 1,9 nm, 2 nm und 2,5 nm, beprobt. Den höchsten Fluss an partikulärem anorganischem Material (PIM, $800 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) konnte Svendsen *et al.* (2002) vor dem Kongsbreen Gletscher messen. Mit zunehmender Distanz von dieser Gletscherfront verringerten sich die Werte sukzessiv und erreichten kleinere Werte als $20 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ bei einer Entfernung von 5,5 nm. Ein hoher Anteil an PIM kann für Suspensionsfresser ein Ausschlusskriterium sein, da die Filterorgane verstopft werden können und damit ebenfalls die Atmung der Tiere verhindert wird (Moore 1977). Folglich kann die Sedimentation einen signifikanten Effekt auf die Zoogeographie der oben genannten Bivalvien haben.

Der Einfluss von Eisbergen

Die Ursache für die beobachteten Unterschiede in der Diversität entlang von Tiefen-

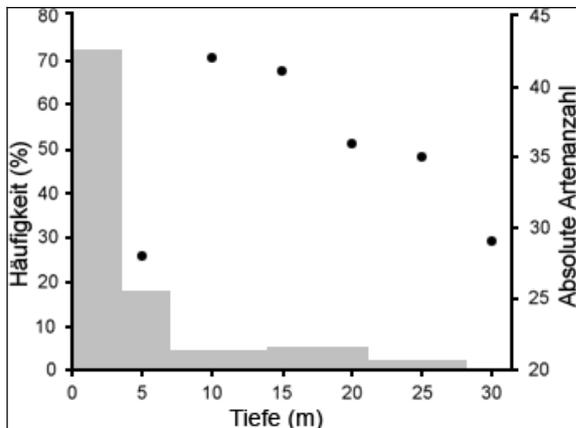


Abb. 19: Häufigkeiten der Eisberge, die durch ihre Eintauchtiefen am Boden kratzen können: graue Balken ermittelt von Dowdeswell & Forsberg (1992). Absolute Artenanzahlen (●) der Weichbodengemeinschaft Brandal.



Abb. 20: Modelliertes Bild eines Eisbergs: ca. ein Neuntel des Volumens ragt aus dem Wasser (Freibord), während der größte Teil unter der Wasseroberfläche liegt.

gradienten (in Kap. 4.2.4 diskutiert) kann durch den Einfluss von vorbei treibenden Eisbergen (Abb. 20) erklärt werden. Diese von der Gletscherfront abgebrochenen Eisbrocken können vor dem Abschmelzen noch so groß sein, dass sie abhängig von der Wassertiefe am Boden tiefe Kratzspuren hinterlassen. Die Eindringtiefe eines Eisberges kann durch Beobachtungen des über Wasser schwimmenden Eiskörpers und durch Abschätzungen von Dichte sowie Form des Eisberges kalkuliert werden. Dowdeswell & Forsberg (1992) fanden entlang ihres Transektes A (Abb. 2) im Kongsfjorden heraus, dass Eisbergstrandungen von Eisbergen die in der Lage sind in bestimmten Tiefen den Boden zu zerfurchen, in den folgenden Häufigkeiten auftreten: 17 % der vorbeitreibenden Eisberge zerfurchen den Meeresboden bei einer Tiefe von 5 m, während lediglich 4 % der beobachteten Eisberge den Boden bei 10 m bis 15 m streifen und nur noch 0,5 % unter 21 m störend auf die Bodengemeinschaft wirken. Damit steht fest, dass Meeresböden in geringer Wassertiefe häufiger von Eisbergkratzern gestört werden können, als tiefere Böden.

Testen der „intermediate disturbance hypothesis“

Die „intermediate disturbance hypothesis“ (engl.: Zwischenstörungshypothese) (Connell 1978) kann den unterschiedlich großen Artenreichtum (Tab. 11) der jeweiligen Tiefenstufen erklären. An Stellen minimaler Störung ist der Artenreichtum verringert (Gray 2000), was die geringe Artenanzahl von 29 Arten der 30 m Station erklärt. Mit zunehmender Häufigkeit der Eisbergkratzer am Meeresboden – da die meisten Eisberge ein geringes Volumen haben, schleifen häufiger Eisberge in flachen Gebieten über dem Boden, als in tieferen Zonen – der Konkurrenzkampf zwischen den Arten ist geringer, es resultiert ein erhöhter Artenreichtum („intermediate“ Tiefenbereiche 10 m bis 25 m: 35 bis 42 Arten). Durch einen höheren Grad an Störung oder durch häufigere Störung werden die Arten durch erhöhten Stress eliminiert (5 m: 28 Arten), so dass die Diversität wieder abnimmt. Folglich ist der „intermediate“ Tiefenbereich mit seinen Eisbergaktivitäten dafür verantwortlich, dass der Artenreichtum hier am höchsten ist. Jedoch ist zu beachten, dass sich unsere Daten nur auf einen kleinen Bereich des Kongsfjorden beziehen. Um zukünftig allgemeine Aussagen machen zu können, die sich nicht nur auf Brandal beziehen, ist es notwendig größere Flächen zu beproben, die von Eisbergkratzern beeinflusst werden.

4.3 Demersale Fische des Kongsfjorden

Im Folgenden wird die Bedeutung der gefundenen Makrozoobenthosfauna als Fischnahrung im Vergleich mit den Nahrungsuntersuchungen der Fische aus dem Kongsfjorden diskutiert.

Es lässt sich feststellen, dass die hier zusammengetragenen Mageninhaltsanalysen verschiedener Meeresgebiete keinesfalls ausreichend sind, um eine exakte Beschreibung der Nahrung demersaler Fische im Kongsfjorden wiederzugeben. Die Auswertung verschiedener Mageninhaltsanalysen ist als Abschätzung zu verstehen, um zu prüfen, ob das Makrozoobenthos Teil des Nahrungsspektrums der im Kongsfjorden lebenden Fische ist. Um genaue Aussagen über die tägliche Nahrungsrationen oder sogar eine jährliche Biomasseentnahmen machen zu können, sind weiterführende Forschungsarbeiten notwendig, auf die in der vorliegenden Arbeit allerdings wegen der zeitlich eingeschränkten Möglichkeiten verzichtet werden muss.

Auf der Basis des vorliegenden Datenmaterials der beiden Ergebnisteile „Makrozoobenthos des Kongsfjorden“ (Kap. 3.1) und „Demersale Fische des Kongsfjorden“ (Kap. 3.2) konnte gezeigt werden, dass sich die Fischgemeinschaft bei der Nahrungsaufnahme auf eine Vielzahl der unterschiedlichsten Makrobenthosorganismen ernährt. In Abb. 15 wurde dargestellt, dass nahezu das gesamte Spektrum der benthischen Fauna (Tab. 3) des untersuchten Fjords als Nahrungsgrundlage für die dort lebenden demersalen Fische in Frage kommt.

Aus unserem Makrozoobenthos konnten insgesamt 11 Taxa, vier von der gleichen Art und sieben von der gleichen Gattung, als Beutetiere für demersale Fische nachgewiesen werden (siehe Kap. 3.2.2). Damit stellt die vorliegende Makrozoobenthosfauna 23 % hinsichtlich der Abundanzen und 14 % bezüglich der Biomassen, der Fischnahrung zur Verfügung. Sowohl *Scoloplos armiger*, der in dieser Untersuchung zu den Indikatorarten gehört (siehe Kap. 3.1.5.4), als auch *Crassicorophium crassicornae* und *Ophiura robusta*, die unseren dominanten Arten angehören (siehe Kap. 3.1.5.3), werden von der demersalen Fischgemeinschaft als Nahrungsgrundlage genutzt. Dabei ist bemerkenswert, dass der Polychaet *Scoloplos armiger*, wie in Kap. 3.1.6 beschrieben, trotz seiner mobilen Lebensweise und der Siedlungstiefe bis 20 cm, als Nahrung für demersale Fische relevant erscheint. Im Vergleich dazu konnten bis dato keine der Indikatorarten dieser Diplomarbeit, wie die Polychaeten *Euchone analis* oder *Dipolydora quadrilobata*, in den Mägen der Fische nachgewiesen werden. Dies erscheint umso erstaunlicher, da diese Sedentaria mit dem Bau einer Röhre an einen Ort gebunden sind und für Fische an der Bodenoberfläche erreichbar wären. Grund für fehlende Angaben aus den Mageninhaltsanalysen ist wahrscheinlich die kleinere Körpergröße und die daraus resultierende schnellere Verdauung der beiden Polychaeten *Euchone analis* und *Dipolydora quadrilobata*, so dass sie nicht mehr eindeutig identifiziert werden können.

Weiter ist in Abb. 15 zu sehen, dass sich *Myoxocephalus scorpius* und *Liparis* sp. hauptsächlich von benthischen Crustaceen und Polychaeten ernähren. Dagegen wird das Nahrungsspektrum von *Anarhichas lupus* und *Gadus morhua* um Echinodermen und Mollusken erweitert. Die Primärnahrung für *Lumpenus lampretæformis* stellen die Polychaeten. Sekundärnahrung für diese Fischart sind aber ebenso die Mollusken.

Unterschiede im Nahrungsspektrum demersaler Fische sind vermutlich nicht nur durch eine Nahrungsselektion der Fische zu erklären, sondern sehr wahrscheinlich auch durch saisonale Unterschiede in der Abundanz der Weichbodenfauna. In westgrönländischen Gewässern fand Tiedtke (1988), dass Decapoden und Holothurien im Herbst und Ophiuroiden im Frühjahr eine maximale Verbreitung aufweisen. Um diese Vermutung für den Kongsfjorden prüfen zu können, wäre es notwendig das Makrozoobenthos im Jahresgang zu untersuchen und gleichzeitig die Mageninhalte demersaler Fische zu analysieren.

Anhand der aufgenommenen Nahrung (Abb. 15, Ref. 9 und 10) wird auch ersichtlich, dass Nahrungsspektren außerdem vom Alter und somit von der Körpergröße der Fische abhängig sind. Fische ändern ihre Nahrungsgewohnheiten im Allgemeinen mit dem Wachstum und mit zunehmender Fähigkeit, schnellere und größere Nahrung zu erbeuten. So ernähren sich z. B. juvenile Dorsche hauptsächlich von Crustaceen, später werden auch Mollusken gefressen. Dagegen jagen adulte Dorsche größtenteils andere Fische (Arntz 1978). Veränderungen der Nahrung in Abhängigkeit von der Körpergröße wurden in der Literatur für fast alle Meeresgebiete beschrieben: so z. B. für die Ostsee (Bagge 1979; Bagge 1981), Nordsee (Rae 1967; Daan 1973; Daan 1983), für Island (Pálsson 1983) und Neufundland (Minet & Perodou 1978; Lilly & Rice 1983). Daher ist stark anzunehmen, dass sich diese Gewohnheiten sowohl auf andere Fischarten als auch auf polare Gewässer übertragen lassen. Das bedeutet für den Kongsfjorden, dass die Organismen des Makrozoobenthos der beprobten Tiefen hauptsächlich Nahrungsquelle für juvenile Fische sind. Diese Schlussfolgerung wird dadurch bestärkt, dass juvenile Fische hauptsächlich in den Flachwasserregionen heranwachsen, die auch als „Kinderstuben“ juveniler Fische bezeichnet werden (Elliott *et al.* 1990; Drake & Arias 1991), was durch eigene Unterwasserbeobachtungen im Kongsfjorden bestätigt werden konnte. Außerdem wurde der Amphipode, *Crassikorophium crassicorne* mit der höchsten Abundanz lediglich auf 5 m und 10 m gefunden, der deshalb besonders wichtig für die Ernährung von Jungfischen ist.

4.4 Ausblick

Zukünftige Mageninhaltsanalysen der demersalen Fischfauna im Kongsfjorden, sollten zusätzlich auch Angaben über das Alter, sowie Länge der jeweiligen Fischarten beinhalten.

Darüber hinaus könnte man genauere Aussagen über die Wichtigkeit der makrobenthischen Tiere als Beuteorganismen machen, wenn einzelne Längenklassen erfasst würden und somit eine Produktionsberechnung des Makrozoobenthos möglich wäre. Denn durch die Auswertung von Abundanz- und Biomassedaten allein können Fehlinterpretationen des Makrozoobenthos nicht ausgeschlossen werden, was am Beispiel der Mollusken deutlich wird. *Axinopsida orbiculata* und *Crenella decussata* (siehe Tab. 4) weisen in unserer Studie hohe Abundanzen auf. Jedoch spielen sie mit ihren verhältnismäßig geringen Biomassen in der Nahrung von *Myoxocephalus scorpius*, *Liparis* sp. und *Lumpenus lampretæformis* nur eine untergeordnete Rolle. In der Ernährung von *Anarhichas lupus* und *Gadus morhua* sind adulte Mollusken, wie z. B. *Astarte borealis* oder *Serripes groenlandicus*, von größerer Bedeutung. Die beiden, bis 4 cm und 6 cm groß werdenden Muscheln (Klekowski 1991; Petersen 2001), zeigten in der vorliegenden Diplomarbeit geringe Abundanzen, jedoch verhältnismäßig große Biomassen.

Künftige Fragestellungen sollten genauere Bestandabschätzungen der Fischfauna im Tiefenbereich von 5 m bis 30 m bearbeiten. Um genaue Aussagen über die Nahrungsbilanz der Fische machen zu können, wäre es zudem wünschenswert nicht nur die prozentualen Hauptnahrungsbestandteile zu untersuchen, sondern auch genaue Biomassenbestimmungen der Nährtieren durchzuführen. Mit diesen Angaben wäre man in der Lage für die jeweiligen Benthosarten den Wegfraß (Teil der natürlichen Mortalität) der jährlichen Biomasseproduktionen gegenüberzustellen.

Um in Zukunft Ergebnisse aus Forschungsarbeiten besser miteinander vergleichen zu können, wäre eine Datenbank für Benthosorganismen wünschenswert, die ähnlich wie Fishbase (Froese & Pauly 2004), den aktuellsten Stand der Forschung der jeweiligen Benthosarten bündeln könnte und kostenfrei im Internet zur Verfügung stehen sollte.

Tab. A 2: Fortsetzung.

TAXA	5m		10m			15m			20m			25m			30m														
	08.08.2003	08.08.2003	08.08.2003	09.08.2003	09.06.2003	08.08.2003	08.08.2003	09.08.2003	09.06.2003	08.08.2003	08.08.2003	09.08.2003	09.06.2003	23.06.2003	23.06.2003	11.07.2003	11.07.2003												
POLYCHAETA																													
<i>Ampharete cf. baltica</i>								1	1	2		3			2	1	11	8	12	10	7								
<i>Amphitrite cirrata</i>																					1								
<i>Apistobranchus tullbergi</i>								1							1						5								
<i>Brada villosa</i>					3	1		1	1	1				1	1	1		1											
<i>Chaetozone setosa</i>				1	3	4	7	5	15	6	3	14	18	10	20	16	7	5	13	16	5	5	41	8	11	11	4	10	
<i>Chone</i> sp.													1		4				1	2	2								
<i>Dipolydora quadrilobata</i>	1	4		2	25	43	34	4	8	14	19	53	16	123	24	51		42	66	61	76	36	114	57	53	59	18	25	
<i>Eteone spetsbergensis</i>								1																					
<i>Eteone flava</i>					4	2	3		3	2	2	6	6	2	5	1	2	9	3	1	2	5	2	3	3	3			
<i>Euchone analis</i>	1	8		7	48	17	20	4	10	4	6	26	32	28	8	6		13	8	2		10	4	1	1	1	7		
<i>Glycera capitata</i>																1													
<i>Lumbrineris</i> sp.				1	1	6			1	6	1	1	1				1	3	6	1	3	1	2	1		7			
<i>Maldanidae</i> 1 indet.																						1	2						
<i>Maldanidae</i> 2 indet.					6	4	4	1	2	1	2	11	9	17	1	11	2	11	1		1	4	13	1	2	2			
<i>Marenzelleria wireni</i>				1					1																				
<i>Ophelia limacina</i>				1		4	1				2	1	1									1	1						
<i>Ophelina</i> sp.		1			3	3	1	1			1	1	4					1	7					2			1		
<i>Orbinia</i> sp.																											1		
<i>Paraonidae</i> indet.																												1	
<i>Phyllodoce groenlandica</i>						3	1	1			1	2	1			1													
<i>Polynoinae</i> indet.					3						2																1		
<i>Praxillella praetermissa</i>				1		3																2							
<i>Scalibregma inflatum</i>	1	1				1		1							1									1	1		2		
<i>Scoloplos armiger</i>		2	6		21	11	33	27	30	75	56	23	8	23	32	63	4	42	42	28	45	7	20	12	17	12	4	8	
<i>Sigalionidae</i> indet.												1	1		1												1		
<i>Spio armata</i>	6	11	6	8	4	6	3	13	9	6	5	1	15	6	4	9	19	1	21	22	6	24	9	36	29	5	15	8	11
<i>Spio filicornis</i>							1								1	1		1				3	1						
<i>Travisia forbesii</i>		4	3	4	3	4	4	2	2		1	7	2	6		1	1	4				1	3				1		

Tab. A 3: Ähnlichkeitsmatrix Abundanzen (Mittelwerte, Quadratwurzel transformiert, Bray-Curtis Index, group average)

Stationen	5	10	15	20	25	30
10	26,5822785	0	0	0	0	0
15	17,8907721	75,7404795	0	0	0	0
20	22,8110599	67,8104575	78,2085561	0	0	0
25	16,0386473	56,6498922	66,0252556	69,4349898	0	0
30	24,8140636	57,5536285	63,0347349	66,2121858	68,3700112	0

Tab. A 4: Ähnlichkeitsmatrix Biomassen (Mittelwerte, Quadratwurzel transformiert, Bray-Curtis Index, group average)

Stationen	5	10	15	20	25	30
10	37,5411112	0	0	0	0	0
15	29,9199573	79,6468824	0	0	0	0
20	37,5741248	69,0762232	78,0405505	0	0	0
25	27,3500424	52,3966206	55,6691674	60,4015989	0	0
30	35,5029268	42,0850671	45,3209431	48,0335839	58,206303	0

Tab. A 5: Ökologische Indizes dargestellt als Mittelwerte aller Replikate unter Angabe der Standardfehler (SE) für: Shannon-Wiener Index (H'), Pielou Index (J') und Margalef Index (d)

Stationen	H' (SE)	J' (SE)	d (SE)
5m	2,016 (0,105)	0,818 (0,011)	1,449 (0,180)
10m	2,190 (0,129)	0,758 (0,008)	2,065 (0,289)
15m	2,089 (0,218)	0,679 (0,050)	2,288 (0,251)
20m	2,008 (0,090)	0,742 (0,039)	1,681 (0,164)
25m	1,848 (0,125)	0,667 (0,019)	1,727 (0,227)
30m	2,181 (0,062)	0,780 (0,033)	1,840 (0,135)

Tab. A 6: Makrozoobenthische Individuen ausgewählter Arten, die als Referenztiere der Sammlung des Museums für Naturkunde (Humboldt-Universität zu Berlin) überlassen wurden.

Taxa	Referenz-Nr.	Taxa	Referenz-Nr.
PRIAPULIDA		POLYCHAETA	
<i>Priapulus caudatus</i>	11175	<i>Apistobranchnus tullbergi</i>	11176
ANTHOZOA		<i>Brada villosa</i>	11177
<i>Edwardsia fusca</i>	ZMB Cni 14358	<i>Chaetozone setosa</i>	11178
MOLLUSCA		<i>Eteone flava</i>	11179
<i>Astarte sulcata</i>	ZMB Moll. 103.189	<i>Euchone analis</i>	11180
<i>Axinopsida orbiculata</i>	ZMB Moll. 103.190	<i>Glycera capitata</i>	11181
<i>Chaetoderma nitidulum</i>	ZMB Moll. 103.693	<i>Ophelia limacina</i>	11182
<i>Ciliatocardium ciliatum</i>	ZMB Moll. 103.195	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	11183
<i>Crenella decussata</i>	ZMB Moll. 103.192	<i>Praxillella praetermissa</i>	11184
<i>Cryptonatica affinis</i>	ZMB Moll. 103.691	<i>Scoloplos armiger</i>	11185
<i>Cylichna cf. arctica</i>	ZMB Moll. 103.692	<i>Travisia forbesii</i>	11186
<i>Cyrtodaria siliqua</i>	ZMB Moll. 103.188	CRUSTACEA	
<i>Hiatella rugosa</i>	ZMB Moll. 103.196	<i>Anonyx nugax</i>	ZMB 27497
<i>Liocyma fluctuosa</i>	ZMB Moll. 103.194	<i>Crassicorophium crassicorne</i>	ZMB 27498
<i>Montacuta</i> sp.	ZMB Moll. 103.187	<i>Ischyrocerus megalops</i>	ZMB 27499
<i>Oenopota simplex</i>	ZMB Moll. 103.197	<i>Onisimus edwardsi</i>	ZMB 27501
<i>Oenopota</i> sp.	ZMB Moll. 103.198	<i>Paroedicerus lynceus</i>	ZMB 27502
<i>Polinices pallidus</i>	ZMB Moll. 103.199	<i>Sclerocrangon boreas</i>	ZMB 27496
<i>Serripes groenlandicus</i>	ZMB Moll. 103.191	<i>Synidothea nodulosa</i>	ZMB 27500
<i>Thracia septentrionalis</i>	ZMB Moll. 103.193	ASCIDIACEA	
ECHINODERMATA		<i>Pelonaia corrugata</i>	ZMB Tun 3921
<i>Ophiura robusta</i>	ZMB Ech 7344		

Tab. A 7: Für die alphabetisch sortierten makrozoobenthischen Arten wurde die zoogeographische Einteilung vorgenommen: Unterschieden wurde zwischen arktischen, arktisch-borealen, borealen und kosmopolitischen Arten.

Arktische Arten

<i>Edwardsia fusca</i>	<i>Priscilla armata</i>	<i>Synidothea nodulosa</i>
<i>Marenzelleria wireni</i>	<i>Sclerocrangon boreas</i>	

Arktisch-boreale Arten

<i>Amphitrite cirrata</i>	<i>Eteone spetsbergensis</i>	<i>Phyllodoce groenlandica</i>
<i>Anonyx nugax</i>	<i>Euchone analis</i>	<i>Polinices pallidus</i>
<i>Apistobranchus tullbergi</i>	<i>Ischyrocerus megalops</i>	<i>Praxillella praetermissa</i>
<i>Axinopsida orbiculata</i>	<i>Liocyma fluctuosa</i>	<i>Priapulius caudatus</i>
<i>Brada villosa</i>	<i>Monoculodes</i> sp.	<i>Protomeia</i> sp.
<i>Ciliatocardium ciliatum</i>	<i>Oenopota simplex</i>	<i>Serripes groenlandicus</i>
<i>Crassicorophium crassicorne</i>	<i>Oenopota</i> sp.	<i>Spio armata</i>
<i>Crenella decussata</i>	<i>Onisimus edwardsi</i>	<i>Spio filicornis</i>
<i>Cryptonatica affinis</i>	<i>Ophelia limacina</i>	<i>Thracia septentrionalis</i>
<i>Cyrtodaria siliqua</i>	<i>Ophiura robusta</i>	<i>Travisia forbesii</i>
<i>Dipolydora quadrilobata</i>	<i>Paroediceros lynceus</i>	
<i>Eteone flava</i>	<i>Pelonaia corrugata</i>	

Kosmopolitische Arten

<i>Ampharete</i> cf. <i>baltica</i>	<i>Glycera capitata</i>	<i>Orbinia</i> sp.
<i>Astarte borealis</i>	<i>Hiatella rugosa</i>	<i>Paraonidae</i> indet.
<i>Astarte sulcata</i>	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Polynoinae</i> indet.
<i>Chaetoderma nitidulum</i>	<i>Maldanidae</i> 1 indet.	<i>Scalibregma inflatum</i>
<i>Chaetozone setosa</i>	<i>Maldanidae</i> 2 indet.	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Chone</i> sp.	<i>Montacuta</i> sp.	<i>Sigalionidae</i> indet.
<i>Cylichna</i> cf. <i>arctica</i>	<i>Ophelina</i> sp.	

Tab. A 8: Für die alphabetisch sortierten makrozoobenthischen Arten wurde eine Ernährungstypeneinteilung vorgenommen: Es wurde zwischen omnivoren, karnivoren Arten, sowie zwischen Untergrund-Detritivoren, Oberflächen-Detritivoren und Suspensionsfressern unterschieden.

Omnivor

<i>Ischyrocerus megalops</i>	<i>Paroedicerus lynceus</i>	<i>Synidothea nodulosa</i>
<i>Monoculodes</i> sp.	<i>Priscilla armata</i>	

Karnivor

<i>Anonyx nugax</i>	<i>Glycera capitata</i>	<i>Polynoinae</i> indet.
<i>Chaetoderma nitidulum</i>	<i>Ischyrocerus megalops</i>	<i>Priapulus caudatus</i>
<i>Chiridota laevis</i>	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Priscilla armata</i>
<i>Crassicorophium crassicorne</i>	<i>Monoculodes</i> sp.	<i>Protomedia</i> sp.
<i>Cylichna</i> cf. <i>arctica</i>	<i>Onisimus edwardsi</i>	<i>Sclerocrangon boreas</i>
<i>Edwardsia fusca</i>	<i>Ophiura robusta</i>	<i>Sigalionidae</i> indet.
<i>Eteone flava</i>	<i>Paroedicerus lynceus</i>	<i>Synidothea nodulosa</i>
<i>Eteone spetsbergensis</i>	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	

Untergrund-Detritivor

<i>Brada villosa</i>	<i>Ophelia limacina</i>	<i>Praxillella praetermissa</i>
<i>Chaetozone setosa</i>	<i>Ophelina</i> sp.	<i>Scalibregma inflatum</i>
<i>Maldanidae</i> 1 indet.	<i>Orbinia</i> sp.	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Maldanidae</i> 2 indet.	<i>Paraonidae</i> indet.	<i>Travisia forbesii</i>

Oberflächen-Detritivor

<i>Ampharete</i> cf. <i>baltica</i>	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	<i>Polynoinae</i> indet.
<i>Amphitrite cirrata</i>	<i>Glycera capitata</i>	<i>Priapulus caudatus</i>
<i>Apistobranchnus tullbergi</i>	<i>Macoma</i> sp.	<i>Spio armata</i>
<i>Brada villosa</i>	<i>Marenzelleria wireni</i>	<i>Spio filicornis</i>
<i>Crassicorophium crassicorne</i>		

Suspensionsfresser

<i>Apistobranchnus tullbergi</i>	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	<i>Marenzelleria wireni</i>
<i>Astarte borealis</i>	<i>Euchone analis</i>	<i>Pelonaia corrugata</i>
<i>Astarte sulcata</i>	<i>Hiatella rugosa</i>	<i>Protomedia</i> sp.
<i>Axinopsida orbiculata</i>	<i>Ischyrocerus megalops</i>	<i>Serripes groenlandicus</i>
<i>Chone</i> sp.	<i>Liocyma fluctuosa</i>	<i>Spio armata</i>
<i>Cyrtodaria siliqua</i>	<i>Macoma</i> sp.	<i>Spio filicornis</i>

Tab. A 9: Artenliste makrozoobenthischer Organismen mit Autoren und Synonyme**PRIAPULIDA***Priapulus caudatus* Lamarck, 1816**SIPUNCULIDA***Sipunculida* indet.**ANTHOZOA***Edwardsia fusca* Danielssen 1890**MOLLUSCA***Astarte borealis* (Schumacher, 1817)**Synonyme***Tridonta borealis**Astarte semisulcata**Astarte sulcata* (da Costa, 1778)*Axinopsis orbiculata* (G.O. Sars, 1878)**Synonyme***Axinopsis orbiculata**Chaetoderma nitidulum* Lovén, 1845**Synonyme***Chaetoderma nitidulum**Ciliatocardium ciliatum* (O. Fabricius, 1780)**Synonyme***Cardium ciliatum**Clinocardium ciliatum**Crenella decussata* (Montagu, 1808)*Cryptonatica affinis* (Gmelin, 1791)**Synonyme***Cryptonatica clausa**Lunatia clausa**Natica affinis**Natica clausa**Cylichna* cf. *arctica**Cyrtodaria siliqua* (Spengler, 1793)**Synonyme***Cyrtodaria burriana**Cyrtodaria kurriana**Hiatella rugosa* (Linnaeus 1767)**Synonyme***Hiatella gallicana**Saxicava pholadis**Liocyma fluctuosa* (Gould, 1841)*Macoma* sp.*Montacuta* sp.*Oenopota simplex* (Middendorff, 1849)**Synonyme***Bela gigantea**Lora simplex**Oenopota* sp.*Polynices pallidus* (Broderip & Sowerby, 1829)**Synonyme***Lunatia groenlandica**Lunatia pallida**Natica pallida**Polynices pallidus**Serripes groenlandicus* (Bruguère, 1798)**Synonyme***Cardium groenlandicum**Thracia septentrionalis* Jeffreys, 1872**POLYCHAETA***Ampharete* cf. *baltica* Eliason, 1955*Amphitrite cirrata* O.F. Müller, 1771*Apistobanchus tullbergi* (Théel, 1879)*Brada villosa* (Rathke, 1843)*Chaetozone setosa* Malmgren, 1867*Chone* sp.*Dipolydora quadrilobata* (Jacobi, 1883)**Synonyme***Polydora quadrilobata**Eteone flava* (O. Fabricius, 1780)*Eteone spetsbergensis* Malmgren, 1865*Euchone analis* (Krøyer, 1865)*Glycera capitata* Ørsted, 1843*Lumbrineris* sp.*Maldanidae* 1 indet.*Maldanidae* 2 indet.*Marenzelleria wireni* Augner, 1913**Synonyme***Microspio wireni**Paraspio wireni*

Tab. A 10: Fortsetzung Artenliste makrozoobenthischer Organismen mit Autoren und Synonyme

Ophelia limacina (Rathke, 1843)

Synonyme

Ophelia borealis

Ophelina sp.

Orbinia sp.

Paraonidae indet.

Phyllodoce groenlandica Ørsted, 1843

Synonyme

Anaitides groenlandica

Anaitides groenlandicus

Polynoinae indet.

Praxillella praetermissa (Malmgren, 1866)

Synonyme

Euclymene praetermissa

Praxillella praetermissa

Scalibregma inflatum Rathke, 1843

Scoloplos armiger (O.F. Müller, 1776)

Sigalionidae indet.

Spio armata (Thulin, 1957)

Synonyme

Microspio armata

Spio filicornis (O.F. Müller, 1766)

Travisia forbesii Johnston, 1840

CRUSTACEA

Anonyx nugax (Phipps, 1774)

Crassikorophium crassicorne (Bruzelius, 1859)

Synonyme

Corophium crassicorne

Ischyrocerus megalops G.O. Sars, 1894

Monoculodes sp.

Onisimus edwardsi (Krøyer, 1846)

Paroediceros lynceus (M. Sars, 1858)

Synonyme

Oediceros lynceus

Priscilla armata (Boeck)

Protomedia sp.

Sclerocrangon boreas (Phipps, 1774)

Synidothea nodulosa (Krøyer, 1846)

ECHINODERMATA

Chiridota laevis (O. Fabricius, 1780)

Synonyme

Chiridota pellucida

Chirodota laevis

Holothurioidea indet.

Ophiura robusta (Ayres, 1851)

ASCIDIACEA

Pelonaia corrugata Forbes & Goodsir, 1841

Abbildungen

Abb. 1:	Svalbard MODIS Satellitenbild: Modifiziert nach MODIS Rapid Response System Projekt, NASA/GSFC (http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/)	S. 12
Abb. 2:	Landsat TM Bild Kongsfjorden, Spitzbergen: Modifiziert nach Svendsen <i>et al.</i> 2002	S. 12
Abb. 3:	Stechkasten: Marko Herrmann	S. 14
Abb. 4:	Airlift System: Marko Herrmann	S. 14
Abb. 5:	Kumulierte Arten-Areal-Kurven	S. 22
Abb. 6:	Prozentuale Verteilung von Abundanz- und Biomassedaten	S. 25
Abb. 7:	Nahrungstypen	S. 29
Abb. 8:	Zoogeographie	S. 29
Abb. 9:	Ökologische Indizes	S. 30
Abb. 10:	Dendrogramm der Clusteranalyse von Abundanzen	S. 31
Abb. 11:	Dendrogramm der Clusteranalyse von Biomassen	S. 31
Abb. 12:	MDS-Plot Abundanzen	S. 31
Abb. 13:	MDS-Plot Biomassen	S. 31
Abb. 14:	Typische Vertreter der drei Gemeinschaften	S. 42
Abb. 15:	Prozentuale Verteilung von Beutetierorganismen	S. 50
Abb. 16:	Probenmaterial (Sammelnetzinhalt)	S. 56
Abb. 17:	Nordatlantikstrom: Modifiziert nach Svendsen <i>et al.</i> 2002	S. 62
Abb. 18:	Untersuchungsgebiete der Diversitätsvergleiche	S. 63
Abb. 19:	Häufigkeiten der Eisberge	S. 67
Abb. 20:	Eisberg mit Freibord: Uwe Kils (http://marine.rutgers.edu/herring/iceberg/berg0013/index.htm)	S. 67

- Tafel 1: *Axinopsida orbiculata* (oben li.): Marko Herrmann
Crenella decussata (oben re.): Marko Herrmann
Astarte borealis (m. li.): Marko Herrmann
Serripes groenlandicus juvenil (m. re.): Marko Herrmann
Sclerocrangon boreas (unten li.): Cédric d'Udekem d'Acoz
Anonyx nugax (unten re.): Marko Herrmann S. 24
- Tafel 2: *Cyrtodaria siliqua* (oben li.): Marko Herrmann
Ciliatocardium ciliatum (oben re.): Marko Herrmann
Oenopota sp. (m. li.): Marko Herrmann
Cylichna cf. *arctica* (m. re.): Marko Herrmann
Travisia forbesii (unten li.): Marko Herrmann
Maldanidae 2 indet. (unten re.): Marko Herrmann S. 26
- Tafel 3: *Crassikorophium crassicorne* (oben li.): <http://www.amphipoda.com>
Spio armata (oben re.): Marko Herrmann
Scoloplos armiger (m. li.): Marko Herrmann
Dipolydora quadrilobata (m. re.): Marko Herrmann
Euchone analis (unten li.): Marko Herrmann
Chaetozone setosa (unten re.): Marko Herrmann S. 37
- Tafel 4: *Anarhichas lupus* (oben): Erling Svensen
Eumicrotremus derjugini juvenil (unten): Marko Herrmann S. 44
- Tafel 5: *Gadus morhua* (oben): Erling Svensen
Gymnacanthus tricuspis (m.): Erling Svensen
Leptoclinus maculatus (unten): Erling Svensen S. 46
- Tafel 6: *Liparis liparis* (oben): Erling Svensen
Lumpenus lamprætaeformis (m.): Erling Svensen
Myoxocephalus scorpius (unten): Erling Svensen S. 48

Tabellen

Tab. 1:	Übersicht der Bestimmungsliteratur	S. 15
Tab. 2:	Abkürzungen multivariater statistischer Verfahren	S. 18
Tab. 3:	Durchschnittliche Abundanz- und Biomassewerte	S. 23
Tab. 4:	Identifizierte Organismen	S. 28
Tab. 5:	R Statistik	S. 33
Tab. 6:	Ergebnisse der SIMPER Analyse	S. 35
Tab. 7:	Auflistung der Referenznummern aus Abb. 15	S. 51
Tab. 8:	Konversationsfaktoren verschiedener Autoren	S. 59
Tab. 9:	Konversationsfaktoren in Abhängigkeit zur Tiefe	S. 59
Tab. 10:	Zoogeographische Zonen	S. 62
Tab. 11:	Bereiche des Shannon Wiener Index	S. 63
Tab. 12:	Prozentuale Verhältnisse von Abundanzen und Biomassen	S. 64

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dietrich Schnack und Herrn Prof. Dr. Wolf Arntz für die Möglichkeit dieser Diplomarbeit. Sie ließen mir große Freiräume bei der Bearbeitung dieses spannenden Themas.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Jürgen Laudien, der mich in allen Phasen meiner Arbeit sehr gut betreut hat, sowie bei Dr. Andreas Bick, ohne seine Hilfe und Anleitung die Bestimmung der Polychaeten nicht möglich gewesen wäre.

Lena Seuthe danke ich recht herzlich für die grafische Bearbeitung meiner Diplomarbeit.

Bei Dr. Amke Caliebe und Christian Pusch möchte ich mich für den statistischen Ratschlag bedanken.

Dank gilt auch den Norwegern Dr. Bjørn Gulliksen, Dr. Jørgen Berge und Dr. Jon-Arne Sneli, die mir bei schwierigen Tieren von Svalbard bei der Bestimmung behilflich waren.

Für die Unterstützung des Beprobungsgerätes danke ich Herrn Dr. Prof. Martin Wahl.

Dr. Jens Kube möchte ich für die Unterstützung an der Koldewey-Station danken. Ohne seine Hilfe hätte eine Reibungslose Feldarbeit nicht stattfinden können.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei all meinen Forschungstauchkollegen: Saskia Brandt, José Velez, Tilman Alpermann, Walter Hermes, Stefan Kremb und Dr. Jürgen Laudien für den persönlichen Einsatz, ihrer Unterstützung und all das Frieren, bei oftmals recht „kühlen“ Wassertemperaturen.

Und da sind noch all die anderen, die nicht unerwähnt bleiben sollen: Heidi Gonschior, Barbara Schmid, Martin Lembke, Renate Schütt, Dr. Klaus Schwarzer, Hubert Kraus, Markus Zimmerer, Jens Bohn, Dr. Marymegan Daly und Carolin Arndt, die meine Arbeit Korrektur gelesen hat, sowie Dr. Heike Lippert, die mir ihre Literatur überlassen hat.

Nicht zuletzt danke ich ganz besonders meiner gesamten Familie für ihre vielfältige Unterstützung, sowie für die Ermöglichung meines Studiums.

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe und dass außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsmittel in Anspruch genommen wurden.

Mit der Einstellung dieser Arbeit in die Fachbibliothek des Biologiezentrums bzw. des IFM-GEOMAR, sowie der Universitätsbibliothek der CAU bin ich einverstanden.

Kiel, 04. Mai 04. Mai 2004

Literaturverzeichnis

- Aglen, A. (1999). Report on demersal fish surveys in the Barents Sea and Svalbard area during summer/autumn 1996 and 1997. *Fisken Og Havet* 7: 39.
- Aitken, A.E. (1990). Fossilization potential of Arctic fjord and continental shelf benthic macrofaunas. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 53: 155-180.
- Ajiad, A.M. & Gjøsæter, J. (1990). Diet of polar cod, *Boreogadus saida*, in the Barents Sea related to fish size and geographical distribution. *ICES C.M. papers G:48*: 9.
- Alton, M.S. (1972). Bering Sea benthos as a food resource for demersal fish populations. *Occas. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska* 2: 257-277.
- Amundsen, P.A. & Klemetsen, A. (1988). Diet, gastric evacuation rates and food consumption in a stunted population of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L., in Takvatn, northern Norway. *J. Fisch. Biol.* 33: 697-709.
- Andersen, E., Ericson, M., Hansen, B., Johansen, W. & Kuss, P. (1999). Marine fish fauna of the fjords and coastal waters of Spitsbergen. In Lønne, O.J. (ed.): *AB202, Marine Arctic Biology, 1999. Cruise Report*: 15-41. Longyearbyen: The University Courses on Svalbard.
- Anisimova, N.A., Presler, P. & Weslawski, J.M. (1992). Echinodermata. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Hrsg). Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen. *Inst. Oceanol., PAS, Sopot*: 153-155.
- Ankar, S. (1976). Final report from the benthic macrofauna group: *Baltic Sea Expert Meeting on Intercalibration of Biological and Chemical Methods, Askö June 8-15, 1974*: Contributions from the Askö Laboratory / University of Stockholm.
- Arnberg, M. (2003). Population structure, feeding ecology and growth of polar cod (*Boreogadus saida*) in Svalbard fjords. Diplomarbeit, University of Oslo: 33 pp.
- Arntz, W.E. (1973). The food of adult cod (*Gadus morhua* L.) in the Western Baltic. *ICES C.M. papers F:20*: 15.
- Arntz, W.E. (1974). Die Nahrung juveniler Dorsche (*Gadus morhua* L.) in der Kieler Bucht. *Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch.* 23: 97-120.
- Arntz, W.E. (1978). Zur Stellung des Dorsches (*Gadus morhua* L.) im Nahrungsnetz der tieferen Kieler Bucht. Leitfaden zur Habilitationssarbeit, Christian-Albrechts-Universität, Kiel: 23 pp.
- Arntz, W.E., Gutt, J. & Klages, M. (1997). Antarctic marine biodiversity: an overview. In: Battaglia, B., Valencia, J. & Walton, D.W.H. (Hrsg). *Antarctic communities: species structure and survival*. Cambridge University Press, Cambridge: 3-14.
- Atkinson, E.G. & Percy, J.A. (1992). Diet comparison among demersal marine fish from the Canadian Arctic. *Polar Biol.* 11: 567-573.
- Aune, P., Brautaset, A., Johansson-Karlsson, E. & Omland, S. (1998). Studies of the most common fish species in the western and northern parts of Svalbard. In Lønne, O.J. (ed.): *AB202, Marine Arctic Biology, 1998. Cruise Report*: 13 pp. Longyearbyen: The University Courses on Svalbard.
- Bagge, O. (1979). The relationship between the size of predator and the size of prey in cod. *ICES C.M. papers J:8*.
- Bagge, O. (1981). The yearly consumption of cod in the Baltic and the Kattegat as estimated from stomach content. *ICES C.M. papers J:27*.
- Barnard, J.L. & Karaman, G.S. (1991). The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroids). Records of the Australian Museum, Supplement: 1+2. Sydney South, NSW, Melbourne
- Beedham, G.E. (1972). Identification of the British Mollusca. Hulton Educational Publications Ltd., Amersham. 239 pp.
- Benson, B.L. (1989). Airlift sampler: Applications for hard substrata. *Bull. Mar. Sci.* 44 (2): 752-756.
- Bernard, F.R. (1979). Bivalve mollusks of the Western Beaufort Sea. *Contrib. Sci. (Los Ang.)* 313: 1-80.
- Beuchel, F. (2002). Long-term monitoring of rocky bottom biotopes using image analysis. *ICES C.M. papers E:07*: 18-19.
- Bick, A. (1985). Zur Systematik, Verbreitung und Biologie der Polychaeten der Ostsee. Univ. Rostock. 101 pp.

- Blake, J.A. (1969). Reproduction and larval development of *Polydora* from northern New England (polychaeta: Spionidae). *Ophelia* 7: 1-63.
- Blegvad, H. (1928). Quantitative investigations of bottom invertebrates in the Limfjord 1910-1927 with special reference to the plaice food. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 34: 33-52.
- Bluhm, B., Iken, K., Laudien, J. & Lippert, H. (2001). German activity in cold water scientific diving. In: Jewett, S.C. (Hrsg). *Cold Water Diving for Science. Proceedings of the 21st Annual Scientific Diving Symposium, American Academy of Underwater Science. University of Alaska Sea Grant, Fairbanks, AK-SG-01-06: 1-4.*
- Borkin, I.V. (1984). Distribution of polar cod larvae off the West Spitsbergen. *ICES C.M. papers L:5.*
- Bowman, R.E., Stillwell, C.E., Michaels, W.L. & Grosslein, M.D. (2000). Food of Northwest Atlantic fishes and two common species of squid. *NOAA Tech. Memo. NMFS-NE 155: 138 pp.*
- Boysen Jensen, P. (1919). Valuation of the Limfjord. I. Studies on the fish food in the Limfjord, 1909-1917, its quantity, variation and annual production. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 26: 44 pp.
- Bradstreet, M.S.W. & Cross, W.E. (1982). Trophic relationships at high arctic ice edges. *Arctic* 35: 1-12.
- Brandt, A. (1997). Abundance, diversity and community patterns of epibenthic- and benthic-boundary layer peracarid crustaceans at 75°N off East Greenland. *Polar Biol.* 17: 159-174.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest of the Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Brey, T. (1984). Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrozoobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5-15 m Wassertiefe. *Ber. Inst. Meeres. Univ. Kiel* 123: 124 pp.
- Brey, T. (1986). Formalin and formaldehyde-depot chemicals: Effects on dry weight and ash free dry weight of two marine bivalve species. *Meeresforsch. / Rep. Mar. Res.* 31: 52-57.
- Brey, T. (1990b). Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforsch. / Rep. Mar. Res.* 32: 329-343.
- Brey, T. (2001). Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany. <http://www.awi-bremerhaven.de/Benthic/Ecosystem/FoodWeb/Handbook/main.html>
- Brey, T., Rumohr, H. & Ankar, S. (1988). Energy content of macrobenthic invertebrates: General conversion factors from weight to energy. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 117: 271-278.
- Bromley, P.J. (1988). Gastric digestion and evacuation in whiting, *Merlangius merlangus* (L.). *J. Fisch. Biol.* 33: 331-338.
- Bundesgesundheitsamt (1984). Formaldehyd - Ein gemeinsamer Bericht der Bundesgesundheitsamtes, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und des Umweltbundesamtes. Schriftenreihe des Bundesministerium für Jugend, Gesundheit und Familie: Band 148. W. Kohlhammer, Stuttgart [u.a.]
- Carlgren, O.H. (1921). Actiniaria I. The Danish Ingolf-Expedition: Bd 5 (9). Kjøbenhavn, Lunos. 241 pp.
- Christie, G. (1985). A comparative study of the reproductive cycles of three Northumberland populations of *Chaetozone setosa* (polychaeta: Cirratulidae). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 65: 239-254.
- Clarke, A. & Crame, J.A. (1989). The origin of the Southern Ocean marine fauna. In: Crame, J.A. (Hrsg). *Origins and evolution of the Antarctic Biota. Geol. Soc. Spec. Publ.:* 253-268.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2001). *Primer-E v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth:* 90 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1994). *Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environmental Research Council, Plymouth:* 144 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001). *Primer-E for Windows Version 5.2.2. Natural Environmental Research Council, Plymouth.*

- Cohen, D.M., Inada, T., Iwamoto, T. & Scialabba, N. (1990). FAO species catalogue. FAO Fish. Synop., Vol. 10. Gadiform Fishes of the World (Order Gadiformes). An Annotated and Illustrated Catalogue of Cods, Hakes, Grenadiers and Other Gadiform Fishes Known to Date: 442 pp.
- Connell, J.H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Craig, P.C., Griffiths, W.B., Halderson, L. & McElderry, H. (1982). Ecological studies of Arctic cod (*Boreogadus saida*) in Beaufort Sea coastal water. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39 (3): 395-406.
- Curtis, M.A. (1973). The marine benthos of arctic and sub-arctic continental shelves. *Polar Rec.* 17 (111): 595-626.
- Curtis, M.A. (1975). The marine benthos of Arctic and sub-Arctic shelves. *Polar Rec.* 17: 595-626.
- Curtis, M.A. (1977). Life cycles and population dynamics of marine benthic polychaetes from the Disko Bay area of West Greenland. *Ophelia* 16 (1): 9-58.
- d'Udekem d'Acoz, C. (2003). Crustikon. Crustacean Photographic Website. Tromsø Museum – University of Tromsø. <http://www.tmu.uit.no/crustikon/index.htm>
- Daan, N. (1973). A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod, *Gadus morhua*. *Neth. J. Sea Res.* 6 (4): 479-517.
- Daan, N. (1983). Analysis of the cod samples collected during the 1981 stomach sampling project. ICES C.M. papers G:61.
- Dahl, F. (1928). Porifera - Coelenterata - Echinodermata. *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise*: 4. Fischer, Jena. 332 pp.
- Dalen, J., Midttun, L., Rorvik, C.J. & Smedstad, O.M. (1977). [Investigations on demersal fish at Bear Island and West-Spitsbergen in autumn 1976] 3: 29-51.
- Dalen, J. & Smedstad, O.M. (1978). [Investigations on demersal fish at Bear Island and West-Spitsbergen in autumn 1977]. *Fisken Hav.* 3: 1-14.
- Dalpadado, P. & Bogstad, B. (2003). Diet of juvenile cod (age 0–2) in the Barents Sea in relation to food availability and cod growth. *Polar Biol.*
- Danielssen, D.C. (1890). Actinida. *Den Norske Nordhavs-Expedition*: 19. Christiania : Grøndahl. 184 pp.
- Dauvin, J.-C. & Joncourt, M. (1989). Energy values of marine benthic invertebrates from the western English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 69: 589-595.
- Davidson, J., Hagen, A., Langemar, I., Lorentsen, A. & Mommens, M. (2000). Diversity of marine benthic fish communities of northwest of Spitsbergen. In Lønne, O.J. (ed.): *AB202, Marine Arctic Biology, 2000. Cruise Report*: 61-73. Longyearbyen: The University Courses on Svalbard.
- Dolgov, A.V. (2000). Feeding and food consumption by the Barents Sea predatory fishes in the 1980-90s. ICES C.M. papers Q:2: 17 pp.
- Dowdeswell, J.A. & Forsberg, C.F. (1992). The size and frequency of icebergs and bergy bits derived from tidewater glaciers in Kongsfjorden, Northwest Spitsbergen. *Polar Res.* 11 (2): 81-91.
- Drake, P. & Arias, A.M. (1991). Composition seasonal fluctuation of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of the Cádiz Bay (Spain). *J. Fisch. Biol.* 39: 245-263.
- Dunbar, M.J. (1968). Ecological development in polar regions. A study in evolution. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York. 120 pp.
- Dwyer, D.A., Bailey, K.M. & Livingston, P.A. (1987). Feeding habits and daily ration of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea, with special reference to cannibalism. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 1972-1984.
- Dybern, B.I., Ackefors, H. & Elmgren, R. (1976). Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. *Balt. Mar. Biol. Publ.* 1: 99 pp.
- Ellingsen, K.E. (2002). Soft-sediment benthic biodiversity on the continental shelf in relation to environmental variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 232: 15-27.
- Elliott, J.M. (1972). Rates of gastric evacuation in brown trout, *Salmo trutta* L. *Freshwater Biol.* 2: 1-18.

- Elliott, J.M. (1977). Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates: Scientific publication No. 25. Freshwater Biological Association, Ambleside. 159 pp.
- Elliott, J.M., O'Reilly, M.G. & Taylor, C.J.L. (1990). The Forth Estuary: A nursery and overwintering area for North Sea fishes 195: 89-103.
- Elliott, J.M. & Persson, L. (1978). The estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Anim. Ecol.* 47: 977-991.
- Eschmeyer, W.N., Herald, E.S. & Hammann, H. (1983). *A Field Guide to Pacific Coast Fishes of North America*. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 336 pp.
- Europäische Kommission (2001). Zahlen und Fakten über die GFP - Die Eckdaten der Gemeinsamen Fischereipolitik: 28 pp.
- Falk-Petersen, I.B., Frivoll, V., Gulliksen, B. & Haug, T. (1986). Occurrence and size/age relations of polar cod, *Boreogadus Saida* (Lepechin), in Spitsbergen coastal waters. *Sarsia* 71: 235-245.
- Falk-Petersen, I.B., Frivoll, V., Gulliksen, B., Haug, T. & Vader, W. (1988). Age/size relations and food of two snailfishes, *Liparis gibbus* and *Careproctus reinhardtii* (Teleostei, Liparidae) from Spitzbergen coastal waters. *Polar Biol.* 8 (5): 353-358.
- Farrow, G.E., Syvitski, J.P.M. & Tunnicliffe, V. (1983). Suspended particulate loading on the macrobenthos in a highly turbid fjord: Knight Inlet British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 (Suppl. 1): 273-288.
- Fedorov, V.V. (1986). Cottidae. In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (Hrsg). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris, Vol. III.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1982). A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.
- Frimodt, C. (1995). *Multilingual Illustrated Guide to the World's Commercial Coldwater Fish*. Fishing News Books. Osney Mead, Oxford, England. 215 pp.
- Froese, R. & Pauly, D. (2004). *Fishbase*. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org>
- Gaevskaja, N.S. (1948). *Opredelitel' fauny i flory severnych morej SSSR* [Bestimmungsbuch der Fauna u. Flora der nördlichen Meere der Sowjetunion]. Gos. Izd. 'Sovetskaja Nauka', Moskva. 739 pp.
- Gjøsaeter, J. & Bjerke, O. (1973). (in Norwegisch) Polartoskundersøkelser i Barentshavet somrene 1970-1972. *Fiskets Gang* 59: 125-128.
- Gleason, H.A. (1922). On the relation between species and area. *Ecology* 3: 158-162.
- Göhrlich, K., Wesawski, J.M. & Zajaczkowski, M. (1987). Suspension settling effect on macrobenthos biomass distribution in the Hornsund fjord Spitsbergen. *Polar Res.* 5: 175-192.
- Gordon, J.D.M. & Duncan, J.A.R. (1979). Some notes on the biology of the snake blenny, *Lumpenus lampretaeformis* on the west coast of Scotland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59 (2): 413-419.
- Gray, J.S. (2000). The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 23-49.
- Gray, J.S. (2001). Marine diversity: The paradigms in patterns of species richness examined. *Sci. Mar.* 65 (Suppl. 2): 41-56.
- Green, R.H. (1979). *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*. Wiley, New York [u.a.]. 257 pp.
- Gromisz, S. (1983). Bottom fauna communities of glacial bays situated at glacier Hyrne and Stor (Spitsbergen-Hornsund) (in Polish). In: Kopernika, M. (Hrsg). *Polish Polar Research 1970-1982*. Uniwersytet, Toruń: 267-276.
- Gromisz, S. & Legezynska, E. (1992). Polychaeta. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Hrsg). *Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen*. Inst. Oceanol., PAS, Sopot: 8-111.
- Gulliksen, B., Holte, B. & Jakola, K.-J. (1984). The soft bottom fauna in Van Mijenfjord and Raudfjord, Svalbard. In: Gray, J.S. & Christiansen, M.E. (Hrsg). *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress an Marine Organisms*: 199-215.
- Gulliksen, B., Palerud, R., Brattegard, T. & Sneli, J.-A. (1999). Distribution of marine benthic macroorganisms at Svalbard (including Bear Island) and Jan Mayen. DN rapport / Direktoratet for Naturforvaltning: 1-148.

- Gulliksen, B. & Svensen, E. (2004). Svalbard and Life in Polar Oceans. Kom forlag, Kristiansund, Norway. 160 pp.
- Hartley, B.T. (1982). Methods for monitoring offshore macrobenthos. *Mar. Pollut. Bull.* 13: 150-155.
- Hartmann-Schröder, G. (1996). Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. Die Tierwelt Deutschlands: 58. Gustav Fischer, Jena Stuttgart Lübeck Ulm. 648 pp.
- Haug, T. & Gulliksen, B. (1982). Size, age, occurrence, growth, and food of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) in coastal waters of Western Spitzbergen. *Sarsia* 67 (4): 293-297.
- Hayward, P.J. & Ryland, J.S. (1995). Handbook of the Marine Fauna of North-West Europa. Oxford University Press Inc., New York. 800 pp.
- Hempel, C. (1957). Zur Ökologie einiger Spioniden (Polychaeta sedentaria) der deutschen Küsten. *Kiel. Meeresforsch.* 13: 275-288.
- Herrmann, M. (2004a). Macrozoobenthos of Spitsbergen. World Wide Web electronic publication. <http://www.macrozoobenthos.de>
- Herrmann, M., Laudien, J. & Wahl, M. (2004b in Vorbereitung). Airlift Sampler: Applications for soft substrate. *Bull. Mar. Sci.* XX: 5 pp.
- Hily, C. (1987). Spatio-temporal variability of *Chaetozona setosa* (Malmgren) populations on an organic gradient in the Bay of Brest, France. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 112: 201-216.
- Hognestad, P.T. (1968). Observations on polar cod in the Barents Sea. *Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer* 158: 126-130.
- Holte, B., Dahle, S., Gulliksen, B. & Næs, K. (1996). Some macrofaunal effects of local pollution and glacier-induced sedimentation, with indicative chemical analyses, in the sediments of two Arctic fjords. *Polar Biol.* 16: 549-557.
- Holte, B. & Gulliksen, B. (1998). Common macrofaunal dominant species in the sediments of some North Norwegian and Svalbard glacial fjords. *Polar Biol.* 19: 375-382.
- Holte, B. & Oug, E. (1996). Soft-bottom macrofauna and responses to organic enrichment in the subarctic waters of Tromsø, Northern Norway. *J. Sea Res.* 36(3/4): 227-237.
- Holthe, T. (1986). Polychaeta Terebellomorpha: Marine Invertebrates Of Scandinavia. Norwegian University Press, Oslo. 194 pp.
- Hop, H., Pearson, T.H., Hegseth, E.N., Kovacs, K.M., Wiencke, C., Kwasniewski, S., Eiane, K., Mehlum, F., Gulliksen, B., Włodarska-Kowalczyk, M., Lydersen, C., Weslawski, J.M., Cochrane, S., Gabrielsen, G.W., Leakey, R.J.G., Lønne, O.J., Zajaczkowski, M., Falk-Petersen, S., Kendall, M., Wängberg, S., Bischof, K., Voronkov, A.Y., Kovaltchouk, N.A., Wiktor, J., Poltermann, M., Prisco, G., Papucci, C. & Gerland, S. (2002). The marine ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard. *Polar Res.* 21(1): 167-208.
- Hop, H. & Tonn, W.M. (1998). Gastric evacuation rates and daily rations of Arctic cod (*Boreogadus saida*) at low temperatures. *Polar Biol.* 19: 293-301.
- Hop, H., Tonn, W.M. & Welch, H.E. (1997). Bioenergetics of Arctic cod (*Boreogadus saida*) at low temperatures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54 (8): 1772-1784.
- ICES (2002). ICES Fisheries Statistics, Northeast Atlantic, Area IIb.
- Ihalainen, E. & Storemark, K. (2000). Diet of the polar cod *Boreogadus saida* from Svalbard coastal waters. In Lønne, O.J. (ed.): *AB202, Marine Arctic Biology, 2000. Cruise Report: 52-59*. Longyearbyen: The University Courses on Svalbard.
- Jennings, S. & Kaiser, M.J. (2000). Marine Fisheries Ecology. Blackwell Publishers. 415 pp.
- Jobling, M. (1981). Mathematical models of gastric emptying and the estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Fish. Biol.* 19: 245-257.
- Jones, A.M. & Baxter, J.M. (1987). Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda: Keys and Notes for the Identification of Species. Synopses of the British Fauna / New Series: 37. Brill/Backhuys, London [u.a.]. 123 pp.
- Jørgensen, L.L. & Gulliksen, B. (2001). Rocky bottom fauna in Arctic Kongsfjord (Svalbard) studied by means of suction sampling and photography. *Polar Biol.* 24: 113-121.
- Kästner, A. (1967). Lehrbuch der Speziellen Zoologie: 1 Wirbellose / Crustacea. 849-1242.

- Kendall, M.A. & Aschan, M. (1993). Latitudinal gradients in the structure of macrobenthic communities: A comparison of Arctic, temperate and tropical sites. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 172: 157-169.
- Kendall, M.A., Widdicombe, S. & Weslawski, J.M. (2003). A multi-scale study of the biodiversity of the benthic infauna of the high-latitude Kongsfjord, Svalbard. *Polar Biol.* 26: 383-388.
- Klekowski, R.Z. (1991). Atlas of the Marine Fauna of Southern Spitsbergen: vol 2, pt.1: invertebrates. Polish Acad. of Sci., Inst. of Oceanology, Danzig. 550 pp.
- Klekowski, R.Z. (1992). Atlas of the Marine Fauna of Southern Spitsbergen: vol 2, pt.2: invertebrates. Polish Acad. of Sci., Inst. of Oceanology, Danzig. 213 pp.
- Kluijver, M.J.d. (2000). Macrobenthos of the North Sea Vol. II. World Biodiversity Database CD-ROM Series. Expert Center for Taxonomic Identification (ETI).
- Köster, F.W. & Schnack, D. (1994). The role of predation on early life stages of cod in the Baltic. *Dana* 10: 179-201.
- Krebs, C.J. (1978). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row, New York [u.a.]. 678 pp.
- Kruse, I. (2003). Population ecology and genetics of the polychaete *Scoloplos armiger* (Orbiiniidae). *Ber. Polarforsch.*
- Kruskal, J.B. & Wish, M. (1978). *Multidimensional Scaling*. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences: 11. Sage Publications, Newbury Park, CA. 93 pp.
- Lambeck, R.H.D. & Valeintijn, P. (1987). Distribution, dynamics and productivity of a colonizing (*Polydora quadrilobata*) and an established (*P. ligni*) polydorid polychaete in Lake Grevelingen: An enclosed estuary in the SW Netherlands. *Neth. J. Sea Res.* 21 (2): 143-158.
- Laudien, J., Herrmann, M. & Arntz, W.E. (2004 im Druck). Soft bottom community structure and diversity in Arctic Kongsfjord, In: Wiencke, C. (ed) *Synopsis of biological research at the Koldewey-Station*. *Ber. Polarforsch.* XX.
- Lawrie, S.M. & Raffaelli, D.G. (1998). In situ swimming behaviour of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 224: 237-251.
- Liao, Y.-Y. & Lucas, M.C. (2000). Diet of the common wolffish *Anarhichas lupus* in the North Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 80: 181-182.
- Lilly, G.R. & Rice, J.C. (1983). Food of Atlantic cod (*Gadus morhua*) on the northern Grand Bank in spring. NAFO SCR doc. 83/IX/87: 35 pp.
- Lippert, H., Iken, K., Rachor, E. & Wiencke, C. (2001). Macrofauna associated with macroalgae in the Kongsfjord (Spitzbergen). *Polar Biol.* 24: 512-522.
- Loeng, H. (1991). Features of the physical oceanographic conditions of the Barents Sea. *Polar Res.* 10: 5-18.
- Long, B. & Lewis, J.B. (1987). Distribution and community structure of the benthic fauna of the north shore of the Gulf of St. Lawrence described by numerical methods of classification and ordination. *Mar. Biol.* 95: 93-101.
- Lønne, O.J. & Gulliksen, B. (1989). Size, age and diet of polar cod, *Boreogadus saida* (Lepechin 1773), in ice covered waters. *Polar Biol.* 9: 187-191.
- Lydersen, C., Gjertz, I. & Weslawski, J.M. (1989). Stomach contents of autumn-feeding marine vertebrates from Hornsund, Svalbard. *Polar Rec.* 25 (153): 107-114.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA. 203 pp.
- Madsen, F.J. (1994). Echinodermata Holothuroidea. *Marine invertebrates of Scandinavia*: 9, Oslo, Norway. 143 pp.
- Magnuson, J.J. (1969). Digestion and food consumption of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 98: 379-392.
- Makushok, V.M. (1986). Lumpenidae (subfamily of Stichaeidae). In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (Hrsg). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris, Vol. III.
- Manuel, R.L. (1981). *British Anthozoa: keys and notes for the identification of the species*. *Synopses of the British Fauna / New Series*: 18. Academic Press, London [u.a.]. 241 pp.

- Mattson, S. (1990a). Food and feeding habits of fish species over a soft sublittoral bottom in the Northeast Atlantic: 1. cod (*Gadus morhua* L.) (Gadidae). *Sarsia* 75 (3): 247-260.
- Mattson, S. (1990b). Food and feeding habits of fish species over a soft sublittoral bottom in the Northeast Atlantic: 2. poor-cod (*Trisopterus minutus* (L.)) (Gadidae). *Sarsia* 75 (3): 261-267.
- McIntyre, A.D. (1971). Design of sampling programs. In: Holme, N.A. & McIntyre, A.D. (Hrsg). *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh, IBP Handbook No. 16: 334 pp.
- Michaud, J., Fortier, L., Rowe, P. & Ramseier, R. (1996). Feeding success and survivorship of Arctic cod larvae, *Boreogadus saida*, in the Northeast Water polynya (Greenland Sea). *Fish. Oceanogr.* 5 (2): 120-135.
- Minet, J.P. & Perodou, J.B. (1978). Predation of cod, *Gadus morhua*, on capelin, *Mallotus villosus*, off eastern Newfoundland and in the Gulf of St. Lawrence. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.* 13: 11-20.
- Moen, F.E. & Svensen, E. (1999). *Dyreliv i havet Handbok I Norsk Marin Fauna*. KOM Forlag, Vageveien. 608 pp.
- Moore, P.G. (1977). Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 15: 225-363.
- Mortensen, T. (1927). *Handbook of the Echinoderms of the British Isles*. Milford, Oxford Univ. Press, London [u.a.]. 471 pp.
- Moskalenko, B.F. (1964). On the biology of Arctic Cod, *Boreogadus saida* (Lepechin). *Vopr. Ikhtiol.* 32 (4): 433-443.
- Munk, P. (2002). Larval sand lance (*Ammodytes* sp.) in the diet of small juvenile wolffish (*Anarhichas* spp.): Predatory interactions in frontal water masses off Western Greenland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 1759-1767.
- Muus, B.J. & Nielsen, J.G. (1999). *Sea Fish. Scandinavian Fishing Year Book*, Hedebo, Denmark. 340 pp.
- Nesis, K.N. (1965). Ecology of *Cyrtodaria siliqua* and history of the genus *Cyrtodaria* (Bivalvia: Hiatellidae). *Malacologia* 3: 197-210.
- Nordeide, J.T. & Fosså, J.H. (1992). Diet overlap between two subsequent year-classes of juvenile coastal cod (*Gadus morhua* L.) and wild and reared cod. *Sarsia* 77: 111-117.
- Odum, E.P. (1983). *Grundlagen der Ökologie*. Thieme, Stuttgart [u.a.]. 836 pp.
- Ortova, E.L., Berestovskiy, E.S., Karamushko, O.V. & Norvillo, G.V. (1990). On feeding and distribution of young wolffish, *Anarhichas lupus* and *A. minor*, in the Barents and Norwegian Seas. *J. Ichthyol.* 30 (8): 126-131.
- Oug, E. (2001). Polychaetes in intertidal rocky and sedimentary habitats in the region of Tromsø, Northern Norway. *Sarsia* 86: 75-83.
- Pálsson, Ó.K. (1981). On the food of demersal fish species in Icelandic waters. ICES C.M. (collected papers) G:25: 46.
- Pálsson, Ó.K. (1983). The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit fiskideildar* 7 (3).
- Perlmutter, A. (1961). *Guide to Marine Fishes*. Bramhall House, New York. 431 pp.
- Persson, L. (1979). The effect of temperature and different food organisms on the rate of gastric evacuation in perch (*Perca fluviatilis*). *Freshwater Biol.* 9: 99-104.
- Petersen, C.G.J. (1918). The sea bottom and its production of fish food. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 25: 1-62.
- Petersen, G.H. (1978). Life cycles and population dynamics of marine benthic bivalves from the Disko Bugt area of West Greenland. *Ophelia* 17: 95-120.
- Petersen, G.H. (2001). Studies on some Arctic and Baltic *Astarte* species (Bivalvia, Mollusca). *Medd. Gronland* 52: 71 pp.
- Pfirman, S.L., Bauch, D. & Gammelsrød, T. (1994). The Northern Barents Sea: Water mass distribution and modification. In: Johannessen, O.M., Muench, R.D. & Overland, J.E. (Hrsg). *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment*: 77-94.
- Pielou, E.C. (1975). *Ecological Diversity*. Wiley, New York [u.a.]. 165 pp.
- Piepenburg, D. & Schmid, M.K. (1996). Brittle star fauna (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Arctic northwestern Barents Sea: composition, abundance, biomass and spatial distribution. *Polar Biol.* 16: 383-392.

- Plate, C. (1996). Zur Taxonomie, Biologie, Ökologie und Zoogeographie der Polychaeten in einem arktischen Fjord. Untersuchungen im Liefdefjorden (Nordwest-Spitzbergen). Dissertation, Universität Hamburg: 95 pp.
- Pleijel, F. (1993). Polychaeta Phyllodocidae. Scandinavian University Press. 159 pp.
- Rae, B.B. (1967). The food of cod in the North Sea and on west of Scotland grounds. Mar. Res. 1: 1-68.
- Randa, K. & Smedstad, O.M. (1982). The Norwegian groundfish survey at Bear Island and West-Spitsbergen in the autumn 1981. ICES C.M. papers G:42: 17 pp.
- Randa, K. & Smedstad, O.M. (1983). Preliminary report of the Norwegian groundfish survey at Bear Island and West-Spitsbergen in the autumn 1982. ICES C.M. papers G:34.
- Ricciardi, A. & Bourget, E. (1998). Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. Mar. Ecol. Prog. Ser. 163: 245-251.
- Riordan Jr., T.J. & Lindsay, S.M. (2002). Feeding responses to particle-bound cues by a deposit-feeding spionid polychaete, *Diploydora quadrilobata* (Jacobi 1883). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 277: 79-95.
- Robins, C.R. & Ray, G.C. (1986). A Field Guide to Atlantic Coast Fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 354 pp.
- Rózycki, O. (1991). Mollusca. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Hrsg). Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen. Inst. Oceanol., PAS, Sopot: 358-532.
- Rumohr, H. (1999). Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. ICES techniques in marine environmental sciences 27.
- Rumohr, H. & Arntz, W.E. (1982). The "Benthosgarten" - a new approach for the study of soft bottom communities. Meeresforsch. / Rep. Mar. Res. 29: 225-238.
- Rumohr, H., Brey, T. & Ankar, S. (1987). A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea. Balt. Mar. Biol. Publ. 9.
- Sahade, R., Stellfeldt, A., Tatián, M. & Laudien, J. (2004 im Druck). Macro-epibenthic communities and diversity of Arctic Kongsfjord, Svalbard in relation to depth and substrate. Ber. Polarforsch. XX.
- Sahade, R., Tatián, M., Kowalke, J., Kühne, S. & Esnal, G.B. (1998). Benthic faunal associations on soft substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. Polar Biol. 19: 85-91.
- Sars, G.O. (1890). An Account of the Crustacea of Norway With Short Descriptions and Figures of all the Species. Amphipoda: 1. Alb. Cammermeyer, Christiana and Copenhagen. 1-240.
- Schellenberg, A. (1942). Krebstiere oder Crustacea. IV. Flohkrebse oder Amphipoda. In: Dahl, F. (Hrsg). Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und ihrer Lebensweise, Jena, 40: 1-252.
- Schmid, M.K. & Piepenburg, D. (1993). The benthos zonation of the Disko Fjord, West Greenland. Medd. Gronland 37: 21 pp.
- Schnack, D. (1995). Gefährdungen des Ostseedorsches. Dtsch. Hydrogr. Z. (Suppl.) 5-6: 35-44.
- Schnack, D. (1997). Bedeutung natürlicher und fischereilicher Einflüsse auf den Entwicklungserfolg von Dorsch und Sprottbeständen in der Ostsee. Arb. Dtsch. Fisch.-Verb. 67: 49-74.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Chicago: University Illinois Press: 111 pp.
- Smith, R.L., Paul, J.M. & Paul, A.J. (1989). Gastric evacuation in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 489-493.
- Sobel, J. (1996). *Gadus morhua*. In: IUCN 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.redlist.org>
- Starmans, A., Gutt, J. & Arntz, W.E. (1999). Mega-epibenthic communities in Arctic and Antarctic shelf areas. Mar. Biol. 135: 269-280.
- Stein, D.L. (1986). Cyclopteridae. In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (Hrsg). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris, Vol. III.

- Stein, D.L. & Able, K.W. (1986). Liparididae. In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (Hrsg). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris, Vol. III.
- Stresemann, E. (1992). Wirbellose (ohne Insekten). Exkursionsfauna von Deutschland: 1. Volk & Wissen, Berlin. 637 pp.
- Süfke, L., Piepenburg, D. & von Dorrien, C.F. (1998). Body size, sex ratio and diet composition of *Arctogadus glacialis* (Peters, 1874) (Pisces: Gadidae) in the Northeast Water polynya (Greenland). Polar Biol. 20: 357-363.
- Svendsen, H., Beszczynska-Møller, A., Hagen, J.O., Lefauconnier, B., Tverberg, V., Gerland, S., Ørbæk, J.B., Bischof, K., Papucci, C., Zajackowski, M., Azzolini, R., Bruland, O., Wiencke, C., Winther, J.-G. & Dallmann, W. (2002). The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. Polar Res. 21 (1): 133-166.
- Syvitski, J.P.M., Farrow, G.E. & Atkinson, R.J.A. (1989). Baffin Island fjord macrobenthos: bottom communities and environmental significance. Arctic 42: 232-247.
- Tarazona, J., Salzwedel, H. & Arntz, W.E. (1988). Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. J. Mar. Res. 46: 593-611.
- Tebble, N. (1976). British Bivalve Seashells. Royal Scottish Museum By Her Majesty's Stationery Office, Edinburgh. 212 pp.
- Thayer, C.W. (1979). Biological bulldozers and the evolution of marine communities. Science 203: 458-461.
- Tiedtke, J.E. (1988). Qualitative und quantitative Untersuchungen des Mageninhalts vom Kabeljau (*Gadus morhua* L.) aus westgrönländischen Gewässern. Mitt. Inst. Seefisch. Bundesforschungsanst. Fisch. 43: 106 pp.
- Van Veen, J. (1933). Onderzoek naar het zandtransport van rivieren. De Ingenieur 48: 151-159.
- Weber, K. (1990). Fortpflanzung, Populationsdynamik und Lebensweise von *Scoloplos armiger* (Orbiniidae, Polychaeta). Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität, Kiel: 69 pp.
- Weslawski, J.M. (1991). Malacostraca. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Hrsg). Atlas of marine fauna of southern Spitsbergen. Inst. Oceanol., PAS, Sopot: 118-332.
- Weslawski, J.M., Linkowski, T.B. & Herra, T. (1990b). Fishes. In: Klekowski, R.Z. & Weslawski, J.M. (Hrsg). Atlas of the marine fauna of southern Spitsbergen. Ossolineum, Wrocław: 99-196.
- Wheeler, A. (1992). A list of the common and scientific names of fishes of the British Isles. J. Fisch. Biol. 41 (1): 1-37.
- Whittington, R.J., Forsberg, C.F. & Dowdeswell, J.A. (1997). Seismic and side-scan sonar investigations of recent sedimentation in an ice-proximal glacial marine setting, Kongsfjorden, north-west Spitsbergen. In: Davies, T.A. (Hrsg). Glaciated continental margins - an atlas of acoustic images. Chapman and Hall: 175-178.
- Winberg, G.G. (1971). Methods for the estimation of the production of aquatic animals. Academic Press, London. 175 p.
- Windell, J.T. (1966). Rate of digestion in the bluegill sunfish. Invest. Indiana Lakes Streams 7: 185-214.
- Włodarska, M., Weslawski, J.M. & Gromisz, S. (1996). A comparison of the macrofaunal community structure and diversity in two Arctic glacial bays - a 'cold' one off Franz Josef Land and a 'warm' one off Spitsbergen. Oceanologia 38 (2): 251-283.
- Włodarska-Kowalczyk, M. & Pearson, T.H. (2004). Soft-bottom macrobenthic faunal associations and factors affecting species distributions in an Arctic glacial fjord (Kongsfjord, Spitsbergen). Polar Biol. 27: 155-167.
- Włodarska-Kowalczyk, M., Weslawski, J.M. & Kotwicki, L. (1998). Spitsbergen glacial bays macrobenthos - a comparative study. Polar Biol. 20: 66-73.
- Zalachowski, W. (1985). Amount and composition of food of cod (*Gadus morhua*) in the Southern Baltic in 1977-1982. Acta Ichthyol. Pisc. 15 (2): 95-118.
- Zenkevitch, L. (1963). Biology of the Seas of the U.S.S.R. George Allen & Unwin, London. 995 pp.



Artenindex

- Acrosiphonia* aff. *flagellata* 13
Ampharete cf. *baltica* 29, 36, 44, 67, 77, 80, 81, 82
Amphitrite *cirrata* 23, 29, 68, 77, 80, 81, 82
Anaitides *groenlandica* siehe *Phyllodoce groenlandica*
Anaitides *groenlandicus* siehe *Phyllodoce groenlandica*
Anarhichas *lupus* 4, 5, 46, 47, 51, 52, 53, 72, 74
Anisarchus *medius* 4, 5, 49, 54
Anonyx *nugax* 24, 26, 29, 36, 76, 79, 80, 81, 83
Anonyx *sarsi* 4, 5, 51
Apistobranchus *tullbergi* 29, 77, 79, 80, 81, 82
Astarte *borealis* 24, 26, 29, 68, 74, 76, 80, 81, 82
Astarte *semisulcata* siehe *Astarte borealis*
Astarte *sulcata* 29, 76, 79, 80, 81, 82
Axinopsida *orbiculata* 23, 24, 26, 29, 36, 44, 67, 74, 76, 79, 80, 81, 82
Axinopsis *orbiculata* siehe *Axinopsida orbiculata*
Bela *gigantea* siehe *Oenopota simplex*
Boreogadus *saida* 7, 45
Brada *villosa* 29, 77, 79, 80, 81, 82
Cardium *ciliatum* siehe *Ciliatocardium ciliatum*
Cardium *groenlandicum* siehe *Serripes groenlandicus*
Chaetoderma *nitidulum* 29, 68, 76, 79, 80, 81, 82
Chaetoderma *nitidulum* siehe *Chaetoderma nitidulum*
Chaetozone *setosa* 4, 5, 23, 29, 35, 36, 37, 41, 44, 67, 68, 77, 79, 80, 81, 82
Chiridota *laevis* 29, 44, 76, 81, 83
Chiridota *pellucida* siehe *Chiridota laevis*
Chirodota *laevis* siehe *Chiridota laevis*
Chone sp. 29, 57, 77, 80, 81, 82
Ciliatocardium *ciliatum* 23, 26, 29, 68, 76, 79, 80, 82
Clupea *harengus* 49
Corophium *crassicornes* siehe *Crassicorophium crassicornes*
Crassicorophium *crassicornes* 4, 5, 26, 29, 34, 36, 37, 44, 63, 67, 72, 73, 76, 79, 80, 81, 83
Crassicorophium sp. 4, 5, 54
Crenella *decussata* 23, 24, 26, 29, 36, 44, 67, 74, 76, 79, 80, 82
Cryptonatica *affinis* 29, 68, 76, 79, 80, 82
Cryptonatica *clausa* siehe *Cryptonatica affinis*
Cylichna cf. *arctica* 23, 26, 29, 36, 76, 79, 80, 81, 82
Cyrtodaria *burriana* siehe *Cyrtodaria siliqua*
Cyrtodaria *kurriana* siehe *Cyrtodaria siliqua*
Cyrtodaria *siliqua* 23, 26, 29, 44, 67, 76, 79, 80, 81, 82
Dipolydora *quadrilobata* 4, 5, 23, 25, 29, 35, 36, 37, 39, 41, 44, 63, 67, 72, 77, 80, 81, 82
Edwardsia *fusca* 29, 44, 68, 76, 79, 80, 81, 82
Eteone *flava* 29, 36, 44, 67, 68, 77, 79, 80, 81, 82
Eteone *spetsbergensis* 29, 68, 77, 80, 81, 82
Euchone *analis* 4, 5, 23, 29, 35, 36, 37, 40, 44, 63, 67, 72, 77, 79, 80, 81, 82
Euclymene *praetermissa* siehe *Praxillella praetermissa*
Eumicrotremus *derjugini* 4, 5, 46, 49, 54
Gadus *morhua* 4, 5, 47, 48, 51, 53, 72, 74
Glyceria *capitata* 29, 68, 77, 79, 80, 81, 82
Gymnacanthus *tricuspis* 4, 5, 48, 49, 54
Hiatella *gallicana* siehe *Hiatella rugosa*
Hiatella *rugosa* 29, 34, 36, 44, 67, 76, 79, 80, 81, 82
Hippoglossoides *platessoides* 45
Holothurioidea indet. 29, 57, 68, 76, 83
Ischyrocerus *megalops* 29, 68, 76, 79, 80, 81, 83
Ischyrocerus sp. 4, 5, 51, 52
Laminaria *digitata* 13
Leptagonus *decagonus* 2, 45
Leptoclinus *maculatus* 4, 5, 48, 51, 54
Liocyma *fluctuosa* 29, 68, 76, 79, 80, 81, 82
Liparis *liparis* 4, 5, 47, 50
Liparis sp. 51, 52, 53, 72, 74
Lora *simplex* siehe *Oenopota simplex*
Lumbrineris sp. 23, 29, 36, 44, 57, 67, 68, 77, 80, 81, 82
Lumpenus *lampretaeformis* 4, 5, 47, 50, 51, 53, 72, 74
Lunatia *clausa* siehe *Cryptonatica affinis*
Lunatia *groenlandica* siehe *Polinices pallidus*
Lunatia *pallida* siehe *Polinices pallidus*
Lycodes sp. 45
Macoma *calcareea* 54
Macoma sp. 29, 36, 68, 76, 81, 82
Maldanidae 1 indet. 29, 57, 68, 77, 80, 81, 82
Maldanidae 2 indet. 26, 29, 36, 57, 64, 77, 80, 81, 82
Mallotus *villosus* 45
Marenzelleria *wireni* 29, 44, 77, 80, 81, 82
Microspio *armata* siehe *Spio armata*
Microspio *wireni* siehe *Marenzelleria wireni*
Monoculodes sp. 29, 68, 76, 80, 81, 83
Monoculodes *tesselatus* 4, 5, 52
Montacuta sp. 29, 36, 76, 79, 80, 82
Myoxocephalus *scorpius* 4, 5, 45, 50, 51, 52, 53, 72, 74
Natica *affinis* siehe *Cryptonatica affinis*
Natica *clausa* siehe *Cryptonatica affinis*
Natica *pallida* siehe *Polinices pallidus*
Oedicerus *lynceus* siehe *Paroedicerus lynceus*
Oenopota *simplex* 29, 35, 36, 76, 79, 80, 82
Oenopota sp. 23, 26, 29, 44, 68, 76, 79, 80, 82
Onisimus *edwardsi* 4, 5, 29, 51, 52, 76, 79, 80, 81, 83

- Ophelia borealis* siehe *Ophelia limacina*
Ophelia limacina 29, 77, 79, 80, 81, 83
Ophelina sp. 23, 29, 36, 57, 77, 80, 81, 83
Ophiura robusta 29, 36, 44, 72, 76, 79, 80, 81, 83
Ophiura sarsi 4, 5, 52
Orbinia sp. 23, 29, 68, 77, 80, 81, 83
Paraonidae indet. 29, 68, 77, 80, 81, 83
Paraspio wireni siehe *Marenzelleria wireni*
Paroediceros lynceus 29, 76, 79, 80, 81, 83
Pelonia corrugata 29, 44, 68, 76, 79, 80, 81, 83
Phycodrys rubens 13
Phyllodoce groenlandica 2, 29, 44, 68, 77, 79, 80, 81, 83
Polinices pallidus 29, 44, 68, 76, 79, 80, 82
Polydora quadrilobata siehe *Diploydora quadrilobata*
Polynices pallidus siehe *Polinices pallidus*
Polynoinae indet. 29, 44, 77, 80, 81, 83
Praxillella praetermissa siehe *Praxillella praetermissa*
Praxillella praetermissa 29, 57, 64, 68, 77, 79, 80, 81, 83
Priapulul caudatus 4, 5, 29, 44, 54, 76, 79, 80, 81, 82
Priscilla armata 29, 36, 76, 80, 81, 83
Protomedia fasciata 54
Protomedia sp. 29, 57, 76, 80, 81, 83
Raja clavata 2, 45
Reinhardtius hippoglossoides 45
Saxicava pholadis siehe *Hiatella rugosa*
Scalibregma inflatum 29, 77, 80, 81, 83
Sclerocrangon boreas 4, 5, 24, 26, 29, 52, 68, 76, 79, 80, 81, 83
Sclerocrangon sp. 52
Scoloplos armiger 4, 5, 23, 26, 29, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 44, 54, 56, 57, 63, 67, 72, 77, 79, 80, 81, 83
Sebastes marinus 45
Serripes groenlandicus 24, 26, 29, 74, 76, 79, 80, 81, 82
Sigalionidae indet. 29, 77, 80, 81, 83
Sipunculida indet. 29, 68, 76, 82
Somniosus microcephalus 45
Spio armata 4, 5, 23, 29, 34, 36, 37, 41, 44, 63, 67, 77, 80, 81, 83
Spio filicornis 29, 77, 80, 81, 83
Sprattus sprattus 49
Synidothea nodulosa 29, 76, 79, 80, 81, 83
Thracia septentrionalis 29, 76, 79, 80, 82
Travisia forbesii 23, 26, 29, 34, 36, 44, 67, 77, 79, 80, 81, 83
Tridonta borealis siehe *Astarte borealis*