

**Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove
(King George Island, Antarktis)**

**Energy budgets of benthic suspension feeding animals
of the Potter Cove (King George Island, Antarctica)**

Jens Kowalke

**Ber. Polarforsch. 286 (1998)
ISSN 0176 - 5027**

Jens Kowalke

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Postfach 12 01 61
Columbusstrasse
D-27515 Bremerhaven

Die vorliegende Arbeit ist die im wesentlichen unveränderte Fassung einer Dissertation, die in der Sektion Ökologie bei Prof. Dr. W. Arntz angefertigt und 1997 dem Fachbereich 2 (Biologie/Chemie) der Universität Bremen vorgelegt wurde.

Inhaltsverzeichnis	
Zusammenfassung	IV
Summary	VI
1. Einführung	1
2. Untersuchungsgebiet	4
3. Artenspektrum und Biologie der Suspensionsfresser der Potter Cove	6
3.1 Ascidiacea	6
3.1.1 Nahrungsaufnahme von Ascidien	6
3.1.2 <i>Ascidia challenger</i>	8
3.1.3 <i>Corella eumyota</i>	8
3.1.4 <i>Molgula pedunculata</i>	9
3.1.5 <i>Cnemidocarpa verrucosa</i>	10
3.2. Porifera	11
3.2.1 Nahrungsaufnahme von Schwämmen	12
3.2.2 <i>Mycale acerata</i>	15
3.2.3 <i>Isodictya kerguelensis</i>	16
3.3. Bivalvia	17
3.3.1 Nahrungsaufnahme von Muscheln	17
3.3.2 <i>Laternula elliptica</i>	18
4. Partikeldynamik in der Potter Cove	20
4.1 Einleitung	20
4.2 Material und Methoden	22
4.2.1 Kurzzeitdynamik	22
4.2.2 Jahresgang	22
4.3. Ergebnisse	24
4.3.1 Kurzzeitdynamik	24
4.3.2 Jahresgang	24
4.4 Diskussion	28
4.4.1 Methode	28
4.4.2 Kurzzeitdynamik	28
4.4.3 Jahresgang	30

5. Ingestion	33
5.1. Einleitung	33
5.2 Material und Methoden	37
5.2.1 Probenahme	37
5.2.2 Hälterung	37
5.2.3 Partikelaufnahme	37
5.2.4 Partikelzählung	38
5.2.5 Bakterienzählung	39
5.2.6 Gewichtsbestimmung	39
5.3 Ergebnisse	40
5.3.1 Ascidiacea	40
5.3.1.2 Retentionseffizienzen	40
5.3.1.2 Pumpraten	43
5.3.2 Porifera	47
5.3.2.1 Retentionseffizienzen	47
5.3.2.2 Pumpraten	48
5.3.2.3 Aufnahme von Bakterien	50
5.3.3 Bivalvia	52
5.3.3.1 Retentionseffizienz	52
5.3.3.2 Pumprate	52
5.4 Diskussion	54
5.4.1 Problematik elektronischer Partikelzählung	54
5.4.2 Retentionseffizienzen	55
5.4.3 Pumpraten	58
5.3.4 Sedimentbelastung	65
6. Sauerstoffverbrauch von <i>Mycale acerata</i>	68
6.1. Einführung	68
6.2 Material und Methoden	69
6.3 Ergebnisse	71
6.4 Diskussion	73
6.4.1 Methode	73
6.4.2 Sauerstoffverbrauch	74
6.4.3 Energieverbrauch	75
7. Egestion	76
7.1. Einleitung	76

7.2. Material und Methoden	78
7.2.1 Faecesproduktion	78
7.2.2 Ammoniumproduktion	79
7.3. Ergebnisse	81
7.3.1 Faecesproduktion	81
7.3.1.1 Ascidiacea	81
7.3.1.2 Bivalvia	85
7.3.2 Ammoniumproduktion	86
7.3.2.1. Ascidiacea	86
7.3.2.2 Bivalvia	89
7.4. Diskussion	90
8. Energiebilanz	93
8.1 Einleitung	93
8.2 Methoden und Ergebnisse	95
8.2.1 Ascidiacea	96
8.2.2 Porifera	97
8.2.3 Bivalvia	98
8.2.4 Energiebilanzen	98
8.3 Diskussion	105
8.3.1 Temperaturabhängigkeit der Pumpraten	105
8.3.2 Konsumtion	107
8.3.3 Energiebilanz	108
9. Schlussbetrachtung	111
10. Literatur	116
11. Anhang	141
12. Danksagung	147

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war Berechnung der Energieumsätze dominanter antarktischer Suspensionsfresser der Potter Cove.

Durchgeführt wurden die Arbeiten in der Potter Cove, King George Island, in der maritimen Antarktis. Neben der bekannten Zusammensetzung der Ascidienfauna der Potter Cove wurde die Schwammfauna analysiert. Es wurden 27 Arten gefunden, von denen 13 Arten für den Bereich der Süd-Shetland-Inseln und der antarktischen Halbinsel neu beschrieben wurden.

Von den 15 beschriebenen Ascidienarten wurden die solitären Arten *Ascidia challengerii*, *Cnemidocarpa verrucosa*, *Corella eumyota* und *Molgula pedunculata* bearbeitet, von den Schwämmen die dominanten Arten *Mycale acerata* und *Isodictya kerguelensis* sowie die grösste der 3 bisher bestimmten Muschelarten *Laternula elliptica*.

Eine Analyse der den Tieren in 30m Tiefe zu Verfügung stehenden Energiemenge zeigte zwar eine Saisonalität, aber keine extreme Nahrungslimitierung während der Wintermonate. Dies wird in erster Linie auf Resuspension energiereicher Partikel benthischer und pelagischer Herkunft zurückgeführt. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die suspensionsfiltrierenden Organismen, zumindest im Bereich der küstennahen maritimen Antarktis, keine langen winterlichen Hungerperioden zu überstehen haben. Die Pumphraten aller gemessenen Arten liegen deutlich unter denjenigen für Vertreter borealer und tropischer Meeresgebiete. Dies wird auf den bei niedrigen Temperaturen verlangsamten Stoffwechsel der Tiere und die erhöhte Viskosität des Meerwassers zurückgeführt.

Die Ascidien sowie die Muschel *L. elliptica* tragen durch Biodeposition erheblich zur Strukturierung des Meeresbodens bei und fördern die Besiedlung durch koprophage Evertibraten.

Die unter zu Hilfenahme von Literaturdaten zu Sauerstoffverbrauch und Produktion aufgestellten Energiebilanzen sind nicht ausgeglichen. Für alle untersuchten Arten wurde ein Energieüberschuss festgestellt. Da die Wachstumseffizienzen aber im Bereich des in der Literatur für Herbivore angegebenen Wertes liegen, wird der Energieüberschuss auf unterschätzte Biodepositionsraten zurückgeführt.

Ascidien und *L. elliptica* sind durch ökologische Anpassungen besser als Schwämme in der Lage, mit den speziellen physikalischen Bedingungen der Potter Cove umzugehen und dominieren aus diesem Grund die Weichböden.

Summary

The objective of this work was the first comprehensive calculation of the energy budgets of dominating groups of suspension feeders in Potter Cove, Antarctica.

The field work was carried out in the Dallmann Laboratory, King George Island, during Antarctic summer field campaigns. 27 species of sponges were recorded in the area, 13 of which were newly described for the South Shetland Islands and the adjacent Antarctic peninsula. The 2 dominant species, *Mycale acerata* and *Isodictya kerguelensis* were chosen for further ecological studies. Of the 15 ascidian species already known, *Ascidia challengerii*, *Cnemidocarpa verrucosa*, *Corella eumyota* and *Molgula pedunculata* were investigated, as well as the bivalve *Laternula elliptica*.

A quantification of the amount of energy present in the particulate fraction in the water column at 30m depth shows seasonal variation throughout the year, but no extreme limitation of energy supply during the winter months. This is due to resuspension of particulate matter from the seafloor, induced by currents and, during no-ice conditions, by wave action. Bacteria and protista seem to play an important role in the nutrition of these suspension feeders, especially in winter, when photosynthesis plays a minor part. It is inferred that at least in the coastal maritime Antarctic habitats, energy is provided sufficiently throughout the year.

The pumping rates of all Antarctic species ranged, reflecting reduced metabolism at low temperatures and higher viscosity of the seawater, below those of animals of temperate zones. The bottom sediments receive a considerable amount of faecal material produced by the ascidians and the bivalves and thus support a variety of coprophagous deposit feeders.

The energy budgets were calculated using respiration and production data from the literature. All species showed a surplus energy uptake which could be related to an underestimation of the biodeposition rates.

The results do not display a very harsh environment for the animals in general but reveal different adaptations between the investigated taxa to the special physical conditions of the Potter Cove, which make the ascidians and *L. elliptica* dominant in contrast to other Antarctic sites, where sponges dominate the communities.

1. Einführung

In weiten Bereichen der Schelfmeere dominieren suspensionsfressende Tiere im Benthos und spielen eine entscheidende Rolle im Stoff- und Energieumsatz dieser Ökosysteme. Sie nutzen das planktische Nahrungsangebot, filtrieren Phytoplankton, Detritus und Bakterien und können gelöste organische Moleküle aufnehmen. Dieses Nahrungsangebot stammt aus der Produktion in der Wassersäule und der Resuspension benthischer Partikel. Benthische Suspensionsfresser können auf die Populationen des Lebensraums "Pelagial" durch Wegfrass und auf den Lebensraum "Benthos" durch Biodeposition eine strukturierende Wirkung ausüben (Jørgensen 1990). Diese biologische Kopplung der Wassersäule mit dem Meeresboden wird in erster Linie durch die suspensionsfressenden Arten gewährleistet, welche die in der Wassersäule vorhandenen Partikel konzentrieren, festlegen und in das Benthos inkorporieren.

Untersuchungen des im Vergleich mit anderen Weltmeeren bisher weniger intensiv erforschten antarktischen Schelfs und der Flachwasserbereiche enthüllten dort eine besondere Dominanz suspensionsfressender Arten (Gallardo et al. 1977, Zamorano 1983, Voss 1988, Gerdes et al. 1992, Barthel und Gutt 1992, Starmans 1997). Im Gegensatz zur offensichtlichen ökologischen Bedeutung der filtrierenden Organismen steht die Vernachlässigung, mit der die Erforschung ihrer Rolle im Benthos der Antarktis bisher bedacht wurde. Über Wachstum und Reproduktion, Ernährung und Sauerstoffverbrauch gibt es bisher keine oder nur vereinzelte Daten (Tracy 1982, Gaino et al. 1994, Gili et al. 1996, Kühne 1997). Crisp (1984) bezeichnet die Erforschung der Ökologie und Populationsdynamik der vorhandenen Arten als Grundlage für alle weitergehenden Beschäftigungen mit einem System. Zur Zeit herrscht aber noch grosse Unklarheit über die biologischen Leistungen der antarktischen Evertebraten. Lange Zeit gültige Vorstellungen, nach denen das Benthos generell durch geringe Wachstumsleistungen, Riesenwuchs, das Fehlen pelagischer Larven und eine stark ausgeprägte Saisonalität gekennzeichnet sind, wurden in den letzten Jahren teilweise widerlegt (vgl. Arntz und Gallardo 1994, Arntz 1995). Bivalvia, mit wenigen Ausnahmen

wie *Laternula elliptica*, sind in der Regel kleiner als in anderen Meeresgebieten (Hain 1990). Kühne (1997) fand bei drei antarktischen Ascidien höhere Wachstumsleistungen als für vergleichbare Arten borealer Gebiete. Barnes und Clarke (1995) verzeichneten auf Signy Island eine kaum von Ruhephasen gekennzeichnete Aktivität verschiedener Gruppen benthischer Suspensionsfresser. Diese Beispiele zeigen, dass die oben genannten Verallgemeinerungen zumindest nicht generell zutreffen. Die Arbeit hat daher das Ziel, über eine detailliertere Untersuchung der biologischen Leistungen antarktischer Suspensionsfresser am Beispiel der Potter Cove, King George Island, eine genauere Einordnung des filtrierenden Benthos in den Stoffhaushalt eines antarktischen Ökosystems zu ermöglichen.

Die Arbeit gliedert sich in 8 Kapitel, welche in sich abgeschlossen sind. Nach der Beschreibung des Untersuchungsgebietes im folgenden zweiten Kapitel werden die im Weiteren bearbeiteten Arten im dritten charakterisiert. Das vierte behandelt die räumliche und zeitliche Verteilung der Partikel in der Potter Cove, um die Nahrungsverfügbarkeit abschätzen zu können. In den folgenden Kapiteln fünf und sechs werden die Ingestionsraten und der Sauerstoffverbrauch der Schwammart *Mycale acerata* dargestellt. Im siebten Kapitel wird die Egestion der untersuchten Arten berechnet und im achten mit den Daten über Nahrungsverfügbarkeit und Ingestionsraten in Beziehung gesetzt. Zudem wird die Assimilation berechnet. Am Ende steht eine Schlussbetrachtung der Ergebnisse.

Im Vordergrund der Untersuchungen stehen somit die Fragestellungen:

- Wie ist die zeitliche Nahrungsverfügbarkeit ?
- Welche Ingestionsraten haben die ausgewählten Arten ?
- Existiert eine räumliche Segregation hinsichtlich der Nahrungsansprüche ?
- Welche Egestionsraten haben die ausgewählten Arten ?

- Welches ist die Energiebilanz pro Tier und Population unter Benutzung bereits vorhandener Abundanz- und Biomassedaten

Diese Arbeit ist im Rahmen des Rascals-Programms (Research on Antarctic Shallow Coastal and Litoral Systems), eines deutsch-argentinischen Gemeinschaftsprogramms zur Erforschung der Energieflüsse in einer flachen antarktischen Bucht angesiedelt.

2. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen wurden im Dallmann-Labor (62° 14'S; 58° 40'W, Abb. 1.1), einer Annexstation der argentinischen Station Jubany auf King George Island, der grössten Insel des Süd-Shetland Archipels, durchgeführt. Das Dallmann-Labor wird vom Alfred-Wegener-Institut und dem Instituto Antártico Argentino gemeinsam betrieben.

Die Feldarbeiten erfolgten in der angrenzenden Potter Cove, einer flachen, im Inneren bis zu 50m tiefen und ca. 1,95 km² grossen Bucht. Der zentrale Teil der Bucht ist durch Weichböden gekennzeichnet, die das Siedlungsgebiet der hier bearbeiteten Arten darstellen. Dieser innere Bereich ist von der äusseren 90 m tiefen und ca. 5 km² grossen Potter Cove durch einen Buckel getrennt, der bis 30 m unter die Oberfläche aufragt. Dies bietet der inneren Bucht Schutz vor dem Eindringen sehr grosser Eisberge, so dass nur kleinere Berge mit einem relativ geringen Tiefgang in die Bucht treiben und bis ca. 20 m Tiefe einen zerstörerischen Einfluss auf Fauna und Flora ausüben können. Durch drei an der Südküste der Bucht mündende Schmelzwasserbäche gelangt während der Sommermonate sedimentreiches Gletscherwasser in die Bucht (Klöser et al. 1994a). Diese Sedimente lagern sich zum Teil in der Bucht ab und tragen so zur Weichbodenbildung bei.

Die Aufteilung der Bucht in fünf Tiefenstufen erfolgte nach Kühne (1997, Tab. 2.1). Das Siedlungsgebiet der untersuchten Arten erstreckt sich zwischen 10 und 35m, wahrscheinlich aber bis 50m Wassertiefe (1,43 km² oder 73,6% der Gesamtfläche) der inneren Bucht.

Tab. 2.1: Prozentuale und absolute Flächenanteile der Tiefenstufen und Wasserkörper der inneren Potter Cove (aus Kühne 1997)

Tiefenstufe	Anteil [%]	Gesamtfläche [km ²]
0 - 10 m	26,4	0,52
<10 - 20 m	19,5	0,38
<20 - 30 m	16,6	0,32
<30 - 40 m	33,5	0,65
<40 - 50 m	4	0,08
Gesamt	100	1,95

Die Hydrographie der Potter Cove wird durch die aus südwestlicher Richtung heranströmenden Wassermassen der Bransfield Strait bestimmt (Chang et al. 1990). Dieses relativ salzarme Oberflächenwasser fliesst an der

Südküste der Maxwell Bay (Abb. 2.1) ein, folgt dem Verlauf ihrer nördlichen Küste und trifft hier zunächst auf die Marian Cove und im weiteren auf die Potter Cove, welche Seitenbuchten der Maxwell Bay darstellen. Das in die Potter Cove einströmende Wasser ist somit schon durch Sedimente aus Gletscherabflüssen belastet (Hong et al. 1991). Die vorherrschenden westlichen Winde drücken dieses Wasser in die Bucht hinein, wo es zum Boden absinkt (Roese et al. 1993, Schloss et al. 1994, Klöser et al. 1994a). Zusätzlich werden im Sommer sedimentreiche Schmelzwasser in der Bucht angereichert (Klöser et al. 1994a). Östliche Winde treiben dieses Oberflächenwasser aus der Bucht hinaus, und sedimentarmes Tiefenwasser aus dem äusseren Bereich der Maxwell Bay wird nachgezogen (Iken 1995).

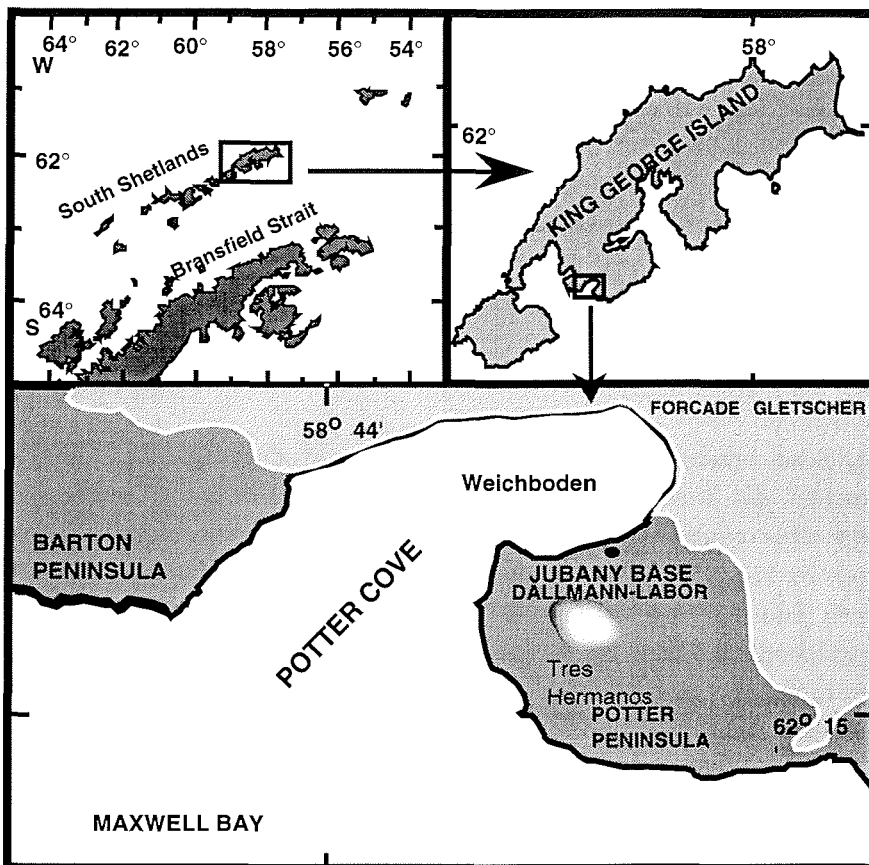


Abb. 2.1: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes

3. Artenspektrum und Biologie der Suspensionsfresser der Potter Cove

3.1 Ascidiacea

Für die Meeresgebiete südlich des 40. Breitengrades Süd sind 129 Ascidiarten beschrieben worden (Kott 1971). Ascidiaceae gehören zu den biomasse- und individuenreichsten Taxa vieler Untersuchungen (Gallardo et al. 1977, Nakajima et al. 1982, Zamorano 1983, Jazdzewski et al. 1986, Voss 1988, Martos und Yraola 1991, Rauschert 1991, Gerdes et al. 1992, Kühne 1997) und stellen somit ein wichtiges Glied des antarktischen Benthos dar. Der grösste Teil der Arten sind Flachwasserbewohner (Gallardo et al. 1977, Nakajima et al. 1982, Jazdzewski et al. 1986, Kirkwood und Burton 1988), nur wenige dringen in die Tiefsee vor (Kott 1969).

Neben den taxonomischen und morphologischen Untersuchungen antarktischer Ascidien kamen bisher alle weiteren biologischen Aspekte zu kurz. Tracy (1982), die sich mit dem Sauerstoffverbrauch von *Cnemidocarpa verrucosa*, McClintock (1991), der sich mit Sekundärmetaboliten und Energiegehalten der selben Art beschäftigte, und Kühne (1997), der Sauerstoffverbrauch, Energiegehalt und Populationsdynamik dreier antarktischer Arten untersuchte, lieferten die einzig bisher verfügbaren Daten.

3.1.1 Nahrungsaufnahme von Ascidien

Seescheiden erzeugen den Nahrungswasserstrom durch die um die Pharynxostien des Kiemendarmes gelegenen Cilien und transportieren das Wasser über einen Mucusfilter in die Mantelhöhle; von dort gelangt es wieder ins Freie. Das Mucusfilter wird kontinuierlich von dem ventral gelegenen Endostyl abgesondert und ebenfalls mittels Cilienschlag über den Pharynx in die dorsal gelegene Lamina verbracht, dort aufgerollt und in den Verdauungstrakt geschoben. Dieses Filter bildet ein Netz von rechteckig angeordneten longitudinalen und transversalen Filamenten (Werner 1959, Flood und Fiala-Médioni 1981) mit einer Maschenweite von unter 0,2 bis 0,5 μm Breite und 0,5 bis 2,2 μm Länge.

Millar (1960) konnte beobachten, dass verschiedene Arten Partikel sortieren können. Zu grosse Partikel werden von den Tentakeln der Einströmöff-

nung ferngehalten (McGinitie 1939, Werner und Werner 1954). Allerdings erfolgt diese Sortierung nicht mit grosser Effizienz, wie Klumpp (1984) beschrieb und auch an den Ascidien der Potter Cove beobachtet werden konnte. Bei niedrigen Partikelkonzentrationen in Wasser scheinen Ascidien auch grössere Mengen an Makroalgenbruchstücken zu filtrieren, wie Clapin et al. (1997 im Druck) bei den Arten *Pyura australis* und *Polycarpa viridis* feststellen konnten.

Klöser (pers. Mitt.) fand in den solitären Ascidien der Potter Cove bis zu 70% benthische Diatomeen. Vor allem während der späten Sommermonate Februar und März fanden Tatian und Sahade (im Druck) grössere Mengen an Makroalgendetritus.

Für die Potter Cove wurden 15 solitäre und koloniale Ascidien nachgewiesen (Kühne 1997).

Tab 3.1: In der Potter Cove nachgewiesene Ascidien (aus Kühne 1997)

Ordnung Enterogona

Unterordnung Aplousobranchia

Familie Clavelinidae

Sycozoa gaimardi (Herdman 1886)

Distaplia cylindrica (Lesson 1830)

Familie Polyclinidae

Tylobranchion speciosum Herdman 1886

Aplidium radiatum (Sluiter 1906)

Synoicium adareanum (Herdman 1902)

Unterordnung Phlebobranchia

Familie Corellidae

Corella eumyota Traustedt 1882

Familie Ascidiidae

Ascidia challengerii Herdman 1882

Ordnung Pleurogona

Unterordnung Stolidobranchia

Familie Styelidae

Cnemidocarpa verrucosa (Lesson 1830)

Styela wandeli (Sluiter 1914)

Familie Pyuridae

Pyura setosa (Sluiter 1905)

Pyura georgiana (Michaelsen 1898)

Pyura discoveryi (Herdman 1910)

Pyura obesa (Sluiter 1912)

Familie Molgulidae

Molgula pedunculata Herdman 1881

Molgula conflua (Sluiter 1912)

In der vorliegenden Arbeit wurden die vier in Tab. 3.1 unterstrichenen solitären Ascidien bearbeitet:

3.1.2 *Ascidia challengerii* (Herdman)

Diese stark zusammengedrückte Art wird bis zu 10cm lang. Die Tunika ist dick und ledrig und hat einen endständigen wurzelartigen Fortsatz, der der Verankerung im Boden sowie der Anheftung an andere sessile Benthosbewohner, meist Ascidien anderer Arten, dient. Die Osculi liegen terminal. *A. challengerii* ist regelmässig mit anderen Ascidien (kleinere Arten wie *Sycozoa gaimardi* und *Tylobranchion speciosum*) sowie mit Bryozoen und Hydrozoen bewachsen. Die ovipare Vermehrung erfolgt zwischen August bis November, das maximale Alter liegt bei 5,3 Jahren (Kühne 1997).

Das Verbreitungsgebiet ist zirkumpolar und reicht über die im Sektor des indischen Ozeans liegenden subantarktischen Inseln bis nach Tasmanien (Kott 1969).

3.1.3 *Corella eumyota* (Traustedt)

Bis zu 20 cm lang und 11 cm breit wird diese rundlich-ovale Art. Die Tunika ist dünn und durchscheinend. Die Einströmöffnung liegt dorsal-mittig, die Ausströmöffnung terminal. Jüngere Exemplare haben eine wurzelartige Verlängerung der Tunica, mit der sie sich im Sediment verankern können. Später bildet sich diese zurück. *C. eumyota* ist ovipar. Der Reproduktions-

zeitraum erstreckt sich von November bis Dezember, das maximale Alter liegt bei 24,3 Jahren (Kühne 1997).

Die Verbreitung der Art ist zirkumpolar und reicht über die subantarktischen Inseln bis nach Feuerland und Patagonien in Südamerika, Südafrika und die südlichen Gebiete Neuseelands und Australiens (Kott 1969).



Abb. 2.1: Weichboden der Potter Cove in 25m Tiefe; am linken und rechten Bildrand einige Exemplare von *Molgula pedunculata* (gut sichtbar der Bewuchs mit geweihartigen Bryozoa); in der Mitte grosse Individuen von *Corella eumyota* (weit auseinanderliegende Osculi und wahrscheinlich Nahrung des Seesterns *Diplasterias brucei*); am unteren Bildrand kleine *Ascidia challengeri* (Osculi beide terminal)

3.1.4 *Molgula pedunculata* (Herdman)

Diese Art wird bis zu 25cm hoch und ist morphologisch in einen Stiel (Name !) und den Körper gegliedert. Mit der am Ende des Stiels gelegenen wulstigen Verdickung und byssusartigen Fäden verankert sich die Art im Weichboden oder an anderen Arten, in der Regel aber andere *M. pedunculata*. Die Osculi liegen terminal. Bedingt durch das Fehlen einer pelagischen Larve (Svane und Young 1989) lebt sie häufig in "Bouquets" aus bis zu 15 Tieren verschiedener Grösse und ist deshalb fleckhaft verteilt. Auffällig ist der Bewuchs durch andere sessile Arten. Während einige Exemplare, vor

allem der inneren Potter Cove, mit steigender Grösse sehr stark mit Bryozoen, Hydroidpolypen oder Diatomeen bewachsen sind, dienen die Individuen der äusseren Potter Cove nur selten als Sekundärsubstrat (eig. Beobachtungen). Die Vermehrung von *M. pedunculata*, wahrscheinlich von August bis November, erfolgt ausschließlich sexuell; die Art ist vermutlich vivipar. Das maximale Alter gibt Kühne (1997) mit 12,8 Jahren an.

Die Verbreitung ist zirkumpolar und erstreckt sich bis zu den subantarktischen Insel der Kerguelen und Maquaries (Kott 1969).

3.1.5 *Cnemidocarpa verrucosa* (Lesson)

Die Art ist orange gefärbt und bis zu 15cm hoch. Sie ist durch ihre starke Längsmuskulatur jedoch kontraktile und vermag bei Störung ihre Höhe um ca. 70% zu reduzieren (eig. Beobachtungen). Die von Papillen bedeckte Oberfläche wird in geringem Masse von Bryozoen und Hydroidpolypen als Sekundärsubstrat genutzt. Die Tiere leben einzeln oder in kleinen Gruppen, immer an einen kleinen Stein ("dropstone") angeheftet, der bei grösseren Exemplaren fast komplett von der Fusscheibe umwachsen ist, der jungen Larve aber als Verankerungspunkt dient. Sie ist somit als einzige der hier untersuchten Arten nicht in der Lage, Weichböden direkt zu besiedeln (eig. Beobachtungen). Im McMurdo Sound ist sie eine der häufigsten Ascidien; der Gastropode *Phylina antarctica* nutzt die Tunika zur Eiablage (Dayton et al. 1974). McClintock et al. (1991) fanden planktische Larven während der Aquarienhälterung im November; aus Grössenhäufigkeitsverteilungen schlossen sie, dass *C. verrucosa* mindestens 4 Jahre alt werden kann.

Die Verbreitung ist zirkumpolar und reicht über den Scotiabogen bis Feuerland und den patagonischen Schelfen (Kott 1969).

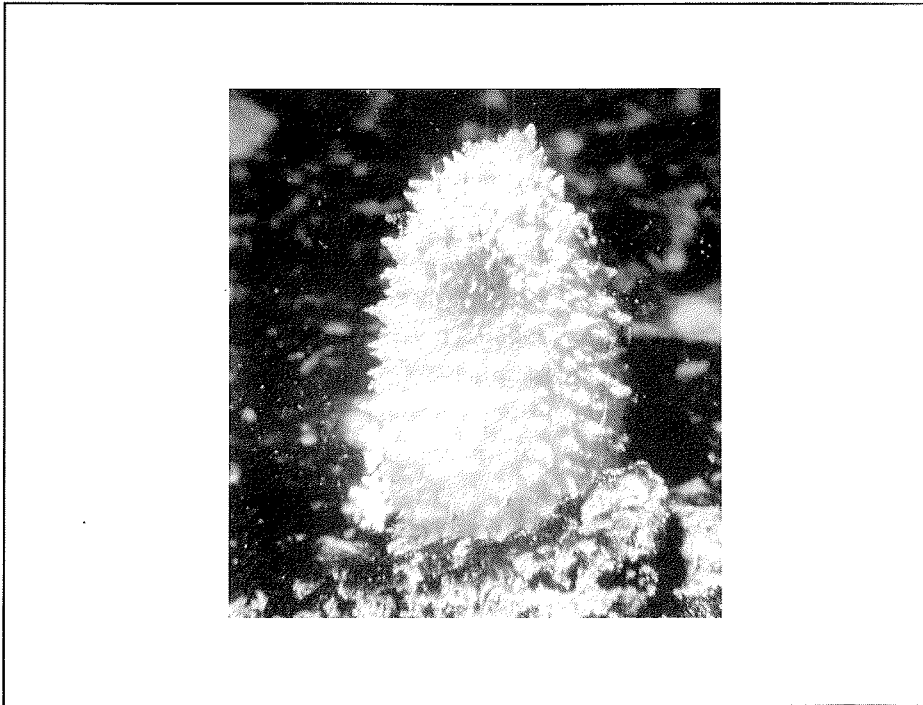


Abb. 3.2: Kleineres Exemplar von *Cnemidocarpa verrucosa* in ca. 20m Tiefe; sichtbar ist Sediment auf der Tunika, der Boden ist von benthischen Diatomeen bedeckt

3.2 Porifera

Bisher wurden in den antarktischen Meeren über 300 Schwammarten beschrieben, mehr als 50% von ihnen sind endemisch (Koltun 1970). Oftmals dominieren Schwammgemeinschaften die Schelfgebiete der Antarktis (Koltun 1968, Voss 1988, Barthel und Gutt 1992, Starmans 1997), deren größte Biomasse von sechs Hexactinellidenarten gebildet wird (Barthel und Tendal 1994). Diese Arten strukturieren den ansonsten gleichförmigen Meeresboden und bilden ein wichtiges Sekundärsubstrat für Holothurien, Crinoiden, Ophiuriden (Dearborn 1977, Barthel et al. 1991) sowie die Kinderstube für verschiedene Evertebraten (Wägele 1988, Kunzmann 1996) und Fische (Konecki und Targett 1989, Barthel 1997). Die Skelettnadeln abgestorbener Individuen bilden dichte Matten von bis zu 2 m Mächtigkeit (Koltun 1968, Dayton et al. 1974) auf dem Meeresboden, welche ebenfalls als Sekundärsubstrat genutzt werden.

3.2.1 Nahrungsaufnahme von Schwämmen

Schwämme haben ein in der Tierwelt einzigartiges Filtriersystem entwickelt, indem der ganze Körper als Filter funktioniert. Sie sind nicht selektierende Suspensionsfresser, deren Ernährung durch ein sich verzweigendes System sich stetig vermindender Filtergrößen sichergestellt wird. Durch zahlreiche auf der Aussenseite des Tieres gelegene Ostien (von Porocyten gebildet) strömt das Wasser in sich verzweigende Kanäle, an deren Ende sich die den Wasserstrom erzeugenden Choanozytenkammern befinden. Diese bestehen aus choanozytenähnlichen Zellen, die durch rhythmische Schlägen der Kragengeißel einen Sog erzeugen. Aus diesen Kammern austretende Kanäle vereinigen sich zu grossen ableitenden Kanälen, die durch ein bis mehrere Osculae das gefilterte Wasser austossen. Die Nahrungspartikel mittlerer Grösse (2 bis 5µm) werden durch mehr oder weniger spezialisierte Zellen (i.d.R. Archaeocyten) in den zuleitenden Kanälen aufgenommen. Die maximale Grösse der aufzunehmenden Partikel wird durch den Durchmesser der Porocyten bestimmt und liegt in der Regel bei 50µm. Partikel geringen Durchmessers werden von den Kragengeißeln der Choanocyten filtriert, deren Abstand voneinander bei allen bisher untersuchten Arten 0,1 bis 0,2µm beträgt und bis 80% des aufgenommenen partikulären organischen Materials ausmacht (Bergquist 1978). Eine weitere Methode der partikulären Nahrungsaufnahme führt über das Exopinacoderm, der das Tier nach aussen begrenzende Zellschicht. Partikel grösser als 50µm können von manchen Arten direkt phagocytiert werden (Kilian 1952, Vacelet und Boury-Esnault 1995). Schmidt (1970) wies die Aufnahme gelösten organischen Materials an den Choanocyten mit fluoreszierendem Casein und Serumproteinen nach. Reiswig (1990) mass das selbe an zwei Hexactinellidenarten. Schwämme sind offensichtlich unfähig, selektiv zu filtrieren und nehmen Partikel ungeachtet ihres Nährwertes auf (Kilian 1952, Reiswig 1971, Wolfrath und Barthel 1989). Eine gewisse Selektion findet an den aufzunehmenden Zellen, den Archaeocyten statt. Nicht assimilierbare Partikel werden schneller ausgeschieden (Wolfrath und Barthel 1989), eine echte Pseudofaecesbildung existiert jedoch nicht.

Zum Nahrungsspektrum antarktischer Schwämme existieren bisher nur qualitative Gewebeinhaltsuntersuchungen. Gaino et al. (1994) fanden extrem viele Diatomeen, sowohl pelagischer als auch benthischer Herkunft, in

der Cortexschicht zweier antarktischer Spezies, welche als zusätzliches Skelett und, während der nahrungsarmen Zeit des antarktischen Winters, als Nahrungsreserve dienen sollen. Klöser fand (pers. Mitteilung) bis zu 70% benthischer Diatomeen in Schwämmen, welche in verschiedenen Sommerkampagnen in der Maxwell-Bucht, King George Island, gesammelt wurden.

In der inneren Potter Cove wurden 6, in der äusseren Potter Cove 21 Schwammarten gefunden (Tab 3.2). 13 Arten wurden für den Bereich der South Shetland Islands/Antarktische Halbinsel neu beschrieben. Sämtliche Arten gehören zu den echten Kieselschwämmen (Demospongia); die in anderen Gebieten, vor allem von tieferen Schelfbereichen der Weddellsee (Barthel und Gutt 1992) bekannten Glasschwämme (Hexactinellida) wurden in der Potter Cove nicht gefunden.

Tab. 3.2: In der Potter Cove nachgewiesene Schwämme, mit "*" versehene von den Weichböden der inneren Potter Cove

Klasse Demospongiae Sollas 1886

Überordnung Tetractinomorpha Lévi 1973

Ordnung Spirophorida Lévi 1973

Familie Tetillidae Sollas 1886

Cinachyra barbata (Sollas 1886)

Cinachyra antarctica (Carter 1872)

Ordnung Hadromerida Topsent 1898

Familie Polymastiidae Gray 1867

Polymastia invaginata (Kirkpatrick 1907)

Polymastia isidis (Thiele 1905)

Sphaerotylus antarcticus (Kirkpatrick 1907)

Familie Suberitidae (Schmidt 1870)

Suberites spec.

Familie Stylocordylidae (Topsent 1928)

Stylocordyla borealis (Loven 1868)*

Ordnung Axinellida Lévi 1953

Familie Axinellidae Ridley & Dendy 1887

Homaxinella balfourensis (Ridley & Dendy 1886)*

Überordnung Ceractiomorpha Lévi 1956

Ordnung Poecilosclerida Topsent 1928

Familie Mycalidae Lundbeck 1905

Mycale acerata (Kirkpatrick 1907)*

Familie Esperiopsidae Hentschel 1923

Isodictya kerguelensis (Ridley & Dendy 1886)*

Isodictya trigona (Topsent 1913)*

Cercidochela lankestri (Kirkpatrick 1907)*

Familie Myxillidae Topsent 1928

Iophon unicornis (Topsent 1907)

Iophon radiatus (Topsent 1901)

Myxilla basimucronata (Burton 1932)

Familie Tedaniidae Ridley & Dendy 1887

Tedania charcoti (Topsent 1907)

Tedania spinata (Ridley 1881)

Tedania lanceta (Koltun 1964)

Familie Clathriidae Hentschel 1923

Artemisina appolinis (Ridley & Dendy 1887)

Axociella flabellata (Topsent 1913)

Familie Anchinoidea Topsent 1928

Anchinoe areolata (Thiele 1905)

Ordnung Haplosclerida Topsent 1928

Familie Gelliidae Ridley & Dendy 1887

Gellius phakelloides (Kirkpatrick 1907)

Familie Haliclonidae de Laubenfels 1932

Haliclona pilosa (Kirkpatrick 1907)

Familie Niphatidae van Soest 1980

Haliclonissa verrucosa (Burton 1932)

Familie Petrosiidae van Soest 1980

Petrosia hispida (Ridley & Dendy 1886)

Ordnung Dendroceratida Lendenfeld 1889

Familie Halisarcidae Vosmaer 1885

Halisarca dujardini (Johnston 1842)

Familie Aplysillidae Vosmaer 1883

Dendrilla antarctica (Topsent 1905)

Bearbeitet wurden die beiden unterstrichenen Arten *Mycale acerata* und *Isodictya kerguelensis*.

3.2.2 *Mycale acerata* (Kirkpatrick)

Mycale acerata ist eine massive Art von weisser bis leuchtend gelber Farbe, deren Kolonien aus einer bis vielen konusförmigen Röhren zusammengesetzt sind. Die Ausströmöffnungen (Osculi) liegen an der Spitze dieser Röhren. Die Verankerung, sowohl im Weichboden als auch auf anderem sessilen Benthos, erfolgt durch Ausläufer der das Hauptskelett bildenden starken Sponginfasern. Die Verbreitung in der Antarktis ist zirkumpolar (Sarà et al. 1992) und reicht über die subantarktischen Inseln bis zur chilenischen Küste und den Falklandinseln (Desqueyroux-Faundez 1989), im pazifischen Sektor bis zu den Kerguelen und Maquarie Islands (Sarà et al. 1992).

M. acerata ist die einzige Schwammart, bei der ein Wachstum (10 bis 67% pro Jahr) gemessen werden konnte (McMurdo Sound, Dayton et al. 1974). Aus diesem Grund wird die Spezies als potentiell dominanter Raumkonkurrent betrachtet, der dieses Potential allerdings nicht auszunützen vermag. Er wächst nur vereinzelt, zum Teil jedoch in Kolonien bis 1,5m Höhe (McMurdo-Sound, Dayton et al. 1974; Potter Cove, eig. Beobachtungen). Bei Störungen scheidet das Tier grosse Mengen an Schleim aus; er wird auch zur Säuberung der Oberfläche nach starken Sedimentationsereignissen benutzt. Obwohl *M. acerata* Sekundärmetabolite bildet, welche zumindest für Fische hochtoxisch sind, ist die Art Beuteorganismus der Asteroiden *Perknaster fuscus*, *Odontaster meridionalis* und *Acodontaster conspicuus* (ersterer ist auf *M. acerata* spezialisiert und deckt damit 95% seines Energiebedarfs, während der Schwamm für die beiden anderen Arten nur Beifrass darstellt; McClintock 1987). Seine Populationsdichte scheint somit durch seine Prädatoren gesteuert zu werden (Dayton et al. 1974). *P. fuscus* wurde von Rauschert (1991) für die Maxwell Bay nachgewiesen, in der Potter Cove jedoch nicht gefunden. Da durch die auf 30 m beschränkte Tauchtiefe systematische Daten aus der Zone zwischen 30 und 50m Tiefe fehlen und die grossen Exemplare von *M. acerata* erst ab 32m Tiefe wachsen (eig. Beobachtungen), ist das Vorkommen von *P. fuscus* nicht auszuschliessen.

Individuen, die über 10 Jahre beobachtet wurden (Dayton 1978), zeigten nicht nur ein starkes Wachstum, sondern auch Alterungserscheinungen,

die zum Abbau fast des gesamten lebenden Gewebes führten. Dayton nimmt eine Lebensspanne von 10 bis 20 Jahren für diese Art an, welche einer opportunistischen Lebensstrategie folgt, die von Reisiwig (1974) schon für tropische Arten von *Mycale* beschrieben wurde.

Die Reproduktion erfolgt wahrscheinlich durch freischwimmende Larven, da Dayton (1978) junge Exemplare an künstlichen Substraten beobachtete.

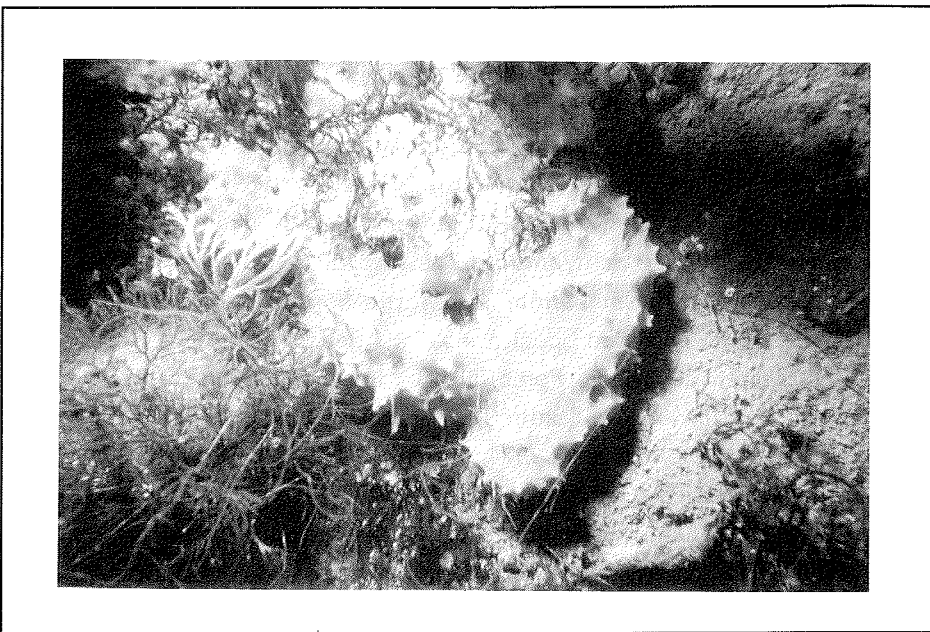


Abb. 3.3: Ein kleines Individuum von *Mycale acerata* zwischen Rotalgen

3.2.3 *Isodictya kerguelensis* (Ridley & Dendy)

Isodictya kerguelensis ist ein bäumchenartiger dunkelorangeter Schwamm bis zu einer Höhe von 40 cm und Nadelausläufern, mit welchen er sich im Weichboden verankert. Starke Sklerenzüge verleihen diesem Schwamm eine feste Konsistenz. Die Osculi sind zahlreich über die Oberfläche verteilt. Die Verbreitung ist zirkumpolar und reicht im Norden über die Orkneys und Südgeorgien bis zu den Falklandinseln, im pazifischen Sektor bis zu den Kerguelen und den Maquarie Islands (Sarà et al. 1992).

3.3 Bivalvia

Im Vergleich mit anderen Taxa ist die Gesamtbiomasse der Muscheln in der Antarktis gering. Dies liegt an der durch kleine Arten unter 2 cm geprägten Fauna (Nicol 1967, Hain 1990). Dennoch kommt es stellenweise zu hohen Biomassen, wie z. B. durch *L. elliptica* in der Potter Cove, deren Biomasse bis zu 88g aschefreiem Trockengewicht pro m² (Urban, pers. Kommentar) und bis zu 76 Individuen pro m² (Ahn 1993) betragen kann.

3.3.1 Nahrungsaufnahme von Muscheln

Metachron schlagende Bänder lateral an den Kiemen angeordneter Cilien erzeugen den Hauptwasserstrom durch die Mantelhöhle und die Kiemen. An den Kiemenfilamenten entziehen laterofrontale und frontale Cilienbänder dem Wasser die Partikel und werden mit dem Magenwasserstrom, zum Teil in von Drüsenzellen gebildeten Mucus gepackt, dem Verdauungstrakt entgegengestrudelt. Feine Partikel werden über die laterofrontalen, größere über frontale Cilienbänder transportiert. Die frontalen Cilien sind neben den vor der Mundöffnung liegenden Cilien der Labialpalpen für die Produktion von Pseudofaeces zuständig. Diese setzen sich aus Partikeln zusammen, die sofort aus dem Tier entfernt werden, ohne den Verdauungstrakt zu passieren. Muscheln sind demnach in der Lage, aktiv Partikel zu selektieren.

Über die Filtrationsleistungen von Muscheln existiert eine breite Datenbasis, die unter anderem in Jørgensen (1990, 1996) zusammengefasst ist und Muscheln als effektive Filtrierer beschreibt, die durch ihre Filtrierleistungen in Zusammenhang mit hoher Biomasse einen grossen Einfluss auf die Phytoplanktonpopulationen ausüben können (Cloern 1982, Officer et al. 1982, Cohen et al. 1984).

Laternula elliptica scheint Mikroalgen vor anderen Partikeln bevorzugt zu selektionieren. Ahn (1993) fand in den Kotballen wesentlich höhere Chlorophyll-a Konzentrationen als im umgebenden Seston (15:1).

Bisher wurden drei Arten von Muscheln in der Potter Cove bestimmt.

Tab. 3.3: In der inneren Potter Cove nachgewiesene Muschelarten

Ordnung Nuculoida Dall 1889

Familie Sareptidae Stolitzka 1871

Gattung *Yoldia* Möller 1842

Yoldia eightsi (Couthouy in Jay 1839)

Gattung *Lissarca* Smith 1877

Lissarca miliaris Philippi 1845

Ordnung Pholadomyoida Newell 1965

Familie Cyamiidae Philippi 1845

Gattung *Laternula* Röding 1978

Laternula elliptica (King und Broderip 1831)

Bearbeitet wurde die unterstrichene Art *Laternula elliptica*.

3.3.2 *Laternula elliptica* (King & Broderip)

Diese Art ist mit einer Schalenlänge von über 10cm eine der grössten antarktischen Muscheln. Charakteristisch ist ein stark kontraktiver Siphon, mit dem sie, den Körper bis über 50cm in den Weichboden eingegraben, die Verbindung zum Wasserkörper hält (Hardy 1972). Nach Ralph und Maxwell (1977a) besetzt sie die gleiche Nische wie die in nördlich-kühlen Gewässern vorkommende *Mya arenaria*. Diese Lebensweise schützt die eingegrabenen Tiere hervorragend gegen Prädatoren, da grabende Räuber fehlen. Durch Eisbergeinfluss ausgegrabene Tiere werden jedoch von dem Asteroiden *Odontaster validus* gefressen (Dearborn 1977, Zamorano et al. 1986). Ob sich die Muscheln nach Störungen wieder eingraben können, wird zur Zeit noch kontrovers diskutiert (Zamorano et al. 1986, Urban und Mercuri, eingereicht). Die Fortpflanzung findet über in den Schalen geschützte lecitotrophe Larven statt, die im antarktischen Herbst ins Wasser entlassen werden (Pearse et al. 1986, Bosch und Pearse 1988, Berkman et al. 1991). Die Verbreitung ist zirkumpolar (Powell 1965).

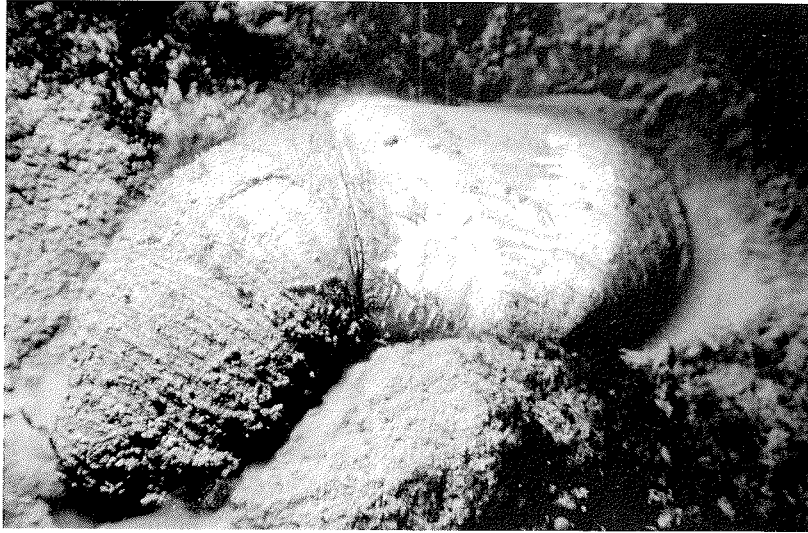


Abb. 3.4: Ausgegrabene *Laternula elliptica*, zu sehen ist der kontrahierte, aber nicht in die Schale zurückziehbare Siphon

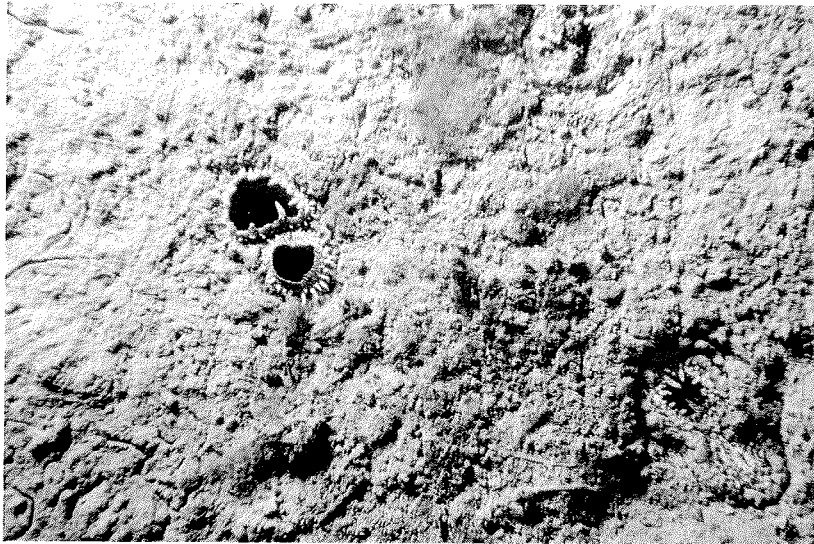


Abb. 3.5: Eingegrabene *L. elliptica*; links mit geöffneten Siphonen, recht mit geschlossenem inhalanten und halb geöffneten exhalanten Siphon

4. Partikeldynamik in der Potter Cove

4.1 Einleitung

Marines Seston setzt sich aus verschiedenen organischen und anorganischen Fraktionen zusammen, welche unterschiedlichen Nährwert aufweisen und einer Veränderung in Raum und Zeit unterliegen. Somit ist für sich von Seston ernährende Tiere die Menge und Qualität der verfügbaren Nahrung einer stetigen Änderung unterworfen.

Um die im Jahresgang potentiell durch Suspensionsfresser aufnehmbare Energie zu berechnen, ist es notwendig, die verfügbare Energiemenge des Sestons zu kennen.

Antarktische Gewässer zeichnen sich im allgemeinen durch starke saisonale Schwankungen der Partikelabundanzen aus, die durch eine in den Frühjahrs- und Sommermonaten vergleichsweise hohe Verfügbarkeit durch Planktonblüten (El-Sayed 1988, Bathmann et al. 1991) gegenüber den Wintermonaten gekennzeichnet ist. Die maximalen Konzentrationen planktischer Partikel der antarktischen Flachwassergebiete sind im Vergleich zu anderen Meeresgebieten sehr gering (Grebmeier und Barry 1991, Ahn 1993, Schloss et al. 1994).

Die Frühjahrs- und Sommerblüte von Mikroalgen unterliegt in flachen Gewässern dem Einfluss lokaler Winde. Vor allem benthische Diatomeen werden in antarktischen Buchten resuspendiert und stehen Suspensionsfressern somit zur Verfügung (Platt 1979, Krebs 1983, Everitt und Thomas 1986, Ferrario 1990, Gilbert 1991, Brandini und Rebello 1994). Denners und Therriault (1987) bestimmten Windgeschwindigkeiten von über 4m/s als ausreichend, um den mikrophytobenthalen Chlorophyll-a-Gehalt in der Wassersäule signifikant zu erhöhen, ein Wert, welcher in der Potter Cove mit durchschnittlich 8,55m/s deutlich überschritten wird (Schloss et al. 1994).

Dayton et al. (1986) wiesen auf einen starken Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit mikrophytobenthischer Algen und sich von ihnen ernährenden Makrovertebraten im McMurdo Sound hin. Berkman et al. (1986) und Ahn et al. (1993) vermuteten sogar, dass benthische Diatomeen die wichtigste Nahrungsquelle für Suspensionfresser während des Winters sind. Graf et al. (1982) wiesen für die Kieler Bucht nach, dass die Primärproduktion des Planktons nicht ausreicht, die benthische Produktion zu erklä-

ren und somit vor allem resuspendierende Prozesse einen wichtigen Beitrag zur Ernährung des Benthos leisten.

Benthische Primärproduktion in der Antarktis hängt von der Meereisbedeckung ab, welche die Lichtpenetration regelt (Palmisano et al. 1985, Dayton et al. 1986, Everitt und Thomas, 1986). Für die der maritimen Antarktis angehörende Factory Cove (Signy Island, 60°43'S, 45°38'W) konnten Clarke et al. (1988) eine jährliche Bedeckung zwischen 0 und 200 Tagen feststellen. Ähnliche Werte wurden auch für die Potter Cove festgestellt (Schloss et al. 1994). Die Primärproduktion ist also nicht nur starken jahreszeitlichen, sondern auch interannuellen Schwankungen unterworfen.

Die Potter Cove hat während des Sommers einen erheblichen Eintrag (bis zu 600mg/l, Varela, pers. Mitt.) an terrigenem Sediment zu verkräften, welches über Schmelzwasser der Gletscher eingetragen wird. Der grösste Teil des Sediments verbleibt durch die geringere Salinität seines Trägermediums, des Schmelzwassers, in den oberen 10m und hat keinen direkten Einfluss auf die Gemeinschaft der Suspensivoren. Allerdings filtert es eine erhebliche Menge an Licht aus der Wassersäule und wirkt limitierend auf die photosynthetisierenden Organismen in Bodennähe, welche wichtige Nahrungsquellen für die Filtrierer bilden. Schloss et al. (1994) berechneten für photosynthetisierende Organismen günstige Lichtbedingungen nur für die Zeit zwischen Verschwinden des Meereises im Oktober und Einsetzen der Gletscherschmelze Ende November, also einen sehr kurzen Zeitraum während eines Jahres. Andere wichtige Nahrungsquellen wie Makroalgendetritus oder organische Aggregate ("marine snow") sind allerdings nicht auf das Lichtangebot am Meeresboden der inneren Potter Cove angewiesen. Die Hartsubstrate der äusseren Potter Cove sind mit Makroalgen u.a. der Arten *Desmarestia* spp, *Himantothallus grandifolius* und *Ascoseira mirabilis* dicht bewachsen (Klöser et al. 1994b, Klöser et al. 1996). Fragmente und Detritus dieser drei Arten sind, durch Wellenschlag und Eiseinwirkung häufig auf den Weichböden der inneren Potter Cove zu finden (eig. Beobachtungen). Tatian und Sahade (im Druck) konnten in den Mägen der antarktischen Ascidie *Cnemidocarpa verrucosa* während der Monate März bis Juni einen Anteil an Makroalgendetritus von bis zu 70% messen. Dieser scheint allerdings von minderer Nahrungsqualität zu sein, wie Langdon und Kreeger (1989) sowie Alber und Valiela (1994, 1996) an mehreren Muschelarten nachwiesen.

4.2 Material und Methoden

4.2.1 Kurzzeitdynamik

An der Station 1 wurde in 27m Tiefe die Partikelverteilung vom 20. November 1995 bis zum 31. Januar 1996 je nach Wetterbedingungen bis zu 3 mal pro Woche gemessen, um die Variabilität der Partikelgehalte in grösserer zeitlicher Auflösung zu erhalten, da der Jahresgang in nur einer Probe je Monat bestand. Mit einer Niskinflasche wurden die Proben gezogen und ca. 50ml über eine 30 μ m Gaze filtriert. Anschliessend wurden sofort mit einem Elzone 280 PC Partikelzähler Konzentration und Verteilung der Partikel zwischen 1 μ m und 30 μ m analysiert.

Für den Zeitraum vom 26.11. 1995 bis zum 15.12.1995 und vom 4.1. 1996 bis zum 31.1. 1996 wurden Mittelwerte und Standardabweichungen für 5 verschiedene Grössenklassen berechnet (1-1,2 μ m, 1,2-3 μ m, 3-8 μ m, 8-12 μ m und 12-30 μ m; Anhang Tab. 11.1). Die Aufteilung in Grössenklassen erfolgte in Anlehnung an die während der Analyse des Jahresgangs benutzten Filtergrössen (s.u.).

4.2.2. Jahresgang

Vom Februar 1995 bis zum Januar 1996 wurden monatlich an der Station 1 zwischen 27 und 30m Tiefe mit der Niskinflasche 6l Wasser geschöpft, bei -25°C tiefgefroren und zur Verarbeitung aufbewahrt.

Nach dem Auftauen wurde das Wasser über 30 μ m Gaze filtriert und mit einem elektronischen Partikelzähler Elzone 280 PC die Konzentration und Verteilung der Partikel analysiert.

Zwischen 3 und 5 l Meerwasser wurden über Acetatfilter nach Grösse fraktioniert. Die benutzten Porengrössen der Filter lagen bei 0,8 μ m, 1,2 μ m, 3 μ m, 8 μ m und 12 μ m. Die Filter wurden bei 25°C getrocknet, gewogen und für die kalorimetrische Messung mit einer Kugelmühle pulverisiert.

Es wurden die Gesamtgewichte der einzelnen Fraktionen abzüglich des Filtergewichts sowie das Verhältnis von organischer zu anorganischer Substanz ermittelt. Ein Teil der Proben wurde zunächst bei 100°C getrocknet,

um den Restwassergehalt zu bestimmen, und anschliessend bei 500°C eine Stunde verbrannt und gewogen.

Die Energiegehalte der einzelnen Grössenfraktionen in J/l wurden in einem Bombenkalorimeter (Eigenbau Prof. Lamprecht, Inst. f. Biophysik, FU Berlin) bestimmt. Die Proben wurden zur Entwässerung bei 100 °C vorgeetrocknet.

Die Auswertung erfolgte graphisch nach Kalibrierung mit Benzoesäure (Crisp 1984). Von den Messwerten wurde der Energiegehalt der Acetatfilter abgezogen. Anschliessend wurde der Energiegehalt pro Partikel in der jeweiligen Grössenfraktion berechnet.

Sowohl von den Gewichts- als auch von den Energiewerten wurden Blindwerte subtrahiert, welche aus Filtern gewonnen wurden, die mit bakterienfrei gefiltertem Seewasser behandelt waren.

Aus der berechneten Variabilität der Kurzzeitdynamik während der Monate November und Januar wurde auf die Variabilität während des Jahres extrapoliert, um einen ersten Einblick in die Dynamik der Partikelverteilung zu bekommen. Mit der Standardabweichung für November/Dezember (Tabelle 11.1, Anhang) wurde die Variabilität der Monate November und Dezember (nach dem Aufbrechen der Eisbedeckung in der Potter Cove und Beginn der Frühjahrsblüte, Schloss et al. 1994), mit derjenigen für Januar die Variabilität für die Monate Januar bis Juni (bis zur vollständigen Eisbedeckung der Potter Cove) geschätzt. Für den Zeitraum von Juli bis Oktober konnte die Variabilität nicht geschätzt werden, da zur Zeit der Eisbedeckung unbekannt hydrodynamische Verhältnisse vorlagen.

4.3. Ergebnisse

4.3.1. Kurzzeitdynamik

Die Abb. 4.3.1 zeigt eine grössere Variabilität der Partikelanzahl aller Grössenklassen Ende November/Anfang Dezember als im Januar. Die gemessenen Partikelmengen der verschiedenen Grössenfraktionen ist in Tabelle 11.1 im Anhang aufgeführt.

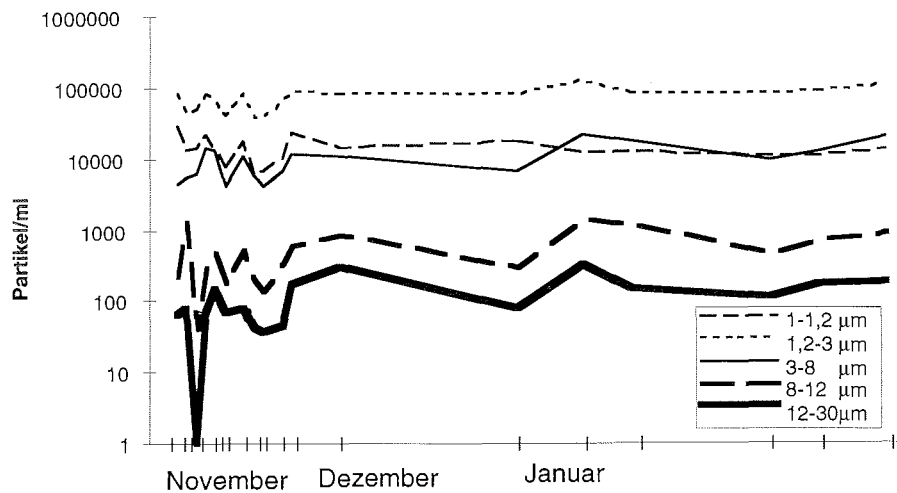


Abb. 4.3.1: Verteilung der Partikel in 30m Tiefe zwischen 26.11.95 und 31.1.96; x-Achsenmarkierungen entsprechen Probenahmen, y-Achse log-transformiert

4.3.2 Jahresgang

Die Verteilung der Partikel während des Zeitraums von Februar 1995 bis Januar 1996 zeigen, fraktioniert nach Grössen, keine eindeutige Saisonalität (Abb. 4.3.2).

Feinkörniges Material bildet die zahlenmässig grösste Partikelfraktion mit 10^7 Partikeln/l, während die Anzahl der grössten Fraktion bis unter 10^5 Partikel/l absinkt. Zunächst zeigt sich, dass die Fraktionen zwischen 1,2 und $3\mu\text{m}$, 3 und $8\mu\text{m}$ und 8 und $12\mu\text{m}$ die energiereichsten sind. Sie unter-

scheiden sich aber in ihrer Saisonalität. Die Partikel zwischen 1,2 und 3 μm haben ihr Maximum in den Frühjahrs- und Sommermonaten, die Fraktionen zwischen 3 und 12 μm bilden Peaks auch im Winter.

Die im Jahresdurchschnitt energiereichste Fraktion ist die zwischen 3 und 8 μm mit 86 J/l, gefolgt von der Fraktion zwischen 8 und 12 μm mit 53 J/l und der zwischen 1,2 bis 3 μm mit 36 J/l. Die kleinste Fraktion hat auf Grund der hohen Anzahl an Partikeln mit 30 J/l fast ein Drittel der Energie der energiereichsten Fraktion.

Die Kurvenverläufe der Partikelgrößen zwischen 0,8 und 1,2 μm (Abb. 4.3.2a) und 1,2 und 3 μm (Abb. 4.3.2b) ähneln sich mit zwei Maxima jeweils im Herbst (April und Juni; bis $8,5 \cdot 10^7$ Partikel/l) und im Frühjahr (Oktober und November; bis 10^8 Partikel/l) sowie einem Minimum im Winter (August; unter $4 \cdot 10^7$ Partikel/l), auch die Energiewerte beider Fraktionen unterscheiden sich nicht wesentlich, zwischen 1,2 und 3 μm ist ein deutlicher Anstieg ab Oktober zu beobachten, der im Januar allerdings wieder abfällt.

Zwischen 3 und 8 μm ist ein schwacher Anstieg im November auf 10^7 Partikel/l und ein stärkerer Anstieg im Juli ($1,4 \cdot 10^7$ Partikel/l) zu verzeichnen, welcher mehr oder minder stark ausgeprägt in allen Fraktionen zu bemerken ist. Im restlichen Verlauf des Jahres pendelt es zwischen $3,5 \cdot 10^6$ bis $5,8 \cdot 10^6$ Partikel/l mit geringeren Werten im Winter. Die Energiegehalte zeigen Minima im Herbst und Winter, Maxima von Oktober bis Januar (Abb. 4.3.2c).

Die Fraktion zwischen 8 und 12 μm zeigt eine Reduktion der Anzahl auf unter $2 \cdot 10^5$ Partikel/l in den Wintermonaten. Wieder ist hier ein starker Anstieg im Juli zu beobachten ($6 \cdot 10^5$ Partikel/l), sowie ein schwächerer Anstieg im März auf $6 \cdot 10^5$ Partikel/l. Das Maximum wird im Dezember mit $1,1 \cdot 10^6$ Partikeln erreicht. In dieser Grösse handelt es sich um grössere anorganische Partikel bzw. Mikroalgen. Die Energieverläufe schwanken stark (Abb. 4.3.2d).

Auch bei der Fraktion zwischen 12 und 30 μm handelt es sich in der Regel um Mikroalgen, Makroalgendetritus bzw. grössere anorganische Partikel. Ein Maximum von $9 \cdot 10^5$ Partikeln/l liegt im November. Im Januar und Februar sowie zwischen Juni und Oktober werden Minimalwerte von unter 10^5 Partikel/l gemessen. Auch hier schwanken die Energiegehalte stark zwi-

Partikeldynamik

Ergebnisse

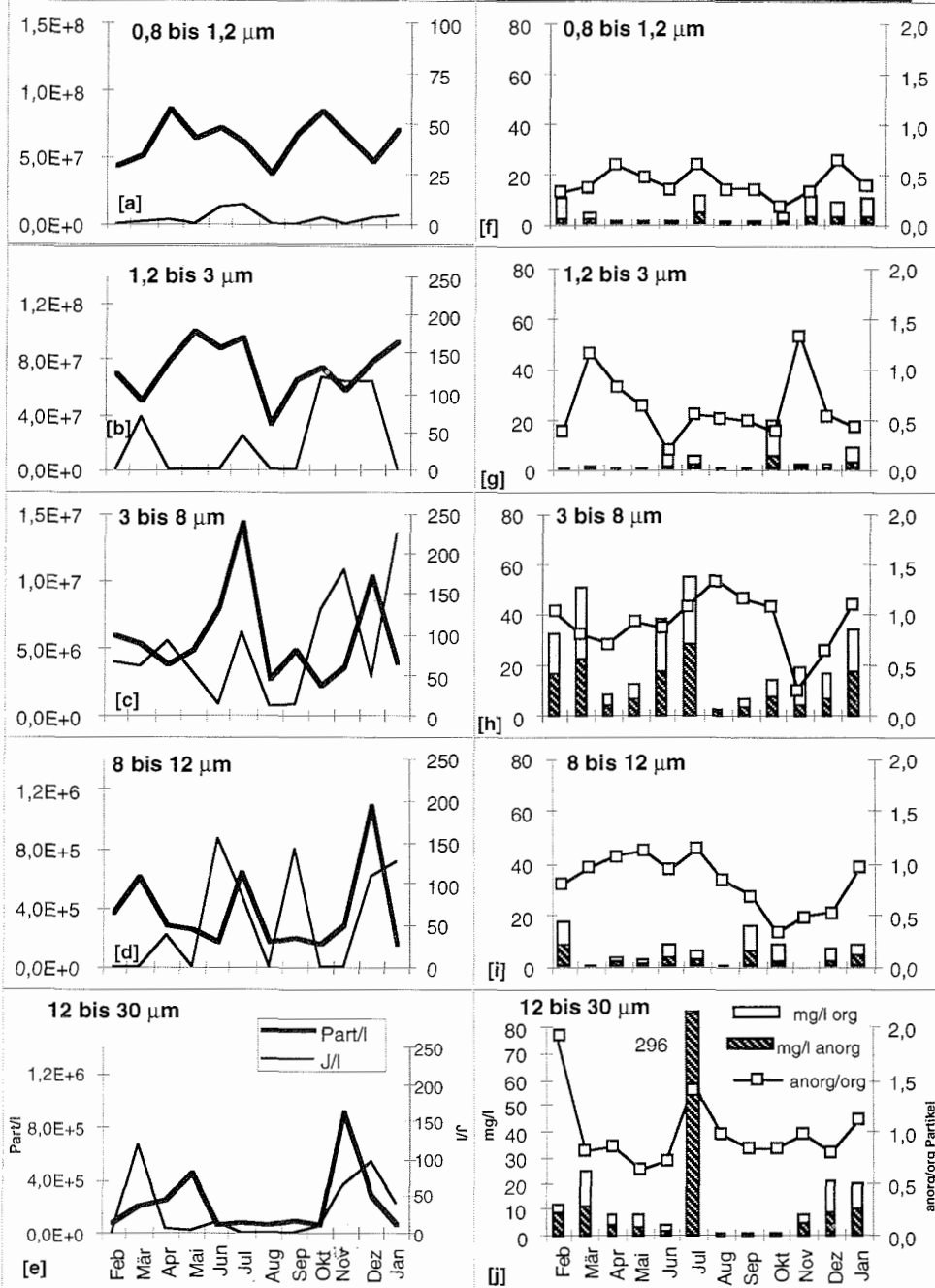


Abb. 4.3.2: Jahresgang der Partikelanzahl/l und Joule/l [a bis e] sowie mg/l anorganische Masse [mg/l anorg] und mg/l organische Masse [mg/l org; f bis j] des Sestons von Februar 1995 bis Januar 1996; grössenfraktioniert; die Achsenbeschriftungen der Fig [e] und [j] gelten auch für die Figuren [a bis d] bzw. [f bis i]; Skalen nicht einheitlich

schen 118 J/l im Dezember und 0 J/l in den Wintermonaten Juli bis September (Abb. 4.3.2e).

Die Aufschlüsselung der Fraktionen nach Gewicht (Abb. 4.3.2 f-j) zeigt, dass in den Wintermonaten weniger partikuläres Seston zwischen 3 und 30 μm in der Wassersäule ist als in den Sommermonaten, mit Ausnahme des Juli (Abb. 4.3.2 h-j). Den grössten Anteil bildet die Fraktion zwischen 3 und 8 μm mit bis zu 54,1 mg Partikel/l und 12 und 30 μm mit bis zu 25mg/l (Juli-Werte nicht berücksichtigt, vgl. Diskussion). Von den anderen Fraktionen wird sehr wenig zum Gesamtgewicht beigetragen. In den Wintermonaten konnten zum Teil nur geringe Partikelgewichte gemessen werden. Das Verhältnis zwischen anorganischen und organischen Bestandteilen liegt in der Regel unter 1, das heisst, der organische Anteil überwiegt. Vor allem ab November ist ein Anstieg der anorganischen Fraktion der Partikel $>3\mu\text{m}$ zu beobachten (Abb. 4.3.2, h-j); hier zeigt sich der Einfluss des Schmelzwassers.

4.4 Diskussion

4.4.1 Methode

Zunächst muss betont werden, dass die Proben des Jahresgangs nur einmal pro Monat an einer Stelle genommen werden konnten und die Daten somit nur eine erste Annäherung an die Partikeldynamik darstellen. Die Auftrennung in 5 Grössenfraktionen wurde durch die Verfügbarkeit von Filtermaterial vorgegeben. Die Beschränkung auf Partikel bis $30\mu\text{m}$ ist gerechtfertigt, da der Energiegehalt/l sein Maximum zwischen 3 und $8\mu\text{m}$ erreicht, danach sinkt der durchschnittliche Gehalt stetig, und es ist nicht zu erwarten, dass bei logarithmisch fallenden Partikelanzahlen der Energiegehalt/l im für Suspensionsfresser wichtigen Bereich wieder wächst. Die Problematik der Verwendung elektronischer Partikelzähler wird im Kapitel Ingestion ausführlich diskutiert.

Die Berechnung der Variabilität mittels der Datensätze von November 1995 bis Januar 1996, sowohl der Partikelanzahl als auch der Energiegehalte pro Liter, kann natürlich ebenfalls nur als Schätzwert verstanden werden. In den Monaten November und Dezember erfährt die Bucht einen starken Eintrag an mit Sedimenten belastetem Gletscherschmelzwasser, so dass die Variabilität grösser ist als in den folgenden Monaten. Diese Daten wurden zur Variabilitätsberechnung für den Zeitraum Mitte Oktober bis Dezember verwendet. Für die Monate Januar bis Mai, in denen der Schmelzwassereintrag und die Variabilität geringer sind, wurde mit der Standardabweichung für Januar gerechnet. In den Monaten Juni bis Mitte Oktober war die Bucht zugefroren, so dass ohne Wind- und Schmelzwassereffekte die Variabilität wahrscheinlich wesentlich geringer, auf jeden Fall aber unmöglich zu schätzen ist. Aus diesem Grund wurde auf eine Schätzung der Variabilität verzichtet.

4.4.2 Kurzzeitdynamik

Marines Seston ist ein hochdiverses Gemisch aus Detritus, Bakterien, Organismen planktischer und benthischer Herkunft sowie anorganischer Bestandteile. Die Zusammensetzung der Partikel bezüglich Quantität und

Qualität und damit die Nahrungsverfügbarkeit für Suspensionsfresser ist nicht stabil, sondern variiert räumlich wie zeitlich (Soniati et al. 1984; Berg und Newell 1986; Fegley et al. 1992).

Die antarktische Hochsee ist in der Regel durch in situ produzierte Partikel in geringen Konzentrationen gekennzeichnet (z.B. Bransfield Strait 0,38-2,44 mg/l, Bölter und Dawson 1982), während küstennahe Gebiete hohe Einträge terrestrischen Materials erreichen (Fabiano et al. 1995). Der Anteil an Phytoplankton ist, abgesehen von kurzen Blüten, in der Regel gering in antarktischen Gewässern (El-Sayed 1984, Cota et al. 1990, Bathmann et al. 1991, Gleitz et al. 1994), so dass heterotrophe Organismen und Bakterien einen hohen Anteil im Energiebudget der Wassersäule haben, der von einigen Autoren mit bis zu 50% angegeben wird (Ronner et al. 1983, Koike et al. 1986, Fiala und Delille 1992).

Unter den Mikroalgen dominieren Diatomeen $<20\mu\text{m}$ in antarktischen küstennahen Gewässern (Krebs 1983, Everitt und Thomas 1986, Leakey et al. 1994). Von diesen sind ein beträchtlicher Anteil resuspendierte benthische Diatomeen (Everitt und Thomas 1986, Ahn et al. 1997).

In der Potter Cove wirken drei verschiedene Prozesse auf die Menge, Art und Verteilung der Partikel. Während der Sommermonate lässt der Schmelzwassereintrag in die Bucht durch Gletscher, welcher grosse Mengen an terrigenem Sediment mitführt, den Anteil an anorganischen Partikeln anwachsen. Starke Winde führen während der eisfreien Periode, welche in der Regel von Oktober bis Mai/Juni dauert, durch Wellenbewegung und Induzierung von bodennahen Wasserströmungen zu Resuspension von Bodenpartikeln. Roese et al. (1993) kalkulierten für den Februar 1992 bei Durchschnittsgeschwindigkeiten von 7,3m/s bei Ostwind und 6,6m/s bei Westwind eine Strömung von 2cm/s bzw. 1cm/s.

Während des hier bearbeiteten Zeitraumes variiert die Anzahl der Partikel bis Mitte Dezember in 30m Tiefe stärker als im Januar. Während des Dezembers 1995 war eine Durchschnittswindgeschwindigkeit von 17,3m/s, während des Januar 1996 eine von 18,6m/s mit jeweils Hauptwindrichtung Nordost zu messen (Daten vom Servicio Meteorológico Argentino), also wesentlich stärker als die von Roese et al. (1993) im Februar 1992 gemessenen Werte. Das heisst, dass die Strömungsgeschwindigkeit des bodennahen Wassers wahrscheinlich grösser als 2cm/s war und die Resuspension verstärkte. Im ganzen betrachtet aber wird der Einfluss des Gletscherwassers in

stärkerer Masse für die Variabilität verantwortlich sein als die windinduzierte Resuspension, da trotz höherer Windgeschwindigkeiten die Variabilität im Januar geringer als im Dezember war.

4.4.3. Jahresgang

Die Reduzierung der Fraktion zwischen 12 und 30 μm zwischen Juni und Oktober ist durch die Eisverhältnisse zu erklären. Ab Mai 1995 begann die Bucht zuzufrieren, das heisst, dass die Wassersäule und den Boden immer weniger Licht erreichte und die Photosynthese von Algen und Bakterien limitierte. Zudem führt die Beruhigung des Wasserkörpers der Bucht durch die ab Juni komplett ausgebildete Eisdecke zur schnelleren Sedimentation der Partikel dieser Grösse. Der Anstieg im Oktober (Probenahmedatum 24.10. 1995) fällt mit dem Aufreissen der Eisdecke im östlichen Teil der Potter Cove zusammen. Das erlaubte zum einen wieder photosynthetische Aktivitäten, zum anderen konnten Stürme wieder resuspendierend wirken. Die Abnahme der Partikelzahlen in Bodennähe im Januar/Februar wird wahrscheinlich durch den enormen Sedimenteintrag in den Sommermonaten verursacht, welcher, als "Decke" in 7 bis 12 m Tiefe schwebend, die darunter liegenden Bereiche stark abdunkelt und photosynthetisches Wachstum behindert. Schloss et al. (1994) fanden bei einer Untersuchung in Bodennähe von 1991 bis 1993 maximale Chlorophyll-a-Konzentrationen in den Monaten Dezember und Januar sowie in den Monaten März und April. Ähnliches gilt auch für die Fraktion zwischen 8 und 12 μm , in der auch noch Mikroalgen vertreten sind. Der enorme Anstieg der Partikelzahl im Juli, als die Potter Cove bis zur Maxwell Bay hin zugefroren war und somit resuspendierende Effekte des Windes keine Rolle gespielt haben dürften, wird auf fehlerhafte Probenahme zurückzuführen sein, indem mit der Niskinflasche der Boden berührt und somit künstlich resuspendiert wurde. Die Juli-Werte wurden aus diesem Grund in allen Fraktionen von den Berechnungen ausgeschlossen.

Zwischen 3 und 8 μm ist die Winter-Sommer-Verteilung weniger scharf ausgeprägt als bei den grösseren Fraktionen, noch geringer wird der Effekt bei den Partikelgrössen unterhalb 3 μm . Hier nimmt die Anzahl photosynthetisch aktiver Partikel offensichtlich ab und wird durch Detritus und anorganische Partikel ersetzt. Unterhalb 3 μm finden sich viele Bakterien, wel-

che im Spätsommer und Herbst die absterbenden Algen und Planktonorganismen zersetzen und dadurch in ihrer Anzahl stark zunehmen. Diese Zunahme stimmt mit den Ergebnissen Delilles (1993) von Adélie-Land überein, der ebenfalls in diesen Zeiträumen Zunahmen an freilebenden heterotrophen Bakterien fand, sowie Kottmeier et al. (1987) aus dem McMurdo Sound, die von Oktober bis November eine zehnfache Zunahme beobachteten. Leider liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Analysen der Variation der Bakterienanzahl und Biomasse aus der Potter Cove vor.

Das eingetragene und immer wieder resuspendierte Sediment dominiert neben anderen anorganischen Partikeln biogener Herkunft wie Diatomeenschalen. Die Anzahl der Diatomeen pro Volumen Wasser liegt aber um eine Größenordnung von 10^2 bis 10^3 niedriger als die Gesamtpartikelanzahl (Schloss, pers. Mitteilung), d.h. terrigenes Material herrscht vor. Das Gesamtpartikelgewicht schwankt zwischen 3,9mg/l Trockengewicht im August und 81,8mg/l im März. Diese Werte entsprechen den in der benachbarten inneren Admiralty Bay gemessenen Werten (Percherzewski 1980). Sie liegen aber beträchtlich über den von Ahn (1997) für die der Potter Cove benachbarten Marian Cove im Februar 1993 mit 2 bis 21mg/l und von Stuart (1982) für die südafrikanische Küste festgestellten Sestongewichten von 0,88 bis 5,58mg/l.

Erstaunlich ist der hohe Anteil an organischen Partikeln im Seston trotz des enormen terrestrischen Eintrags während der Frühjahrsmonate. Hier zeigt sich die Bedeutung der Resuspension in den bodennahen Schichten, durch die vor allem organisches Material wieder - als antagonistischer Effekt zu den absinkenden anorganischen Partikeln - in die Wassersäule gebracht wird. Der enorme Beitrag der Resuspension als Nahrungsquelle benthischer Filtrierer der Antarktis wurde bereits aus dem McMurdo Sound (Dayton et al. 1986), in der Ostantarktis (Everitt und Thomas 1986), von Signy Island (Gilbert 1991) und der Marian Cove (Ahn 1997) beschrieben. Dayton et al. (1986) schlossen aus ihren Ergebnissen, dass die Produktion benthischer Evertibraten an die benthische und nicht an die pelagische Produktion gekoppelt sei. Von besonderer Bedeutung scheinen neben benthischen Diatomeen organische Aggregate zu sein, welche als dünner Film dem Boden aufliegen und leicht resuspendiert werden können (Mills und Hessler 1974, Richardson und Hedgpeth 1977, Ahn 1997). Diese Aggregate, benthischer wie pelagischer Herkunft, setzen sich aus Bakterien, Pilzen, Detritus, Kot-

ballen und organischen Molekülen zusammen. Aggregate pelagischer Herkunft scheinen von assoziierten Bakterien nur sehr langsam abgebaut zu werden, somit der grösste Anteil des festgelegten Kohlenstoffs den Meeresboden erreicht und den dortigen Konsumenten zur Verfügung steht (Smith et al. 1992). Ahn (1997) mass in Aggregaten der Marian Cove einen fast dreifach höheren Kohlenstoffgehalt als in dem darunterliegenden Sediment, Tambiyev et al. (1986) stellten bei chemischer Analyse von Aggregaten einen höheren Gehalt an Lipiden und organischem Phosphor als im umgebenden Seston fest.

Die Zusammenfassung der hier gewonnenen Daten lässt den Schluss zu, dass suspensionsfressende Organismen in der Potter Cove im Gegensatz zum McMurdo Sound (Dayton und Oliver 1977, Barry 1988) mit einem erheblichen Teil an Sediment in der Wassersäule leben müssen, während der Wintermonate aber nicht extrem nahrungslimitiert sind, selbst wenn die hier gemessenen Energiegehalte um 100% überschätzt sein sollten. Auch die Daten von Schloss et al. (eingereicht) zeigen keine signifikante Erniedrigung der Gehalte an organischem Material in Sedimentfallen während eines Jahres und entsprechen den hier gemessenen Energiegehalten. Chlorophyllkonzentrationen, wie sie z.B. von Schloss et al. (1994) in der Potter Cove gemessen wurden, liefern keine aussagekräftigen Daten für die Abschätzung der Nahrungsverfügbarkeit für Suspensionsfresser, da heterotrophe Mikroorganismen einen grossen Bereich im Nahrungsnetz besetzen und nicht an die extrem kurzen Photoperioden gebunden sind. Der nordatlantische Schwamm *Mycale lingua* kann bis zu 74% seines Kohlenstoffbedarfs aus heterotrophem Ultraplankton decken (Pile et al. 1996). Dementsprechend fanden Barnes und Clarke (1995) für eine Vielzahl von Suspensionsfressern bei Signy Island, maritime Antarktis, ebenfalls nur für kurze Zeiträume von zum Teil weniger als einem Monat keine Filtriertätigkeit. Somit stützen die Ergebnisse dieser Arbeit die von Barnes und Clarke (1994) formulierte Hypothese, dass zumindest für den Bereich der maritimen Antarktis das Zoobenthos keinen extrem harten Winterbedingungen ausgesetzt ist.

5. Ingestion

5.1 Einleitung

Aus dem antarktischen Bereich existieren bisher nur vereinzelte Arbeiten zur Nahrungsaufnahme benthischer Suspensionsfresser. Ahn (1993) untersuchte den Mageninhalt von *Laternula elliptica*, Gaino et al. (1994) den zweier Schwämme (*Phorbas glabberina* und *Tedania charcoti*) und Gili et al. (1996) den der Hydrozoe *Silicularia rosea*. Daten zu Stoffumsätzen und Ingestionsraten existieren bisher nicht, obwohl sie eine Grundlage für populationsdynamische Ansätze darstellen, welche letztendlich Auskunft über Stabilität und Fragilität eines Systems geben.

Aus diesem Grunde war es Ziel dieser Untersuchung, die Pump- und Filtrationsraten dominanter Suspensionsfresser zu bestimmen, um ihren Energieumsatz im benthischen Nahrungsnetz der Potter Cove zu berechnen. Es ging nicht darum, physiologische Kapazitäten der untersuchten Arten zu erfassen oder Beiträge zur Theorie der Filtration zu liefern. Daher wurde ausschliesslich mit natürlichem Seston in natürlichen Konzentrationen gearbeitet.

Zunächst jedoch eine Definition der im weiteren verwendeten Fachtermini, da sie in der Literatur nicht einheitlich verwendet werden.

- Die Pumprate (PR) ist die pro Zeiteinheit transportierte Menge an Wasser, sie wird i.d.R. in ml/h oder l/d angegeben.
- Die Ingestionsrate (IR) bezeichnet die Menge an filtriertem Material pro Zeiteinheit; sie kann als Anzahl an Partikeln, Biomasse oder Energiegehalt von Partikeln ausgedrückt werden; sie wird in Part., mg oder J pro h oder d angegeben.
- Die Filtrationsrate (FR) ist die Menge an Wasser, die pro Zeiteinheit verarbeitet werden muss, um die für das Tier gemessene Ingestion zu erreichen. Wenn 100% der Partikel von den filtrierenden Strukturen zurückgehalten werden, ist die Filtrationsrate gleich der Pumprate.

- Die Retentionseffizienz (RE) ist der prozentuale Anteil einer Partikelgrösse, welcher von den Filterstrukturen zurückgehalten wird. Er wird in % des Gesamtanteils in der Suspension angegeben.

Normalerweise werden die filtrierenden Strukturen als mechanische Siebe aufgefasst, welche Partikel, die kleiner als ihre Maschenweite sind, passieren lassen. Solche, die grösser sind, werden aufgefangen und zu den verdauenden Strukturen geleitet.

Diese mechanistische Auffassung des Filtriervorgangs vermag die graduelle Abnahme der Rückhalteeffizienz mit gradueller Abnahme der Partikelgrösse ebensowenig zu erklären wie das Vermögen, kleinere Partikel als die zur Verfügung stehende Maschenweite mehr oder minder effektiv zu filtrieren. Messungen zeigen niemals, dass oberhalb der Maschenweite der filtrierenden Struktur die Retentionseffizienz nahe 100% und unterhalb nahe 0% liegt. Dies lässt die Siebtheorie aber erwarten. Stattdessen zeigt sich stets ein mehr oder minder steiler, sigmoider Anstieg der Kurve - die Rückhalteeffizienz steigt mit wachsendem Partikeldurchmesser mehr oder minder schnell.

Deshalb formulierten Rubenstein und Koehl (1977) ein dynamisches Konzept, welches Flussmechanik und die Eigenschaften des zu filtrierenden Partikels berücksichtigt.

Suspensionsfiltration ist durch Reynolds-Nummern kleiner 1 gekennzeichnet, das heisst, dass die viskösen Kräfte des Transportmediums die inerten Kräfte des Partikels überwiegen (Zaret 1980). Die Entfernung eines Partikels aus dem Medium ist somit nicht ausschliesslich von der Maschenweite des Filters abhängig, sondern physikalische und chemische Faktoren werden bestimmend. Dazu gehören der direkte Kontakt mit der filtrierenden Struktur, die Massenträgheit eines Partikels, die Brownsche Bewegung sehr kleiner Partikel, die deshalb aus der Flussrichtung trudeln können und auf die Filterstrukturen treffen sowie die elektrostatische Anziehung zwischen Filter und Partikel.

Ausgehend von diesem Konzept entwickelte Williams (1982) die üblicherweise benutzte, auf Gauld (1951) zurückgehende Berechnung der Pumpraten im Hinblick auf die Fraktion der nur teilweise filtrierbaren Partikelfraktionen weiter, da bei Nichtberücksichtigung der nicht oder nicht mit 100%iger Effizienz filtrierten Partikel die Pumpraten unterschätzt werden.

Gaulds (1951) Gleichung: $PR = V \cdot (\ln C_0 - \ln C_t) / (t \cdot M)$

V = Volumen der Suspension

C_0/C_t = Konzentration zum Zeitpunkt 0 und zum Zeitpunkt t

M = Biomasse/Energiegehalt des Suspensionsfressers

postuliert eine exponentielle Abnahme der Partikelkonzentration über die Zeit, bis sie sich dem Wert 0 nähert. Voraussetzungen für die korrekte Anwendung dieses Algorithmus sind:

- die Pumprate ist unabhängig von der Partikelkonzentration
- die Retentionseffizienz beträgt konzentrationsunabhängig 100% bzw. einen konstanten prozentualen Anteil davon, das heisst, die Entfernung eines Partikels wird nur durch seine Grösse gesteuert

Durch Umformung ergibt sich die exponentielle Gleichung:

$$C_t = C_0 (-PR \cdot t / M).$$

Die Abnahme der Partikelkonzentration ist in Abb. 5.1.1 dargestellt.

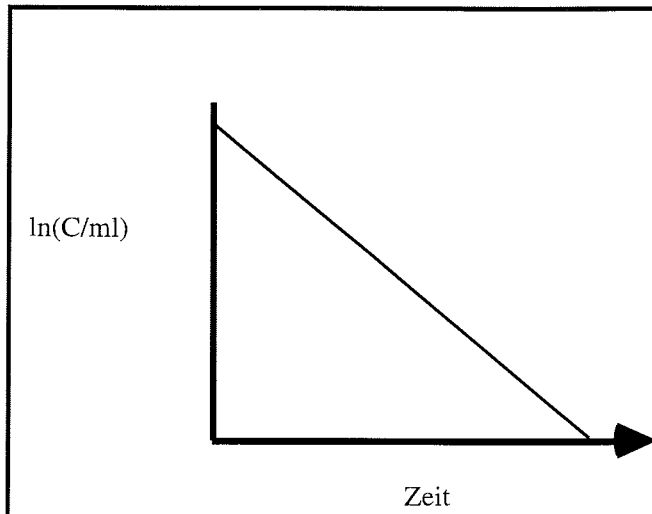


Abb. 5.1.1: Abnahme der Partikelkonzentration nach Gauld

Williams (1982) schlägt eine Gleichung vor, in der ein stets gleich bleibender Anteil an Partikeln, der aufgrund der oben angesprochenen Partikelparameter unfiltrierbar bleibt, in die Gleichung eingeführt wird, um eine realitätsnähere Pumprate zu errechnen:

$C_t = y_0 (-PR \cdot t/M) + z_0$. Die Abnahme der Partikelkonzentration ist in Abb. 5.1.2 dargestellt

y = filtrierbare Partikel

z = nicht filtrierbare Partikel

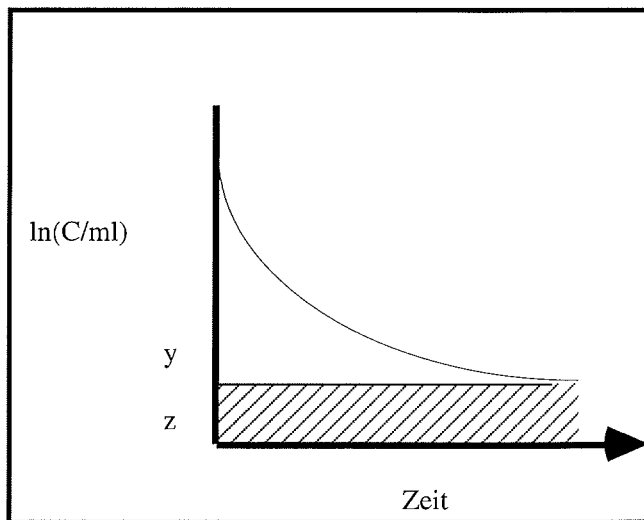


Abb. 5.1.2: Abnahme der Partikelkonzentration nach Williams (1982)

Um den Anteil z der nicht filtrierbaren Partikel nicht in die Berechnung der Pumpraten eingehen zu lassen, wurde in dieser Arbeit der Algorithmus von Williams (1982) verwendet.

5.2 Material und Methoden

Es wurde mit den Schwämmen *Mycale acerata* (7 Tiere), *Isodictya kerguelensis* (16 Tiere), den Ascidien *Ascidia challengerii* (20 Tiere), *Corella eumyota* (8 Tiere), *Cnemidocarpa verrucosa* (22 Tiere), *Molgula pedunculata* (22 Tiere) und der Muschel *Laternula elliptica* (20 Tiere) gearbeitet.

5.2.1 Probenahme der Tiere

Die Probenahme erfolgte durch Taucher in den Monaten Dezember/Januar 1994/1995 und Dezember/Januar/Februar 1995/1996 in Tiefen zwischen 15 und 30 m. Die Tiere wurden schonend aus dem Sediment gelöst, unter Wasser in Gefässe überführt und anschliessend einzeln in Aquarienbecken von 8 bis 22l Inhalt gehältert. Die Reinigung der Tiere von anhaftendem Sediment erfolgte mit sanftem Wasserdruck in den Aquarienbecken. Eventuelle Epibionten, vor allem bei den Ascidien, wurden vorsichtig mit einer Pinzette entfernt.

5.2.2 Hälterung

Die Aquarien waren an ein Durchflusssystem angeschlossen und wurden tagsüber stetig mit ungefiltertem Wasser versorgt, welches aus ca. 10 m Tiefe der Potter Cove gefördert wurde. Nachts wurden die Aquarien nur belüftet. Um die Wassertemperatur möglichst konstant bei 1°C, in etwa der in situ Temperatur, zu halten, standen die Aquarien in grossen Wannen, in denen mit Gletschereis gekühlt wurde.

5.2.3 Partikelaufnahme

Vor Versuchsbeginn konnten sich die Tiere zwischen 4 und 6 Tage an die Aquarienhälterung akklimatisieren. Um Zellteilungsraten photosynthetisch

aktiver "Partikel" möglichst gering zu halten, erfolgten die Experimente in einem abgedunkelten Aquarieniglu.

Die Versuchsdauer betrug zwischen 24 und 48 Stunden. Die Bestimmung der Raten erfolgte im geschlossenen System, da Vorversuche einen sehr geringen Umsatz ergaben. Die Durchmischung des Wassers durch die Belüftung war ausreichend, um die Partikel in Suspension zu halten. In Intervallen zwischen 3 und 12 Stunden wurden jeweils 20 ml Wasser aus der Nähe des Versuchstieres entnommen und die Partikelkonzentration direkt im Anschluss analysiert.

Zur Bestimmung der Partikelsedimentation und Zellteilung wurden zwei gleichbehandelte Aquarien ohne Tiere als Blindwerte gemessen.

5.2.4 Partikelzählung

Zur Analyse wurde ein Elzone 280 PC Partikelzähler verwendet. Das Prinzip der elektronischen Partikelzählung beruht auf einer Widerstandsänderung des partikelführenden Mediums. Die Partikel strömen durch eine Öffnung, an der ein elektrisches Feld anliegt. Je nach Grösse der Partikel wird der Widerstand des Mediums proportional zum Volumen des Partikels geändert. Somit können verschiedene Grössen und Grössenklassen erfasst und eine Häufigkeitsverteilung erstellt werden. Die untere Messgrenze liegt bei ca. $0,9\mu\text{m}$, da mit abnehmender Grösse der Partikel die anliegende Spannung stark erhöht werden muss, so dass das als Elektrolyt wirkende Trägermedium zu verdampfen beginnt. Populationen von kleineren Partikeln, z.B. Bakterien, müssen deshalb unter dem Mikroskop ausgezählt werden (s.u.).

Es wurde mit einer Messöffnung von $60\mu\text{m}$ gearbeitet, nachdem die Suspension über ein $30\mu\text{m}$ Netz vorgefiltert wurde, da oberhalb von ca. $10\mu\text{m}$ wenig Partikel vorhanden waren und die Variabilität der Anzahl zu gross war, um in eine statistische Berechnung einzugehen. Jede Probe wurde 4 bis 6 mal gemessen und die Werte gemittelt.

Die Pumpraten jedes Tieres wurde zwei- bis dreimal gemessen und die Werte gemittelt. Die Retentionseffizienzen wurden indirekt gemessen, da die Schwämme nicht nur über eine exhalante Öffnung (Osculum), sondern

über mehrere verfügen und die jeweils aktive(n) nicht separiert werden können. Die Ascidien und die Muschel *L. elliptica* wurden trotz ihrer klar definierten ausführenden Siphone aus Gründen der Vergleichbarkeit wegen ebenfalls indirekt gemessen.

5.2.5 Bakterienzählung

Da Schwämme einen Hauptteil ihres Nahrungsbedarfs durch Bakterien decken (Reiswig 1971, 1974; Stuart und Klumpp 1984), wurde neben der Partikelaufnahme im Bereich über 1µm auch die Anzahl und das Biovolumen der filtrierte Bakterien ermittelt. Es wurden jeweils Proben von 20 ml nach 0, 24 und 48 Stunden entnommen und mit einigen Tropfen Formol (konz.) konserviert, da die Auswertung nicht im Dallmann-Labor vorgenommen werden konnte.

Das Auszählen der Bakterienmenge erfolgte nach Anfärben mit Acrydinorange unter dem Epifluoreszenzmikroskop.

5.2.6 Gewichtsbestimmung

Nach Beendigung der Experimente wurden die Ascidien und Muscheln zwischen 24 und 48 Stunden bei 60°C getrocknet und anschliessend im Muffelofen bei 500°C vier Stunden verascht. Die Schwämme wurden bei 100°C getrocknet, um an die Silikatsklere gebundenes Kristallwasser auszutreiben. Die Veraschung erfolgte ebenfalls vier Stunden bei 500°C.

Es wurde mit dem aschefreien Trockengewicht gerechnet, da den Tieren nach Trocknung noch Salze und vor allem Sediment anhing, welches vor allem bei Schwämmen, aber auch bei Ascidien nicht restlos entfernt werden konnte und somit die Ergebnisse verfälscht hätte. Allerdings wurden Raten und Regressionen zusätzlich auf das Trockengewicht bezogen, um die Vergleichbarkeit mit Literaturwerten zu gewährleisten, für die in der Regel das Trockengewicht als Berechnungsgrundlage diente.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Ascidiacea

5.3.1.1 Retentionseffizienzen

Die Retentionseffizienzen der Ascidien (Abb. 5.3.1.2, 5.3.1.3, 5.3.1.4 und 5.3.1.5) zeigen eine für alle Arten maximale Effizienz zwischen 80% und 90%, d.h. auch nach 40 Stunden ist keine Partikelgröße komplett aus dem Medium ausgefiltert worden. Dies liegt nicht an einer zu kurz bemessenen Experimentaldauer, wie Abb. 5.3.1.1 exemplarisch an *Ascidia challengerii* darstellt.

Die Ergebnisse für alle Tiere sind Mittelwerte von 25 bis 70 Messungen je Art (Werte in Tab. 11.5, Anhang).

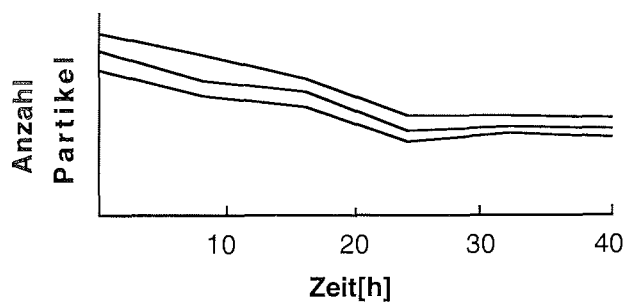
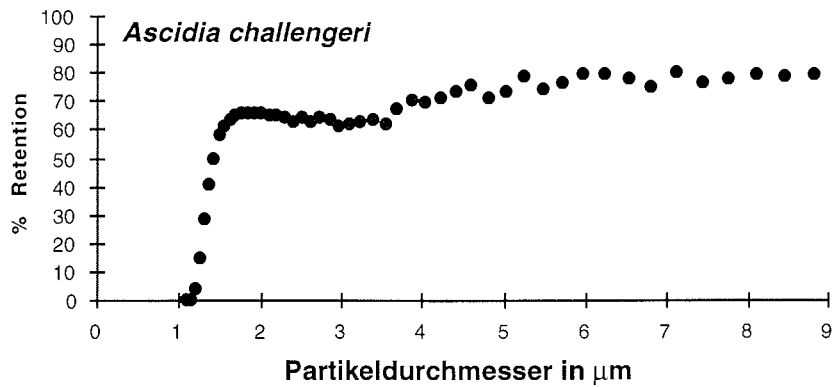
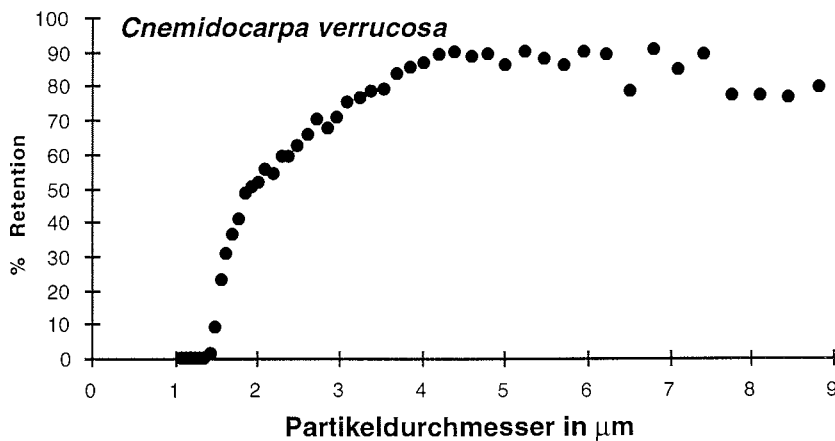


Abb. 5.3.1.1: Abnahme der Konzentration der Partikelgrößen 1,8, 1,9 und 2,0 µm (von oben nach unten) über 40 h; *A.challengerii*

Abb. 5.3.1.2: Retentionseffizienz von *A. challengeri*

A. challengeri filtert ab $1,2\mu\text{m}$. Ab $1,4\mu\text{m}$ erreicht sie 50% Retention, der Anstieg der Kurve verläuft sehr steil. Ab $2\mu\text{m}$ Partikeldurchmesser erreicht sie eine maximale Effizienz von 80%. Der unregelmässige Verlauf der Kurve ab $6\mu\text{m}$ liegt, wie in den folgenden Grafiken auch, an der geringen Anzahl der Partikel.

Abb. 5.3.1.3: Retentionseffizienz von *C. verrucosa*

Cnemidocarpa verrucosa filtert ab $1,4\mu\text{m}$ und erreicht eine Effizienz von 50% bei $1,9\mu\text{m}$ Partikeldurchmesser. Ab $4\mu\text{m}$ wird die maximale Retentions-

effizienz von 90% erreicht, die höchste gemessene in dieser Arbeit. Der Verlauf der Kurve verläuft weniger steil als bei *A. challengeri*.

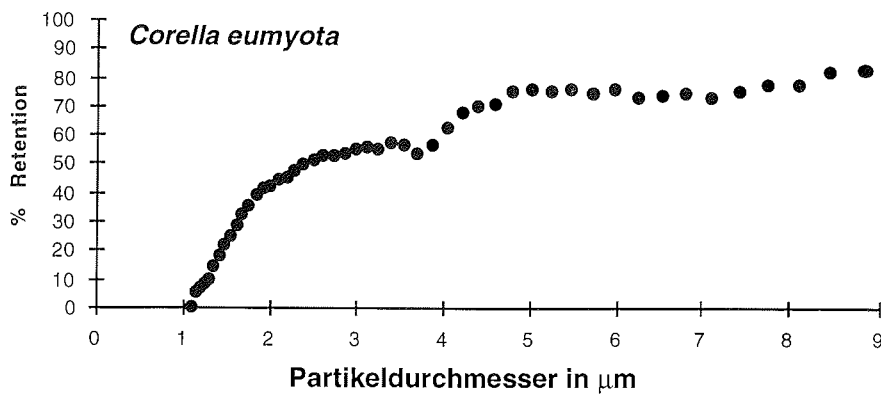


Abb. 5.3.1.4: Retentionseffizienz von *Corella eumyota*

Corella eumyota filtriert ab $1,1\mu\text{m}$ Partikelgröße und resorbiert mindestens 50% der Partikel ab $2,5\mu\text{m}$ Durchmesser. Die maximale Effizienz von 75% wird ab $5\mu\text{m}$ Partikeldurchmesser erreicht. Der Anstieg der Kurve verläuft im Vergleich zu den anderen Arten flacher.

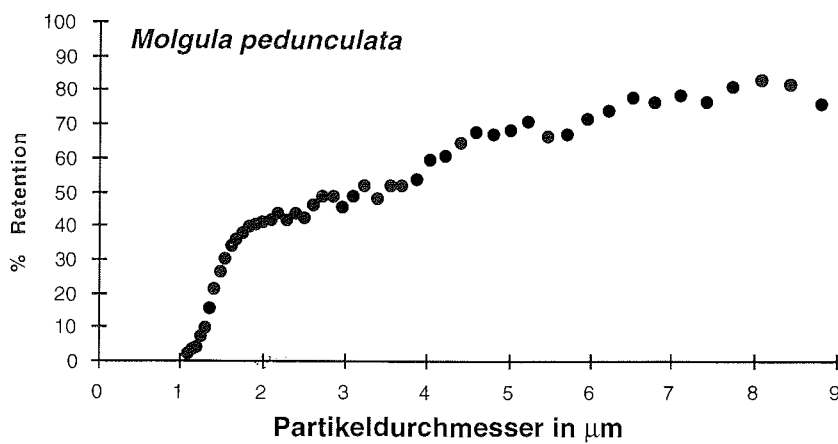


Abb. 5.3.1.5: Retentionseffizienz von *Molgula pedunculata*

Molgula pedunculata entfernt Partikel schon ab 1µm Durchmesser, erreicht eine Effizienz von 50% erst ab 3,2µm, und der Maximalwert von 75% wird ab 6,5µm filtrierte.

5.3.1.2 Pumpraten

In den Abb. 5.3.1.6, 5.3.1.7, 5.3.1.8 und 5.3.1.9 werden die Regressionsgraden der Pumpraten der vier Arten als Funktionen des Gesamtkörpergewichts in aschefreiem Trockengewicht (AFTG) in einer doppelt logarithmischen Darstellung gezeigt. Die Pumprate wird durch die Potenzfunktion

$$PR = a \cdot M^b$$

beschrieben; M entspricht der Masse, b ist die Steigung der Regressionsgraden und a die Pumprate eines 1 g schweren Tieres.

Dargestellt ist jeweils die pro Stunde durch ein Tier transportierte Menge Wasser (in ml) in Abhängigkeit von der Körpermasse sowie die Regressionsgleichung mit dem Bestimmtheitsmass. Die Werte sind zusammenfassend nochmals in Tabelle 5.3.1.1 angegeben, zusätzlich die grafisch nicht dargestellten Regressionen für Trockengewicht (TG) und Trockengewichte der Organe (TGO), um eine Vergleichbarkeit mit Literaturdaten zu gewährleisten, die fast ausschliesslich in TG vorliegen. Die Trockengewichte der Organe entsprechen dem Gesamttrockengewicht abzüglich des Trockengewichts der Tunika, die als nicht stoffwechselaktives Exoskelett betrachtet werden kann.

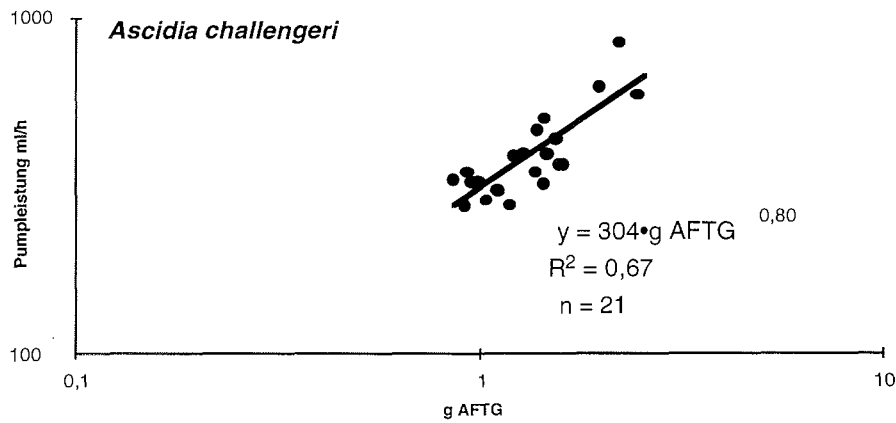


Abb. 5.3.1.6: Regression der Pumpleistung von *A. challengeri* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Die Pumpleistung von *Ascidia challengeri* liegt bei 304 ml/h für ein Standardtier von 1g AFTG. Der Regressionskoeffizient liegt bei 0,8.

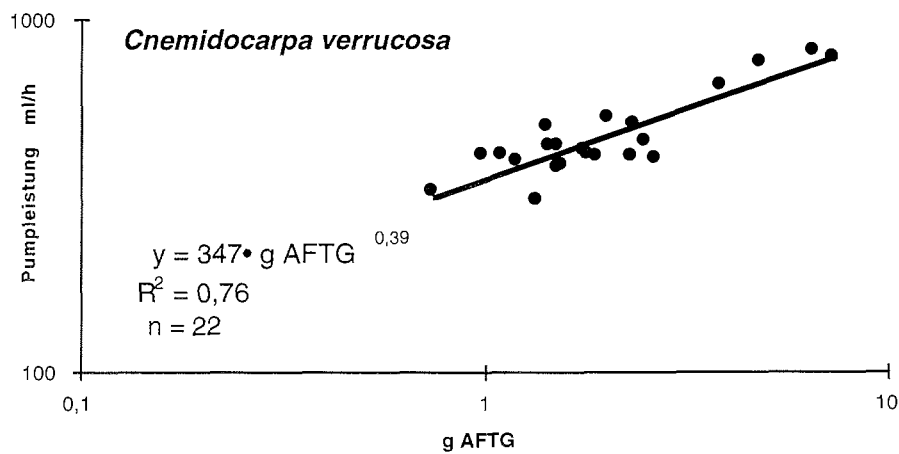


Abb. 5.3.1.7: Regression der Pumpleistung von *C. verrucosa* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Ein Standardtier der Art *Cnemidocarpa verrucosa* pumpt 347 ml/h. Der Regressionskoeffizient liegt mit 0,39 sehr niedrig.

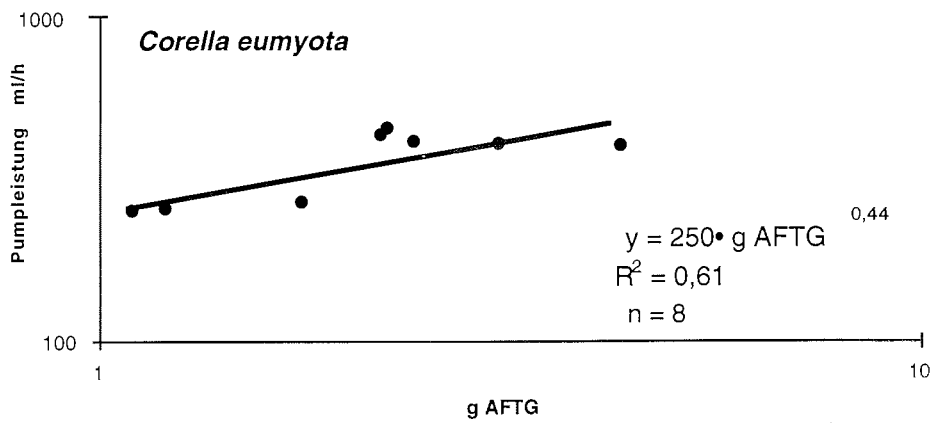


Abb. 5.3.1.8: Regression der Pumpleistung von *C. eumyota* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Für ein Standardtier von 1 g AFTG liegt die Pumpleistung von *Corella eumyota* bei 250 ml/h. Der Regressionskoeffizient ist mit 0,44 sehr niedrig.

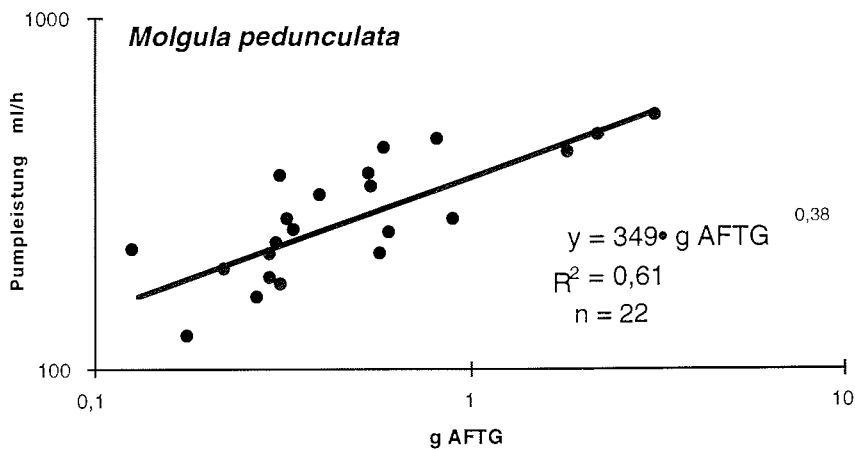


Abb. 5.3.1.9: Regression der Pumpleistung von *M. pedunculata* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Die Pumpleistung eines Standardtieres von *Molgula pedunculata* liegt bei 349 ml/h, der Regressionskoeffizient ist mit 0,38 sehr niedrig.

Vergleich der Pumpraten der 4 Ascidien

Tab. 5.3.1.1: Pumpraten und Regressionskoeffizienten für AFTG, TG und TG der Organe

Art	PR/g AFTG • h		PR/g TG • h		PR/G TG • h	
	b		b		b	
<i>A. challengerii</i>	304 ml	0,80	191 ml	0,43	265 ml	0,51
<i>C. verrucosa</i>	347 ml	0,39	260 ml	0,28	306 ml	0,66
<i>C. eumyota</i>	250 ml	0,44	148 ml	0,34	191 ml	0,48
<i>M. pedunculata</i>	349 ml	0,38	200 ml	0,41	216 ml	0,56

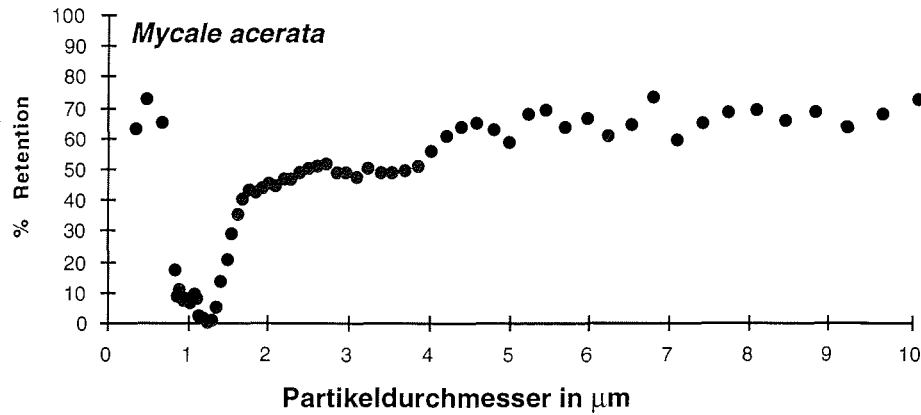
Tab. 5.3.1.2: Vergleich der Pumpraten der 4 Ascidien durch eine Kovarianzanalyse für aschefreies Trockengewicht (AFTG) und Trockengewicht (TG)

Abhängige Variable: ln PR	F-Wert		P-Wert	
	AFTG	TG	AFTG	TG
ln (Gewicht)	28,2	37,9	0,0001	0,0001
Art (A.c., C.v., C.e., M.p.)	2,4	13,5	0,0771	0,0001
ln (Gewicht) • Art	17,2	14,7	0,0001	0,0001

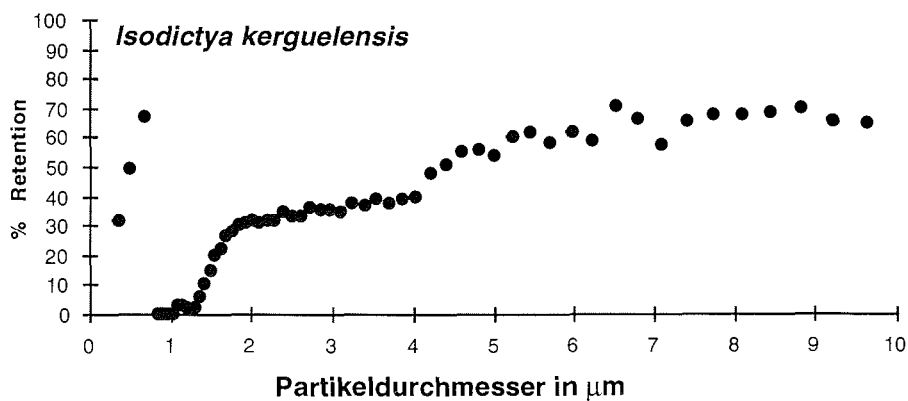
Der Vergleich der Pumpraten der vier Arten durch eine Kovarianzanalyse zeigt signifikante Unterschiede in den Pumpraten der 4 Ascidien (TG), so dass die Resultate nicht gemittelt werden können.

5.3.2 Porifera

5.3.2.1 Retentionseffizienz

Abb. 5.3.2.1: Retentionseffizienz von *M. acerata*

Die maximale Rückhalteeffizienz für *Mycale acerata* liegt bei 70% für Partikel >5 und $<0,8\mu\text{m}$. Partikel einer Grösse von $1,3\mu\text{m}$ werden nicht resorbiert. Zwischen 2 und $4\mu\text{m}$ ist eine Abflachung der Kurve zu beobachten.

Abb. 5.3.2.2: Retentionseffizienz von *I. kerguelensis*

Die maximale Retentionseffizienz von *I. kerguelensis* liegt wie bei *M. acerata* bei 70% für Partikel grösser 6 μ m. Im Grössenbereich zwischen 0,8 und 1,3 μ m hält *I. kerguelensis* keine Partikel zurück; bei 0,6 μ m erreicht die Retentionseffizienzen nochmals 70%, die auf 30% bei 0,35 μ m abfallen. Auch hier ist eine Abflachung der Kurve im Bereich zwischen 2 und 4 μ m zu beobachten.

5.3.2.2 Pumpraten

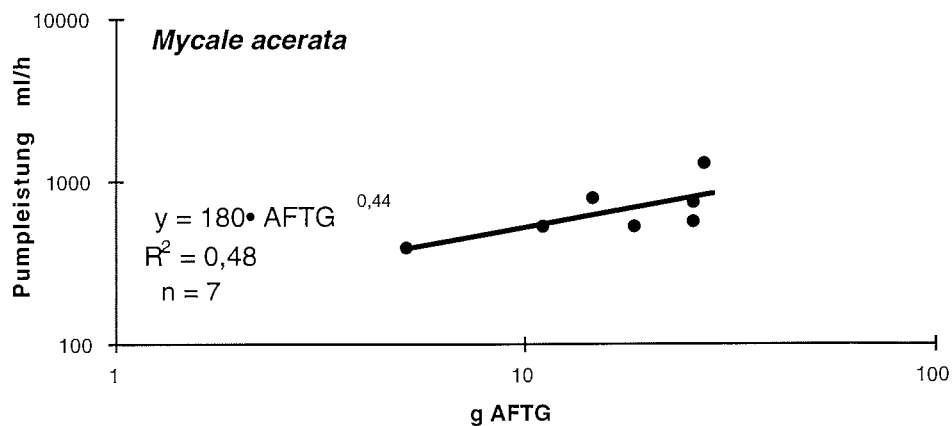


Abb. 5.3.2.3: Regression der Pumpleistung von *M. acerata* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Die Pumpleistung von *Mycale acerata* liegt bei 180 ml/h für ein Standardtier von 1 g AFTG. Der Regressionskoeffizient beträgt 0,44.

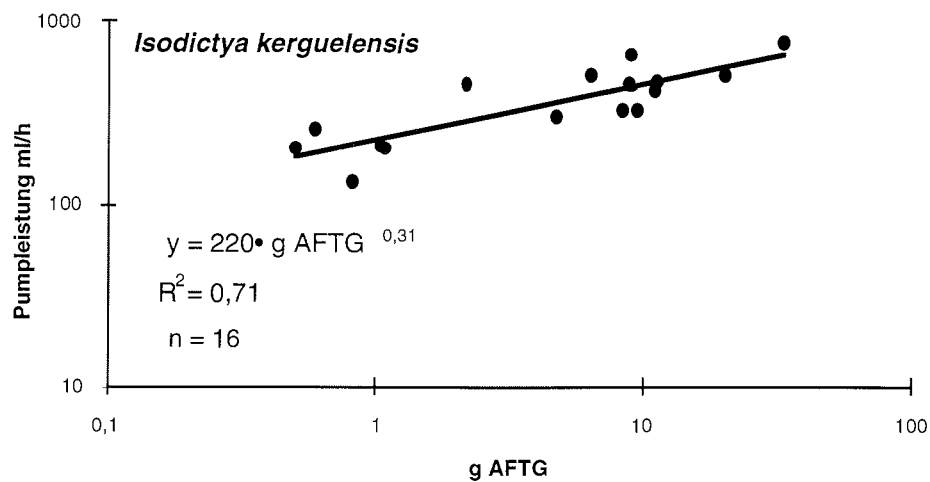


Abb. 5.3.2.4: Regression der Pumpleistung von *I. kerguelensis* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Ein Standardtier der Art *Isodictya kerguelensis* pumpt 220 ml Wasser pro Stunde. Der Regressionskoeffizient beträgt 0,31.

Tab. 5.3.2.1: Pumpraten und Regressionskoeffizienten für AFTG und TG

Art	PR/g AFTG • h	b	PR/g TG • h	b
<i>M. acerata</i>	180 ml	0,44	75 ml	0,43
<i>I. kerguelensis</i>	220 ml	0,31	139 ml	0,31

4.3.2.3 Aufnahme von Bakterien

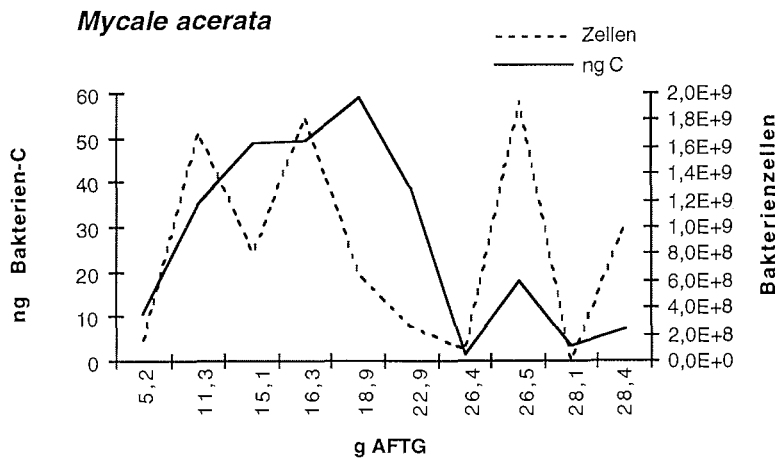


Abb. 5.3.2.5: Aufnahme von ng Bakterienkohlenstoff sowie Bakterienzellen pro Stunde pro Tier (in g AFTG)

Abb. 4.3.2.5 zeigt, dass verschiedene Grössenklassen von *Mycale acerata* Bakterien mit unterschiedlicher Intensität aufnehmen. Tiere bis zu 17g aschefreiem Trockengewicht bestreiten einen wesentlich grösseren Teil ihrer Nahrung durch Bakterien als grössere Exemplare (bis zu 60 mg C/h); ab 23 g Trockengewicht scheint diese Nahrungsquelle kaum noch eine Rolle zu spielen. Die grosse Menge an Bakterien, welche das Tier mit 26,5 g AFTG aufgenommen hat, steht nicht im Widerspruch dazu, sondern liegt an der durchschnittlich sehr geringen Grösse der Bakterien, wie auch der geringe Gehalt an Kohlenstoff zeigt.

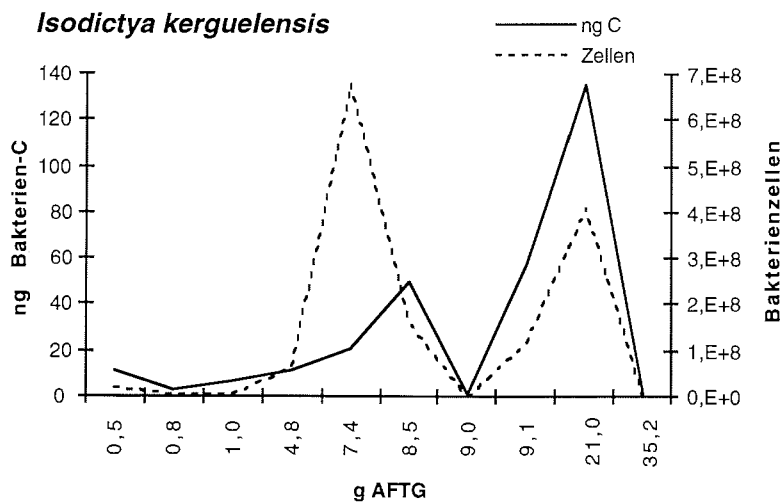


Abb. 5.3.2.6: Aufnahme von ng Bakterienkohlenstoff sowie Bakterienzellen pro Stunde pro Tier (in g AFTG)

I. kerguelensis zeigt im Gegensatz zu *M. acerata* einen mit zunehmender Körpermasse steigenden Verbrauch an Bakterienbiomasse bis zu 140 mg/h bei einem Tier von 35,2 g AFTG (Abb. 5.3.2.6). Der geringe Verbrauch der Tiere mit 9g sowie 35,2 g aschefreiem Trockengewicht scheint ein Artefakt zu sein. Die grosse Anzahl an konsumierten Zellen des Tieres von 7,4 g AFTG liegt an der in diesem Versuch sehr geringen Durchschnittsgrösse der Bakterienzellen.

5.3.3 Bivalvia

5.3.3.1 Retentionseffizienz

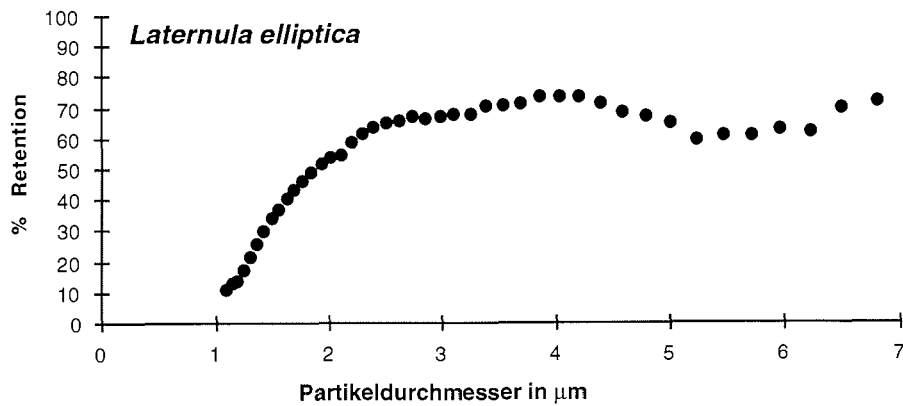


Abb. 5.3.3.1: Retentionseffizienz von *L. elliptica*

Laternula elliptica filtert mit 50 %iger Effizienz bei 1,8 µm und maximaler Effizienz von 80 % ab 3 µm Partikeldurchmesser und liegt damit im selben Bereich wie die Ascidien. Allerdings scheint *L. elliptica* auch noch Partikelgrößen unterhalb eines µm zu filtern, die hier nicht erfasst wurden.

5.3.3.2 Pumprate

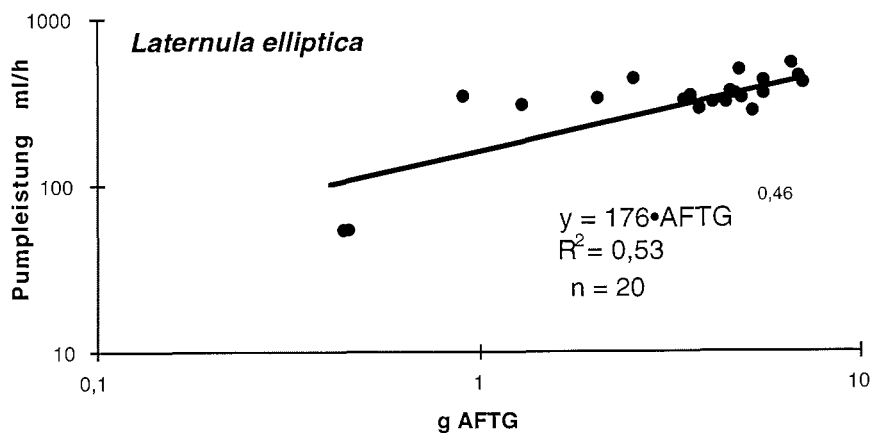


Abb. 5.3.3.2: Regression der Pumpleistung von *L. elliptica* bezogen auf g AFTG; x- und y - Achsen log-transformiert

Ein Tier von 1 g schalenfreiem AFTG pumpt 176 ml/h. Der Regressionskoeffizient liegt bei 0,46.

Tab. 5.3.3.1: Pumprate und Regressionskoeffizient für AFTG und TG

Art	PR/g AFTG • h	b	PR/g TG • h	b
<i>L. elliptica</i>	176 ml	0,46	127 ml	0,41

5.4 Diskussion

Die im folgenden diskutierten Ergebnisse sind die ersten, die Pumpraten antarktischer Suspensionsfresser betreffen. Deswegen müssen sie mit Werten aus borealen bzw. tropischen Gewässern verglichen werden. Allerdings ist auch hier die Datenbasis bei Schwämmen und Ascidien sehr gering, und eine Vergleichbarkeit wird zudem noch durch die Verwendung unterschiedlicher Methoden erschwert. Aus Praktikabilitätsgründen wurden die hier durchgeführten Versuche im Aquarium vorgenommen, mit allen Einschränkungen, die ein solch bestenfalls semi-natürliches System bietet. Es gibt Hinweise, dass die in künstlichen Systemen gemessenen Filtrationsraten von Muscheln die realen Raten überschätzen, vor allem solche, die mit Suspensionen unnatürlicher Zusammensetzung gewonnen wurden (Doering und Oviatt 1986). Powell et al. (1992) modellierten Daten der Auster *Crassostrea virginica* und kamen zu der Erkenntnis, dass hohe, mit künstlicher Versuchsanordnung gewonnene Filtrations- und Assimilationsraten eine unreal hohe Produktivität voraussagten und somit wahrscheinlich nicht den Standardmetabolismus der Muschel beschrieben. Eine hohe Pumprate (und damit Nahrungsversorgung) wird Powell zufolge nur in aussergewöhnlichen Situationen wie zur Entlassung der Gameten realisiert.

5.4.1 Problematik elektronischer Partikelzählung

Der Partikelzähler unterscheidet weder zwischen Partikeln biotischer und abiotischer Herkunft noch zwischen lebenden und toten oder sich zersetzenden Partikeln biogener Art. Er lässt, soweit mit natürlichem Seston unbekannter Zusammensetzung gearbeitet wird, keinen Rückschluss auf die Natur der Partikel und somit die Art der Nahrung zu. Vor allem bei hohen Konzentrationen können mehrere Partikel gemeinsam durch die Zählöffnung gelangen und als ein grösserer gezählt werden. Der Elzone 280 PC besitzt allerdings einen Korrekturalgorithmus, um diese Fehler rechnerisch zu beseitigen. Weitere Probleme sind die verschiedenartigste Gestalt und unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit natürlicher Partikel, die falsche Grössen vortäuschen können. Grosse Konzentrationen kleiner Partikel hoher Leitfähigkeit können Verschiebungen der gemessenen Grössenspektren bewir-

ken. Dies wirkt sich allerdings bei der Verwendung von Volumina als Masseinheit gravierender aus, da diese in der dritten Potenz zunehmen. Unterschiedliche Leitfähigkeiten des Elektrolyten und der Partikel führen ebenfalls zu Messungenauigkeiten. Die für die Messung in Seston gravierendste Unzulänglichkeit besteht in dem mangelhaften Auflösungsvermögen der elektronischen Partikelzähler unterhalb von ca. $0,9\mu\text{m}$, so dass Daten aus diesem Grössenbereich, vor allem Bakterien, weiterhin zeit- und arbeitsintensiv unter dem Mikroskop ausgezählt werden müssen. Aus diesem Grunde sind sie auch in der Literatur rar. Trotzdem bleibt die elektronische Partikelzählung die in der Regel geeignetste Methode, da nur mit ihr in kurzer Zeit grosse Mengen an Probenvolumen verarbeitet werden können.

5.4.2 Retentionseffizienzen

Alle hier untersuchten Suspensionsfresser zeigten Rückhalteraten, die bei keiner erfassten Partikelgrösse 100% erreichten. Der Grund mag in der Tatsache zu suchen sein, dass sich photosynthetisierendes Plankton, in der Antarktis an geringe Lichtverhältnisse angepasst (Dr. U. Riebesell, pers. Mitteilung), trotz Abdunkelung der Experimentalbecken während der langen Expositionsdauer weiterhin teilte. Die Vermehrungsrate von Plankton in den Aquarien mit Tierbesatz wird auch grösser sein als die in den als Kontrolle dienenden Becken ohne Tiere, da durch die permanente Exkretion von Ammonium das Wachstum von Plankton angeregt wird (Porter 1976, Roman und Rublee 1980) und infolge der langen Expositionsdauer eine quantitativ bedeutende Zunahme an Planktonorganismen erfolgt sein könnte. Da zum Zeitpunkt der Filtrationsversuche noch keine Ergebnisse über die Menge der Exkretion der Suspensionsfresser pro Zeiteinheit vorlagen, konnte in den Kontrollbecken keine Exkretion durch Ammoniumzugabe simuliert und Planktonwachstum angeregt werden.

Die Ascidien zeigen deutliche Unterschiede sowohl in bezug auf die maximale Rückhaltefähigkeit als auch auf die Partikelgrösse, die zu mindestens 50% filtrierte wird. Auffällig ist, dass *A. challengerii* und *Cnemidocarpa verrucosa*, welche erst ab $1,2$ bzw. $1,4\mu\text{m}$ filtrieren, ihre maximale Retention bei geringeren Partikeldurchmessern erreichen als *M. pedunculata* und *Corella eumyota*. Diese filtrieren schon ab $1\mu\text{m}$, dafür ist aber ihre Maximalretention geringer als die der beiden ersten Arten. Diese Unterschiede sind vor

dem Hintergrund der Partikelverteilung im Wasser bedeutsam (siehe Kapitel 4). Die absolute Häufigkeit der Partikel ist für die Durchmesser zwischen 1 und 1,2 μm am grössten. *M. pedunculata* und *Corella eumyota* filtrieren stärker die kleinen Partikel um 1 μm Durchmesser und kompensieren die geringe Effizienz in diesem Bereich durch die grosse Anzahl. *A. challengeri* und *Cnemidocarpa verrucosa* hingegen filtrieren effektiver ab 1,4 μm , einem Grössenbereich, in dem die Anzahl der Partikel schnell abnimmt. Diese werden aber mit höherer Effizienz aufgenommen und decken somit den Energiebedarf der Tiere.

Stuart und Klumpp (1984) fanden für die in Gewässern um Südafrika vorkommende Ascidiengattung *Pyura stolonifera* Rückhalteeffizienzen von fast 100% für Partikelgrössen ab 0,5 μm , Randløv und Riisgård (1979) für 4 Arten der Nordsee maximale Effizienzen von ca. 100% ab 3,5 μm und 50% ab ca. 1,2 μm . Fiala-Médioni (1978) hingegen mass bei mediterranen Arten Rückhalteraten zwischen 65 und 90 %, die allerdings mit einer Grünalge von ca. 2-3 μm Breite und 6-10 μm Länge erzielt wurden. Diese Unterschiede könnten mit der Struktur der Mucusnetze erklärt werden, die bei verschiedenen Arten verschieden fein angelegt sind und somit andere Effizienzen zeigen.

Die Effizienzen der Schwämme zeigen ein den Ascidien gegenüber verringertes Rückhaltevermögen in bezug auf Partikel $>1,5\mu\text{m}$. Allerdings deutet der bei *M. acerata* zu beobachtende Anstieg unterhalb 1,2 μm , bei *I. kerguelensis* unterhalb 0,8 μm , auf eine steigende Fähigkeit hin, im bakteriellen Grössenbereich zu filtern. Stuart und Klumpp (1984) fanden ähnliche Werte für die vor der südafrikanischen Küste vorkommende Art *Haliclona anonyma* und konnten die beobachtete Abflachung der Kurve zwischen 2 und 4 μm mit der Produktion von Faecespartikeln in dieser Grössenordnung erklären. Auch Reiswig (1971) fand eine Produktion von Partikeln im Grössenbereich zwischen 2,5 und 4,5 μm bei 3 tropischen Arten. Die Abflachung der Kurven bei *M. acerata* und *I. kerguelensis* im Bereich 2 bis 4 μm und der Einschnitt bei 1 μm Partikeldurchmesser lassen sich also über eine Faecesproduktion in diesem Grössenbereich erklären (vgl. Abb. 5.3.2.1 und 5.3.2.2); es wurden jedoch keine Experimente zur Verifizierung durchgeführt (vgl. Kapitel 7).

Auch *Laternula elliptica* filtriert nicht mit 100%iger Effizienz; die maximale Effizienz erreicht sie ab 3 μm , was mit den Ergebnissen anderer Autoren für

Muscheln borealer Gewässer übereinstimmt (z.B. Stuart und Klumpp 1984, Jørgensen et al. 1984, Møhlenberg und Riisgård 1978). Bayne und Newell (1983) sowie Palmer und Williams (1980) bringen die Retentionseffizienz mit der Regulation der Nahrungsaufnahme in Verbindung, da nur so eine optimale Energieausnutzung sichergestellt sei. Das hiesse, dass die Effizienzen von der Art und Menge der angebotenen Nahrung abhängig und somit variabel wären. Da aber die Faktoren, welche die Retentionseffizienz bei Muscheln bestimmen, bisher kaum verstanden sind, bleibt diese These spekulativ (Jørgensen 1990).

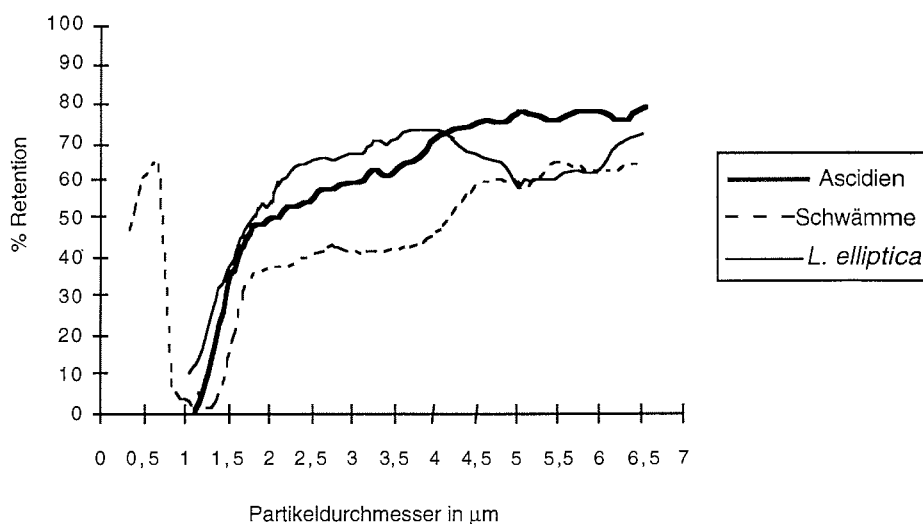


Abb. 5.4.1: Retentionseffizienzen (gemittelt) der Ascidien, Schwämme und von *L. elliptica*

Ein direkter Vergleich der verschiedenen Retentionseffizienzen zeigt für die Ascidien, deren Werte in der Abb. 4.4.1 gemittelt sind, einen ähnlichen Kurvenverlauf wie für die Muschel *Laternula elliptica*, während die gemittelte Kurve der Schwämme deutlich in das bakterielle Spektrum verlagert ist. Die verschiedenen Taxa nutzen verschiedene Strategien, um die verfügbare Nahrungsressourcen untereinander aufzuteilen. Die Ascidien und Schwämme, die eine maximale Verteilung in der selben Tiefe ab 30m haben (Kühne 1997), bevorzugen unterschiedliche Partikelgrößen, während *Later-*

nula elliptica, die ein ähnliches Spektrum wie die Ascidien bevorzugt, ihre maximale Verteilung in flacheren Tiefen findet. Dieses Ergebnis bestätigt die von Stuart und Klumpp (1984) vor Südafrika beobachteten Verhältnisse zwischen diesen Tierklassen.

Aufgrund der Faecesproduktion des Schwammes *Haliclona anonyma* zwischen 2 und 4µm Grösse postulieren die Autoren eine Bereitstellung weiterer potentieller Nahrungspartikel für andere Suspensionsfresser und somit eine effektivere Nutzung des Sestons in Systemen mit mehreren Arten als in Systemen mit nur einer Art. Die beobachtbare Abflachung der Kurve der Schwämme zwischen 2 und 4µm scheint auf eine Pelletproduktion von *M. acerata* und *I. kerguelensis* in dieser Grössenklasse hinzuweisen.

Kotballen von *L. elliptica* aus der Marian Cove, einer der Potter Cove benachbarten Bucht, haben einen höheren Kohlenstoffgehalt als das Sediment (5,7% zu 0,44%) und ein C/N-Verhältnis zwischen 6 und 8, was einem Nährstoffgehalt ähnlich dem von Phytoplankton entspricht (Ahn 1993). Bei vielen Sedimentfressern wurde Koprophagie beobachtet (Frankenberg und Smith 1967), und konsequenterweise fanden Commito und Boncavage (1989) grössere Biomassen an sedimentbewohnender Fauna in Muschelgemeinschaften als ausserhalb.

Allerdings ist in der Potter Cove der Einfluss der Eisberge nicht zu vernachlässigen, wenn bis jetzt auch nicht quantifizierbar. Die tief im Sediment lebende *L. elliptica* wird von oberflächlich strandenden Bergen wenig beeinflusst, während die auf der Oberfläche siedelnden Ascidien abrasiert werden. In der Regel reichen strandende Eisberge in der Potter Cove bis ca. 15m Tiefe (eig. Beobachtungen) und lassen Ascidien bis dort wenig Möglichkeit zur Entfaltung.

5.4.3 Pumpraten

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden mit indirekter statischer Methodik gewonnen, d.h. die Tiere filtrierte in einem abgeschlossenen Becken, aus dem in zeitlichen Abständen Proben entnommen wurden. Wie Vorversuche ergaben, war die zu messende Partikelabnahme bei Durchflussmethodik selbst bei niedrigen Stromgeschwindigkeiten zu gering, um verwertbare Messergebnisse zu erhalten. Vogel (1974, 1977, 1981) allerdings machte auf die Wichtigkeit der passiven Filtration bei Schwämmen aufmerksam und

fand bei Stromgeschwindigkeiten von 30 cm/sec einen zwischen 22 und 85% erhöhten Wasserdurchsatz. Ob dieser Faktor auch die Filtrationsrate erhöht, bleibt noch zu klären. Walne (1972) sowie Hildreth und Crisp (1976) zeigten den Einfluss der Fliessgeschwindigkeit des Wassers auf die Pumpraten von Muscheln und fanden mit steigender Geschwindigkeit erhöhte Pumpraten, die sie auf mechanische Stimulation zurückführten. Famme et al. (1986) hingegen fanden bei der Muschel *Mytilus edulis* keine Korrelation zwischen Strömung und Pumprate. Holmes (1973) wiederum berichtet von verringerten Raten in statischen Systemen bei Ascidien.

Es empfiehlt sich, im Durchfluss direkt zu messen, d.h. in der Umgebung der inhalierenden Strukturen muss die Anfangskonzentration und in der exhalierenden Struktur die Endkonzentration gemessen werden, um eine Veränderung der Konzentration aufgrund von am Tier vorbeigeströmten Partikeln zu vermeiden. Die direkte Methode jedoch neigt zur Überschätzung der Pumpraten (Holmes 1973), falls das Wasser vom Experimentator abgesaugt wird. Durch zu engen Kontakt mit dem Messgerät kann das Tier gestört werden, da es gegen hydrostatischen Druck anpumpen muss, den die Absaugröhre mit geringem Durchmesser darstellt. Bei Verwendung der indirekten Methode muss eine effektive Mischung der gesamten Suspension gewährleistet sein, um Rezirkulation des immer selben Wassers zu verhindern; sonst gelangt man zu einer Unterschätzung der Pumpraten. Der Mischvorgang darf aber nicht so stark sein, dass ausgeschiedenes Material resuspendiert (Hildreth und Crisp 1976, Riisgård 1977) und vom Partikelzähler als zur Verfügung stehendes Material erfasst wird. Dies wurde im vorliegenden Fall durch die Belüftung erreicht.

Viele Ergebnisse sind mit Monoalgenkulturen ermittelt worden und eignen sich deshalb nur bedingt als Vergleich mit Daten, die mit natürlichem Seston erhoben wurden. Der organische Gehalt natürlichen Sestons liegt in der Regel weit unter dem der Algenkulturen, und das Verhältnis von Nahrung zu unverdaubaren anorganischen Anteilen ist ungünstiger. Zumindest Muscheln zeigen verändertes Verhalten unter diesen beiden Experimentalbedingungen (Foster-Smith 1975, Cranford und Gordon 1992, Iglesias et al. 1992, Navarro et al. 1992, Bayne et al. 1993).

Die Pumpraten aller Tiere lagen deutlich unter den für Tiere borealer Gewässer gemessenen Werten (vgl. Tabellen 5.4.1: Ascidiacea; 5.4.2: Porifera

und 5.4.3: Bivalvia). Allerdings beruhen die gemessenen Ascidien-Pumpraten mit Ausnahme der Arbeit von Stuart und Klumpp (1984) auf der Verwendung von Farbstoffen oder Monoalgenkulturen in unnatürlich hohen Konzentrationen. Da ein immer wiederkehrender Befund die Abnahme der Pumprate mit abnehmender Partikelkonzentration konstatiert, können mit solchen Versuchsanordnungen gewonnene Ergebnisse die tatsächlich im Freiland realisierten Raten und damit auch den Einfluss der Suspensionsfresser-Populationen auf den Partikelgehalt in der bodennahen Wasserschicht überschätzen.

Dies reicht jedoch nicht aus, um die grossen Differenzen in der Pumpleistung zu erklären. Zunächst ist der Metabolismus bei niedrigen Temperaturen verlangsamt (Clarke 1991). Bei Muscheln zum Beispiel nimmt mit sinkender Temperatur die Schlagfrequenz der lateralen Cilien der Kiemenfilamente ab (Jørgensen 1990). Ausserdem kann die verminderte Pumprate durch zunehmende Viskosität des Seewassers bei sinkenden Temperaturen erklärt werden, da die Suspensionsfiltration durch kleine Reynolds-Nummern gekennzeichnet ist, bei denen die Viskosität des Mediums von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die Viskosität von antarktischen Oberflächenwasser ist 50 bis 60% höher als die bei 20°C gemessene. Frassraten kalifornischer Asteroidenlarven sanken bei künstlicher Viskositätserhöhung des Wassers auf Werte unterhalb der von antarktischen Seesternlarven (Pearse und Pearse 1992). Hoegh-Guldberg et al. (1991) formulierten die Hypothese, dass die Frassraten antarktischer Suspensionsfresser (metabolisch) temperaturunabhängig sind und allein die Viskosität des Mediums die Aufnahmegeschwindigkeit von Partikeln bestimmt.

Holmes (1973) berichtet, dass in statischen Systemen der Regressionskoeffizient der kubischen Beziehung zwischen Gewicht der Ascidien und ihren Pumpraten unter 0,5 lag, ein Wert, der auch in dieser Arbeit für Trockengewichte und aschefreie Trockengewichte mit Ausnahme von *A. challengerii* nicht überschritten wird. Dieser Wert bringt mathematisch das sich bei Wachstum eines Organismus linear vergrössernde Gewicht mit dem sich in der dritten Potenz vergrössernden Volumen in Zusammenhang und sollte bei ca. 0,75 (Hemmingsen 1960) für sämtliche metabolischen Raten liegen. Die Werte für Organgewichte allein, das heisst ohne die Tunika, die als Exoskelett nicht aktiv am Metabolismus des Tieres beteiligt ist, liegen deut-

lich höher und zeigen, dass auch nicht-kalzifizierte Stützstrukturen nicht in die Berechnung der Regression einbezogen werden sollten. Trotzdem liegen die Werte noch unter dem geforderten hypothetischen Wert. Dies deutet auf einen von grösseren Tieren unterdrückten Wassertransport hin, der eventuell durch ein zu geringes Wasservolumen der Experimentalbecken oder durch eine Anreicherung mit CO₂ herbeigeführt wurde. Jørgensen (1996) bemerkt im Hinblick auf zu geringe Regressionskoeffizienten die höhere Empfindlichkeit grösserer Tiere gegenüber den Experimentalbedingungen. Die Faktoren jedoch, welche den Transport verringern, sind bisher noch unverstanden.

Randløv und Riisgård (1979 an *Ascidiella aspersa*) sowie Tracy (1982 an *Cnemidocarpa verrucosa*) machen das nicht-allometrische Wachstum der Gonaden für Werte deutlich über 0,75 verantwortlich. Die Gewichtszunahme erfolgt hier schneller als die Volumenzunahme und verschiebt das Verhältnis während der reproduktiven Phase. Da die Messungen für diese Arbeit zwischen Dezember und Februar durchgeführt wurden und Hinweise existieren, dass sich die Ascidien in eben jenen Monaten fortpflanzen (Tucker und Burton 1988), könnte eine Veränderung des Verhältnisses zwischen Gewicht und Volumen zur Erklärung des deutlich niedrigeren Regressionskoeffizienten beitragen.

Auch die Pumpraten der Schwämme *M. acerata* und *I. kerguelensis* liegen unter den bei Tieren borealer Gewässer gemessenen; zudem ist die Pumprate von *I. kerguelensis* doppelt so hoch wie die von *M. acerata*. Hier treten zwei unterschiedliche Strategien zu Tage. *Mycale acerata* pumpt mit geringen Raten und verstopft seine Ostien deshalb weniger schnell. Zusätzlich vermag er seine Oberfläche nach starken Sedimentationsereignissen schnell und effizient mit dem reichlich abgesonderten Schleim zu reinigen. Eigene Beobachtungen vor Ort zeigten, dass schon wenige Stunden nach Stürmen *M. acerata* durch seine Fähigkeit, Mucus abzusondern, seine Oberfläche von Sediment gereinigt hatte. *Isodictya kerguelensis* hingegen pumpt schneller, verstopft seine Ostien stärker und benötigt, zudem schleimlos, längere Zeit, sich nach Sedimentationsereignissen zu reinigen und wieder normale Ra-

Tabelle 5.4.1: Pumpraten verschiedener Ascidien für ein Standardtier in Trockengewicht

Art	T°C	PR/g TG•h	Methode	Quelle
<i>Styela clavata</i> Ärmelkanal	15	1320 ml	indirekt statisch Farbstoff	Holmes 1973
<i>Ciona intestinalis</i> Mittelmeer	15	5880 ml (Organgewicht)	indirekt, statisch	Fiala-Médioni 1978
<i>Phallusia mammillata</i> Mittelmeer	15	6300 ml (Organgewicht)	indirekt, statisch	Fiala-Médioni 1978
<i>Styela plicata</i> Mittelmeer	15	10680 ml (Organgewicht)	indirekt, statisch	Fiala-Médioni 1978
<i>Ciona intestinalis</i> Clyde	15	3540 ml	indirekt, statisch	Robbins 1983
<i>Ascidia mentula</i> Schottland	15	2500 ml	Flowmeter	Robbins 1984
<i>Ciona intestinalis</i> Skagerrak	15	7080 ml	indirekt, statisch Grünalge	Petersen & Riisgård 1992
<i>Pyura stolonifera</i> Südafrika	13	480 - 1260 ml	indirekt, Durchfluss	Stuart & Klumpp 1984
<i>Ascidella aspersa</i> Kattegat	10	2580 ml	indirekt, statisch	Randløv & Riisgård 1979
<i>Ascidella aspersa</i> Kattegat	10	3240 ml	direkt, Durchfluss	Randløv & Riisgård 1979
<i>Ciona intestinalis</i> Kattegat 10°C	10	2760 ml	direkt, Durchfluss	Randløv & Riisgård 1979
<i>Ascidia challengerii</i> Potter Cove	1	192 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung
<i>Corella eumyota</i> Potter Cove	1	150 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung
<i>Molgula pedunculata</i> Potter Cove	1	198 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i> Potter Cove	1	258 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung

ten zu erreichen. Durch den grossen Sedimenteintrag in die Potter Cove während der Monate der Schneeschmelze (s.u.), welche auch die Monate der Planktonblüte sind, ist *M. acerata* / *I. kerguelensis* gegenüber im Vorteil und ist häufiger in der Potter Cove zu finden. Riisgård et al. (1993) fanden für *Halichondria panicea*, den in Nord- und Ostsee häufigen Brotkrumenschwamm, bei einer Temperatur von 6°C eine Pumprate von 6 ml pro Minute, der den hier gemessenen Werten sehr nahe kommt (Tabelle 5.4.2).

Tabelle 5.4.2: bisher gemessene PR von Schwämmen in ml/h für ein Standardtier von 1 g Trockengewicht

Art	T°C	PR/g TG•h	Methode	Quelle
<i>Suberites domuncula</i>	?	58 ml	?	Putter 1914
<i>Leucandra aspersa</i>	?	1584 ml	?	Bidder 1923
<i>Mycale sp</i>		12492 ml	direkt, in situ	Reiswig 1971
<i>Verongia gigantea</i>		2758 ml	direkt, in situ	Reiswig 1971
<i>Tethya crypta</i>		3708 ml	direkt, in situ	Reiswig 1971
<i>Spongilla lacustris</i> New Hampshire	21	8160 ml	indirekt statisch radioaktiv mark. Bak.	Frost 1980
<i>Spongilla lacustris</i> New Hampshire	18	8400 ml	indirekt statisch radioaktiv mark. Bak.	Frost 1980
<i>Spongilla lacustris</i> New Hampshire	16	2940 ml	indirekt statisch radioaktiv mark. Bak.	Frost 1980
<i>Halichondria panicea</i> Kattegat	15	1620 ml	indirekt, statisch	Riisgård et al. 1993
<i>Haliclona anonyma</i> Südafrika	12	5640 ml	direkt, statisch Bakterien	Stuart & Klumpp 1984
<i>Halichondria panicea</i> Fyn DK	14	1680 ml	indirekt, statisch	Thomassen&Riisgård 1995
<i>Spongilla lacustris</i> New Hampshire	14	2460 ml	indirekt statisch radioaktiv mark. Bak.	Frost 1980
<i>Halichondria panicea</i> Kattegat	10	960 ml	indirekt, statisch	Riisgård et al. 1993
<i>Haliclona urceolus</i> Kattegat	12	1860 ml	indirekt, statisch	Riisgård et al. 1993
<i>Halichondria panicea</i> Kattegat	6	360 ml	indirekt, statisch	Riisgård et al. 1993
<i>Isodictya kerguelensis</i> Potter Cove	1	138 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung
<i>Mycale acerata</i> Potter Cove	1	78 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung

Die Regressionskoeffizienten liegen auch in dieser Arbeit deutlich unter dem postulierten Wert von 0,75. Riisgård et al. (1993) bezweifeln die Validität der Anwendbarkeit des allometrischen Zusammenhanges auf Schwämme mit ihrer für das Tierreich einzigartigen Konstruktion: "wenn die Verteilung der Choanocytenkammern gleichmässig wäre, dürfte die Pumprate mit zunehmendem Körpergewicht nicht abnehmen". Dagegen spricht zunächst die nicht auf die Kammern beschränkte Aufnahme von Partikeln. Die ebenfalls Nahrung aufnehmenden zahlreichen zuführenden

Kanäle unterliegen eben jenem allometrischen Wachstum. Ein wesentlich berechtigterer Einwand dürfte in der Zunahme an abgestorbenen Choanocytenkammern in älteren (und damit grösseren) Tieren liegen, die somit im Verhältnis zu kleineren weniger "Motoren" des Wasserumsatzes besitzen.

Zur Aufnahme von Bakterien gibt es bisher wenig Untersuchungen; bekannt ist aber, dass Schwämme Bakterien aufnehmen können (z.B. Reiswig 1975, Frost 1980). Vor allem in tropischen Schwammarten, aber auch in mediterranen existieren verschiedene Stufen von Assoziationen und Symbiosen mit Bakterien (Vacelet und Donadey 1977, Wilkinson 1978). Diese Bakterien werden nicht phagozytiert; andere Bakterienarten hingegen doch (Reiswig 1975).

Gili (pers. Mitteilung) fand bei mediterranen Arten die Tendenz, dass Schwämme, welche grössere Mengen an Wasser pumpen, geringere Aufnahmeraten an Bakterien haben. Diese Tendenz zeigt sich hier auch bei *M. acerata*; *I. kerguelensis* präsentiert jedoch das Gegenteil. Die Aufnahme an Bakterienkohlenstoff liegt bei 0,01 bis 0,1 $\mu\text{g}/\text{h}$, was ca. 0,1 bis 1,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ entspricht. Die mediterranen Arten (Gili, pers. Mitteilung) nahmen 0,95 bis 49,5 $\mu\text{g}/\text{h}$ Bakterienbiomasse auf, diese Grössenordnung wird hier ebenfalls erreicht. Welche Rolle die Aufnahme von Bakterien in der Potter Cove spielt, ist bisher noch nicht zu quantifizieren. Die Verfügbarkeit von Bakterien in der Potter Gove ist nicht bekannt und dürfte grossen räumlichen wie zeitlichen Schwankungen unterliegen. Da Bakterien innerhalb kürzester Zeit auf Umweltänderungen reagieren, konnten Bouvy und Delille (1988) in den Gewässern vor dem Adélie-Land innerhalb weniger Stunden Veränderungen um einen Faktor 10 messen, wenn die Bakterien Nahrungsangebote in Form von z.B. Makroalgendetritus bekamen. Diese Faktoren spielen vermutlich auch in der Potter Cove eine Rolle; zumindest Algendetritus ist auf den Weichböden häufig zu finden (eig. Beobachtungen).

Auch antarktische Schwämme sind in der Lage, einen Teil ihrer Nahrung aus Kleinstpartikeln wie Bakterien zu entnehmen. Da es bisher nicht bekannt ist, ob Ascidien ebenfalls in der Lage sind, sich von Bakterien zu ernähren, geniessen Schwämme ihnen gegenüber eventuell einen selektiven Vorteil, der sich vor allem in nährstoffarmen Zeiten auswirken kann.

Zu Filtrations- und Pumpraten von Muscheln existiert eine breite Datenbasis (z.B. Winter 1978, Møhlenberg und Riisgård 1979, Meyhöfer 1985, Klumpp et al. 1992), welche auszugsweise in der Tabelle 5.4.3 wiedergegeben ist. Die Pumprate von *L. elliptica* liegt mit 127 ml/h•g TG wie diejenige der Ascidien und Schwämme unter den aus wärmeren Gewässern angegebenen Ergebnissen anderer Untersuchungen. Allerdings sind die veröffentlichten Werte infaunaler Arten stets niedriger als die epifaunaler; dieses wird von Møhlenberg und Riisgård (1979) als Artefakt betrachtet, der durch unnatürliche Experimentalbedingungen hervorgerufen wurde. Auch die hier vorliegenden Ergebnisse können unter diesem Aspekt als zu niedrig angesehen werden, da die Muscheln nur mit einer geringen Sedimentbedeckung gehältert wurden und sich nicht bis zu 40-50 cm tief eingraben konnten, wie es in natura der Fall ist. Auch der niedrige Regressionskoeffizient von 0,46 könnte durch die Experimentalbedingungen verursacht sein; zudem werden grössere Tiere leichter durch diese Bedingungen gestört (Jørgensen 1990). Page et al. (1990) geben für eine Tiefseemuschel aus dem Golf von Mexiko, welche bei Temperaturen um 7°C lebt, eine Pumprate von 10% im Vergleich zu *Mytilus edulis* an (Monoalgenkultur). Leider sind keine gewichtsspezifischen Raten angegeben, so dass ein direkter Vergleich nicht möglich ist.

5.3.4 Sedimentbelastung

Unklarheiten gibt es über die Wirkung von Sediment auf die Pumprate von Suspensionsfressern. Die Potter Cove ist während der Schnee- und Eismelze des Frühlings und Sommers erheblichen Konzentrationen an mineralischem Sedimenteintrag bis zu 600 mg/l (Varela, pers. Mitteilung) ausgesetzt, in der benachbarten Admiralty Bay wurden im Spätsommer bis zu 182,6 mg/l gemessen (Pecherzewski 1980). Ausserdem findet nach Stürmen aus der vorherrschenden nordwestlichen Richtung (Klöser et al. 1994) eine Resuspension von Bodensedimenten und -partikeln statt, die das den Suspensionsfressern zur Verfügung stehende Umgebungswasser stark befrachten. Ob und inwieweit die steigende Partikelkonzentration im allgemeinen und die damit einhergehende Erhöhung des mineralischen Anteils der Partikel im besonderen einen Einfluss auf die Pumprate von Suspensionsfressern haben, ist umstritten.

Tabelle 5.4.3: Gemessene Pumpraten von Muscheln in ml/h für ein Standardtier von 1 g Trockengewicht

Art	T°C	PR/g TG•h	Methode	Quelle
<i>Tridacna gigas</i> Barrier Reef	27	1100 ml	direkt, statisch Bakterien	Klumpp et al. 1992
<i>Aulacomyla ater</i> Südafrika	12	1820 ml	indirekt, statisch	Stuart & Klumpp 1984
<i>Clinocardium nuttali</i> Washington	13	3060 ml	Thermistor	Meyhöfer 1985
<i>Mytilus californianus</i> Washington	13	7980 ml	Thermistor	Meyhöfer 1985
<i>Chlamys hastata</i> Washington	13	8700 ml	Thermistor	Meyhöfer 1985
<i>Cardium echinatum</i> Kattegat	10 - 13	4220 ml	direkt, statisch Grünalgen	Møhlenberg & Riisgård 1979
<i>Cerastoderma edule</i> Kattegat	10 - 13	11600 ml	direkt, statisch Grünalgen	Møhlenberg & Riisgård 1979
<i>Mytilus edulis</i> Kattegat	10 - 13	7450 ml	direkt, statisch Grünalgen	Møhlenberg & Riisgård 1979
<i>Arctica islandica</i> Kattegat	10 - 13	5550 ml	direkt, statisch Grünalgen	Møhlenberg & Riisgård 1979
<i>Choromytilus meridionalis</i> Südafrika	12 - 18	5370 ml	direkt/indirekt statisch	Stuart & Klumpp 1984
<i>Perna perna</i> Südafrika	20	8850 ml	indirekt, statisch	Stuart & Klumpp 1984
<i>Laternula elliptica</i> Potter Cove	1	127 ml	indirekt, statisch	diese Untersuchung

Gerrodette und Flechsig (1979) wiesen einen negativen Einfluss von steigender Sedimentkonzentration auf die Pumprate des tropischen Schwammes *Verongia lacunosa* nach. Selbst die geringe Konzentration von 11 mg/l reduzierte die Pumpleistung signifikant, eine Zugabe von 95,4 mg/l um 41%. Es zeigte sich eine graduelle Abnahme der Pumpleistung mit steigendem Sedimentanteil des Wassers und kein Grenzwert, ab dem die Leistung deutlich schwächer wurde. Während der Versuchsdauer von 4 Tagen konnte keine Gewöhnung an die Sedimentkonzentrationen nachgewiesen werden.

Loosanoff und Tommers (1948) beobachteten eine Reduktion von 57% bei Belastung von 100 mg/l und eine Reduktion von 94% bei 4g/l Sediment bei Austern. Robbins zeigte für *Ascidella scabra* und *Ciona intestinalis* (1983) sowie für *Ascidia mentula* (1984) ebenfalls eine Reduktion der Pumprate um 50% bei einer Sedimentkonzentration von 250 bzw. 105 mg/l und interpretiert dies im Sinne der von Rigler (1961) und Taghon (1981) formulierten

"Theorie der optimalen Ernährungseffizienz". Bei Belastungen von über 600 mg/l, ein Wert, der in der Potter Cove durchaus realistisch ist, überlebte *C. intestinalis* nur 3 Wochen lang; da Ascidien im Gegensatz zu Muscheln nicht selektieren können, starb sie durch Unterernährung (Robbins 1985a). Einen gewissen Schutz vor Verstopfung des Kiemenapparates bietet das plötzliche Kontrahieren des Körpers, mit dem Wasser ausgestossen und noch im Bereich des Kiemendarmes flottierende Partikel als "Pseudofaeces" entfernt werden, allerdings gehen auch nahrhafte Partikel verloren. Dieses "squirting" genannte Verhalten mag eine Erklärung dafür sein, dass Ascidien in der stark sedimentbelasteten Potter Cove besser gedeihen als z.B. Schwämme (Kühne 1997).

Arbeiten von Kiørboe et al. (1981) und Møhlenberg und Kiørboe (1981) zeigten hingegen den positiven Einfluss von Sediment in Konzentrationen zwischen 5 und 30 mg/l auf das Wachstum und/oder die Pumprate der Muscheln *Spisula subtruncata* und *Mytilus edulis*. Muscheln sind im Gegensatz zu Ascidien und Schwämmen in der Lage, Partikel in gewisser Masse zu selektionieren, da sie durch ihre Mucusproduktion mit einem Teil Pseudofaeces bilden und ausscheiden und den anderen Teil der Partikel konzentrieren können.

Ob die Sedimentbelastung der Potter Cove somit einen - positiven oder negativen - Einfluss auf den Metabolismus der Suspensionsfresser ausübt, bleibt weiterhin unklar. Sicher ist jedoch, dass die Tiere einer bedeutenden Belastung durch Sediment ausgesetzt sind, da Mageninhaltsuntersuchungen einen hohen Anteil an benthischen Diatomeen aufweisen, welche zusammen mit feinen anorganischen Partikeln aufgewirbelt werden.

6. Sauerstoffverbrauch von *Mycale acerata*

6.1 Einführung

Respirationsraten können als Mass für den Stoffwechsel eines Tieres verwendet werden, da die Bildung von ATP als Träger des Energieumsatzes Sauerstoff benötigt. Gemessen wird in der Regel der Basalstoffwechsel, der als derjenige Stoffwechsel definiert ist, der allein der Lebenserhaltung dient, ohne die energiezehrenden Prozesse z.B. der Ernährung, des Wachstums und der Reproduktion zu berücksichtigen.

Die Messung des Sauerstoffverbrauchs ist eine gängige Methode zur Berechnung eines Energiebudgets (Clarke 1993, Kühne 1997). Der Messung des Sauerstoffverbrauchs als Mass für den Energieumsatz liegt die Annahme zugrunde, dass die Oxidation allein der Energiegewinnung und nicht dem Aufbau von Speicherprodukten dient und keine Energie durch anaerobe Prozesse gewonnen wird. Eine Sauerstoffschuld durch anaerobe Prozesse ist bei Schwämmen, wenn auch nicht auszuschliessen, wenig realistisch. Energiezehrende, wie der Reproduktion dienende, Prozesse können allerdings nicht ausgeschlossen werden, zumal die Gametogenese vieler antarktischer Evertebraten über ein Jahr dauert (Clarke 1979). Thompson und Bayne (1972) und Bayne et al. (1973) zeigten an der Muschel *Mytilus edulis*, dass die Sauerstoffaufnahme mit abnehmender Partikelkonzentration in der Suspension auf einen Minimalwert abfielen, welcher nicht mehr unterschritten wurde.

Die einzigen bisher vorliegenden Daten zu sessilen antarktischen Evertebraten lieferten Ralph und Maxwell (1977b) zu *Gaimardia trapesina* (Bivalvia) sowie Tracy (1982) und Kühne (1997) zu den auch in dieser Arbeit untersuchten 4 Ascidienarten.

6.2 Material und Methoden

Die Individuen von *Mycale acerata* wurden von Tauchern gesammelt und in einem Durchflusssaquarium mit 200l Inhalt für eine Woche bei ca. 1,5°C gehältert, um sich akklimatisieren zu können. 4 Stunden vor einem Experiment wurden die Schwammröhren (unter Wasser) in Ringe geschnitten, diese halbiert und in die 175ml fassenden Experimentalkammern eingebracht, wo sie mit 0,2 µm gefiltertem, vorgekühltem Seewasser bei 1,8°C mit 100ml pro Stunde gespült wurden, um sie von Sediment und anderen Partikeln zu reinigen. Keines der verwendeten Teile von *M. acerata* zeigte sichtbare negative Reaktionen auf die Experimentalbehandlung. Auch nach Abschluss der Experimente sonderten alle Individuenteile beim Entfernen aus der Experimentalkammer noch grosse Mengen an Schleim ab; sie befanden sich demnach in guter Verfassung.

Die Experimentalvorrichtung bestand aus einem Durchflusssystem mit einer Sauerstoffelektrode (Eschweiler, Kiel), welche auf 100% sauerstoffgesättigtes bakterienfrei gefiltertes Seewasser der Experimentaltemperatur kalibriert wurde. Aus einem stark durchlüfteten Reservoir wurde das Wasser durch die Experimentalkammer gepumpt (108 ml/h) und bei völliger Dunkelheit die Sauerstoffkonzentrationserniedrigung gemessen. Diese wurde gegen die 100%-Sättigung des einfließenden Wassers auf einem Plotter (Linseis) aufgezeichnet und aus der Differenz der Verbrauch mit einer Sauerstofflöslichkeitstabelle (Grasshoff et al. 1983) für 3,7% Salzgehalt und 1,8°C errechnet.

$$\frac{\Delta O_2 \cdot S_{100} \cdot V}{O_2 100 \cdot M} = O_2 / t \cdot M$$

ΔO_2 = gemessener O₂-Wert in %

S_{100} = O₂-löslichkeit bei gegebener Temperatur und Salinität bei 100% Sättigung in ml/l

V = Durchfluss in ml/h

100 = 100% O₂

M = Masse

Dieses Durchflusssystem ist Messungen in stehenden Systemen vorzuziehen, da keine Anreicherung mit CO₂ stattfindet sowie Stoffwechsellend-

produkte nicht in der Kammer verbleiben und die metabolischen Raten der Tiere unterdrücken können (Holmes 1973, Jørgensen 1986; siehe Kapitel 5).

Da die Tiere den Sauerstoffgehalt in der Kammer erniedrigen, bis ein Fließgleichgewicht erreicht ist, ist die Differenz der Sauerstoffkonzentration ausschliesslich von dem Metabolismus des Tieres und der Fließgeschwindigkeit des Wassers abhängig, aber nicht von der Grösse der Experimentalkammer.

Dieses Fließgleichgewicht wurde hier nach ca. 2 Stunden erreicht, so dass nach 3 Stunden mit der Auswertung begonnen wurde.

Anschliessend wurden die Tiere 2 Tage bei 100°C getrocknet und dann für 4 Stunden bei 500°C verascht, um die Trockengewichte und aschefreien Trockengewichte zu bestimmen.

6.3 Ergebnisse

Die Sauerstoffverbrauchsrate von *Mycale acerata* bei 1,8 °C liegt bei 0,093 ml pro Stunde für ein Tier von 1 g aschefreiem Trockengewicht. Der Regressionskoeffizient liegt bei 0,64. Die entsprechenden Werte für Trockengewichte liegen bei 0,042 ml und 0,50 (Tab. 6.3.1).

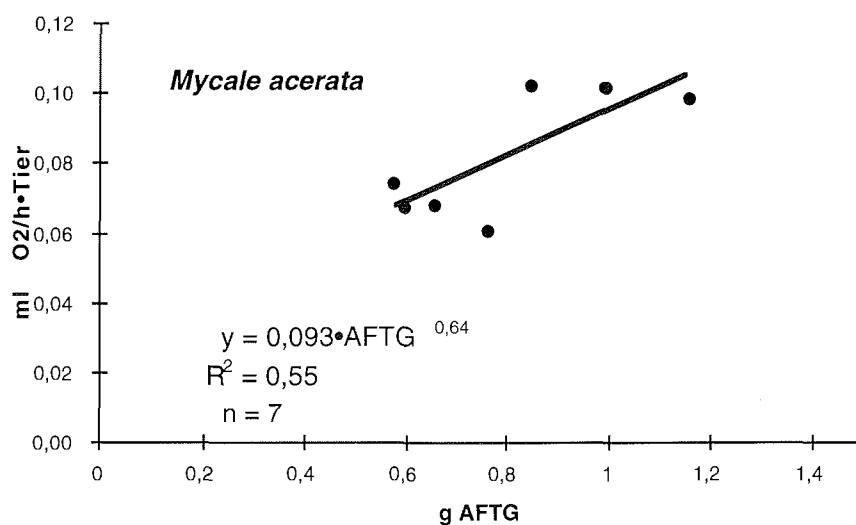


Abb. 6.3.1: Sauerstoffverbrauch von *M. acerata* bei 1,8 °C.

Tab. 6.3.1: O₂-Verbrauch und Regressionskoeffizienten für AFTG und TG

Art	O ₂ /g AFTG · h	b	O ₂ /g TG · h	b
<i>M. acerata</i>	0,093 ml	0,64	0,042 ml	0,50

Unter Benutzung des oxikalorischen Koeffizienten von Ivlev (1935), demzufolge ein Verbrauch von 1 ml Sauerstoff einem Energieverbrauch von 20,1 J entspricht,

$$E_s = 20,1 \cdot Q_s \quad [J/h \cdot g \text{ Standardtier}]$$

E_s = Energieverbrauch eines Standardtieres von 1 g Gewicht

Q_s = Sauerstoffverbrauch eines Standardtieres von 1 g Gewicht

kann der Energieverbrauch von *Mycale acerata* mit 1,87 J/h für ein Standardtier von 1 g aschefreiem Trockengewicht sowie mit 0,84 J/h für Trockengewicht berechnet werden.

6.4 Diskussion

6.4.1 Methode

Durchflusssysteme sind prinzipiell statischen Systemen vorzuziehen, da die Tiere kontinuierlich mit frischem Wasser versorgt werden und keine Anreicherung von Stoffwechselprodukten in der Messkammer den Metabolismus der Tiere unterdrücken kann (Kaufmann et al. 1988). Die Verwendung von Schwammteilen als zu messendes Gewebe erlaubte es, mit kleinen Messkammern zu arbeiten, welche in einem Kühlsystem untergebracht waren, in dem die Wassertemperatur konstant gehalten werden konnte. Die Verwendung von Schwammteilen ist eine geläufige Methode, um die z. T. sehr grossen Individuen handhabbar zu machen (Cotter 1978, Burlando et al. 1992). Auch in dieser Arbeit schien diese Behandlung keinen negativen Einfluss auf den Zustand der Tiere zu haben.

Bei Schwämmen hat das Einbringen in ein fliessendes System zudem den Vorteil, dass anhaftende Partikel und vor allem Sediment, welches sich reichlich in den Höhlungen der Tiere befindet (Weichboden-bewohner), ausgeschwemmt wird und die Messungen nicht beeinflussen kann. Ein sorgfältiges Reinigen der Tiere an der Luft vor Beginn eines Experiments empfiehlt sich nicht, sie sind sehr empfindlich und lethale Effekte darum nicht auszuschliessen.

Durch die Verwendung bakterienfrei gefilterten Seewassers konnte eine Annäherung an den Standardstoffwechsel erreicht werden, der als Stoffwechsel ohne Nahrungszufuhr, Wachstum und Reproduktion definiert ist. Ca. sechs Stunden nach Einbringung eines Tieres in die Messkammer konnte mit dem Ablesen der Werte begonnen werden; *M. acerata* akklimatisierte sich wesentlich schneller an die Experimentalbedingungen, als von Wells et al. (1984, Pisces), Chapelle und Peck (1995, Amphipoda) und Kühne (1997, Ascidiacea) mit bis zu zwei Tagen Gewöhnungszeit beschrieben. Allerdings reagieren vagile Taxa mit Sicherheit empfindlicher auf Stressfaktoren und beruhigen sich wesentlich langsamer als die reaktionsarmen Schwämme.

Der dem theoretischen Wert von 0,75 nahe kommende Regressionskoeffizient von 0,64 zeigt den Vorteil der Durchflussmethode der statischen gegenüber deutlich (vgl. Pumpraten Kap. 5). Durch die laufende Entfernung der

Stoffwechselprodukte kommt es zu keiner Anreicherung, und die Verbrauchsrate wird nicht unterdrückt. Unterstützt wird diese These durch die Arbeiten von Cotter (1978), der bei dem Kalkschwamm *Sycon ciliatum* einen im Durchfluss um 20% erhöhten Sauerstoffverbrauch gegenüber dem statischen System messen konnte (vgl. Tab. 6.4.1).

6.4.2 Sauerstoffverbrauch

Die einzigen Daten polarer Schwämme stammen von Witte und Graf (1996). Sie untersuchten die beiden Tiefseeschwämme *Thenea abyssorum* und *Tetilla cranium* aus der Grönlandsee, massen die Wärmeproduktion und rechneten diese in Sauerstoffverbrauch um. Der Verbrauch lag bei 0,044ml O₂ pro Stunde und g aschefreiem Trockengewicht bzw. 0,036ml und -0,5°C Experimentaltemperatur. Diese Werte liegen um die Hälfte unter den hier für *M. acerata* gemessenen. Da *M. acerata* während der Experimentaldauer keine Nahrung aufnehmen konnte, könnten die im Feld realisierten Raten noch höher sein als die in dieser Arbeit gemessenen, wie Bayne et al. (1973) an der Muschel *Mytilus edulis* bei verschiedenen Partikelkonzentrationen zeigten.

Barthel (1985) bestimmte für die boreale Art *Halichondria panicea* einen Verbrauch von 0,04 bis 0,06 ml Sauerstoff pro g aschefreies Trockengewicht und Stunde, Reiwig (1974) für drei tropische Arten 0,44 bis 1,49ml. Die höheren Werte Reiwigs wurden allerdings in situ bestimmt, und es wurde wahrscheinlich auch der Verbrauch von Epifauna auf den Schwämmen mitgemessen. Daher sollten diese Werte mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden. Trylis (1993) konnte für Süßwasserschwämme der Gattungen *Ephydatia* und *Spongilla* sogar bis zu 12,6 ml Sauerstoff pro Stunde pro g aschefreiem Trockengewicht messen.

Die schmale Datenbasis bisheriger Experimente lässt keinen Zusammenhang zwischen Sauerstoffsverbrauchsrate und Wassertemperatur erkennen (Tab. 6.4.1). Die weit streuenden Messwerte können Ausdruck der Empfindlichkeit der Schwämme gegenüber Experimentalbedingungen sein.

Olah und Allemant (1966) gaben für verschiedene mediterrane Filtrierer einen Mittelwert von 15l gepumptes Wasser pro ml konsumierten Sauerstoff an. Für *M. acerata* liegt dieses Verhältnis bei 11l.

Tab. 6.4.1: Bisher gemessener Sauerstoffverbrauch verschiedener Schwämme in ml O₂/h für ein Standardtier von 1 g AFTG

Art	T°C	O ₂ /g AFTG•h	Methode	Quelle
<i>Verongia gigantea</i> Jamaica	?	1,08 ml	in situ	Reiswig 1974
<i>Mycale sp</i> Jamaica	?	1,49 ml	in situ	Reiswig 1974
<i>Tethya crypta</i> Jamaica	?	0,44 ml	in situ	Reiswig 1974
<i>Halichondria panicea</i> Kieler Bucht	?	0,050 ml	?	Barthel 1985
<i>Ephydatia fluvatilis</i> Sibirien	20	6,11 ml	statisch	Trylis 1993
<i>Ephydatia muelleri</i> Sibirien	20	9,97 ml	statisch	Trylis 1993
<i>Spongilla lacustris</i> Sibirien	20	12,55 ml	statisch	Trylis 1993
<i>Sycon ciliatum</i> Wales	12	1,87 ml	statisch	Cotter 1978
<i>Sycon ciliatum</i> Wales	12	2,23 ml	Durchfluss	Cotter 1978
<i>Mycale acerata</i> Potter Cove	1,8	0,093 ml	Durchfluss	diese Arbeit
<i>Thenea abyssorum</i> Grönlandsee	-0,5	0,044 ml	Kalorimetrie	Witte & Graf 1996
<i>Thenea muricata</i> Grönlandsee	-0,5	0,039 ml	Kalorimetrie	Witte nicht publiziert
<i>Tetilla cranium</i> Grönlandsee	-0,5	0,037 ml	Kalorimetrie	Witte & Graf 1996

6.4.3 Energieverbrauch

Der aus dem Sauerstoffverbrauch berechnete Energieverbrauch liegt bei 0,84 J/h für ein Standardtier von 1g Trockengewicht. Dies entspricht in etwa der Hälfte der von Kühne (1997) gemessenen Werte für die drei Ascidiarten *Molgula pedunculata* (1,66 J/h), *Corella eumyota* (1,87 J/h) und *Ascidia challengerii* (1,88 J/h) für 1g Trockengewicht und 1,5°C Experimentaltemperatur. Die für *M. acerata* und die erwähnten Ascidien gemessenen Pumpraten unterscheiden sich ebenfalls in diesem Grössenbereich.

7. Egestion

7.1 Einleitung

Suspensionsfresser ernähren sich von kleinsten Partikeln, welche, nachdem sie das Tier passiert haben, zu grösseren Aggregaten zusammengefügt werden. Diese sinken als Faeces auf den Meeresboden und werden von Sedimentfressern und Bakteriengemeinschaften weiter abgebaut bzw. remineralisiert. Diesen Prozess bezeichneten Haven und Morales-Alamo (1966) als Biodeposition; er macht einen wichtigen Teil der benthopelagischen Koppelung aus (vgl. Fiala-Médioni und Tito de Morais 1983, Doering und Oviatt 1986, Martin et al. 1991). Endprodukte sind bei aquatisch lebenden Organismen Ammonium sowie unverwertbare Anteile der Nahrung, die als Faeces abgegeben werden. Kautsky und Evans (1987) schätzten aus Biodepositionsdaten für *Mytilus edulis*-Populationen der Ostsee Regenerationsraten für Stickstoff und Phosphor von 10% bzw. 22%, die der pelagischen Primärproduktion wieder zur Verfügung gestellt werden.

Muscheln produzieren Pseudofaeces, Anteile der aufgenommenen Partikel, welche an den Kiemen in Schleim verpackt und direkt ausgeschieden werden, ohne den Weg über den Magen gegangen zu sein. Der Sinn dieser Pseudofaecesproduktion ist noch umstritten, von Bayne (1993) wird eine regulatorische Funktion bei Überangebot an Nahrung angenommen, die jedoch von Jørgensen (1996) bestritten wird.

Auch Schwämme produzieren Schleime, die im weitesten Sinne als Pseudofaeces betrachtet werden können. Sie dienen der Entfernung von anhaftenden Larven anderer sessiler Benthosorganismen und der Reinigung des Tieres nach Sedimentationsereignissen, die die Ostien verstopfen und das Tier ersticken können. In der Potter Cove waren die Schwämme stets die ersten Organismen, die sich nach einem Sturmereignis von ihrer Sedimentbedeckung reinigten.

Diese Sekrete können einen erheblichen Teil des Energieverlustes ausmachen, der denjenigen durch Exkretion und Faecesproduktion bei weitem übertreffen kann (McCance und Masters 1937, Teal 1957).

Ascidien und Muscheln bilden von einer peritrophischen Membran umgebene Faecesketten, welche zum Teil zu einzelnen Pellets desaggregieren

(Peters 1966, Arakawa 1970, 1971, Robbins 1985b). Die Form des Querschnitts ist zum Teil artspezifisch, zum Teil auch von der Art und Menge der aufgenommenen Nahrung abhängig (Arakawa 1970, Hildreth 1980, Peters 1966). Wolfrath und Barthel (1989) wiesen für die boreale Schwammart *Halichondria panicea* eine Pelletproduktion nach. Diese ebenfalls von einer Membran umgeben Pellets sind mit nur wenigen μm Durchmesser wesentlich kleiner als die makroskopischen Pellets der Ascidien und Muscheln. Sie desaggregierten noch in der Wassersäule, so dass sie keinen Beitrag zur Kopplung mit dem Meeresboden darstellten.

Ahn (1993) stellte für die Muschel *Laternula elliptica* eine Biodepositionsrate von ca. 95mg Kohlenstoff pro m^2 und Tag fest, obwohl ein grosser Anteil der Pellets aus anorganischen Partikeln bestand. Zudem fand sie ein C-N-Verhältnis zwischen 6 und 8, welches auch für Phytoplankton charakteristisch ist. Die Pellets sind also von hohem Nährwert für ihre Verwerter.

Die von Ahn (1993) gefundenen Raten sind vergleichbar mit Raten der borealen Art *Mytilus edulis* (Tsuchiya 1980, Kautsky und Evans 1987) und zeigen die Bedeutung der Faecesproduktion für die Benthosgemeinschaften auch in der Antarktis.

7.2 Material und Methoden

Die Messung der Faeces- bzw. Ammoniumproduktion wurde mit *Ascidia challengeri* (15 bzw. 18 Individuen), *Cnemidocarpa verrucosa* (17 Individuen), *Corella eumyota* (16 bzw. 12 Individuen), *Molgula pedunculata* (17 bzw. 10 Individuen) und *Laternula elliptica* (25 bzw. 24 Individuen) durchgeführt.

Die Tiere wurden mehrere Tage in unfiltriertem fließendem Seewasser gehalten, bevor sie in die Versuchsaquarien eingesetzt wurden.

Die Bestimmung der Exkreta und Faeces wurde in 0,2µm gefiltertem Seewasser durchgeführt. Da die Pellets einiger Arten sehr klein sind, erfolgte die Messung nicht in fließendem Seewasser, sondern, um die Methode für alle Arten zu standardisieren, in belüftetem Wasser bei 1°C. Vor dem Einsetzen wurden die Ascidien sowie *Laternula elliptica* in filtriertem Wasser gespült, um sie von anhaftenden Partikeln zu befreien. Fast alle Tiere öffneten bereits kurz nach dem Einsetzen wieder die Siphone und zeigten somit keine äussere Reaktion mehr auf die Behandlung. Diejenigen, welche ihre Siphone nach spätestens 30 min nicht öffneten, wurden vom Experiment ausgeschlossen. Da die Tiere in gefiltertem Wasser gemessen wurden, konnten sie sich während der Dauer des Experiments nicht mehr ernähren. Dies hat natürlich einen Einfluss auf die Menge produzierter Exkreta (Peters 1966, Arakawa 1970, Hildreth 1980). Da die Hälterungsaquarien aller Tiere aber an der selben Seewasserversorgung hingen, kann davon ausgegangen werden, dass der daraus resultierende Fehler für alle Individuen im selben Bereich liegt. Bei den geringen Pumpleistungen aller Arten (siehe Kapitel 5) dürften zudem Hungerperioden von einem Tag kaum zu unterdrückten Raten führen; der Metabolismus läuft sehr langsam ab. Es wurde jeweils mit Kontrollen gearbeitet.

7.2.1 Faecesproduktion

Die Faeces wurden nach 24 Stunden durch Filtration des gesamten Aquariengewässers über 3µm Celluloseacetatfilter gewonnen, mit deionisiertem Wasser mehrfach gespült und nach dem Trocknen gewogen. Jeweils 2 Becken ohne Tiere dienten als Kontrolle. Das Wasser wurde ebenfalls abgefiltert, ge-

trocknet und gewogen. Zur Bestimmung des Energiegehaltes wurden die Filter mit den Faeces in einer Kugelmühle gemahlen, jeweils ca. 40mg in Tablettenform gepresst und in einem Bombenkalorimeter (Eigenbau Prof. Lamprecht, FU Berlin) gemessen. Die Ascherückstände wurden erfasst und von dem Anfangsgewicht der Tablette subtrahiert. Die Auswertung erfolgte graphisch (nach Crisp 1984).

Die Faecesproduktion wurde von allen Ascidien und *L. elliptica* bestimmt, diejenige von *Mycale acerata* und *Isodictya kerguelensis* konnte aus methodischen Gründen nicht bestimmt werden. Die Tiere zeigten sich Experimentalbedingungen gegenüber sehr empfindlich, so dass sie so schonend wie möglich behandelt werden mussten. Dies schloss auch eine gründliche Reinigung von anhaftenden Partikeln und vor allem von grossen Mengen an Sediment aus. Diese Partikel hätten bei der Messung der Faeces die Ergebnisse in unbekannter Masse beeinflusst. Zudem konnte mit blossen Auge keine Faecesproduktion erkannt werden, so dass von sehr kleinen Pellets ausgegangen werden muss, wie sie für *Halichondria panicea* beobachtet wurden (Wolfrath und Barthel 1989), welche wiederum schwerlich von anderen Aggregaten hätten getrennt werden können.

7.2.2 Ammoniumproduktion

Die Ammoniumproduktion wurde ebenfalls nach 24 Stunden bestimmt. Die Tiere wurden vorsichtig mit bakterienfrei gefiltertem Seewasser gereinigt und anschliessend in bakterienfrei gefiltertem Wasser gehältert, um Ammonium zehrende und -produzierende Prozesse des Sestons zu eliminieren. Die Ammoniumproduktion wurde ebenfalls von den 4 Ascidienarten und *L. elliptica* bestimmt.

Da die Schwämme nicht von anhaftendem Material zu reinigen sind, ohne sie zu schädigen, wurde auch hier auf Messungen verzichtet. Crisp (1984) spricht von einer generellen Bedeutungslosigkeit der Energieverluste durch Ammoniumexkretion, so dass das Fehlen dieser Daten als nicht gravierend anzusehen ist.

Es wurden Wasserproben von 1,5ml Volumen entnommen und bei -20 °C tiefgefroren. Der Gehalt an NH_4^+ wurde später enzymatisch (Bergmeyer und Beutler 1990) mit einem Photometer bei 339nm Wellenlänge bestimmt.

Das Prinzip der Reaktion beruht auf der Oxidation von NADH zu NAD⁺ durch Glutamatdehydrogenase in Gegenwart von Ammonium und alpha-Ketoglutarat. Der Verbrauch an NADH wurde stöchiometrisch bestimmt. Die Reaktion ist bei Konzentrationen um 100µmol/l nach ca. 25 min abgeschlossen. Es wurden jeweils 2 unterschiedliche Verdünnungen gemessen und die erhaltenen Konzentrationen gemittelt.



7.3 Ergebnisse

7.3.1 Faecesproduktion

Im folgenden wird die Menge der pro Tag produzierten organischen Faeces dargestellt. Alle Ascidien produzierten von einer leichten peritrophischen Membran umgebenen Pelletschnüre, welche sehr leicht desaggregieren. Die Grösse der Einzelpellets variierte von ca. 4mm Länge und 1mm Breite bei *M. pedunculata* bis zu 5mm Breite und 15mm Länge bei *C. verrucosa* und der Muschel *L. elliptica*.

7.3.1.1 Ascidiacea

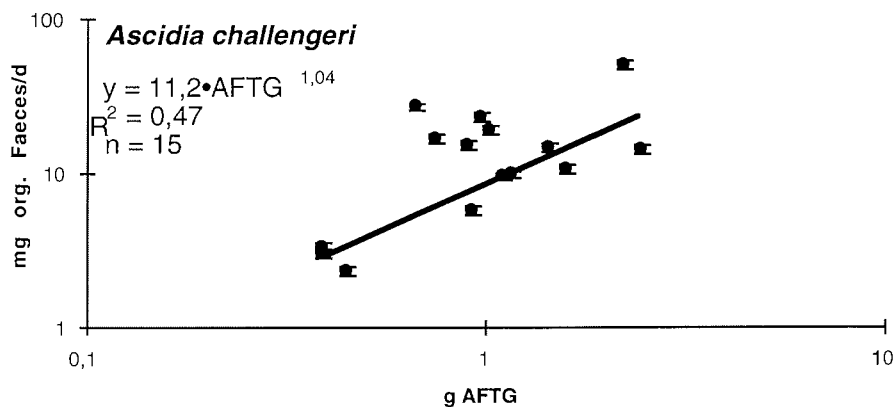


Abb. 7.3.1: Abgabe von organischen Faeces pro Tag in $\text{mg} \pm$ Standardabweichung; angegeben ist die Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmass

Ein Standardtier von *A. challengeri* produziert 11,2mg organische Faeces pro Tag. Das Bestimmtheitsmass liegt mit 0,47 unter der 5%-Schranke von 0,51 für 13 Freiheitsgrade.

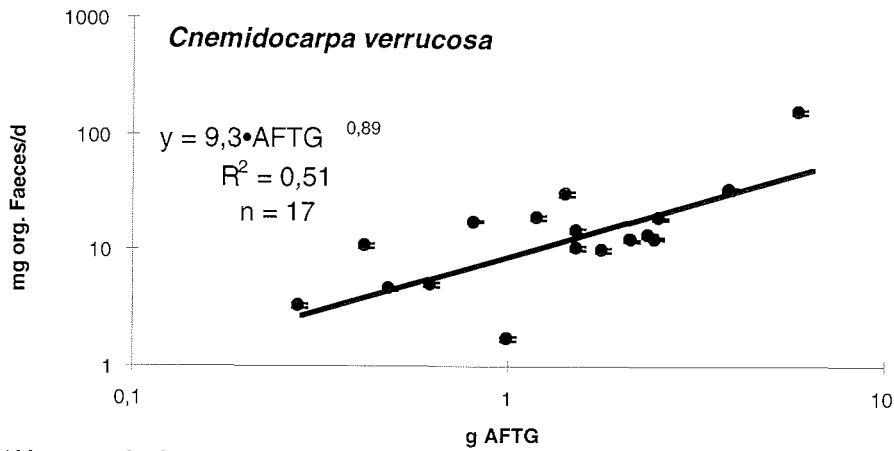


Abb. 7.3.2: Abgabe von organischen Faeces pro Tag in $\text{mg} \pm$ Standardabweichung; angegeben ist die Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmass

Ein Standardtier von *C. verrucosa* produziert 9,3mg organische Faeces pro Tag, das Bestimmtheitsmass ist signifikant (5%-Schranke: 0,48 bei 15 Freiheitsgraden).

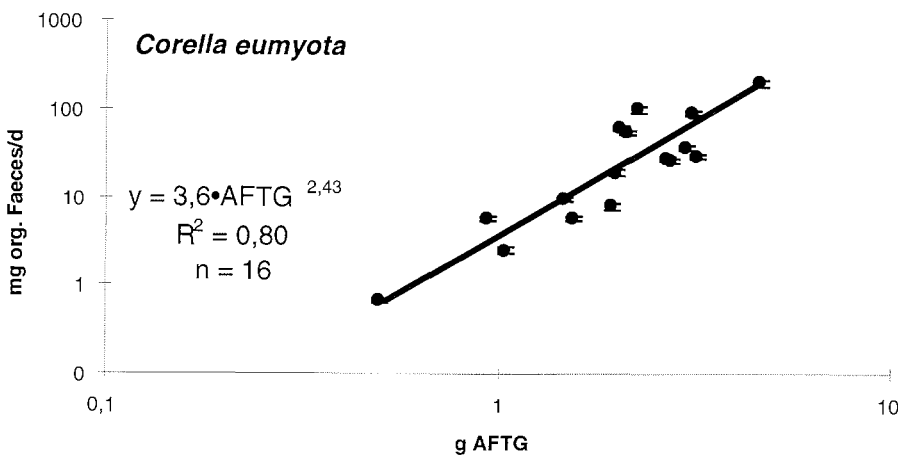


Abb. 7.3.3: Abgabe von organischen Faeces pro Tag in $\text{mg} \pm$ Standardabweichungen; angegeben ist die Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmass

Ein Standardtier von *C. eumyota* produziert 3,6mg organische Faeces pro Tag, das Bestimmtheitsmass ist mit 0,65 im signifikanten Bereich (5%-Schranke: 0,49 bei 14 Freiheitsgraden). Der Regressionskoeffizient ist mit 2,43 sehr hoch.

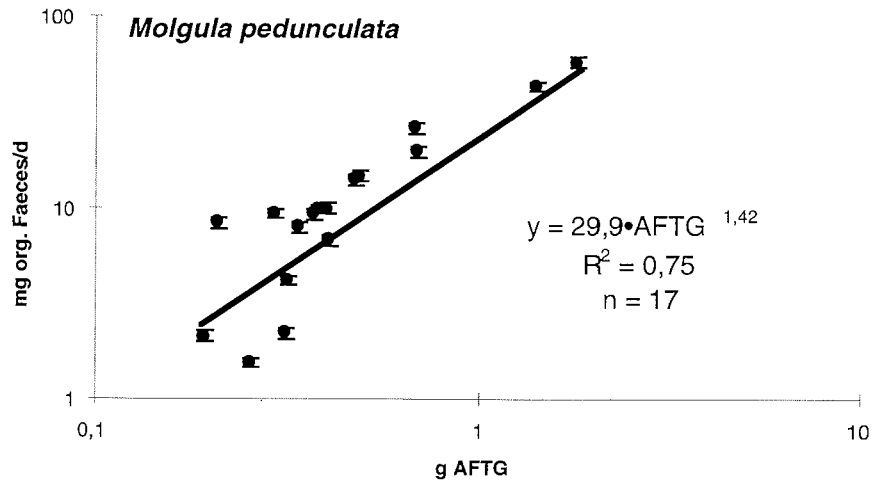


Abb. 7.3.4: Abgabe von organischen Faeces pro Tag in $\text{mg} \pm$ Standardabweichungen; angegeben ist die Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmass

Ein Standardtier von *M. pedunculata* produziert 29,9mg organische Faeces pro Tag. Auch hier liegt das Bestimmtheitsmass mit 0,75 im signifikanten Bereich.

In der Tabelle 7.3.1 sind die Produktionswerte für Trockengewicht und aschefreies Trockengewicht, dem durchschnittlichen Energiegehalt für 1mg organische Faeces sowie dem durchschnittlichen anorganischen Anteil an den Gesamtfaeces gegenübergestellt.

Tab. 7.3.1: Energiegehalt und anorganischer Anteil der Gesamtfaeces sowie Faecesproduktionsraten für TG und AFTG eines Standardtieres von 1g; in mg/d und J/d; F = Faeces, d = Tag, org = organischer Anteil

Art	J/mg org.Faeces	anorg. Anteil in %	mg org F/d in AFTG	J/d in AFTG	mg org F/d in TG	J/d in TG
<i>A. challengerii</i>	46,9±9,4	67,4±6,2	11,2	525,3	2,4	112,6
<i>C. verrucosa</i>	66,8±12,7	68,1±3,7	9,3	621,2	3,0	200,4
<i>C. eumyota</i>	17,6±2,0	70,7±6,0	3,6	63,4	0,2	3,5
<i>M. pedunculata</i>	18,8±4,4	64,5±5,7	29,9	562,1	5,2	97,8

Es zeigt sich, dass ein Standardtier von 1g TG *M. pedunculata* die weitaus grösste Menge organischer Faeces mit 29,2mg pro Tag produziert, *C. eumyota* mit 3,6mg die geringste. Die Energiegehalte unterscheiden sich auch deutlich, die Werte von *C. eumyota* erreichen ein Drittel der Werte von *A.*

challengeri, *C. verrucosa* und *M. pedunculata*. Der Energiegehalt der Faeces von *M. pedunculata* ist zwar gering, durch die ausgeschiedene Faecesmenge pro g Körpergewicht verliert diese Art jedoch mehr Energie durch Faecesproduktion als die anderen Arten. Der anorganische Anteil der Gesamtfaeces liegt bei allen Arten bei ca. zwei Drittel der ausgeschiedenen Menge.

Tab. 7.3.2: Faecesproduktionsraten an organischem Kohlenstoff für ein Standardtier von 1g TG und AFTG in mg/d; C_{org} = organischer Kohlenstoff, d = Tag

Art	C _{org} /d in mg in AFTG	C _{org} /d in mg in TG
<i>A. challenger</i>	11,7	2,5
<i>C. verrucosa</i>	13,8	4,5
<i>C. eumyota</i>	1,4	0,1
<i>M. pedunculata</i>	12,5	2,2

Da 1mg organischer Kohlenstoff 45J entspricht (Gerlach 1988), wurden die Faecesproduktion in Abgabe von organischem Kohlenstoff umgerechnet. *A. challenger*, *C. verrucosa* und *M. pedunculata* geben zwischen 2,2 und 4,5 mg (bzw. 11,7 und 13,8mg) organischen Kohlenstoff pro Tag und g Trockengewicht (bzw. g aschefreies Trockengewicht) ab, *C. eumyota* mit 0,1 bzw. 1,4mg wesentlich weniger.

7.3.2.2 Bivalvia

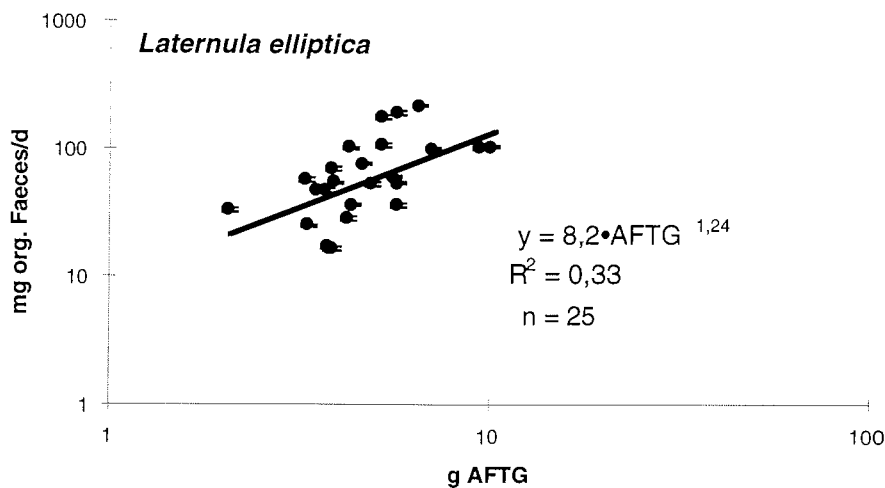


Abb. 7.3.5: Abgabe von organischen Faeces pro Tag in mg; angegeben ist die Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmass und Fehlerbalken

Ein Standardtier von *L. elliptica* produziert 8,2mg organische Faeces pro Tag, das Bestimmtheitsmass liegt mit 0,33 unter der 5%-Schranke von 0,40 bei 23 Freiheitsgraden, auf dem 5% Niveau sind die Ergebnisse nicht signifikant.

Tab. 7.3.3 zeigt zusätzlich die Faecesproduktion für Trockengewicht sowie den Energiegehalt des organischen Anteils und den prozentualen Anteil an anorganischer Substanz. Der Energiegehalt des organischen Anteils liegt mit 18,6 J/mg org. Faeces im Bereich der Ascidien *M. pedunculata* und *C. eumyota*, der anorganische Anteil liegt bei 61 %.

Tab. 7.3.3: Energiegehalt und anorganischer Anteil der Gesamtfaeces sowie Faecesproduktionsraten für ein Standardtier von 1g TG bzw. AFTG in mg/d und J/d; F = Faeces, d = Tag, org = organischer Anteil

Art	J/mg org.Faeces	anorg. Anteil in %	mg org F/d in AFTG	J/d in AFTG	mg org F/d in TG	J/d in TG
<i>L. elliptica</i>	18,6±4,0	60,6±3,2	8,2	152,5	1,1	20,5

Tab. 7.3.4 zeigt, dass *L. elliptica* mit 0,5 mg (3,4mg) pro g Trockengewicht (aschefreies Trockengewicht) wesentlich weniger organischen Kohlenstoff abgibt als die Ascidien und somit die Nahrung besser verwertet.

Tab. 7.3.4: Faecesproduktionsrate an organischem Kohlenstoff für ein Standardtier von 1g TG und AFTG in mg/d; Corg = organischer Kohlenstoff, d = Tag

Art	Corg/d in mg AFTG	Corg/d in mg TG
<i>L. elliptica</i>	3,4	0,5

7.3.2 Ammoniumexkretion

6.3.2.1 Ascidiacea

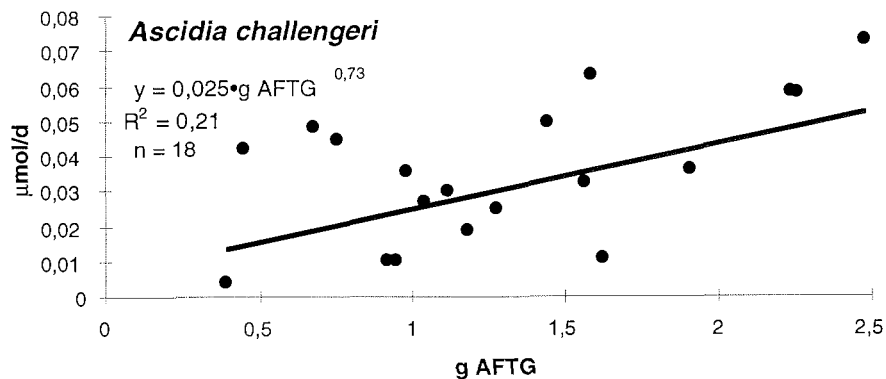


Abb. 7.3.6: Exkretion von Ammonium von *A. challengeri* pro Tag in µmol

Pro Tag gibt ein Standardtier von *A. challengeri* 0,025 µmol Ammonium ab. Das Bestimmtheitsmass liegt mit 0,21 sehr niedrig, d.h. nur 21% der Variabilität können mit dem Gewicht erklärt werden.

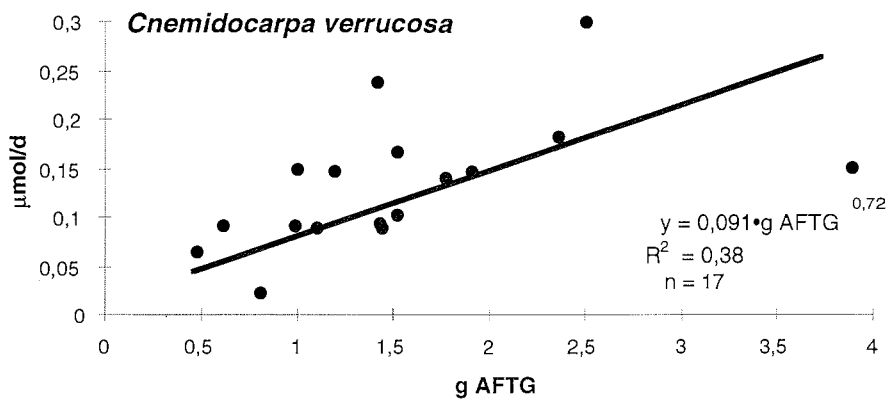


Abb. 7.3.7: Exkretion von Ammonium von *C. verrucosa* pro Tag in μmol

Ein Standardtier von *C. verrucosa* produziert $0,091 \mu\text{mol}$ Ammonium pro Tag. Das Bestimmtheitsmass liegt mit $0,38$ ebenfalls niedrig.

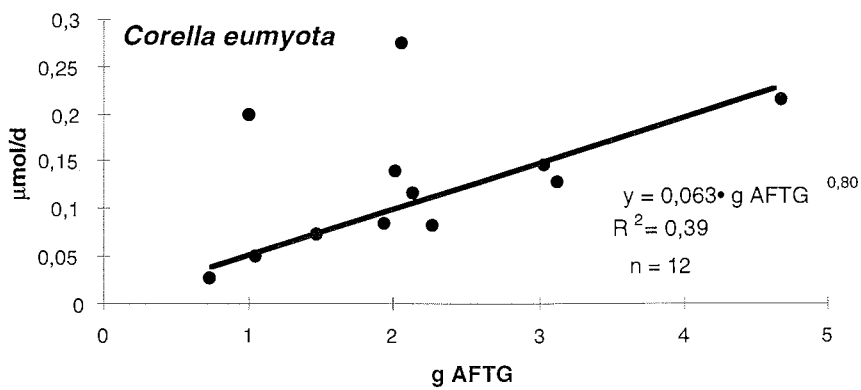


Abb. 7.3.8: Exkretion von Ammonium von *C. eumyota* pro Tag in μmol

Pro Tag gibt ein Standardtier von *C. eumyota* $0,063 \mu\text{mol}$ Ammonium ab. Das Bestimmtheitsmass liegt mit $0,39$ niedrig.

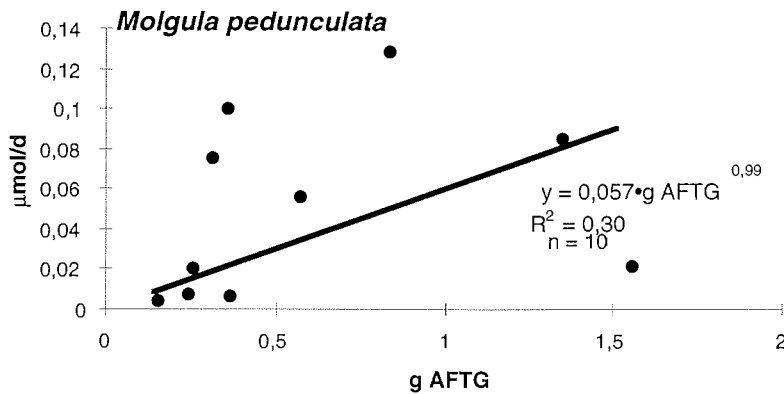


Abb. 7.3.9: Exkretion von Ammonium von *M. pedunculata* pro Tag in μmol

Ein Standardtier von *C. eumyota* scheidet pro Tag $0,057 \mu\text{mol}$ Ammonium aus. Das Bestimmtheitsmass liegt mit $0,30$ sehr niedrig.

Tab. 7.3.3 zeigt zusammengefasst die Exkretionsraten aller Ascidien bezogen auf Trockengewicht und aschefreies Trockengewicht. Die höchste Rate hat *C. verrucosa* mit $0,091 \mu\text{mol pro d}$ (AFTG); die niedrigste mit $0,025 \mu\text{mol pro Tag}$ *A. challengerii*. Die Regressionskoeffizienten liegen, mit Ausnahme von *M. pedunculata*, im Bereich der theoretisch geforderten $0,75$.

Allerdings sind bei allen Arten die Regressionen nicht signifikant auf dem 5% -Niveau.

Tab. 7.3.3: Exkretionsraten pro Tag und Regressionskoeffizienten b für AFTG und TG; d = Tag

Art	NH ₄ /d	b	NH ₄ /d	b
	in AFTG		in TG	
<i>A. challengerii</i>	$0,025 \mu\text{mol}$	$0,72$	$0,009 \mu\text{mol}$	$0,76$
<i>C. verrucosa</i>	$0,091 \mu\text{mol}$	$0,72$	$0,032 \mu\text{mol}$	$0,79$
<i>C. eumyota</i>	$0,063 \mu\text{mol}$	$0,80$	$0,019 \mu\text{mol}$	$0,85$
<i>M. pedunculata</i>	$0,057 \mu\text{mol}$	$0,99$	$0,025 \mu\text{mol}$	$0,53$

7.3.2.2 Bivalvia

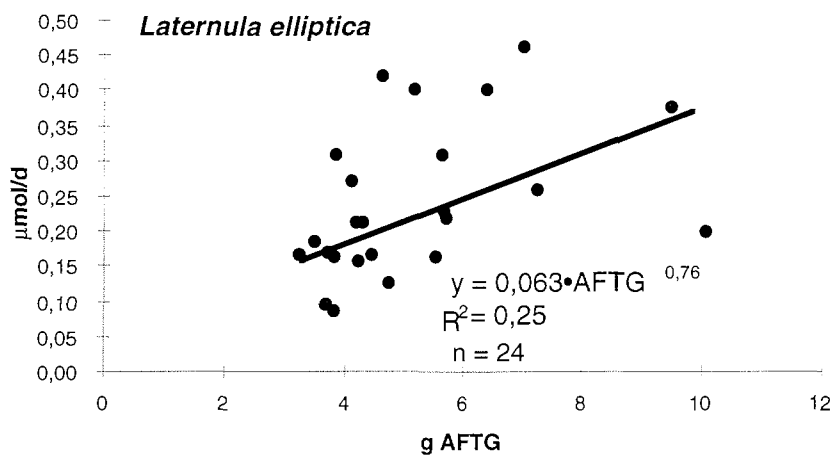


Abb. 7.3.10: Exkretion von Ammonium von *L. elliptica* pro Tag in μmol

Ein Standardtier von 1 g aschefreiem Trockengewicht von *L. elliptica* scheidet pro Tag 0,063 μmol Ammonium aus. Das Bestimmtheitsmass liegt mit 0,25 sehr niedrig.

Tab. 6.3.4: Exkretionsrate pro Tag und Regressionskoeffizienten für AFTG und TG

Art	NH ₄ /d	b	NH ₄ /d	b
	in AFTG		in TG	
<i>L. elliptica</i>	0,063 μmol	0,76	0,036 μmol	0,71

Tabelle 7.3.4 zeigt Regressionskoeffizienten, welche dem theoretischen Wert von 0,66 sowohl für Trockengewicht als auch für aschefreies Trockengewicht sehr nahe kommen. Die Regression ist nicht signifikant auf dem 5%-Niveau.

7.4 Diskussion

Bei der Konzipierung des Experiments wurde von sehr geringen Umsatzraten ausgegangen und mit bakterienfrei gefiltertem Wasser im geschlossenen System gearbeitet. Es sollte sich während der 24-stündigen Experimentaldauer kein Hungerzustand der Tiere einstellen.

Alle untersuchten Arten scheiden neben Stoffwechselendprodukten eine grosse Menge an anorganischem Sediment aus, welches zwischen 60 und 70% der Gesamtfaecesproduktion ausmacht. Dies geschieht trotz vorhandener Mechanismen, Nahrung zumindest teilweise zu selektieren. Die Messungen wurden im Februar 1996 vorgenommen und spiegeln die hohe Sedimentbelastung in den Sommermonaten wieder, so dass für andere Perioden des Jahres ein höherer Bestandteil organischer Substanz zu erwarten ist. Robbins (1985b) variierte für die boreale Ascidie *Ciona intestinalis* die Sedimentbelastung und konnte 33 und 92% anorganischen Anteil messen. Allerdings wurde hier als Energieträger mit einer Monoalgensuspension gearbeitet, auf deren Problematik schon in Kapitel 5 (Ingestion) verwiesen wurde.

Das Verhältnis der als Faeces ausgeschiedenen an der theoretisch aufnehmbaren partikulären Energie bewegt sich zwischen 0,7% für *C. eumyota* und 21,2% für *C. verrucosa* (vgl. Tab 8.2.5, Kap. 8). Die gleiche Bandbreite an Werten wurde für die Austern *Crassostrea virginica* (Jørgensen 1990) und *C. gigas* (Bernhard 1974) ermittelt. Small et al. (1986) sowie Hawkins et al. (1996) massen in situ für die Muschelarten *Mytilus edulis* und *Cerastoderma edule* jedoch Biodepositionsraten von über 90% des vorhandenen Nahrungsangebots (in Gewichtsprozent). Dieser Wert erscheint zu gross, da bei Beachtung der von Lindemann (1942) formulierten Hypothese der Nahrungsketten-Effizienz kaum noch Energie für physiologische Prozesse übrig bleiben würde. Diese Hypothese beschreibt den energetischen Wirkungsgrad von einer trophischen Ebene zur nächsten, d.h. dass von der aufgenommenen Nahrung nur etwa 10% in Biomasse umgewandelt und der Rest als Wärme bzw. Exkreta durch das Tier abgegeben werden. Auch wenn die postulierten 10% nur einen groben Schätzwert darstellen, sind die in dieser Arbeit gemessenen Werte aber dennoch als zu gering zu betrachten, da die Tiere während der Experimentaldauer keine

Nahrung mehr aufnehmen konnten. Navarro und Winter (1982) fanden für die Muschel *Mytilus chilensis* eine Energieabgabe zwischen 30 und 85%, abhängig von der Konzentration der filtrierten Energiemenge. Diese Werte scheinen realistisch zu sein.

Die Laborbedingungen als solche scheinen in dieser Arbeit wie auch bei Jørgensen (1990) und Bernhard (1974) die Experimentaltiere zu beeinflussen, so dass die zu erwartenden Raten nicht erreicht wurden. Eine Verbesserung wäre sicherlich mit einem Durchflusssystem gegeben, mit dem die Tiere kontinuierlich mit einer natürlichen Suspension versorgt würden. Ahn (1993) allerdings ermittelte für *L. elliptica* der der Potter Cove benachbarten Marian Cove eine Biodepositionsrate von 0,02 - 0,18mg/d•g Trockengewicht, welches etwa 10% der in dieser Arbeit gemessenen Rate entspricht. Sie experimentierte im Durchfluss mit kontinuierlich gepumpten Wasser, hälterte die Tiere aber ohne Sedimentbedeckung in Glasschalen. *L. elliptica* scheint also äusserst empfindlich auf veränderte Bedingungen zu reagieren. Diese Befunde unterstreichen einmal mehr die Notwendigkeit, in-situ-Raten zu messen bzw. im Labor die natürliche Umwelt des Tieres so genau wie möglich nachzuempfinden.

Die Muschel *L. elliptica* sowie die Ascidie *C. eumyota* scheiden deutlich weniger Energie pro g aschefreies Trockengewicht aus als die Ascidien *A. challengerii*, *C. verrucosa* und *M. pedunculata* und assimilieren demnach effizienter. Die drei letztgenannten Arten kompensieren die geringere Assimilationseffizienz mit im Vergleich höheren Pumpraten (siehe Kap. 5). Da Kühne (1997) keine grossen Unterschiede im Sauerstoffverbrauch, in den Wachstumsleistungen und der Reproduktion von *A. challengerii*, *C. eumyota* und *M. pedunculata* feststellen konnte, wird die Energiebilanz dieser Tiere durch Konsumtion und Egestion reguliert. Dieser Befund entspricht den Ergebnissen von Navarro und Winter (1982) für die Muschel *Mytilus chilensis*, welche bei steigendem Nahrungsangebot die Faecesproduktion steigerte und die anderen Raten konstant hielt.

Die Ammoniumexkretion ist energetisch unerheblich (Crisp 1984, Teden-gren et al. 1990), ist aber dennoch Teil der Umsatzraten eines Organismus. Die für die Ascidien und *L. elliptica* gemessenen Exkretionsraten liegen sehr niedrig, allerdings sind die Regressionen nicht signifikant.

Hatcher (1991) ermittelte $0,001\mu\text{mol}/\text{d}\cdot\text{g}$ Trockengewicht für die in tropischen und subtropischen Gewässern verbreitete Ascidie *Herdmania momus* und liegt damit im Bereich der in dieser Arbeit gemessenen Werte.

Die Raten von *Mytilus edulis* liegen zwischen $14,3$ und $152\mu\text{mol}/\text{d}\cdot\text{g}$ Trockengewicht (Tedengren et al. 1990), ein Vielfaches des hier ermittelten Wertes von *L. elliptica*, was nicht allein auf die Temperatur zurückgeführt werden kann.

Die Resultate sind widersprüchlich und mangels Literatur schwer zu diskutieren.

8. Energiebilanz

8.1 Einleitung

Zum Verständnis der Funktion einer Population in seinem System ist nicht allein die vorhandene Biomasse wichtig, sondern die Raten, mit welchen diese Biomasse aufgebaut, umgesetzt und weitergegeben wird. In Abb. 8.1 sind die wichtigsten Parameter und ihre Zusammenhänge zur Charakterisierung einer Population wiedergegeben.

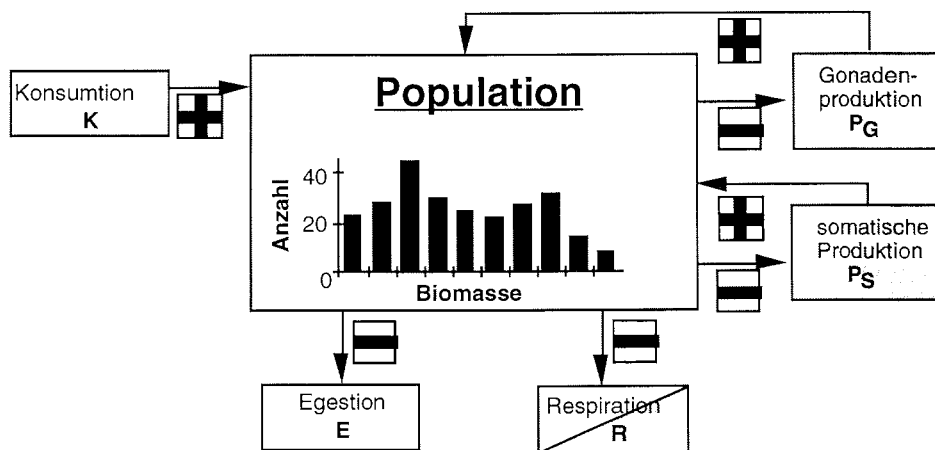


Abb. 8.1: Energieflussdiagramm einer Population; weiße Kästchen bezeichnen in dieser Arbeit erhobene Daten, grau unterlegte Kästchen aus der Literatur entnommene Daten

Alle Parameter bezeichnen Raten, das heisst Umsätze in der Zeit. In der Regel werden sie in Kohlenstoff- oder Energieeinheiten ausgedrückt. Die Konsumtion "K" ist die Menge an aufgenommener Nahrung, welche dem Tier für seine biologischen Prozesse zur Verfügung steht. Unter Egestion "E" werden die nicht verwerteten und nicht verwertbaren Anteile der Nahrung zusammengefasst. Sie bestehen aus den festen Anteilen der Faeces "F" und in der Regel Ammonium "U" als Stoffwechselprodukt. Egestion, die veratmete Energiemenge "R" und die

Gonadenproduktion " P_G " bezeichnen die Energieverluste des Tieres, im Tier verbleibt die somatische Produktion " P_S ".

Die Zusammenhänge sind wie folgt:

$$K = A + F = P_G + P_S + E + R$$

Der aufgenommenen Energiemenge " K " entspricht die zunächst für physiologische Vorgänge im Tier verbleibende Menge " A " (Assimilation) und die ausgeschiedenen Menge " F ".

Der Einfluss eines Tieres auf seine Beutepopulationen, im Fall der Suspensionsfresser Mikroalgen-, Protisten- und Bakteriengemeinschaften, wird durch den Parameter " K " quantifiziert. Der Parameter " F " hat eine wichtige Stellung im Nahrungsnetz eines benthischen Systems, da durch die Umwandlung und Festlegung partikulären Sestons dieses als Nahrungsquelle für andere Organismen zugänglich gemacht und Remineralisierungsprozesse beschleunigt werden. Der Parameter " A " ist für das Tier selbst von Bedeutung und liefert ihm die Energie für seine eigenen Lebensprozesse oder stellt der nächsten trophischen Ebene Nahrung zur Verfügung. Alle drei Parameter wirken demnach auf unterschiedlichen Skalen und sind ihrer ökologischen Funktion nach klar voneinander getrennt.

In diesem Kapitel werden die einzelnen Parameter quantifiziert, um den Energieumsatz der wichtigsten Suspensionsfresser der Potter Cove zu berechnen. Dazu werden in dieser Arbeit erhobene Daten, Literaturdaten und mit Regressionen berechnete Werte benutzt. Um den Rechenweg übersichtlicher zu gestalten, werden die Methoden zur Berechnung einzelner Daten mit den daraus resultierenden Ergebnissen in einem Unterkapitel zusammen dargestellt.

8.2 Methoden und Ergebnisse

Das Aktivitätsniveau eines Tieres bleibt während des Verlaufs eines Jahres nicht konstant, sondern schwankt in der Regel saisonabhängig. Zur Berechnung des Jahresumsatzes ist es notwendig, die in den verschiedenen Jahreszeiten realisierten metabolischen Raten zu kennen. Die Daten dieser Arbeit konnten nur während des antarktischen Sommers erhoben werden. Es stehen zwei Methoden zur Verfügung, die in anderen Jahreszeiten erreichten Leistungen zu bestimmen, welche aber beide nicht unproblematisch sind. Zunächst können die Tiere bei verschiedenen Wassertemperaturen, die die natürlichen Bedingungen während eines Jahres simulieren, gemessen werden. Da aber die Effekte, welche durch Kurzzeitanpassungen im Labor auf Wintertemperaturen entstehen, nicht bekannt sind (in situ sinkt die Temperatur kontinuierlich über Monate, im Labor in wenigen Tagen), sind die zu erwartenden Ergebnisse dieser Messungen zunächst ebenso Näherungswerte. In dieser Arbeit wurden deshalb die gemessenen Pumpraten mit Literaturdaten (siehe Tabellen Kapitel 5) von Arten verschiedener Temperaturbereiche verrechnet und die Regressionsgleichungen für die Änderung der Pumpraten mit der Temperatur für die 3 Taxa Ascidiacea, Porifera und Bivalvia bestimmt. Da, wie eine Kovarianzanalyse zeigt, die Pumpraten der Arten der antarktischen Ascidiacea signifikant verschieden sind (Tab 5.3.1.2), wurden die Gleichungen an die jeweilige Art von der gemessenen Pumprate bei 1°C ausgehend angepasst und die Pumpraten von 0°C, -1°C und -1,8°C bestimmt. Die Auswahl der Temperaturbereiche erfolgte in Anlehnung an Kühne (1997).

Da die Literaturwerte fast ausnahmslos auf Trockengewichte bezogen sind, wurden die Berechnungen für diese Arbeit ebenfalls auf Trockengewichtsbasis durchgeführt.

8.2.1 Ascidiacea

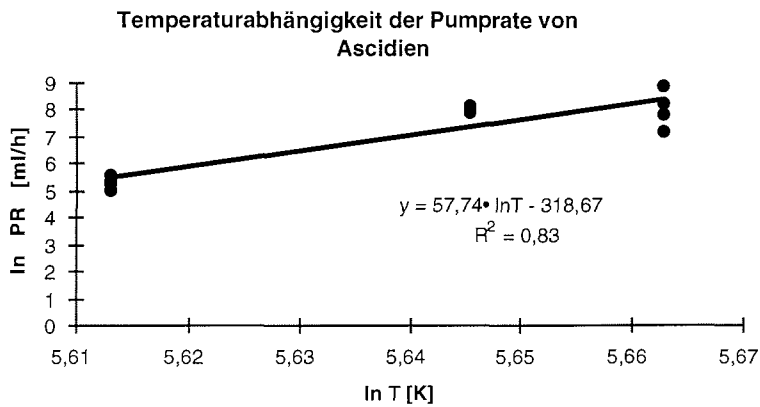


Abb. 8.2.1: Regression der Pumprate von Ascidien in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Regressionsgleichungen für die vier Ascidienarten lauten:

Ascidia challengeri: $PR = 57,74 \cdot \ln T - 318,85$

Cnemidocarpa verrucosa: $PR = 57,74 \cdot \ln T - 318,54$

Corella eumyota: $PR = 57,74 \cdot \ln T - 319,10$

Molgula pedunculata: $PR = 57,74 \cdot \ln T - 318,80$

Für die vier Temperaturbereiche ergeben sich die in Tab. 8.2.1 aufgeführten Pumpleistungen. Die Werte zeigen, dass sich die Pumpraten im Winter fast halbieren. Die Q10-Werte für den Bereich von 1°C bis -1°C liegen bei ca. 8,2.

Tab. 8.2.1: Pumpraten in ml/h für die Temperaturbereiche zwischen -1,8°C und 1°C für ein Standardtier von 1g TG

	Bereich 1°C	Bereich 0°C	Bereich -1°C	Bereich -1,8°C	Q10-Wert
	Feb/Mär	Dez/Jan/Apr	Mai/Okt/Nov	Jun-Sep	
<i>A. challengeri</i>	191 ml/h	155 ml/h	125 ml/h	106 ml/h	8,2
<i>C. verrucosa</i>	260 ml/h	211 ml/h	171 ml/h	144 ml/h	8,3
<i>C. eumyota</i>	148 ml/h	120 ml/h	97 ml/h	82 ml/h	8,2
<i>M. pedunculata</i>	200 ml/h	163 ml/h	132 ml/h	111 ml/h	8,2

8.2.2 Porifera

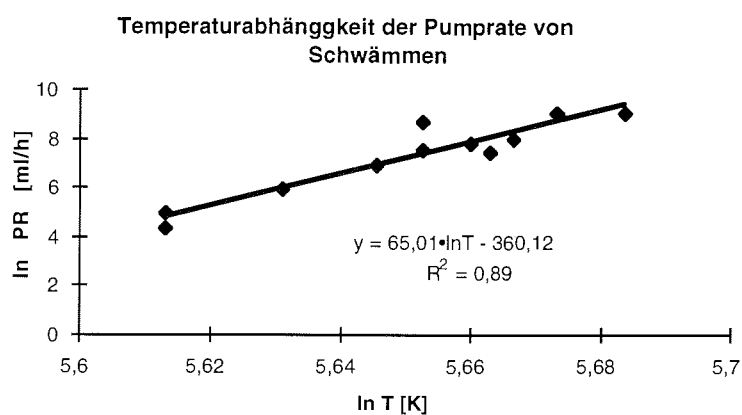


Abb. 8.2.2: Regression der Pumprate von Schwämmen in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Regressionsgleichungen für die beiden Schwammarten lauten:

$$M. acerata: \quad PR = 65,01 \cdot \ln T - 360,59$$

$$I. kerguelensis: \quad PR = 65,01 \cdot \ln T - 359,98$$

Es ergeben sich die in Tab. 8.2.2 dargestellten Pumpraten für die beiden Schwammarten. Auch hier ist zu beobachten, dass sich die Werte im Winter fast halbieren, der Q10-Wert liegt zwischen 10 und 11.

Tab. 8.2.2: Pumpraten in ml/h für die Temperaturbereiche zwischen -1,8°C und 1°C für ein Standardtier von 1g TG

Art	Bereich 1°C	Bereich 0°C	Bereich -1°C	Bereich -1,8°C	Q10-Wert
	Feb/Mär	Dez/Jan/Apr	Mai/Okt/Nov	Jun-Sep	
<i>M. acerata</i>	75 ml/h	59 ml/h	47 ml/h	39 ml/h	10,3
<i>I. kerguelensis</i>	139 ml/h	109 ml/h	86 ml/h	71 ml/h	11,0

8.3.3 Bivalvia

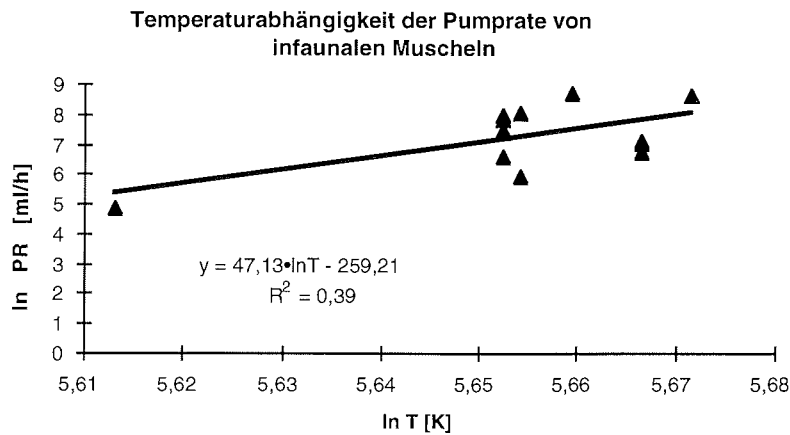


Abb. 8.2.3: Regression der Pumprate infaunaler Muscheln in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Regressionsgleichung für *L. elliptica* lautet:

$$L. \textit{elliptica}: \quad PR = 47,13 \cdot \ln T - 259,70$$

Die berechneten Pumpleistungen von *L. elliptica* sind Tab. 8.2.3 zu entnehmen. Auch hier halbiert sich der Sommerwert. Die Korrelation für die Regressionsgrade ist aber sehr gering, so dass die berechneten Pumpraten nur grobe Schätzwerte sind. Der Q10 liegt bei 5,7.

Tab. 8.2.3: Pumpraten in ml/h für die Temperaturbereiche zwischen -1,8°C und 1°C für ein Standardtier von 1g TG

Art	Bereich 1°C	Bereich 0°C	Bereich -1°C	Bereich -1,8°C	Q10-Wert
	Feb/Mär	Dez/Jan/Apr	Mai/Okt/Nov	Jun-Sep	
<i>L. elliptica</i>	127 ml/h	107 ml/h	90 ml/h	78 ml/h	5,7

8.2.4 Energiebilanzen

Für die Berechnung der Energieaufnahme ist neben dem gemessenen (oder berechneten) Wasserdurchsatz und der Retentionseffizienz die Kenntnis der in der Suspension enthaltenen Energie notwendig, welche dem Tier zur

Verfügung steht. In der vorliegenden Arbeit wurden die während eines Jahres im Wasser enthaltenen Partikel in fünf Fraktionen unterteilt, zwischen 0,8 und 1,2µm, 1,2 bis 3µm, 3 bis 8µm, 8 bis 12µm und 12 bis 30µm. Die Begrenzung auf 30µm maximale Partikelgrösse entsprang der Überlegung, dass kaum noch grössere Partikel in der Suspension vorhanden waren und die Tiere sich vornehmlich von kleineren Partikelgrössen ernähren (vgl. oben). Erfasst wurde nur die in partikulärer Form gebundene Energie, gelöste organische Bestandteile wurden nicht gemessen.

Die Energie in J/l ist in der Tabelle 11.3 aufgeführt. Zur Berechnung herangezogen wurde der Energiegehalt pro Grössenfraktion sowie die Retentionseffizienz, mit der diese Fraktion filtriert wird.

Die berechneten Pumpraten während der verschiedenen Jahreszeiten wurden zur Bestimmung der Energieaufnahme (Ingestionsrate) während eines Jahres benutzt (vgl. Tab. 8.2.7). In Kapitel 4 wurde die Verfügbarkeit an Energie während eines Jahres, aufgeteilt in 5 verschiedene Fraktionen, dargestellt. Für jede dieser Fraktionen wurde anhand der Retentionseffizienzen jeder Partikelgrösse (Kapitel 5) eine mittlere Retentionseffizienz berechnet, da z.B. Partikel unter 1,5 µm für die Muschel *Laternula elliptica* kaum eine Rolle spielen (Kapitel 5), aber einen nicht unbedeutenden Anteil der verfügbaren Energie ausmachen. In Tab. 8.2.4 sind die Pumpraten für jede Art sowie die mit dieser Pumprate während eines Tages filtrierte Energie dargestellt.

Es zeigt sich, dass die aufgenommene Energiemenge in der Periode Februar und März (1°C) trotz grösserer Pumpraten geringer ist als in der Periode Dezember, Januar und April (0°C). Dies ist auf das erhöhte Nahrungsangebot in den Monaten Dezember und Januar zurückzuführen (vgl. Kap. 4). In den kalten Wintermonaten von Juni bis September (-1,8°C) nehmen die Tiere immerhin noch zwischen 20 und 50% der Energiemenge der wärmeren Jahreszeiten (1°C, 0°C) auf.

Tab. 8.2.4: Pumpleistung/d für 4 verschiedene Temperatur-(Jahres-)bereiche und Konsumtion in J/d (\pm Standardabweichung) für ein Tier von 1 g TG; PR = Pumprate, l/d = Liter pro Tag, J/d = Joule pro Tag

Art	1° C		0° C		-1° C		-1,8° C	
	PR l/d	Konsum. J/d	PR l/d	Konsum. J/d	PR l/d	Konsum. J/d	PR l/d	Konsum. J/d
<i>A. challengerii</i>	4,58	510,0 \pm 121,4	3,72	811,7 \pm 427,7	3,00	455,9 \pm 204,2	2,54	164
<i>C. verrucosa</i>	6,24	678,4 \pm 283,8	5,06	1092,1 \pm 566,4	4,10	620,9 \pm 281,9	3,46	208,9
<i>C. eumyota</i>	3,55	349,7 \pm 148,1	2,88	581,4 \pm 311,3	2,33	300,3 \pm 138,8	1,97	125,4
<i>M. pedunculata</i>	4,80	427,7 \pm 180,6	3,91	727,3 \pm 388,3	3,17	374,7 \pm 172,5	2,66	157,8
<i>M. acerata</i>	1,80	158,7 \pm 66,5	1,42	249,0 \pm 132,6	1,13	130,8 \pm 60,0	0,94	50,1
<i>I. kerguelensis</i>	3,34	272,3 \pm 117,9	2,62	426,6 \pm 232,6	2,06	205,1 \pm 97,6	1,70	90,6
<i>L. elliptica</i>	3,05	235,5 \pm 58,3	2,57	496,8 \pm 259,8	2,16	293,4 \pm 131,5	1,87	101,4

Die Egestionsraten stammen aus dieser Arbeit (Kapitel 7), sie wurden nur für 1°C gemessen. Tsuchiya (1980) fand für die Muschel *Mytilus edulis* eine von der Sestonkonzentration unabhängige Biodepositionsrate, welche offensichtlich nur durch die Temperatur beeinflusst wurde. Bei den geringen absoluten Unterschieden der Minimal- und Maximaltemperatur in der Potter Cove ist deshalb kein erheblicher Unterschied zwischen Sommer- und Wintergestionsraten zu erwarten, und die Sommerdaten wurden auch für die Berechnung der Winterumsatzraten benutzt. Die Ammoniumexkretion ist energetisch unerheblich.

Tab. 8.2.5: Egestion aller untersuchten Arten in mg pro Tag, Energiegehalt der org. Faeces (\pm Standardabweichung), Egestion in Joule pro Tag und das Verhältnis zwischen Konsumtion und Egestion bezogen auf 1 g TG; F = Faeces, d = Tag, J = Joule, K = Konsumtion

Art	F/d • g TG	J/mg org. F	Egestion in J/d • g TG	Verhältnis K/F in %
<i>A. challengerii</i>	2,4	46,9 \pm 9,4	112,6	15,1
<i>C. verrucosa</i>	3,0	66,8 \pm 12,7	200,4	21,2
<i>C. eumyota</i>	0,2	17,6 \pm 2,0	3,5	0,7
<i>M. pedunculata</i>	5,2	18,8 \pm 4,4	97,8	14,8
<i>L. elliptica</i>	1,1	18,6 \pm 4,0	20,5	4,3

Die in der Tabelle 8.2.7 benutzten Daten zu Biomasse/m², zu Respiration, Wachstum sowie zur Reproduktion stammen aus der Literatur bzw. aus unveröffentlichten Datensätzen.

Biomasse/m² (Tab. 8.2.6):

Die Angaben über die vier Ascidienarten stammen aus Kühne (1997) und Sahade et al. (eingereicht), die von *Laternula elliptica* aus Sahade et al. (eingereicht). Für die beiden Schwammarten liegen keine Angaben vor, da die Art der Erfassung der Abundanzen des Benthos der Potter Cove für die Schwämme keine adäquate Methode darstellte und der grösste Anteil unterhalb der durch Taucher erreichbaren Tiefe wächst. Das mittlere Individuengewicht der Art *Mycale acerata* konnte ebenfalls nicht erfasst werden, da die meisten Individuen Volumina von ca. einem viertel bis zu einem Kubikmeter aufwiesen, die durch Taucher nicht zu bergen waren. Die in dieser Arbeit für Experimente verwendeten, vereinzelt wachsenden kleinen Individuen zwischen 30 und 200g Trockengewicht können in keinem Fall als repräsentativ angesehen werden. Zu beachten ist, dass sich die Individuenzahl/m² auf die gesamte Potter Cove bezieht und nicht nur auf die Tiefenzonen, in welchen die Tiere wachsen.

Tab. 8.2.6: mittleres Individuengewicht, Individuen/m² und kJ/m² für die Potter Cove

Art	mittleres Ind.-gew. g [TG]	Ind/m ²	kJ/m ²
<i>A. challengerii</i>	1,6	2,3	17,0
<i>C. verrucosa</i>	5,7	1,0	95,8
<i>C. eumyota</i>	5,2	2,2	63,7
<i>M. pedunculata</i>	0,9	14,7	116,6
<i>M. acerata</i>	70,4	0,06	?
<i>I. kerguelensis</i>	17,2	0,36	?
<i>L. elliptica</i>	11,9	4,9	1099,1

Konsumtion "K" (Tab. 8.2.7, 8.2.8):

Zur Berechnung der Jahreskonsumtion wurden die Daten der Tabelle 8.2.4 benutzt. Die Konsumtion pro Tag wurde in die Konsumtion pro Tempera-

turbereich umgerechnet. Für den Temperaturbereich von 1°C wurde eine Dauer von 65 Tagen, für den von 0°C 96 Tage, für -1°C 67 Tage und für -1,8°C eine Dauer von 137 Tagen angenommen (vgl. Kühne 1997).

Respiration "R" (Tab. 8.2.7, 8.2.8):

Die Daten über *A. challengerii*, *C. eumyota* und *M. pedunculata* stammen aus Kühne (1997), die über *C. verrucosa* von Tracy (1982). Der Sauerstoffverbrauch von *C. verrucosa* bei verschiedenen Temperaturen wurde mit der von Kühne (1997) für die 3 erstgenannten Arten gültigen Regression

$$\log Q_i = -3356/T + 11,69$$

Q_i = Sauerstoffverbrauchsrate

T = Temperatur in K

bestimmt. Der Sauerstoffverbrauch von *Mycale acerata* stammt aus der vorliegenden Arbeit. Da die Sauerstoffsverbrauchsrate der Schwämme nur in geringem Mass temperaturabhängig zu sein scheinen (vgl. Kap. 5), wurde der bei 1,8°C ermittelte Wert für *M. acerata* für die Berechnung des ganzen Jahreszyklus benutzt.

Für den Schwamm *Isodictya kerguelensis* liegen keine Angaben vor. Die Verbrauchsrate von *L. elliptica* wurden mit der Konversionsgleichung von Humphreys (1979)

$$\log P_s = 1,068 \cdot \log Q_i - 0,82$$

Q_i = Sauerstoffverbrauchsrate

P_s = somatisches Wachstum

berechnet.

Produktion "P_s" (Tab. 8.2.7, 8.2.8):

Die Angaben zum Wachstum von *A. challengerii*, *C. eumyota* und *M. pedunculata* stammen aus Kühne (1997; erste Spalte) bzw. wurden mit der Konversionsgleichung von Humphreys (1979; zweite Spalte) berechnet. Die Produktionswerte von *L. elliptica* stammen aus Urban und Mercuri

(eingereicht). Daten, welche auf aschefreies Trockengewicht bezogen sind, wurden mit dem von Brey et al. (1988) für Muscheln bestimmten Konversionsfaktor von 18,85 J/mg schalenfreies Trockengewicht in Energieeinheiten umgerechnet. Die Produktion von *C. verrucosa* und *M. acerata* wurde über die Konversionsgleichung von Humphreys (1979) berechnet. Angaben zu *I. kerguelensis* fehlen.

Reproduktion "P_G" (Tab. 8.2.7, 8.2.8):

Die Daten zur Reproduktion von *A. challengerii*, *C. eumyota* und *M. pedunculata* stammen aus Kühne (1997), die von *L. elliptica* aus Urban und Mercuri (eingereicht), welche ebenfalls nach Brey et al. (1988) in Energieeinheiten umgerechnet wurden. Daten zu den anderen Arten fehlen.

Energiebilanz (Tab. 8.2.7):

Die Muschel *L. elliptica* nimmt, auf einen Quadratmeter hochgerechnet, mit fast 6000kJ/Jahr die grösste Menge an Energie auf, die geringste Menge wird mit nur 600kJ/Jahr von der Ascidie *A. challengerii* aufgenommen. Der Energieverlust durch Respiration, und Produktion ist ebenfalls bei *L. elliptica* am grössten. Einzig die Faecesproduktion überwiegt bei der Ascidie *Molgula pedunculata*.

Die Energiebilanzgleichung ist für keine Art ausgeglichen. In allen 5 Arten, für die eine Gesamtenergiebilanz aufgestellt werden konnte, wird deutlich mehr Energie potentiell konsumiert als verbraucht. Die nach Humphreys (1979) berechneten Werte der somatischen Produktion liegen wesentlich höher als die im Labor bestimmten Raten von Kühne (1997).

Tab 8.2.7: Energieumsatz der Ascidien und von *L. elliptica* in $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ sowie Energieüberschuss, benutzt wurden Mittelwerte; für die beiden Schwämme auf 1 g TG bezogen; PS dreier Ascidienarten sind Labormessungen (linke Spalte) und berechnete Werte (rechte Spalte) angegeben; * ohne P_G ; K = Konsumtion, R = Respiration, E = Egestion, PS = somatische Produktion, P_G = Gonadenproduktion

Art	K $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$	R $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$	E $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$	PS $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$	P_G $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$	K-R-E- PS- P_G	
<i>A. challengeri</i>	603,9	63,9	151,2	0,04	54	9,6	325,2
<i>C. verrucosa</i>	1249,4	71,1	416,9		61	-	700,4*
<i>C. eumyota</i>	1324,8	95,5	14,6	1,5	83	15,8	1115,9
<i>M. pedunculata</i>	1910,4	210,0	472,3	3,7	193	26,7	1008,4
<i>L. elliptica</i>	5656,1	479,8	436,3	467	324		3949,0
	K/a•g TG	O ₂ /a•g TG	E/a•g TG	PS/a•g TG	P_G /a•g TG		
<i>M. acerata</i>	49,8	7,4	-	5,4	-	-	-
<i>I. kerguelensis</i>	84,8	-	-	-	-	-	-

Kohlenstoffbilanz (Tab. 8.2.8):

Da 1mg organischer Kohlenstoff 45J entspricht (Gerlach 1988), wurde die Energiebilanz in eine Kohlenstoffbilanz umgerechnet. Durch Faecesproduktion legen die Ascidien pro Jahr und Quadratmeter 23,5g, *L. elliptica* 9,7g organischen Kohlenstoff fest, welcher sedimentfressenden Arten zur Verfügung steht.

Der nächsten trophischen Ebene der Sekundärkonsumenten werden zwischen 10,8g org. Kohlenstoff von *A. challengeri* sowie 334,4g pro Jahr und Quadratmeter von *L. elliptica* bereitgestellt.

Tab 8.2.8: Kohlenstoffbilanz der Ascidien und von *L. elliptica* in g org. Kohlenstoff/ $\text{m}^2 \cdot \text{a}$ sowie Kohlenstoffüberschuss, benutzt wurden Mittelwerte; PS dreier Ascidienarten sind Labormessungen (linke Spalte) und berechnete Werte (rechte Spalte) angegeben; * ohne P_G ; C_{org} = organischer Kohlenstoff, K = Konsumtion, R = Respiration, E = Egestion, PS = somatische Produktion, P_G = Gonadenproduktion

Art	K C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	R C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	E C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	PS C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	P_G C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	K-R-E-PS- P_G C _{org} / $\text{m}^2 \cdot \text{a}$	
<i>A. challengeri</i>	13,4	1,4	3,4	0,04	1,2	9,6	325,2
<i>C. verrucosa</i>	27,8	1,6	9,3		1,4	-	700,4*
<i>C. eumyota</i>	29,4	2,1	0,3	0,03	1,8	15,8	1115,9
<i>M. pedunculata</i>	42,5	4,7	10,5	0,08	4,3	26,7	1008,4
<i>L. elliptica</i>	125,7	10,7	9,7		10,4	324	3949,0

8.3 Diskussion

8.3.1 Temperaturabhängigkeit der Pumpraten

Die Temperaturabhängigkeit der Pumpraten für antarktische Arten unter Zuhilfenahme nicht-antarktischer Arten zu berechnen, ist nicht unproblematisch, da es immer noch keine gesicherten Erkenntnisse über eine spezifische Kälteadaptation gibt. Allerdings wiesen Brey und Clarke (1993) signifikant niedrigere Produktion/Biomasse-Verhältnisse für antarktische Arten gegenüber borealen und tropischen nach. Da die in dieser Datenkompilation berücksichtigten antarktischen Arten allerdings grosse sind (Daten zu kleinen Vertretern fehlen fast vollständig), ist dieses Ergebnis als vorläufig zu betrachten (Clarke 1996). In dieser Arbeit wird zunächst noch von einer linearen Abnahme der physiologischen Raten mit abnehmender Temperatur ausgegangen, wie es Clarke (1991) für Sauerstoffsverbrauchsdaten in diesem Temperaturbereich postuliert. Die hier berechneten Werte sind als Schätzwerte zu betrachten.

Die generelle Vorstellung, vor allem Suspensionsfresser würden, da keine Nahrung vorhanden ist, zumindest für die Wintermonate in einen Ruhezustand eintreten, konnten Barnes und Clarke (1994, 1995) widerlegen. In einer über zwei Jahre angelegten Studie konnten sie für verschiedene Gruppen von Suspensionsfressern einen fast kontinuierlichen Nahrungserwerb nachweisen. Sie postulieren, dass vor allem Tiere, welche sich hauptsächlich von Kleinstpartikeln wie Nanoflagellaten oder Bakterien ernährten, kaum unter Hungerbedingungen während des Winters leiden. Für solche Gruppen sind auch bisher die grössten Wachstumsleistungen gemessen worden (Clarke 1996, Kühne 1997). Die in dieser Arbeit vorgestellten Daten der Nahrungsverfügbarkeit während eines Jahres (siehe Kapitel 4) lassen auch keinen Rückschluss auf extreme Nahrungslimitierung während des Winters zu. Im Gegensatz dazu hungerten Arten, welche sich hauptsächlich von grösseren Partikeln wie grossen Diatomeen ernährten, während ausgedehnter Perioden (Clarke 1996). Dies lässt die hier errechneten Pumpraten im Winter durchaus

realistisch erscheinen; sie sollten keine Überschätzung aufgrund winterlicher Ruhepausen darstellen.

Ob sich die Temperatur steuernd auf die Umsatzraten antarktischer Evertebraten wirkt, wird von Clarke (1996) bezweifelt. Physiologische Prozesse müssten unwahrscheinlich temperatursensibel sein, um bei den geringen absoluten Unterschieden der Umgebungstemperatur abgestimmt reagieren zu können.

Zumindest für Pumpraten erscheint ein indirekter Einfluss der Temperatur entscheidender. Wie schon in Kapitel 5 dargelegt, läuft die Suspensionsfiltration bei geringen Reynolds-Nummern ab. Das heisst, die Viskosität des Seewassers wäre der entscheidende Faktor. Da Seewasser bei $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ viskoser ist als bei $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, verlangsamt sich die Pumpgeschwindigkeit. Bei der Berechnung des gepumpten Volumens während eines Temperaturbereichs wurde von einem gleichmässigen Rhythmus der Tiere ausgegangen. Von Ascidien sind bisher keine diurnalen oder annuellen Zyklen bekannt (Randløv und Riisgård 1979), während Reiswig (1974) für einen mit hohen hydrostatischen Drucken pumpenden Schwamm (zu dieser Gruppe zählt auch *Isodictya kerguelensis*), annuelle Schwankungen nachweisen konnte.

Die Korrelation der Regressionsgleichungen für die Ascidien und Schwämme ist mit einem Bestimmtheitsmass von 0,83 bzw. 0,89 signifikant, obwohl unterschiedliche Messmethoden verwendet wurden bzw. mit *Spongilla lacustris* sogar ein Süsswasserschwamm in die Berechnung einbezogen wurde.

Die Pumpraten für Muscheln streuen wesentlich stärker um die Regressionsgrade, das Bestimmtheitsmass von 0,39 ist nicht signifikant, obwohl nur infaunale Muscheln in die Berechnung miteinbezogen wurden, da dies der Lebensweise von *L. elliptica* entspricht.

Die gemessenen Q_{10} -Werte liegen zwischen 5,7 und 11, d.h. höher als der postulierte Wertebereich zwischen 2 und 3 (Clarke 1983, 1991) für den Grundstoffwechsel. Klekowski et al. (1973) wiesen aber darauf hin, dass durch die hohe Saisonalität der antarktischer Evertebraten der Wert höher liegen kann.

8.3.2 Konsumtion

Die höchste spezifische Konsumtionsrate unter den Ascidien hat *C. verrucosa*, die geringste *C. eumyota*. Dieses Verhältnis spiegelt sich in der Faecesproduktion wieder; *C. verrucosa* verliert mehr Energie durch Faecesproduktion, *C. eumyota* weniger als die anderen Arten. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu der von Schloss (pers. Mitteilungen) postulierten und in Kühne (1997) diskutierten These, dass der "filtering effort" der nahe am Boden filtrierenden wie Arten *A. challengeri* und *C. eumyota* höher sei als der aufrechten Arten wie *C. verrucosa* und *M. pedunculata*. Diese Hypothese geht von der Beobachtung aus, dass die Sedimentbelastung wenige cm über dem Meeresboden durch Resuspension grösser und damit der Nährwert der Suspension geringer ist als in 12,5 cm Höhe; daher müssten die Arten mit geringerem Abstand der Osculi von der Sedimentoberfläche mehr Energie in die Nahrungsaufnahme investieren. Die anorganischen Anteile der Faeces stützen diese These ebensowenig, sie sind bei den nahe am Boden filtrierenden Arten nicht grösser (Kap. 7). Während der Wintermonate mit geschlossener Eisdecke könnten diese Arten eher einen Vorteil gegenüber den in grösserem Bodenabstand filtrierenden Arten haben, da nur durch Resuspension Nährstoffe in die Wassersäule gelangen und bodennah lebende Arten zuerst erreichen.

Navarro und Winter (1982) geben für die Konsumtion der Muschel *Mytilus chilensis* tägliche Raten zwischen 600 und 800 J/g Trockengewicht an und liegen damit über den Raten für *L. elliptica* von 100 bis 500 J/g Trockengewicht je nach Menge der vorhandenen Nahrung.

Das K/B-Verhältnis, ein Mass für Verhältnis zwischen Biomasse und der zu ihrer Unterhaltung notwendigen Energieaufnahme, liegt zwischen 5,1 für *L. elliptica* und 35,5 für *A. challengeri* (Tab. 8.3.1). Es sollte für Herbivore zwischen 10 und 20 liegen (Iken 1995). Das heisst, dass für *L. elliptica* die partikuläre Energie vermutlich nicht ausreicht, um die Biomasse zu unterhalten. Demzufolge scheint die Muschel Energie in erheblichem Mass im hier nicht erfassten Grössenspektrum über 30µm Durchmesser und/oder im Wasser gelöste Nährstoffe aufzunehmen.

8.3.3 Energiebilanz

Weder für die 4 untersuchten Ascidienarten noch für die Muschel *L. elliptica* ist die Energiebilanz ausgeglichen. Dies mag zum einen daran liegen, dass nicht sämtliche Parameter gemessen werden konnten, sondern Literaturdaten und aus Regressionen berechnete Werte verwendet werden mussten.

Ein wichtiger populationsdynamischer Parameter ist die Assimilationseffizienz (A/K), mit welcher Aussagen über die Produktion eines Tieres gemacht werden. Beeinflusst wird sie in erster Linie von Qualität und Quantität der Partikel, mit der Körpergrösse besteht kein direkter Zusammenhang (Thompson und Bayne 1972, 1974; Griffiths und King 1979; Iglesias und Navarro 1991).

Brey (1995) gibt die mittlere Assimilationseffizienz von Herbivoren mit 43% an, in dieser Arbeit wurden für 3 Arten ca. 22% gemessen und für *C. eumyota* 15% (Tab. 7.3.1). Der niedrige Wert von *C. verrucosa* bleibt uninterpretierbar, da keine Daten zur Gonadenproduktion vorliegen und er schon deswegen niedriger liegen muss. Dass Suspensionsfresser niedrigere Wert Herbivoren gegenüber aufweisen (u.a. Gastropoden, welche gezielt energiereiche Nahrung suchen), wird durch die Art der Ernährung erklärbar. Bedingt durch den grossen Anteil nicht verdaubarer anorganischer Substanz sinkt die Assimilationseffizienz. 20% erscheinen aus diesem Grunde als realistischer Wert.

Die Wachstumseffizienz, das Verhältnis zwischen somatischer Produktion und Konsumtion, liegt zwischen 0,05 und 0,11. Brey (1995) gibt für Herbivore einen mittleren Wert von 0,09 an, um den die hier bearbeiteten Arten schwanken (Tab. 8.3.1). Bei Berücksichtigung der Problematik der geringen Anzahl und verschiedenartigen Herkunft der zur Berechnung der Energiebilanz benutzten Datensätze erscheinen die Konsumtionswerte trotz der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Wasserproben durchaus plausibel. Falls das zutrifft, liegt die Problematik der nicht ausgeglichenen Energiebilanzgleichung nicht an den gemessenen oder berechneten Daten zu Konsumtion, Respiration und Produktion, sondern muss, wie schon in Kapitel 7 angedeutet, in der Faecesproduktion zu suchen sein, deren Werte zu gering zu sein scheinen. Somit sind die Biodepositionsraten von organi-

schem Kohlenstoff wahrscheinlich wesentlich grösser als in Tab. 8.2.8 beschrieben.

Tab. 8.3.1: Assimilationseffizienzen und Wachstumseffizienzen der Ascidien und *L. elliptica*;
 *= Angaben zu Reproduktion fehlen; A = Assimilation, K = Konsumtion, P_S = somatische Produktion, B = Biomasse

Art	A/K	P _S /K	K/B
<i>A. challengerii</i>	21,1	0,09	35,5
<i>C. verrucosa</i>	10,6*	0,05	13,0
<i>C. eumyota</i>	14,7	0,06	20,8
<i>M. pedunculata</i>	22,5	0,10	16,4
<i>L. elliptica</i>	22,5	0,06	5,1
<i>M. acerata</i>		0,11	

Literaturdaten verschiedener Muscheln und Ascidien zeigen höhere Raten sowohl für Assimilations- als auch für Wachstumseffizienzen. Allerdings sind die Experimente in der Regel mit Monoalgenkulturen durchgeführt worden (Tab. 8.3.2). Die Ascidie *Pyura stolonifera* zeigt deutlich erniedrigte Raten mit natürlichem Seston als Nahrung. Klumpp (1984) hält die mit Monoalgensuspensionen ermittelten Werte generell für zu hoch.

Alle in der Literatur beschriebenen Effizienzen sind mit dem Conover-Verhältnis berechnet und nicht experimentell ermittelt worden. Dieses von Conover (1966) entwickelte Verfahren setzt den Energiegehalt der Nahrung mit demjenigen der Faeces in Beziehung. Vorausgesetzt wird hier allerdings, dass sämtliche Faecesbestandteile aus der den Verdauungstrakt passierenden Nahrung stammen. Da aber einige Arten Pseudofaeces produzieren, werden anorganische Anteile der Nahrung unter- und so die Assimilationsraten überschätzt. Zum anderen können durchaus Teile der Faeces wie z.B. peritrophische Membranen und Verdauungssekrete nicht direkt aus der vorher aufgenommenen Nahrung stammen.

Tab. 7.3.2: Assimilationseffizienzen und Wachstumseffizienzen verschiedener Ascidien und Muscheln; A = Assimilation, P_S = somatische Produktion; K= Konsumtion

Art	A/K	P _S /K	Methode	Quelle
<i>Ciona intestinalis</i>	42 - 60	0,26 - 0,41	Monoalgen-suspension	Petersen et al. 1995
<i>Ciona intestinalis</i>	40 - 90	-	Monoalgen-suspension	Robbins 1985
<i>Pyura stolonifera</i>	75	0,57	Monoalgen-suspension	Klumpp 1984
<i>Pyura stolonifera</i>	40		natür. Seston	Klumpp 1984
<i>Mytilus edulis</i>	53 - 81	-	natür. Seston	Loo 1992
<i>Mytilus edulis</i>	60 - 68	0,50	Algenblüte Monoalgen-suspension	Tedengren et al. 1990
<i>Ostrea edulis</i>	13 - 45	-	Monoalgen-suspension	Walne 1965
<i>Mytilus chilensis</i>	48 - 75	0,21 - 0,57	Monoalgen-suspension	Navarro & Winter 1982
<i>Spisula subtruncata</i>	33 - 80	0,19 - 0,26	natür. Seston	Møhlenberg & Kiørboe 1981

9. Schlussbetrachtung

Die polaren Gebiete und insbesondere die Antarktis sind in weiten Bereichen noch unerforschtes Gebiet. Erst langsam werden Zusammenhänge verstanden, und jahrzehntelang unumstösslich erscheinende Dogmen müssen zum Teil revidiert werden (Arntz 1995). Brey und Clarke (1993) konnten keine generell signifikanten Unterschiede der mittleren Grösse adulter Tiere zwischen antarktischen und borealen/tropischen Evertebraten feststellen. Konstante Umweltverhältnisse wie häufig angenommen findet man zumindest in den Flachwassergebieten der maritimen Antarktis zumeist nicht, Störungen durch Eisbergeinfluss (Starmans 1997), Sediimenteintrag durch Gletscherflüsse und grosse Temperaturschwankungen für Bewohner des Littorals sind die Regel, nicht die Ausnahme. Kühne (1997) konnte z. B. an Ascidien zeigen, dass einige antarktische Arten höhere Wachstumsleistungen als verwandte boreale haben.

Diese wenigen Beispiele demonstrieren, dass der Forschungsbedarf in der Antarktis gross ist, da viele Verallgemeinerungen immer noch auf einige wenige Forschungsergebnisse zurückzuführen sind, die bei näherer Betrachtung zu korrigieren oder sogar zu revidieren sind.

Infolge der extremen Bedingungen der polaren Umwelt und der damit verbundenen Schwierigkeiten der Datenerhebung sind umfassende ökologische Untersuchungen rar, und die hier vorliegende Arbeit soll helfen, den Kenntnisstand zu verbessern.

Die Potter Cove als Lebensraum für Suspensionsfresser

Die Potter Cove als Flachwasserökosystem stellt eine für die maritime Antarktis nicht ungewöhnliche Bucht dar. Kennzeichnend sind vor allem starke Sedimentationsereignisse durch abschmelzende Gletscher während des Frühjahrs und des Sommers, welche u.a. die Primärproduktion behindern (Schloss et al. 1994). Auf Grund dieser starken Sedimentation anorganischer Partikel wird das sessile Benthos der Bucht durch Arten dominiert, welche in der Lage sind, mit dieser Belastung umzugehen. Zu diesen Arten gehören vor allem solitäre Ascidien (Kühne 1997) und die Muschel *Later-nula elliptica* (Urban und Mercuri, eingereicht). Ähnliche Besiedlungsmu-

ster finden sich an Orten mit ähnlicher Belastung, z.B. in den benachbarten Buchten Maxwell Bay (Rauschert 1991) und Admiralty Bay (Rakusa-Suszczewski 1993), bei Livingston Island (Saiz-Salinas et al. 1997) und auch in der Ostantarktis (Nakajima et al. 1982, Kirkwood und Burton 1988). Diese Gebiete unterscheiden sich damit deutlich von sogenannten Klarwasserzonen, in denen Sedimentation keine Rolle spielt. Zu letzteren gehören z.B. der ebenfalls flache McMurdo-Sound im Rossmeer und die Schelfe der Halbinsel wie des Kontinents. Hier dominieren Schwämme das sessile Benthos, welche unter weniger gestörten Bedingungen Ascidien, aber auch infaunale Muscheln, offensichtlich auskonkurrieren können. Soweit bekannt ist, haben antarktische Schwämme anderen sessilen Arten gegenüber einen geringeren Metabolismus (Witte und Graf 1996) und wachsen wesentlich langsamer (Dayton et al. 1974, Dayton 1978). Ein grosser Vorteil der Schwämme liegt sicherlich in ihrem Vermögen, kleinere Partikel bis hinunter in den bakteriellen Grössenbereich mit wesentlich grösserer Effizienz als andere Arten zu filtrieren und sich vor allem in nahrungsarmen Jahreszeiten eine fast nur von ihnen nutzbare Energiequelle aufgeschlossen zu haben. In den hochantarktischen Gebieten und vor allem auf den tieferen Schelfen ist die im Winter verfügbare Energie vermutlich geringer als in der Potter Cove (z.B. Bransfield-Strait, Bölter und Dawson 1982) und reicht nicht aus, den höheren Standardmetabolismus z.B. von Ascidien zu versorgen.

Leider existieren keine Untersuchungen über die Aufnahme von Bakterien oder gelösten organischen Substanzen durch antarktische Ascidien oder Muscheln.

Zum anderen könnten bei Schwämmen Sekundärmetabolite eine besondere Rolle spielen (McClintock 1987), welche z.B. die Ansiedlung von Larven anderer Arten effektiv verhindern. Hier besteht noch grosser Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf die ökologische Bedeutung dieser Substanzen.

In der Potter Cove kommen diese Vorteile der Schwämme aus den oben genannten Gründen nicht zum Zuge, so dass sie dort zurücktreten. Allerdings wachsen verstreut ab 33m Tiefe bis zu einem Meter hohe und drei Meter lange Exemplare der Art *Mycale acerata* (eig. Beobachtungen); diese Art versteht es, durch im Vergleich zu anderen Arten verringerte transportierte Wasservolumina und zusätzliche Schleimsekretion den Grad der Po-

renverstopfung durch Sediment niedrig zu halten. Der Bewuchs des tiefer liegenden Bodens ist nicht bekannt. Die Biomasse zumindest dieser Art scheint nicht unbedeutend zu sein. Hier würden nicht destruktive Verfahren wie UW-Video von grosser Hilfe sein, die Kenntnisse über die Besiedlung der inneren Potter Cove zu verbessern und Biomassen mit grösserer Genauigkeit abzuschätzen. In der benachbarten Maxwell Bay steigt die Häufigkeit der Schwämme ab 30m Tiefe (Rauschert 1991); leider liegen keine Daten über Biomassen oder Volumina vor.

Sämtliche Schwammarten gehören zu den echten Kieselschwämmen (Demospongia); die in anderen Gebieten, vor allem von tieferen Schelfbereichen der Weddellsee (Barthel und Gutt 1992) bekannten Glasschwämme (Hexactinellida) wurden in der Potter Cove nicht gefunden. Schwammnadelmatten treten ebenfalls nicht auf. Einzig im McMurdo-Sound wurden von Dayton et al. (1970) bestandsbildende Gemeinschaften in 30m Tiefe gefunden. Hexactinelliden scheinen besonders stabile Umweltbedingungen und geringe Wassertrübung vorzuziehen (Barthel und Tendal 1994). Echte Daten zur Stützung dieser These fehlen noch. Die Situation in der Potter Cove, mit ihrem hohen Sedimenteintrag sowie im Vergleich mit den antarktischen Schelfbereichen instabilen Umweltbedingungen, widerspricht dieser These zumindest nicht.

Messungen der Wassersäule der antarktischen Hochsee im Südwinter ergaben Secchischeibentiefen bis 79m (Elbrächter et al. 1987), was einer praktisch partikelfreien Wassersäule entspricht. Im küstennahen Flachwasser scheinen die Verhältnisse jedoch günstiger zu sein, so dass die Bodenfauna keiner extremen Nahrungslimitierung während der Wintermonate ausgesetzt ist (Barnes und Clarke 1994). Auch in der Potter Cove war das Angebot während der Wintermonate ausreichend. Wenn auch die für diese Arbeit über ein Jahr gemessenen Energiegehalte wegen der relativ geringen Probenzahl noch als vorläufig betrachtet werden müssen, zeigt sich eine immer noch bemerkenswerte Energiemenge in den Wintermonaten in der bodennahen Wassersäule. Wichtig ist in jedem Fall eine mit grösserer zeitlicher und räumliche Dichte durchzuführende Aufnahme der verfügbaren Nahrung in der Potter Cove. Messungen zeigen einen deutlichen Rückgang von Chlorophyll in den Wintermonaten (Schloss et al. 1994). Diese Messungen allein sind jedoch nicht geeignet, die Nahrungsverfügbarkeit für

Suspensionsfresser zu erfassen. Die quantitative Erfassung der Resuspension sowie Untersuchungen über Art, Verfügbarkeit und Populationsdynamik heterotropher Mikroorganismen der Potter Cove sind die zentralen Punkte, die im Hinblick auf die Klärung der noch offenen Fragen bearbeitet werden müssen.

Die Pump- und Ingestionsraten der untersuchten Suspensionsfresser liegen unter den bisher für boreale Arten bestimmten. Die Temperatur übt einen direkten Einfluss auf die metabolischen Raten der Tiere aus, wie Tracy (1982) und Kühne (1997) auch für den Sauerstoffverbrauch von vier Ascidienarten massen. Zudem wird die Ingestion von der Viskosität des Meerwassers beeinflusst (vgl. Kap. 5), welches bei 0°C 1,76 mal viskoser ist als Meerwasser bei 20°C. Diese beiden Effekte steuern die bei antarktischen Suspensivoren erniedrigten Pumpraten, welche in Verbindung mit einem geringeren Nahrungsangebot vor allem während des Winters zu erniedrigten Ingestionsraten führen. Sowohl die Ascidien als auch die Muschel *L. elliptica* tragen durch Faecesproduktion einen bedeutenden Anteil zur Festlegung von organischem Kohlenstoff in der Potter Cove bei. Dies ermöglicht hohe Abundanzen von sedimentfressenden Tieren (Kowalke, unveröff. Daten).

Ob die Art der Ernährung einen direkten Einfluss auf die räumliche Segregation der hier untersuchten Arten hat, wie z.B. von Stuart und Klumpp (1984) für Gewässer vor Südafrika postuliert, konnte nicht abschliessend geklärt werden, da physikalische Prozesse wie starke Sedimentationsergebnisse bzw. der zerstörerische Einfluss strandender Eisberge in einem bisher unbekanntem Mass einwirken. Die Muschel *L. elliptica* hat als im Boden eingegraben lebendes Tier vor allem Brucheis gegenüber, welches den Boden im Gegensatz zu Eisbergen nicht umpflügt sondern nur kratzt, einen Vorteil, den z.B. hochwüchsige Ascidien nicht geniessen. Auffällig ist jedoch, dass unterhalb von 20m Wassertiefe, welche von Eisbergen in der Potter Cove in der Regel nicht mehr erreicht wird, da die Schwelle am Eingang der Potter Cove Berge mit grösserem Tiefgang nicht durchlässt, die Abundanz der Muscheln den Ascidien gegenüber auffällig verringert ist (Sahade et al., im Druck), obwohl ausreichend unbesiedelter Meeresboden zur Verfügung steht. Von bereits laufenden Untersuchungen über Neube-

siedlungen und Sukzessionen in und auf den Weichböden der Potter Cove werden neue Erkenntnisse zur Klärung dieser Fragen erwartet.

10. Literatur

- Ahn, I. Chung, H., Kang, J. and Kang, S. 1997. Diatom composition and biomass variability in nearshore waters of Maxwell Bay, Antarctica, during the 1992/93 austral summer. *Pol. Biol.* **17**, pp 123-130
- Ahn, I. 1993. Enhanced particle flux through the biodeposition by the Antarctic suspension feeding bivalve *Laternula elliptica* in Marion Cove, King George Island. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **171**, pp 75-90
- Ahn, I. 1997. Feeding ecology of the Antarctic lamellibranch *Laternula elliptica* (Laternulidae) in Marian Cove and vicinity, King George Island, during one austral summer. in: B. Battaglia, J. Valencia and D. Walton (eds). *Antarctic Communities. Species, Structure and Survival*. Cambridge University Press, pp 142-151
- Alber, M. and Valiela, I. 1994. Incorporation of organic aggregates by marine mussels. *Mar. Biol.* **121** (2), pp 259-265
- Alber, M. and Valiela, I. 1996. Utilization of microbial organic aggregates by bay scallops, *Argopecten irradians* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **195**, pp 71-89
- Arakawa, K., Y. 1970. Scatological studies of the bivalvia (Mollusca). *Adv. Mar. Biol.* **8**, pp 307-436
- Arakawa, K., Y. 1971. Studies on the faecal pellets of marine invertebrates (excluding molluscs). *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* **19**, pp 231-241
- Arntz, W.E. 1995. Antarktisches Benthos: Mythen und Daten. in: Hempel, I. and Hempel, G. (eds) *Biologie der Polarmeere*. Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York, pp 230-239

- Arntz, W.E. and Gallardo, V.A. 1994. Antarctic benthos: present position and future prospects. in: Hempel, G. (ed) Antarctic Science, Global Concerns. Springer Verlag Berlin, New York, pp 243-277
- Barnes, D.K.A. and Clarke, A. 1994. Seasonal variation in the feeding activity of four species of Antarctic bryozoa in relation to environmental factors. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **181**, pp 117-133
- Barnes, D.K.A. and Clarke, A. 1995. Seasonality of feeding ecology in polar suspension feeders. Pol. Biol. **15**, pp 335-340
- Barthel, D. 1985. Experimentelle Untersuchungen zur Ökologie von *Hali-chondria panicea* (Porifera) aus der Nord- und Ostsee. Dissertation Universität Kiel
- Barthel, D. 1997. Fish eggs and pentacrinoids in Weddell Sea hexactinellids: further examples for the structuring role of sponges in Antarctic benthic ecosystems. Pol. Biol. **17**, pp 91-94
- Barthel, D. and Gutt, J. 1992. Sponge associations in the Weddell Sea. Ant. Sci. **4**, pp 137-150
- Barthel, D. and Tendal, O. 1994. Antarctic Hexactinellida. in: Wägele, J.W. and Sieg, J. (eds): Synopsis of the Antarctic benthos. Champaign Scientific Books, Loenigstein 6, 154 pp
- Barthel, D., Gutt, J. and Tendal, O. 1991. New information on the biology of Antarctic deep water sponges derived from under water photography. Mar. Ecol. Prog. Ser. **69**, pp 303-307
- Bathmann, U., Fischer, G., Müller, P.J., Gerdes, D. 1991. Short-term variations in particulate matter sedimentation off Kapp Narvegia, Weddell Sea, Antarctica: relation to water mass advection, ice cover, plancton biomass and feeding activity. Pol. Biol. **11**, pp 185-195

Literatur

- Bayne, B.L., Thompson, R.J. and Widdows, J. 1973. Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. Helgol. wiss. Meeresunters. **20**, pp 526-552
- Bayne, B.L. and Newell, R.C. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. in: Wilbur, K.M. (ed) The Mollusca **4** (1), pp 407-515, Academic Press, New York
- Bayne, B.L., Iglesias, J.I.P., Hawkins, A.J.S., Navarro, E., Heral, M. and Deslous-Paoli, J.M. 1993. Feeding behaviour of the mussel *Mytilus edulis* L.: responses to variations in both quantity and organic content of the seston. J. Mar. Biol. Ass. UK **73**, pp 813-829
- Belyaev, G.M. and Uschakov, P.V. 1957. Certain regularities in the quantitative distribution of the benthic fauna in Antarctic waters. Dokl. Akad. Nauk SSSR **112**, pp 137-140
- Berg, J.A. and Newell, I.E. 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. Est. Coast. Shelf Sci. **23**, pp 375-386
- Bergmeyer, H.U. and Beutler 1990. Methods of Enzymatic Analysis. in: H.U. Bergmeyer (ed). Volume VIII, 3rd edition, pp 454-461
- Bergquist, P. 1978. Sponges. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, 268 pp
- Berkman, P.A., Marks, D.S., Shreve, G.P. 1986. Winter sediment resuspension in Mc Murdo Sound, Antarctica and its ecological implications. Pol. Biol. **6**, pp 1-3
- Berkman, P.A., Walter, T.R. and Alexander, S.P. 1991. Unprotected larval development in the Antarctic scallop *Adamussium colbecki* (Mollusca: Bivalvia: Pectinidae). Ant. Sci. **3** (2), pp 151-157

-
- Bernhard, F.R. 1974. Annual biodeposition and gross energy budget of mature pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795). J. Fish. Res. Board Can. **31**, pp 185-190
- Bidder, G.P. 1923. The relation of the form of a sponge to its currents. Q. II. microsc. Sci. **7**, pp 293-323
- Bölter, M. and Dawson, R. 1982. Heterotrophic utilisation of biochemical compounds in Antarctic waters. Neth. J. Sea Res. **16**, pp 315-332
- Bosch, I. and Pearse, J.B. 1988. Seasonal pelagic development and juvenile recruitment of the bivalve *Laternula elliptica*. Amer. Zool. **28**, 89 A
- Bouvy, M., and Delille, D. 1988. Spatial and temporal variations in Antarctic and Subantarctic bacterioplankton. Neth. J. Sea Res. **22** (2), pp 139-147
- Brandini, F.P. and Rebello, J. 1994. Wind field effect and chlorophyll dynamics in the coastal pelagial of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. Ant. Sci. **6** (4), pp 433-442
- Brey, T. 1995. Empirische Untersuchungen zur Populationsdynamik makrobenthischer Evertibraten. Habilitationsschrift, AWI Bremerhaven, 170 pp
- Brey, T. and Clarke, A. 1993. Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and Subantarctic environments: are there unique adaptations? Ant. Sci. **5** (3), pp 253-266
- Burlando, B., Bavestrello, G. and Arillo, A. 1992. Seasonal changes in the metabolism of the calcareous sponge *Clathria clathrus* (Schmidt). Comp. Biochem. Physiol. **2**, pp 341-344

Literatur

- Chang, K.I., Jun, H.K., Park, G.T. and Eo, Y.S. 1990. Oceanographic conditions of Maxwell Bay, King George Island, Antarctica (austral summer 1989). Kor. J. Pol. Res. 1, pp 27-46
- Chapelle, G., Peck, L.P. and Clarke, A. 1994. Effects of feeding and starvation on the metabolic rate of necrophagous Antarctic amphipod *Waldeckia obesa* (Chevreux 1905).- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 183, pp 63-76
- Clapin, G., Lemmens, J.W. and Nielsen, L. 1997. Food sources of dominant Ascidians in seagrass meadows of Perth Coastal Waters, Western Australia. Ecology of Estuaries and Soft Sediment Habitats Conference, Warrnambol, Australia.
- Clarke, A. 1979. On living in cold water: K-strategies in Antarctic benthos. Mar. Biol. 55, pp 111-119
- Clarke, A. 1983. Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms.- Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 21, pp 341-453
- Clarke, A. 1996. Marine benthic populations in Antarctica: patterns and processes. Ant. Res. Ser. 70, pp 373-388
- Clarke, A., Holmes, L.J. and White, M.G. 1988. The annual cycle of temperature, chlorophyll and minor nutrients at Signy Island, South Orkney Islands, 1969-82. Brit. Ant. Sur. Bull. 80, pp 65-86
- Cloern, J.E. 1982. Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay? Mar. Ecol. Prog. Ser. 9, pp 191-202
- Cohen, R.R.H., Dresler, P.V., Phillips, E.J.P. and Cory, R.L. 1984. The effect of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, on phytoplankton of the Potomac River, Maryland. Limnol. Oceano. 26, pp 170-180

-
- Commito, J.A. and Boncavage, E.M. 1989. Suspension-feeders and coexisting infauna: an enhancement counterexample. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **125**, pp 33-42
- Conover, R.F. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* **11**, pp 338-345
- Cota, G.F., Kottmeier, S.T., Robinson, D.H., Smith, W.O. and Sullivan, C.W. 1990. Bacterioplankton in the marginal ice zone of the Weddell Sea: biomass, production and metabolic activities during austral autumn. *Deep Sea Res.* **37**, pp 1145-1167
- Cotter, A.J.R. 1978. Re-investigation of size, axial gradients and light as factors affecting the respiration of certain marine sponges. *Comp. Biochem. Physiol.* **60A**, pp 117-122
- Cranford, P.J. and Gordon, D.C. 1992. The influence of dilute clay suspensions on sea scallop (*Placopecten magellanicus*) feeding activity and tissue growth. *Neth. J. Sea Res.* **30**, pp 107-120
- Crisp, D.J. 1984. Energy Flow Measurements. In: Holmes, N.A. and McIntyre, A.D. (eds). *Methods of the study of marine benthos*. Blackwell Scientific publications, Oxford, pp 284-372
- Dayton, P.K. 1978. Observations of growth, dispersal and population dynamics of some sponges in McMurdo Sound, Antarctica. in: Lévi, C. and Boury-Esnault, N. (eds). *Coll. inter. du C.N.R.S., Biologie des spongiaires*, **291**, pp 271-282
- Dayton, P.K., Robillard, G.A., Paine, R.T. and Dayton, L.B. 1974. Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecol. Mono.* **44**, pp 105-128

Literatur

- Dayton, P., Watson, D., Palmisano, A., Barry, J.P., Oliver, J.S. and Rivera, D. 1986. Distribution patterns of the benthic microalgal standing stock at McMurdo Sound, Antarctica. *Pol. Biol.* **6**, pp 207-213
- Dearborn, J.H. 1977. Foods and feeding characteristics of Antarctic asteroids and ophiurids. in: Llano, G. A. (ed) Adaptations within Antarctic ecosystems. Proc. 3rd SCAR Symposium on Antarctic Biology. Smithsonian Institute Washington, pp 293-326
- Delille, D. 1993. Seasonal changes in the abundance and composition of marine heterotrophic bacterial communities in an Antarctic coastal area. *Pol. Biol.* **13**, pp 463-470
- Denness, S. and Therriault, J.C. 1987. Resuspension in the shallow sublittoral zone of a macrotidal estuarine environment: wind influence. *Limnol. Oceanogr.* **32**, pp 327-339
- Desqueyroux-Faundez, R. 1989. Demospongiae del litoral chileno antártico. *Ser. Cient. INACH* **39**, pp 97-158
- Doering, P.H. and Oviatt, C.A. 1986. Application of filtration rate models to field populations of bivalves: an assessment using experimental mesocosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **31**, pp 265-275
- Doering, P.H., Oviatt, C.A. and Kelly, J.R. 1986. The effects of the filter-feeding clam *Mercenaria mercenaria* on carbon cycling in experimental marine mesocosms. *J. Mar. Res.* **44**, pp 839-861
- Elbrächter, M., Gieskes, W., Rabsch, U., Scharek, R., Schaumann, K., Smetacek, V. and Veth, C. 1987. Phytoplankton and heterotrophic microorganisms in the water column. *Ber. Pol. Forsch.* **39**, pp 190-196

- El-Sayed, S.Z. 1984. Productivity of Antarctic waters - a reappraisal. in: Holm-Hansen, O., Bolis, L., Gilles, R. (eds): Marine phytoplankton and productivity. Springer Berlin, Heidelberg, New York pp 19-34
- El-Sayed, S.Z. 1988. Seasonal and interannual variabilities in Antarctic phytoplankton with reference to krill distribution. in: Sahrhage, D. (ed) Antarctic ocean and resources variability. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp 101-119
- Everitt, D.A. and Thomas, D.P. 1986. Observations of seasonal changes in diatoms at inshore localities near Davis Station, East-Antarctica. *Hydrobiol.* **139**, pp 3-12
- Fabiano, M., Danovaro, R., Crisafi, E., La Ferla, R., Povero, P. and Acosta Pomar, L. 1995. Particulate matter composition and bacterial distribution in Terra Nova Bay (Antarctica) during summer 1989-1990. *Pol. Biol.* **15**, pp 393-400
- Famme, P., Riisgård, H.U. and Jørgensen, C.B. 1986. On direct measurement of pumping rates in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* **92**, pp 323-327
- Fegley, S.R., MacDonald, B.A. and Jacobsen, T.R. 1992. Short-term variation in the quantity and quality of seston available to benthic suspension feeders. *Est. Coast. Shelf Sci.* **34**, pp 393-412
- Ferrario, M. 1990. RACER: phytoplankton of the northern Gerlache Strait. *Ant. J. US*, **22** (5), pp 145-146
- Fiala, M. and Delille, D. 1992. Contribution of bacteria to coastal microplankton standing crop. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **89**, pp 135-146
- Fiala-Médioni, A. 1978. Filter Feeding ecology of benthic invertebrates (Ascidians).IV. Pumping rate, filtration rate, filtration efficiency. *Mar. Biol.* **48**, pp 243-249

Literatur

- Fiala-Médioni, A. and Tito de Morais, A. 1983. A review on pelagic and benthic biodeposition. *J. Rech. Oceanogr.* **8** (4), pp 91-103
- Flint, R.W. and Kamykowski, D. 1987. Benthic nutrient regeneration in South Texas coastal waters. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **18**, pp 221-230
- Foster-Smith, R.L. 1975. The effect of concentration of suspension and inert material on the assimilation of algae by three bivalves. *J. Mar. Biol. Ass. UK* **55**, pp 411-418
- Frankenberg, D. and Smith, K.L. 1967. Coprophagy in marine animals. *Limnol. Oceanogr.* **12**, 443-450
- Frost, T.M. 1980. Clearance rate determinations for the freshwater sponge *Spongilla lacustris*: Effects of temperature, particle type and concentration, and sponge size. *Arch. Hydrobiol.* **90** (3), pp 330-356
- Gaino, E., Bavestrello, G., Cattaneo-Vietti, R. and Sarà, M., 1994. Scanning electron microscope evidence for diatom uptake by two Antarctic sponges. *Pol. Biol.* **14**, pp 55-58
- Galeron, J., Herman, R.L., Arnaud, P.M., Arntz, W.E., Hain, S. and Klages, M. 1992. Macrofaunal communities on the continental shelf and slope of the south-eastern Weddell Sea , Antarctica. *Pol. Biol.* **3**, pp 283-290
- Gallardo, V.A., Castillo, J., Retamal, M., Yáñez, A. and Moyano, H., and Hermosilla, J. 1977. Quantitative Studies on the soft-bottom macrobenthic animal communities of shallow Antarctic bays.- in: Llano, R. (ed.), *Adaptation within Antarctic ecosystems, Proc. 3. SCAR on Ant. Biol.*, pp 361-387
- Gauld, D.T. 1951. The grazing rate of planctonic copepods. *J. Mar. Biol. Assoc.* **29**, pp 695-706

- Gerdes, D., Klages, M., Arntz, W.E., Herman, R.L., Galeron, J. and Hain, S. 1992. Quantitative investigations on macrobenthos communities of the south-eastern Weddell Sea based on multibox corer samples. *Pol. Biol.* **12**, pp 291-301
- Gerlach, S. 1988. Skriptum. Einführung in die biologische Meereskunde. Sekundärproduktion. Kiel, 61pp
- Gerrodette, T. and Flechsig, A.O. 1979. Sediment-Induced Reduction in the Pumping Rate of the Tropical Sponge *Verongia lacunosa*. *Mar. Biol.* **55**, pp 103-110
- Gilbert, N.S. 1991. Microphytobenthic seasonality in near shore marine sediments at Signy Island, South Orkney Island, Antarctica. *Est. Coast. Shelf Sci.* **33**, pp 89-104
- Gili, J.M., Alvà, V., Pagès, F., Klöser, H. and Arntz, W.E. 1996. Benthic diatoms as the major food source in the sub-Antarctic marine hydroid *Silicularia rosea*. *Pol. Biol.* **16**, pp 507-512
- Gleitz, M., Bathmann, U.V. and Lochte, K. 1994. Build-up and decline of summer phytoplankton biomass in the eastern Weddell Sea, Antarctica. *Pol. Biol.* **14**, pp 413-422
- Grasshoff, E. 1983. Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinheim
- Grebmeier, J. and Barry, J.P. 1991. The influence of oceanographic processes on pelagic-benthic coupling in polar regions: A benthic perspective. *J. Mar. Sys.* **2**, pp 495-518
- Griffiths, C.L. and King, J.A. 1979. Some relationships between size, food availability and energy balance in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Mar. Biol.* **51**, pp 141-149

Literatur

- Hardy, P. 1972. Biomass estimates from some shallow water infaunal communities at Signy Island, South Orkney Islands. *Br. Ant. Surv. Bull.* **31**, pp 93-106
- Hargrave, B.T. 1973. Coupling carbon flow through some pelagic and benthic communities. *J. Fish. Res. Board Can.* **30**, pp. 1317-1326
- Hatcher, A. 1991. Effect of temperature on carbon, nitrogen and phosphorus turnover by the solitary ascidian *Herdmania momus* (Savigny). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **152**, pp 15-31
- Hawkins, A.J.S., Smith, R.F.M., Bayne, B.L. and Héral, M. 1996. Novel observations underlying the fast growth of suspension-feeding shellfish in turbid environments: *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **131**, pp 179-190
- Hemmingsen, A.M. 1960. Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces, and its evolution. *Rep. Steno Memorial Hosp. Nord. Insulinlab.* **9**, pp 1-110
- Hildreth, D.I. 1980. The passage of two species of micro-algae through the gut of *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **48**, pp 17-22
- Hildreth, D.I. and Crisp, D.J. 1976. A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve molluscs in an experimental flowing system. *J. Mar. Biol. Ass. UK* **56**, pp 111-120
- Hoegh-Guldberg, O., Welborn, J.R. and Manahan, D.T. 1991. Metabolic requirements of Antarctic and temperate asteroid larvae. *Ant. J. US* **26** (5), pp 170-172
- Holmes, N. 1973. Water transport in the ascidians *Styela clavata* (Herdman) and *Ascidrella aspersa* (Müller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **11**, pp 1-13

- Hong, G.H., Kim, D.Y., Chung, H. and Pae, S. 1991. Coastal and inshore water action, mixing and primary productivity in the Bransfield Strait, Antarctica. *Kor. J. Pol. Res.* **2** (1), pp 43-59
- Humphreys, W.F. 1979. Production and respiration in animal populations. *J. Anim. Ecol.* **48**, pp 427-453
- Iglesias, J.I.P., Navarro, E., Alvarez Jorna, P. and Armentia, I. 1992. Feeding, particle selection and adsorption in cockles *Cerastoderma edule* (L.) exposed to variable conditions of food concentration and quality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **162**, pp 177-198
- Iken, K. 1995. Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George Island, Antarctica). Diss. Univ. Bremen
- Jazdzewski, K., Jurasz, W., Kittel, W., Presler, E., Presler, P. and Sicinski, J. 1986. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands.- *Pol. Biol.* **6**, pp 5-16.
- Jørgensen, C.B. 1984. Effect of grazing: Metazoan Suspension Feeders. in: Hobbie, J. and Williams, P. (eds). *Heterotrophic activities in the Sea*. Plenum Press NYC; pp 445-464
- Jørgensen, C.B. 1990. Bivalve Filter Feeding: Hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology. Olsen & Olsen, Fredensborg, 140 pp
- Jørgensen, C.B., Kiørboe, T., Møhlenberg, F. and Riisgård, H.U. 1984. Ciliary and mucus net filter feeding, with special reference to fluid mechanical characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **15**, pp 282-292
- Kaufmann, R., Forstner, H. and Wieser, W. 1988. Respirometry - methods and approaches.- in: Bridges, Butler (eds) *Techniques in comparative*

Literatur

- respiratory physiology: An experimental approach.- Soc. Exp. Biol. Sem. Ser., Cambridge, pp 51-76
- Kilian, E., 1952. Wasserströmung und Nahrungsaufnahme beim Süßwasserschwamm *Ephydatia fluviatilis*. Z. Vgl. Physiol. **34**, pp 407-447
- Kjørboe, T., Møhlenberg, F. and Nøhr, O. 1981. Effect of suspended bottom material on growth and energetics in *Mytilus edulis*. Mar. Biol. **61**, pp 283-288
- Kirkwood, J.M. and Burton, H.R. 1988. Macrobenthic species assemblages in Ellis Fjord, Vestfold Hills, Antarctica. Mar. Biol. **97**, pp 445-457
- Klöser, H., Ferreyra, G., Schloss, I., Mercuri, G., Laturus, F. and Curtosi, A. 1994a. Hydrography of Potter Cove, a Small Fjord like Inlet on King George Island (South Shetlands). Est. Coast, Shelf Sci. **38**, pp 523-537
- Klöser, H., Mercuri, G., Laturus, F., Quartino, M.L. and Wiencke, C. 1994b. On the competitive balance of macroalgae at Potter Cove (King George Island, South Shetlands). Pol. Biol. **14** (1), pp 11-16
- Klöser, H., Quartino, M.L. and Wiencke, C. 1996. Distribution of macroalgae and macroalgal communities in gradients of physical conditions in Potter Cove, King George Island, Antarctica. Hydrobiologia **333** (1), pp 1-17
- Klumpp, D.W. 1984. Nutritional ecology of the ascidian *Pyura stolonifera*: influence of body size, food quantity and quality on filter-feeding, respiration, assimilation efficiency and energy balance. Mar. Ecol. Prog. Ser. **19**, pp 269-284
- Klumpp, D.W., Bayne, B.L. and Hawkins, A.J.S. 1992. Nutrition of the giant clam *Tridacna gigas* (L.). I. Contribution of filter feeding and photosynthates to respiration and growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **155**, pp 105-122

- Koike, I., Holm-Hansen, O. and Biggs, D.C. 1986. Inorganic nutrient metabolism by Antarctic phytoplankton with special reference to ammonium cycling. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **30**, pp 105-116
- Koltun, V.M. 1968. Spicules of sponges as an element of the bottom sediments of the Antarctic. in: *Symposium on Antarctic Oceanography*; Scott Polar Res. Inst. Cambridge, pp 3-121
- Koltun, V.M. 1970. Sponges of the Arctic and Antarctic: a faunistic review. *Symp. zool. Soc. London* **25**, pp 285-297
- Konecki, J.T. and Targett, T.E. 1989. Eggs and larvae of *Nototheniops larseni* from the spongocoel of a hexactinellid sponge near Hogo Island, Antarctic Peninsula. *Pol. Biol.* **10**, pp 197-198
- Kott, P. 1969. Antarctic Ascidiacea.- *Ant. Res. Ser.* **13**, 239 pp
- Kott, P. 1971. Antarctic Ascidiacea II.- *Ant. Res. Ser.* **17**, pp 11-82
- Kottmeier, S.T., Grossi, M. and Sullivan, C.W. 1987. Sea ice microbial communities. VIII. Bacterial production in annual sea ice of McMurdo Sound, Antarctica. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **35**, pp 175-186
- Krebs, W.N. 1983. Ecology of neritic marine diatoms, Arthur Harbour, Antarctica. *Macropaleontology* **29**, pp 267-297
- Krebs, W.N. 1983. Ecology of neritic marine diatoms, Arthur Harbour, Antarctica. *Micropaleontology* **29** (3), pp 267-297
- Kühne, S. 1997. Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis. Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik. Diss. Universität Bremen, 153 pp

Literatur

- Kunzmann, K. 1996. Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiaea) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna. Ber. Pol. Forsch. **210**, 93 pp
- Langdon, C.J. and Kreeger, D.A. 1989. Utilization of cellulosic detritus and bacteria as a food source by marine suspension feeders. J. Shellfish. Res. **8** (1), p 322
- Leakey, R.J.G., Fenton, N. and Clarke, A. 1994. The annual cycle of planctonic ciliates in nearshore waters at Signy Island, Antarctica. J. Planc. Res. **16**, pp 841-856
- Lindemann, R. 1942. The trophic dynamic aspect of ecology. Ecology **23**, pp 399-418
- Loo, L.O. 1992. Filtration, assimilation, respiration and growth of *Mytilus edulis* L. at low temperatures. Ophelia **35** (2), pp 123-131
- Loosanoff, V.L. and Tommers, F.D. 1948. Effect of suspended silt and other substances on rate of feeding oysters. Science **107**, pp 69-70
- Martin, J.L., Sornin, J.M. and Marchand, M. 1991. The significance of oyster biodeposition in concentrating organic matter and contaminants in the sediment. Aquacult. Environ. **14**, p 207
- Martos, A.R. and Yraola, I. 1991. Análisis preliminar del macrobentos capturado en la campaña "Antártida 9101".- in: Castellvi (ed) Actas del cuarto español de estudios Antárticos, Comisión interministerial de Ciencia y tecnología, pp 141-153
- McCance, R.A. and Masters, M. 1937. The chemical composition and the acid base balance of *Archidoris britannica*. J. Mar. Biol. Assoc. UK **22**, pp 273-279

- McClintock, J.B. 1987. Investigation of the relationship between invertebrate predation and biochemical composition, energy content, spicule armament and toxicity of benthic sponges at McMurdo-Sound, Antarctica. *Mar. Biol.* **94**, pp 479-487
- McClintock, J.B., Heine, J., Slattery, M. and Weston, J. 1991. Biochemical and energetic composition, population biology and biochemical defence of the Antarctic ascidian *Cnemidocarpa verrucosa* Lesson.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **147**, pp 163-175.
- McGinitie, G.E. 1939. The method of feeding of tunicates. *Biol. Bull. mar. biol. Lab. Woods Hole* **77**, pp 443-447
- Millar, R.H. 1960. Ascidiacea. *Disc. Rep.* **30**, 1-160
- Mills, E. and Hessler, R.R. 1974. Antarctic benthic communities : Hudson's 1970 expedition. *Ant. J. US* **9**, pp 312-316
- Møhlenberg, F. and Kiørboe, T. 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia* **20**, pp 79-90
- Møhlenberg, F. and Riisgård, H.U. 1978. Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. *Ophelia* **17** (2), pp 239-246
- Nakajima, Y., K. Watanabe and Y. Naito 1982. Diving observations of the marine benthos at Syowa Station, Antarctica.- *Mem. Nat. Inst. Pol. Res.* **23**, pp 44-54
- Navarro, J.M. and Winter, J.E. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Mar. Biol.* **67**, pp 255-266
- Navarro, E., Iglesias, J.I.P. and Ortega, M.M. 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): effect of variable particle

Literatur

- concentration on feeding, digestion and the scope for growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **156**, pp 69-87
- Nicol, D. 1967. Some characteristics of cold water marine pelecypods. J. Paleont. **41**, pp 1330-1340
- Officer, C.B., Smayda, T.J. and Mann, R. 1982. Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. Mar. Ecol. Prog. Ser. **9**, pp 203-210
- Olah, E.H. and Allemann, B.H. 1966. Métabolisme oxydatif de quelques organismes recoltés en Méditerranée. Rec. Trav. St. Mar. Endoume, **41 (57)**, pp 3-8
- Page, H.M., Fisher, C.R. and Childress, J.J. 1990. Role of filter feeding in the nutritional biology of a deep sea mussel with methanotrophic symbionts. Mar. Biol. **104**, pp 251-257
- Palmer, R.E. and Williams, L.G. 1980. Effect of particle concentration on filtration efficiency of the bay scallop *Argopecten irradians* and the oyster *Crassostrea virginica*. Ophelia **19**, pp 163-174
- Palmisano, A.C., Soohoo, J.B., White, D.C., Smith, G.A., Stanton, G.R. and Burckle, L.H. 1985. Shade adapted benthic diatoms beneath Antarctic sea-ice. J. Phycol. **21**, pp 664-667
- Pearse, J.S., Bosch, I., McClintock, J.B., Marinovic, B. and Britton, R. 1986. Contrasting modes of reproduction by common shallow water Antarctic invertebrates. Ant. J. US **19 (5)**, pp 138-139
- Pearse, V.B. and Pearse, J.S. 1992. Feeding rates of temperate and Antarctic sea-star larvae: a viscosity effect? Ant. J. US **27 (5)**, pp 132-133

- Pecherzewski, K. 1980. Distribution and quantity of suspended matter in Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands). Pol. Pol. Res.1, pp 75-82
- Peters, W. 1966. Chitin in Tunicata. *Experientia* **22**, pp 820-821
- Petersen, J.K. and Riisgård, H.U. 1992. Filtration capacity of the ascidian *Ciona intestinalis* and its grazing impact in a shallow fjord. Mar. Ecol. Prog. Ser. **88**, pp 9-17
- Petersen, J.K., Schou, O. and Thor, P. 1995. Growth and energetics in the ascidian *Ciona intestinalis*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **120**, pp 175-184
- Pile, A.J., Patterson, M.R. and Witman, J.D. 1996. *In situ* grazing on plankton <10µm by the boreal sponge *Mycale lingua*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **141**, pp 95-102
- Platt, H.M. 1979. Ecology of King Edward Cove, South Georgia: macrobenthos and the benthic environment. Brit. Ant. Sur. Bull. **49**, pp 231-238
- Porter, K.G. 1976. Enhancement of algal growth and productivity by grazing zooplankton. *Science* **192**, pp 1332-1334
- Powell, A.W.B. 1965. Mollusca of Antarctic and Subantarctic Seas. in: van Oye, P. & van Mieghem, J. (eds) Biogeography and ecology in Antarctica. The Hague, Netherlands, pp 333-380
- Powell, E.N., Hoffmann, E.E., Klinck, J.M., and Ray, S.M. 1992. Modelling oyster populations. A commentary on filtration rate. Is faster always better? J. Shellfish Res. **11**, pp 387-398
- Propp, M.V., 1970. The study of bottom fauna at Haswell Islands by SCUBA diving. In: Holgate, M.W. (ed), Antarctic Ecology **1**, Academic Press, London pp. 244-257

Literatur

- Putter, A. 1914. Der Stoffwechsel der Kieselschwämme. Z. allg. Physiol. **16**, pp 65-114
- Ralph, R. and Maxwell, J.G.H. 1977a. Growth of two Antarctic lamelli-branches: *Adamussium colbecki* and *Laternula elliptica*. Mar. Biol. **42**, pp 171-175
- Ralph, R. and Maxwell, J.G.H. 1977b: The oxygen consumption of the Antarctic lamellibranch *Gaimardia trapesina* in relation to cold adaptation in polar invertebrates.- Br. Antarc. Surv. Bull. **45**, pp 41-46.
- Randløv, A. and Riisgård, H.U. 1979. Efficiency of particle retention and filtration rate in four species of ascidians. Mar. Ecol. Prog. Ser. **1**, pp 55-59
- Rauschert, M. 1991. Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island (Südshetlandinseln, Antarktis). Ber. Polarforsch. **76**, 75pp
- Reiswig, H.M. 1971. Particle Feeding in Natural Populations of Three Marine Demosponges. Biol. Bull. **141**, pp 568-591
- Reiswig, H.M. 1974. Water transport, respiration and energetics of three tropical marine sponges. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **14**, pp 231-249
- Reiswig, H.M. 1975. Bacteria as food for temperate-water marine sponges. Can. J. Zool. **53**, pp 582-589
- Reiswig, H.M. 1990. In situ feeding in two shallow water hexactinellid sponges. in: Rützler, K. (ed) New perspectives in sponge biology. Smith. Inst. Press, Washington D.C., pp 504-510

- Richardson, M.D. and Hedgpeth, J.W. 1977. Antarctic soft bottom, macrobenthic community adaptations to a cold, stable, highly productive, glacially affected environment. in: G.A. LLano (ed) Adaptations within Antarctic ecosystems. Washington D.C., Smithsonian Institution, pp 181-196
- Rigler, R.H. 1961. The relation between concentration of food and feeding rate of *Daphnia magna* Straus. Can. J. Zool. **39**, pp 857-868
- Riisgård, H.U. 1977. On measurements on the filtration rates of suspension feeding bivalves in a flow system. Ophelia **16**, pp 167-173
- Riisgård, H.U., Thomassen, S., Jakobsen, H., Weeks, J.K. and Larsen, P.S. 1993. Suspension feeding in marine sponges *Halichondria panicea* and *Haliclona urceolus*: effects of temperature on filtration rate and energy cost of pumping. Mar. Ecol. Prog. Ser. **96**, pp 177-188
- Robbins, I.J. 1983. The effects of body size, temperature and suspension density on the filtration and ingestion of inorganic particulate suspensions by ascidians. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **70**, pp 65-78
- Robbins, I.J. 1984. The regulation of ingestion rate, at high suspended particulate concentrations , by some phleobranchiate ascidians. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **82**, pp 1-10
- Robbins, I.J. 1985a. Ascidian growth and survival at high inorganic particulate concentrations. Mar. Poll. Bull. **16 (9)**, pp 365-367
- Robbins, I.J. 1985b. Food passage and defecation in *Ciona intestinalis* (L.); the effects of suspension quantity and quality. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **89**, pp 247-254

Literatur

- Roese, M., Speroni, J., Drabble, M. and Pascucci, C. 1993. Medición de corrientes en Caleta Potter, Antártida. Resúmenes de las jornadas nacionales de Ciencias de Mar, Puerto Madryn, 1993
- Roman, M.R. and Rublee, P.A. 1980. Containment effects in copepod grazing experiments. *Limnol. Oceanogr.* **25**, pp 982-990
- Ronner, U., Sorensson, F. and Holm-Hansen, O. 1983. Nitrogen assimilation by phytoplankton in the Scotia Sea. *Pol. Biol.* **2**, pp 137-147
- Rubenstein, D.I. and Koehl, M.A.R., 1977. The mechanisms of filter feeding: some theoretical considerations. *Amer. Natur.* **111**, pp 981-994
- Sahade, R., Tatián, M., Kowalke, J., Kühne, S. and Esnal, G. in press. Benthic faunal associations on soft substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. *Pol. Biol.*
- Sáiz-Salinas, J.I., Ramos, A., García, F.J., Troncoso, J.S., San Martín, G., Sanz, C. and Palacin, C. 1997. Quantitative analysis of macrobenthic soft bottom assemblages in South Shetland waters (Antarctica). *Pol. Biol.* **17** (4), pp 393-400
- Sarà, M., Balduzzi, A., Barbieri, M., Bavestrello, G. and Burlando, B. 1992. Biogeographic traits and checklist of Antarctic demosponges. *Pol. Biol.* **12**, pp 559-585
- Schloss, I., Ferreyra, G., Mercuri, G. and Kowalke, J. (submitted). Potential food availability for benthic filter feeders in an Antarctic coastal shallow environment: a sediment trap study.
- Schloss, I., Klöser, H., Ferreyra, G., Curtosi, A., Mercuri, G. and Pinola, E. 1994. Factors governing phytoplankton and particulate matter variation in Potter Cove, King George Island, Antarctica. SCAR symposium, Venice

-
- Schmidt, I. 1970. Phagocytose et pinocytose chez les Spongillidae. Z. Vergl. Physiol. **66**, pp 398-420
- Smaal, A.C., Verhagen, J.H.G., Coosen, J. and Haas, H.A. 1986. Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde, The Netherlands. *Ophelia* **26**, pp 385-399
- Smith, D.C., Simon, M., Alldredge, A.L. and Azam, F. 1992. Intense hydrolytic enzyme activity on marine aggregates and implications for rapid particle dissolution. *Nature* **359** (6391), pp 139-142
- Soniat, T.M., Ray, S.M. and Jeffrey, L.M. 1984. Components of the and possible available food for oysters in Galveston Bay, Texas. *Contrib. Mar. Sci.* **27**, pp 127-141
- Starmans, A. 1997. Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Megaepibenthos der Arktis und Antarktis. Diss. Uni Bremen, 140 pp
- Stuart, V. 1982. Absorbed ration, respiratory costs and resultant scope for growth in the mussel *Aulacomya ater* (Molina) fed on a diet of kelp detritus of different ages. *Mar. Biol. Lett.* **3**, pp 289-306
- Stuart, V. and Klumpp, D.W. 1984. Evidence for food-resource partitioning by kelp-bed filter feeders. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **16**, pp 27-37
- Svane, I. and Young, C.M. 1989. The ecology and behaviour of ascidian larvae. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* **27**, pp 45-90
- Taghon, G.L. 1981. Beyond selection: optimal ingestion rate as a function of food-value. *Am. Nat.* **118**, pp 202-214
- Tambiyev, S.B., Belyayeva, A.N., Lyutsarev, S.V., Demina, L.L. Idzhiyan, M.G. and Konnov, V.A. 1986. Chemical composition of organic aggrega-

Literatur

- tes produced by aeration of natural sea water. Oceanol. Acad. Sci. USSR. **26** (1), pp 58-61
- Tatian, M. and Sahade, R. (in press). Niveles de materia organica en los contenidos estomacales de ascidias (Tunicata, Ascidiacea) de la Isla 25 de Mayo, Antartida. IV Jornadas de Investigaciones Antarticas, Buenos Aires 1997
- Teal, J.M. 1957. Community metabolism in a temperate cold spring. Ecol. Monogr. **27**, pp 283-302
- Tedengren, M., André, C., Johannesson, K. and Kautzky, N. 1990. Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis* evaluated through reciprocal transplantations. III. Physiology. Mar. Ecol. Prog. Ser. **59**, pp 221-227
- Thomassen, S. and Riisgård, H.U. 1995. Growth and energetics of the sponge *Halichondria panicea*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **128**, pp 239-246
- Thompson, R.J. and Bayne, B.L. 1972. Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **9**, pp 111-124
- Thompson, R.J. 1972. Ether Lipids. Snyder, F. (ed), Academic Press, London, pp 313-320
- Tracy, M.L. 1982. Comparative metabolism of polar and temperate climate ascidians. PhD Thesis, University of California Davis, 209 pp
- Trylis, V.V. 1993. Seasonal variation of oxygen uptake rate by some freshwater sponges. Hydrbiological J **29**(7), pp 77-80
- Tsuchiya, M. 1980. Biodeposit production by the mussel *Mytilus edulis* L. on rocky shores. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **47**, pp 203-222

- Tucker, M.J. and Burton, H.R. 1988. The inshore marine ecosystem of the Vestfjord Hills, Antarctica. *Hydrobiol.* **165**, pp
- Vacelet, J. and Donadey, C. 1977. Electron microscope study of the association between some sponges and bacteria. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **30**, pp 301-314
- Vacelet, J. und Buory-Esnault, N. 1995. Carnivorous sponges. *Nature* **373**, pp 333-335
- Vogel, S. 1974. Current-induced flow through the sponge *Halichondria*. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole* **147**, pp 443-456
- Vogel, S. 1977. Current-induced flow through living sponges in nature. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **74**, pp 2069-2071
- Vogel, S. 1981. *Life in moving fluids*. Willard Grant, Boston
- Voss, J. 1988. Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis). *Ber. Polarforsch.* **45**, 145 pp
- Wägele, J.W. 1988. Aspects of the life cycle of the Antarctic fish parasite *Gnathia calva* Vanhöffen (Crustacea, Isopoda). *Pol. Biol.* **8**, pp 287-291
- Walne, P.R. 1965. Observations on the influence of food supply and temperature on the feeding and growth of the larvae of *Ostrea edulis*. *Fishery. Invest., Lond.* **24**, pp 1-45
- Walne, P.R. 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **52**, pp 345-374
- Wells, R.M.G., Tetens, V. and De Vries, A.L. 1984. Recovery from stress following capture and anaesthesia of Antarctic fish: haematology and blood chemistry.- *J. Fish Biol.* **25**, pp 567-576.

Literatur

- Werner, B. 1959. Das Prinzip des endlosen Schleimfilters beim Nahrungserwerb wirbelloser Meerestiere. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* **44**, pp 181-216
- Werner, E. and Werner, B. 1954. Über den Mechanismus des Nahrungserwerbs der Tunikaten, speziell der Ascidien. *Helgol. wiss. Meeresunters.* **5**, pp 57-92
- Wilkinson, C.R. 1978. Microbial associations in sponges. I. Ecology, physiology and microbial populations of coral reef sponges. *Mar. Biol.* **49**, pp 161-167
- Williams, L.G. 1982. Mathematical Analysis of the Effects of Particle Retention Efficiency on Determination of Filtration Rate. *Mar. Biol.* **66**, pp 171-177
- Winston, J.E. and Heimberg, B.F. 1988. The role of Bryozoans in their benthic community at Low Island, Antarctica. *Antarc. J. US* **21**, pp. 188-189
- Winter, J.E. 1978. A review on the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aqua culture systems. *Aquaculture* **13**, pp 1-33
- Witte, U. and Graf, G. 1996. Metabolism of deep-sea sponges in the Greenland-Norwegian Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **198**, pp 223-235
- Zamorano, J. H. 1983. Zonación y biomasa de la macrofauna bentónica en Bahía South, Archipiélago de Palmer, Antártica.- *INACH Ser. Cient.* **30**, pp 27-38.
- Zamorano, J.H., Duarte, W.E. and Moreno, C.A. 1986. Predation upon *Later-nula elliptica* (Bivalvia: Anatinidae): a field manipulation in South Bay, Antarctica. *Pol. Biol.* **6**, pp 139-143
- Zaret, R.E. 1980. *Evolution and Ecology of Zooplankton Communities.* University Press of New England, Hanover, New Hampshire. pp 3-9

Tab.11.1: Variabilität der Partikelanzahl von November 1995 bis Januar 1996

Datum	1-1,2µm	1,2-3µm	3-8µm	8-12µm	12-30µm
26.11.1995	12439	80231	8625	374	88
28.11.1995	28864	82664	4248	228	64
29.11.1995	12823	42955	5034	1259	77
30.11.1995	14200	48865	6052	40	1
01.12.1995	21039	81001	13419	368	65
02.12.1995	13936	63419	12603	468	143
03.12.1995	7210	39027	3816	167	65
05.12.1995	16843	78405	10555	507	76
06.12.1995	5714	36943	5454	187	40
07.12.1995	6460	36845	4034	133	36
09.12.1995	9936	59040	6585	338	43
10.12.1995	23239	87634	11391	587	169
15.12.1995	13672	79272	10386	840	291
04.01.1996	16797	81634	6627	294	76
11.01.1996	12360	118127	20829	1408	319
16.01.1996	11641	80642	17620	1190	144
26.01.1996	10439	78683	8987	442	107
30.01.1996	10641	84872	12007	701	164
31.01.1996	13122	108610	19212	879	183
MiWert 26.11.-15.12	14337	62792	7862	423	89
Standardab in%	6798 47,4	19730 31,4	3450 43,9	331 78,2	75 84,1
MiWert 4.1.-31.1.	12500	92095	14214	819	166
Standardab in%	2337 18,7	16870 18,3	5833 41,0	429 52,4	85 51,1

Tab. 11.2: Partikelgehalt/ml der Wassersäule in 30m Tiefe pro Monat mit geschätzter Variabilität

	0,8 bis 1,2µm	1,2 bis 3µm	3 bis 8µm	8 bis 12µm	12 bis 30µm
Februar	5898 ±1100	69597 ±13000	5898 ±2500	357 ±200	83 ±40
März	5284 ±1000	79552 ±15000	3749 ±1500	286 ±150	251 ±130
April	3749 ±700	88547 ±16000	7887 ±3200	172 ±90	55 ±30
Mai	4790 ±900	33883 ±6200	2622 ±1000	169 ±90	60 ±30
Juni	7887 ±1500	74246 ±14000	2173 ±900	152 ±80	67 ±30
Juli	14351	95141	14351	647	85
August	2622	33883	2622	169	60
September	4851	65110	4851	192	99
Oktober	2173 ±1000	74246 ±23000	2173 ±900	152 ±120	67 ±60
November	3599 ±1700	58505 ±18000	3599 ±1600	276 ±200	910 ±750
Dezember	10386 ±5000	79272 ±25000	10386 ±4500	1096 ±800	291 ±250
Januar	3980 ±700	92487 ±17000	3980 ±1600	291 ±150	65 ±30

Anhang

Tab. 11.3: Energiegehalt der Wassersäule in 30 m Tiefe in J/l pro Monat mit geschätzter Variabilität

	0,8 - 1,2µm		1,2 - 3µm		3 - 8µm		8 - 12µm		12 - 30µm	
Februar	<1	<1	<1	<1	66	±30	<1	<1	<1	<1
März	1	<1	66	±10	59	±20	<1	<1	118	±60
April	2	<1	<1	<1	93	±40	36	±20	4	±2
Mai	<1	<1	<1	<1	51	±20	<1	<1	3	±1
Juni	9		<1		12		153		16	
Juli	10		45		101		88		<1	
August	<1		<1		9		<1		<1	
September	<1		<1		12		142		<1	
Oktober	2	±1	119	±40	129	±60	<1	<1	9	±7
November	<1	<1	115	±30	180	±80	<1	<1	63	±50
Dezember	3	±1	115	±30	48	±20	108	±80	95	±80
Januar	4	±1	<1	<1	223	±90	125	±70	41	±20

Tab. 11.4: Anorganischer und organischer Anteil des partikulären Sestons in mg/l von Februar 1995 bis Januar 1996 in 30m Tiefe

	anorg		org		anorg		org		anorg		org		gesamt
	0,8 bis 1,2µm		1,2 bis 3µm		3 bis 8µm		8 bis 12µm		12 bis 30µm				
Februar	2,4	7,9	0,3	0,7	16,5	16,2	7,8	9,8	8,9	3,0			73,6
März	1,3	3,6	0,7	0,6	22,2	28,1	0,4	0,4	11,0	13,6			81,8
April	0,4	0,6	0,2	0,3	3,4	4,9	2,0	1,9	3,5	4,2			21,5
Mai	0,2	0,4	0,2	0,2	5,8	6,2	1,6	1,4	2,7	4,3			23,0
Juni	0,1	0,3	1,6	8,4	17,4	20,4	4,0	4,3	1,6	2,3			60,5
Juli	4,3	7,4	1,9	3,5	28,0	26,1	3,2	2,8	174,1	121,8			373,3
August	0,1	0,3	0,2	0,3	1,2	0,9	0,2	0,3	0,2	0,2			3,9
September	0,1	0,3	0,2	0,3	3,4	2,9	6,2	9,0	0,2	0,3			22,8
Oktober	0,7	3,7	5,4	14,6	7,2	6,7	2,2	6,4	0,3	0,3			47,4
November	2,8	8,6	1,1	0,9	3,7	15,1	0,1	0,2	4,1	4,2			40,9
Dezember	3,2	5,1	0,9	1,7	6,3	10,2	2,3	4,5	8,8	11,3			54,3
Januar	2,7	7,3	2,7	6,5	17,5	16,1	4,5	4,7	10,3	9,3			81,5

Tab.11.5: Retentionseffizienzen aller untersuchten Arten in %

Partikel- durch- messer	<i>Ascidia chall- engeri</i>	<i>Cnemi- docarpa verru- cosa</i>	<i>Corella eumyota</i>	<i>Molgula pedun- culata</i>	<i>Laternula elliptica</i>	Partikel- durch- messer	<i>Mycale acerata</i>	<i>Isodictya kergue- lensis</i>
1,097	0,0	0,0	0,0	1,9	10,8	0,344	62,9	32,0
1,146	0,0	0,0	5,0	3,1	12,7	0,486	72,4	49,4
1,197	4,2	0,0	7,0	4,1	13,7	0,688	64,8	67,0
1,25	14,6	0,0	8,5	7,0	16,9	0,834	16,7	0,0
1,305	28,4	0,0	9,9	9,6	20,9	0,871	8,7	0,0
1,364	40,3	0,0	14,0	15,4	25,6	0,909	10,4	0,0
1,424	49,4	1,4	17,8	20,9	29,4	0,95	7,3	0,0
1,487	57,7	9,1	21,6	26,3	33,5	0,992	7,8	0,0
1,554	61,2	22,8	24,8	30,0	36,6	1,036	100,0	0,0
1,623	63,3	30,5	28,9	33,9	39,9	1,082	97,2	2,8
1,695	64,6	36,1	32,4	35,8	43,1	1,13	97,4	2,6
1,77	65,8	40,8	35,4	37,5	45,6	1,146	97,9	2,1
1,849	65,9	48,3	38,9	39,4	48,7	1,197	98,2	1,8
1,931	66,0	50,6	41,4	39,9	51,4	1,25	97,6	2,4
2,017	65,5	51,4	42,4	40,7	53,4	1,305	94,3	5,7
2,106	65,0	55,4	44,6	41,6	54,2	1,364	89,9	10,1
2,2	65,0	53,9	45,2	43,3	58,6	1,424	85,3	14,7
2,298	64,2	59,2	47,2	41,6	61,2	1,487	80,1	19,9
2,4	62,8	59,3	49,8	43,1	63,6	1,554	77,8	22,2
2,507	64,3	62,3	50,9	42,1	64,5	1,623	73,6	26,4
2,618	62,8	65,7	52,6	45,7	65,8	1,695	71,8	28,2
2,735	64,1	69,9	52,5	48,1	66,9	1,77	69,9	30,1
2,856	63,7	67,4	53,2	48,2	66,2	1,849	69,5	30,5
2,983	61,1	70,8	54,7	45,1	67,1	1,931	68,3	31,7
3,116	61,5	75,0	55,7	48,4	67,8	2,017	69,1	30,9
3,254	62,5	76,6	54,9	51,7	67,7	2,106	68,2	31,8
3,399	63,3	78,1	56,9	47,7	70,6	2,2	68,7	31,3
3,55	61,8	79,2	56,3	51,4	70,1	2,298	65,6	34,4
3,708	67,4	83,2	53,2	51,5	71,3	2,4	67,0	33,0
3,872	70,4	85,5	56,4	53,6	73,4	2,507	67,2	32,8
4,045	69,4	86,4	62,3	59,2	73,5	2,618	63,7	36,3
4,224	71,3	89,2	67,4	60,4	73,5	2,735	64,7	35,3
4,412	73,2	90,0	69,8	64,4	71,2	2,856	64,9	35,1
4,608	75,4	88,7	70,5	67,5	68,3	2,983	65,4	34,6
4,813	71,2	89,0	75,1	66,8	66,8	3,116	62,8	37,2
5,027	73,1	86,0	76,2	68,2	65,0	3,254	63,3	36,7
5,251	79,0	89,7	75,4	70,7	59,3	3,399	60,9	39,1
5,484	73,9	87,8	76,1	66,4	60,5	3,55	62,8	37,2
5,982	79,3	89,7	76,3	71,5	62,8	3,872	60,4	39,6
6,248	79,8	89,4	72,8	73,6	62,0	4,045	52,4	47,6
6,526	77,9	78,5	73,9	77,6	69,6	4,224	49,1	50,9
6,816	74,5	90,4	74,8	76,8	72,1	4,412	45,1	54,9
7,119	80,3	84,5	72,7	78,4		4,608	44,1	55,9
7,766	77,6	76,9	77,3	80,7		5,027	39,4	60,6
8,111	79,5	76,8	77,8	82,8		5,251	38,1	61,9
8,849	79,4	79,5	82,7	75,8		5,728	38,3	61,7

Anhang

Tab. 11.6: Pumpraten der Ascidien *A. challengeri* und *C. verrucosa* in ml/h bezogen auf Trockengewicht und aschefreies Trockengewicht

<i>Ascidia challengeri</i>			<i>Cnemido. verrucosa</i>		
Pumprate	gTG	gAFTG	Pumprate	gTG	gAFTG
324,7	3,0908	0,8606	320,9	2,326	0,7429
271,0	3,2417	0,9191	412,8	3,195	0,9989
342,6	3,2472	0,9424	395,1	3,9918	1,2135
319,2	3,4959	0,9881	408,6	4,0699	1,1116
322,9	3,548	0,9532	496,5	4,1201	1,4463
303,1	3,7732	1,1193	434,7	4,7784	1,4593
386,4	4,3187	1,2796	377,5	5,2679	1,532
281,9	4,3948	1,0433	380,5	5,436	1,5866
380,2	4,5138	1,2194	307,0	5,6724	1,355
343,9	4,8708	1,3987	407,1	6,3543	2,3426
316,3	4,8999	1,4483	405,9	6,5278	1,9208
388,2	4,9189	1,4782	399,6	6,5927	2,6982
276,1	5,0143	1,1849	420,5	7,0138	1,7787
363,2	5,3591	1,6266	435,7	7,6232	1,533
362,0	5,5833	1,5921	497,6	7,7232	2,375
433,9	5,673	1,572	411,1	9,4598	1,8419
498,0	5,7243	1,4501	518,9	10,4573	2,0527
460,7	5,8912	1,4145	444,6	11,8318	2,5249
833,3	7,0355	2,2425	644,2	13,3397	3,9044
618,7	8,0981	2,0048	756,4	19,3896	4,9373
584,6	8,3303	2,4843	811,3	27,5596	6,58524
			780,4	28,579	7,4322

Tab. 11.7: Pumpraten von *C. eumyota*, *M. pedunculata* und *M. acerata* in ml/h bezogen auf Trockengewicht und aschefreies Trockengewicht

<i>Corella eumyota</i>			<i>Molgula pedunculata</i>		
Pumprate	gTG	gAFTG	Pumprate	gTG	gAFTG
249,7	4,6577	1,1055	214,0	0,484	0,1273
254,1	4,7785	1,2123	121,8	0,5701	0,1783
265,4	6,6372	1,7824	189,3	0,8838	0,2258
447,8	8,2248	2,2585	157,6	1,0103	0,2727
427,3	8,2434	2,2212	208,8	1,1174	0,2967
404,4	9,0378	3,092	179,7	1,1912	0,2965
408,3	9,0612	2,4287	171,6	1,284	0,3194
393,7	13,5681	4,3562	225,7	1,3576	0,3111
			264,0	1,4634	0,3304
			309,1	1,5856	0,4046
			246,4	1,6546	0,3464
			348,4	1,9524	0,3204
			356,3	2,2087	0,5433
			423,2	2,3077	0,5958
			209,5	2,4973	0,5798
			323,8	3,1062	0,5554
			242,3	3,3498	0,6158
			261,6	4,5108	0,9093
			441,7	4,7941	0,8236
			408,6	7,4581	1,8632
			457,9	9,7407	2,2446
			517,1	12,1368	3,2046

<i>Mycale acerata</i>		
Pumprate	gAFTG	gTG
369,7	5,2277	37,6745
514,5	11,2838	51,6997
767,6	15,0803	63,6117
501,7	18,8769	77,1572
535,4	26,375	115,0232
707,2	26,4754	182,8475
1227,7	28,1321	186,2798

Anhang

Tab. 11.7: Pumpraten von *I. kerguelensis* und *L. elliptica* in ml/h bezogen auf Trockengewicht und aschefreies Trockengewicht

<i>Isodictya kerguelen.</i>			<i>Laternula elliptica</i>		
Pumprate	gAFTG	gTG	Pumprate	gAFTG	gTG
198,4	0,5092	1,9419	52,2	0,4455	6,9474
253,1	0,5993	2,9624	328,3	0,9333	7,5592
131,3	0,8134	2,1759	294,6	1,3344	8,0388
207,5	1,0493	3,5674	321,6	2,112	10,3802
198,6	1,0916	5,9772	420,0	2,6222	11,2716
439,4	2,2256	11,559	313,7	3,5624	11,5456
295,8	4,8098	21,2844	331,6	3,6737	11,9924
503,5	6,5939	22,1818	276,5	3,9155	12,3538
322,9	8,5007	28,3047	305,4	4,221	11,9816
435,3	8,9892	37,7892	301,5	4,6005	14,6905
654,2	9,0914	79,4555	351,7	4,7191	14,234
329,0	9,6632	35,2751	339,4	4,7937	11,5456
417,1	11,2253	53,1619	471,2	4,9547	13,636
447,0	11,3516	40,5419	317,8	5,0462	14,7816
500,5	21,0121	107,3229	270,5	5,3836	14,4906
774,8	35,1989	140,8514	401,7	5,7353	14,4242
			336,8	5,7592	13,6215
			519,5	6,8078	18,2796
			435,5	7,0841	16,1539
			401,0	7,3082	15,9354

13. Danksagung

Zunächst gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. W.E. Arntz, der mir die Arbeit sowie die Expeditionen zur Potter Cove ermöglichte und durch kritische Revisionen des Manuskripts die Endversion verbessern half.

Frau Dr. D. Abele trug durch ständige Diskussionsbereitschaft und wertvolle Hinweise wesentlich zum Gelingen bei.

Herrn Dr. V.M. Koltun, St. Petersburg, danke ich für die Unterstützung bei der Bestimmung der Schwämme.

Herr Prof. Dr. I. Lamprecht, FU Berlin, weihte mich so gut in die Geheimnisse der Kalorimetrie ein, dass sie für mich nun keine mehr sind.

Christiane Lorenzen und Petra Wencke leisteten nicht unerhebliche Hilfe bei der Überwindung labortechnischer Probleme.

Wesentlich zum Gelingen zweier Expeditionen trug Stephanski bei, nicht nur durch viele Diskussionen, sondern auch beim Krisenmanagement jedweder Couleur.

Auch Ritchie, der immer eine Zigarette übrig hatte, Anke, Tanja, Barbarella und Gritta, Florian, Desi, Marcos, Ricky und Willy, Steffen und besonders Teresa waren ein meist wunderbarer Rückhalt in den letzten drei Jahren. Nicht zu vergessen all die anderen Jubanitos, die mal mich und mal sich erfreuten.

Fast am Ende angekommen, möchte ich meinen Eltern danken, aufgrund deren Grosszügigkeit ich dort angekommen bin, wo ich nun stehe.

Mein letzter Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die ersten zwei Jahre meiner Arbeit unter der Projektnummer AR/153/11-1 förderte.

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft-Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge
zusammengestellt von Norbert Klages.
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT II), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-
sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- * **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzfüge und Liste der Probenahme an Robben
und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur
Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 –
Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar
and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.–16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ –
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas–Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘
und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton samples from the vicinity of the Antarctic Peninsula,
February 1982“ by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of
the Southern Ocean“ by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven
des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stablein, Wolfgang Zick
- * **Heft-Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
- * **Heft-Nr. 26/1985** – „The Southern Ocean“; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
- Heft Nr. 27/1986** – „Spatpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“ von Hannes Grobe
- Heft Nr. 28/1986** – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
- * **Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammenge stellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
- Heft Nr. 30/1986** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
- Heft Nr. 31/1986** – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann
- Heft Nr. 32/1986** – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
- Heft Nr. 33/1987** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3–4“ von Dieter Karl Fütterer
- Heft Nr. 34/1987** – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton“ von U. Piatkowski
- Heft Nr. 35/1987** – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen
- Heft Nr. 36/1987** – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“ von M. Reinke
- Heft Nr. 37/1987** – „The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)“ 1986 by Heinrich Hoeber und Marianne Gube-Lehnhardt
- Heft Nr. 38/1987** – „The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“ by M. Gube-Lehnhardt
- Heft Nr. 39/1987** – „Die Winter-Expedition mit FS ‚Polarstern‘ in die Antarktis (ANT V/1–3)“ herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel
- Heft Nr. 40/1987** – „Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16–September 10, 1986“ by Werner Rabe
- Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
- Heft Nr. 42/1988** – „The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“ by Werner Beckmann
- Heft Nr. 43/1988** – „Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“ Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
- Heft Nr. 44/1988** – „Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“ by Hans-Jürgen Hirche
- Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Voß
- Heft Nr. 46/1988** – „Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“ by Eberhard Fahrbach
- Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
- Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
- * **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
- Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
- Heft Nr. 51/1988** – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
- Heft Nr. 52/1988** – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
- * **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
- Heft Nr. 54/1988** – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
- Heft Nr. 55/1988** – „Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant V/3)“ by Elke Mizdalski
- Heft Nr. 56/1989** – „Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“ by G. Krause, J. Meincke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4–5 von H. Miller und H. Oerter
- * **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
- Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
- Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“
von H. H. Hellmer
- Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland,
Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters
- * **Heft-Nr. 62/1989** – "The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV 'Polarstern'
in 1988/89", by I. Hempel
- Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse
sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch
- Heft Nr. 64/1989** – "Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)" by L. Helmes
- Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
- Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
- Heft-Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
- Heft-Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV 'Polarstern' in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
- Heft-Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
- Heft-Nr. 70/1990** – „Die beschalteten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des
Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
- Heft-Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches
Weddellmeer)“, von Dieter Cordes.
- Heft-Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea
in summer 1980/81“, by F. Kurbjeweit and S. Ali-Khan
- Heft-Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
- Heft-Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
- Heft-Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südshetlandinseln, Antarktis)“, von Martin Rauschert
- Heft-Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
- Heft-Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
- Heft-Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -Dimethylsulfoniumpropionat
(DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
- Heft-Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“,
herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
- Heft-Nr. 81/1991** – „Paläoglaziologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
- Heft-Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meereseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
- Heft-Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen
mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
- Heft-Nr. 84/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study
der Forschungsschiffe „Polarstern“ und „Akademik Fedorov“, von Ernst Augstein,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
- Heft-Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
- Heft-Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit „FS Polarstern“ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII / 5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
- Heft-Nr. 87/1991** – "Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI / 1-4 of RV "Polarstern"
in 1989", edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
- Heft-Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

- Heft-Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeress vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft-Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS „Polarstern“ 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft-Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft-Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft-Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS „Polarstern“, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft-Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft-Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft-Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft-Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte der Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft-Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- Heft-Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
- * **Heft-Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes „Polarstern“ 1990/91“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
- Heft-Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meewasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
- Heft-Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
- Heft-Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
- Heft-Nr. 104/1992** – „Mehrkanalige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
- Heft-Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
- Heft-Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
- Heft-Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS „Polarstern“ 1991“, von Dieter K. Fütterer
- Heft-Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
- Heft-Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
- Heft-Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
- Heft-Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger.
- Heft-Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg.
- Heft-Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS „Polarstern“ 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner.
- * **Heft-Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865-1875“, von Reinhard A. Krause.
- Heft-Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV „Polarstern“ (EPOS II)“, by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo.
- Heft-Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze.
- Heft-Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten.
- * **Heft-Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P.A. Wöhrmann.
- * **Heft-Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarsø and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV. 'Dalnie Zelentsy'“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- * **Heft-Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas.
- Heft-Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- * **Heft-Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland.
- Heft-Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft-Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dörrien.
- Heft-Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- Heft-Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft-Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV 'Polarstern': CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft-Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft-Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft-Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft-Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzketziger halogener Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laternus
- Heft-Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- * **Heft-Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft-Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrbach und Gunter Krause
- Heft-Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- * **Heft-Nr. 137/1994** – „Die kanozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft-Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft-Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft-Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft-Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft-Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV 'Polarstern' Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG 'Polar Bear' cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft-Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Notker Fechner
- Heft-Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov und Rüdiger Stein
- * **Heft-Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV 'Polarstern' Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft-Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982-1992“, by Torsten Schmidt and Gert König-Langlo.
- Heft-Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell Meer / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- Heft-Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- ** **Heft-Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC' 93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS 'Polarstern' 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer.
- Heft-Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik.
- Heft-Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Kariy.
- Heft-Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS 'Polarstern' 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten / ANT-X / 1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller.
- Heft-Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten.
- Heft-Nr. 154/1994** – „Regional und seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter.

- Heft-Nr. 155/1995** – "Benthos in polaren Gewässern", herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz.
- Heft-Nr. 156/1995** – "An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes und mixing coefficients", by Reiner Schlitzer.
- Heft-Nr. 157/1995** – "Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden", von Kirsten Fahl.
- * Heft-Nr. 158/1995** – "Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis", von Cornelia Lüdecke.
- Heft-Nr. 159/1995** – "The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters", by Dorothea Bauch.
- * Heft-Nr. 160/1995** – "Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen", von Gerhard Schmiedl.
- Heft-Nr. 161/1995** – "Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros* sp. und *Navicula* sp. unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin", von Jürgen Nothnagel.
- Heft-Nr. 162/1995** – "Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße", von Thomas Letzig.
- Heft-Nr. 163/1995** – "Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS "Polarstern" 1993/94", herausgegeben von Rainer Gersonde.
- Heft-Nr. 164/1995** – "Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis", von Thomas Frederichs.
- Heft-Nr. 165/1995** – "Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern", von Georg Hanke.
- Heft-Nr. 166/1995** – "Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer", von Holger Fischer.
- Heft-Nr. 167/1995** – "Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik", von Hans-Stefan Niebler
- Heft-Nr. 168/1995** – "Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS 'Polarstern' 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2", herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer.
- Heft-Nr. 169/1995** – "Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation", von Hans Wortmann.
- Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften - Geologie und Geophysik der Antarktis.
- Heft-Nr. 171/1995** – "Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontfjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)", von Wilfried Bauer.
- Heft-Nr. 172/1995** – "Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionsseismischer und gravimetrischer Untersuchungen", von Holger Mandler.
- Heft-Nr. 173/1995** – "Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane", von Stefan Matzer.
- Heft-Nr. 174/1995** – "The Expedition ARKTIS-X/2 of RV 'Polarstern' in 1994", edited by Hans-W. Hubberten.
- Heft-Nr. 175/1995** – "Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994", edited by Christine Siegert and Dmitry Bolshiyarov.
- Heft-Nr. 176/1995** – "Russian-German Cooperation: Laptev Sea System", edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
- Heft-Nr. 177/1995** – "Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität", von Carsten J. Schubert.
- Heft-Nr. 178/1995** – "Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV 'Polarstern' in 1995: CTD-Report", by Jüri Sildam.
- Heft-Nr. 179/1995** – "Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean", von Jutta Wollenburg.
- Heft-Nr. 180/1995** – "Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor", von Wolfgang J. Bonn.
- Heft-Nr. 181/1995** – "Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1994", herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 182/1995** – "Laptev Sea System: Expeditions in 1994", edited by Heidemarie Kassens.
- Heft-Nr. 183/1996** – "Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften", von Uwe Bergmann.
- Heft-Nr. 184/1996** – "Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas", by María Dolores Andrés Hernández.
- Heft-Nr. 185/1996** – "Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)", von Michael Stiller.
- Heft-Nr. 186/1996** – "Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{230}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{238}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Arctic Circumpolar Current System", by Martin Frank.
- Heft-Nr. 187/1996** – "The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994", by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
- Heft-Nr. 188/1996** – "Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS 'Polarstern' 1994", herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
- Heft-Nr. 189/1996** – "Die Expedition ARKTIS-VII/3 mit FS 'Polarstern' 1990", herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.

- Heft-Nr. 190/1996** – “Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan ‘Victor Hensen’ Campaign in 1994”, edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.
- Heft-Nr. 191/1996** – “Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen”, von Frank Wilhelms.
- Heft-Nr. 192/1996** – “Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategie antarktischer Makroalgen”, von Gabriele Weykam.
- Heft-Nr. 193/1996** – “Heterogene Reaktionen von N_2O_5 und HBr und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre”, von Sabine Seisel.
- Heft-Nr. 194/1996** – “Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)”, von Corinna Dahm.
- Heft-Nr. 195/1996** – “Die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis”, von Doris Berberich.
- Heft-Nr. 196/1996** – “Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis”, von Birgit Heese.
- Heft-Nr. 197/1996** – “The Expedition ARKTIS-XI/2 of ‘Polarstern’ in 1995”, edited by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 198/1996** – “Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspuranalysen”, von Frank Lisler.
- Heft-Nr. 199/1996** – “The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV ‘Polarstern’ Cruises ARKTIS IX/2 and 3”, by Gereon Budéus and Wolfgang Schneider.
- Heft-Nr. 200/1996** – “Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models”, by Gerrit Lohmann.
- Heft-Nr. 201/1996** – “Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)”, von Katrin Iken.
- Heft-Nr. 202/1996** – “Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)”, von Michael K. Schmid.
- Heft-Nr. 203/1996** – “Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis - Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell”, von Markus Harder.
- Heft-Nr. 204/1996** – “Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis”, von Dörthe Handorf.
- Heft-Nr. 205/1996** – “Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation”, by Thorsteinn Thorsteinsson.
- Heft-Nr. 206/1996** – “Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten”, von Kerstin Fieg.
- Heft-Nr. 207/1996** – “Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer”, von Cornelia Metz.
- Heft-Nr. 208/1996** – “Atmosphäreinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern”, von Christoph Oelke.
- Heft-Nr. 209/1996** – “Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereiserkennung mit Hilfe von Line-Scanner-Messungen”, von Axel Bochert.
- Heft-Nr. 210/1996** – “Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna”, von Kathrin Kunzmann.
- Heft-Nr. 211/1996** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995”, by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten.
- Heft-Nr. 212/1996** – “Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin”, by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.
- Heft-Nr. 213/1996** – “Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente”, von Barbara Niehoff.
- Heft-Nr. 214/1996** – “Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf”, von Christoph Mayer.
- Heft-Nr. 215/1996** – “Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95”, herausgegeben von Ulrich Wand.
- Heft-Nr. 216/1996** – “Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeres anhand von Radiolarien”, von Uta Brathauer.
- Heft-Nr. 217/1996** – “Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung”, von Jörn Behrens.
- Heft-Nr. 218/1997** – “Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (REFLEX III)”, by Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.
- Heft-Nr. 219/1997** – “Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS ‘Polarstern’ 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/3”, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 220/1997** – “Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1”, von Tilo Schöne.
- Heft-Nr. 221/1997** – “Die Expeditionen ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes ‘Polarstern’ 1995/96”, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lucas und Victor Smetacek.
- Heft-Nr. 222/1997** – “Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data”, by László Oszkó.

- Heft-Nr. 223/1997** – “Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren”, von Christian Haas.
- Heft-Nr. 224/1997** – “Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen”, von Silke Wessel.
- Heft-Nr. 225/1997** – “Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises”, von Michael Poltermann.
- Heft-Nr. 226/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV ‘Polarstern’ in 1995”, edited by Eike Rachor.
- Heft-Nr. 227/1997** – “Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kyroprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arctica* (Chlorophyta) der Arktis”, von Katharina Kück.
- Heft-Nr. 228/1997** – “Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal”, von Katrin Linse.
- Heft-Nr. 229/1997** – “Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer”, von Hinrich Hanssen.
- Heft-Nr. 230/1997** – “Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung”, von Lutz-Peter Kurdelski.
- Heft-Nr. 231/1997** – “Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten”, von Christopher Zimmermann.
- Heft-Nr. 232/1997** – “Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen”, von Stephan Zimmermann.
- Heft-Nr. 233/1997** – “Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliania huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*”, von Doris Meyerdierrks.
- Heft-Nr. 234/1997** – “Die Expedition ARCTIC '96 des FS ‘Polarstern’ (ARK XII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)”, von Ernst Augstein und den Fahrtteilnehmern.
- Heft-Nr. 235/1997** – “Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres”, von Jana Friedrich.
- Heft-Nr. 236/1997** – “Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic”, by Arndt Meier.
- Heft-Nr. 237/1997** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR / SEVERNAYA ZEMLYA 1996”, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyonow.
- Heft-Nr. 238/1997** – “Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae”, by Iván M. Gómez.
- Heft-Nr. 239/1997** – “Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes ‘Polarstern’ 1996”, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.
- Heft-Nr. 240/1997** – “Untersuchungen zur Chrom-Speziation im Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis”, von Heide Giese.
- Heft-Nr. 241/1997** – “Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris”, by Seung-Il Nam.
- Heft-Nr. 242/1997** – “Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous site, Taymyr Peninsula, Siberia”, by Julia Boike.
- Heft-Nr. 243/1997** – “Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen”, von Andreas Mackensen.
- Heft-Nr. 244/1997** – “The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica. Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996”, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Gaw, Christian Müller and Johannes Rogenhagen.
- Heft-Nr. 245/1997** – “Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen”, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft-Nr. 246/1997** – “Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises”, von Christine Friedrich.
- Heft-Nr. 247/1997** – “Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen”, von Berit Kirchhoff.
- Heft-Nr. 248/1997** – “Laptev Sea System: Expeditions in 1995”, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft-Nr. 249/1997** – “The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV ‘Polarstern’ to the eastern Weddell Sea in 1996”, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft-Nr. 250/1997** – “Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis”, von Andreas Starmans.
- Heft-Nr. 251/1997** – “Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel”, von Christoph Vogt.
- Heft-Nr. 252/1997** – “Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik”, von Stephan Kühne.
- Heft-Nr. 253/1997** – “Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean”, by Christine Klaas.
- Heft-Nr. 254/1997** – “Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunge-Oase, Ostantarktis”, von Thomas Kulbe.

- Heft-Nr. 255/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft-Nr. 256/1998** – “Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer”, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft-Nr. 257/1998** – “Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischen Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis”, von Christoph Kleefeld.
- Heft-Nr. 258/1998** – “Bellingshausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells”, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft-Nr. 259/1998** – “The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, by Dieter K. Fütterer.
- Heft-Nr. 260/1998** – “Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung”, von Holger Cremer.
- Heft-Nr. 261/1998** – “Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen”, von Estella Weigelt.
- Heft-Nr. 262/1998** – “The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV ‘Polarstern’ in 1997”, by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 263/1998** – “Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen”, von Thorsten Schäfer.
- Heft-Nr. 264/1998** – “Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O₃, N₂O, H₂O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie”, von Joachim Urban.
- Heft-Nr. 265/1998** – “Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis”, von Astrid Lambrecht.
- Heft-Nr. 266/1998** – “Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV ‘Akademik Boris Petrov’ in 1997”, edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 267/1998** – “Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‘Polarstern’ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3“, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 268/1998** – “Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone“, von Gerit Birnbaum.
- Heft-Nr. 269/1998** – “Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG ‘97)“, by Günther Heinemann.
- Heft-Nr. 270/1998** – “Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies“, by Vera Schindwein.
- Heft-Nr. 271/1998** – “Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice“, by Dirk Dethleff, Peter Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 272/1998** – “FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre“, von Edo Becker.
- Heft-Nr. 273/1998** – “Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas Rückens und des Agulhas Plateaus (‘SETA-RAP‘)“, von Gabriele Uenzelmann-Neben.
- Heft-Nr. 274/1998** – “The Expedition ANTARKTIS XIV/2“, by Gerhard Kattner.
- Heft-Nr. 275/1998** – “Die Auswirkung der ‘NorthEastWater’-Polynya auf die Sedimentation vor NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelwechsel“, von Hanne Notholt.
- Heft-Nr. 276/1998** – “Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“. von Michael Studinger.
- Heft-Nr. 277/1998** – “Koordiniertes Programm Antarktischforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms “Antarktischforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Miller.
- Heft-Nr. 278/1998** – “Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.
- Heft-Nr. 279/1998** – “Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A New Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)“, edited by Ruediger Stein.
- Heft-Nr. 280/1998** – “Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“, von Friedrich Jung-Rothenhäusler.
- Heft-Nr. 281/1998** – “Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirrung.
- Heft-Nr. 282/1998** – “Scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in the South Atlantic: Implications for the use of the ²³¹Pa/²³⁰Th ratio as a paleoproductivity proxy“, by Hans-Jürgen Walter.
- Heft-Nr. 283/1998** – “Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung“, von Frank Lindemann.
- Heft-Nr. 284/1998** – “Langzeitanalyse der antarktischen Meereisbedeckung aus passiven Mikrowellendaten“, von Christian H. Thomas.
- Heft-Nr. 285/1998** – “Mechanismen und Grenzen der Temperaturanpassung beim Pierwurm *Arenicola marina* (L.)“, von Angela Sommer.
- Heft-Nr. 286/1998** – “Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Jens Kowalke.

* vergiffen / out of print.

** nur noch beim Autor / only from the author.

