

**Solitäre Ascidien in der Potter Cove
(King George Island, Antarktis)
Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik**

**Solitary Ascidians in the Potter Cove
(King George Island, Antarctica)
Their ecological role and population dynamics**

Stephan Kühne

**Ber. Polarforsch. 252 (1997)
ISSN 0176 - 5027**

Stephan Kühne

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Postfach 12 01 61
Columbusstraße
D - 27568 Bremerhaven

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

Inhaltsverzeichnis	I
Zusammenfassung	V
Summary	VII
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet und Untersuchungsobjekte	4
2.1. Das Untersuchungsgebiet	4
2.1.1. Geographische Lage	4
2.1.2. Topographie	4
2.1.3. Hydrographie	6
2.1.4. Zonierung des Benthos	7
2.2. Die Untersuchungsobjekte	8
3. Abundanzen und Biomasse	12
3.1. Einleitung	12
3.2. Material und Methoden	13
3.2.1. Probenmaterial	13
3.2.2. Auswertung	14
3.2.2.1. UW-Photographien	14
3.2.2.2. Ascidiensproben	15
3.2.3. Konversionsgleichungen	16
3.3. Ergebnisse	17
3.3.1. Häufigkeit und Tiefenverteilung der dominanten Ascidien	17
3.3.2. Räumliche Verteilung der dominanten Arten	18
3.3.3. Mittleres Individuengewicht und Biomasse	20
3.3.4. Gesamtabundanz und Gesamtbio­masse	23
3.3.5. Konversionsgleichungen	24
3.4. Diskussion	26
3.4.1. Methoden	26
3.4.1.1. Unterwasser-Photographien	26
3.4.1.2. Ascidiensproben	26
3.4.1.3. Vermessung und Gewichtsbestimmung	27
3.4.1.4. Verteilung der solitären Ascidien	27
3.4.2. Körpergröße und Körpergewicht	29
3.4.3. Abundanz und Biomasse	29
3.4.4. Konversionsfaktoren	32
3.5. Zusammenfassung	33

4. Sauerstoffverbrauchsmessungen	34
4.1. Einleitung	34
4.2. Material und Methoden	36
4.2.1. Hälterung	36
4.2.2. Versuchsaufbau	36
4.2.3. Versuchsdurchführung	37
4.2.4. Auswertung	38
4.2.4.1. Sauerstoffverbrauch	38
4.2.4.2. Energieverbrauch	40
4.3. Ergebnisse	42
4.3.1. Sauerstoffverbrauch und Atmungsrate	42
4.3.1.1. <i>Molgula pedunculata</i>	42
4.3.1.2. <i>Corella eumyota</i>	44
4.3.1.3. <i>Ascidia challengeri</i>	45
4.3.1.4. Vergleich von Sauerstoffverbrauch und -verbrauchsdaten	46
4.3.2. Energieverbrauch und Energieverbrauchsdaten	46
4.3.2.1. <i>Molgula pedunculata</i>	46
4.3.2.2. <i>Corella eumyota</i>	47
4.3.2.3. <i>Ascidia challengeri</i>	48
4.3.2.4. Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffver- brauchs	49
4.3.3. Maximaler Jahresenergieverbrauch	50
4.3.3.1. <i>Molgula pedunculata</i>	50
4.3.3.2. <i>Corella eumyota</i>	51
4.3.3.3. <i>Ascidia challengeri</i>	51
4.4. Diskussion	53
4.4.1. Methoden	53
4.4.1.1. Versuchsaufbau	53
4.4.1.2. Versuchsdurchführung	54
4.4.1.3. Hell-/Dunkelversuche	55
4.4.1.4. Auswertung der Sauerstoffverbrauchs- messungen	56
4.4.1.5. Berechnung des Energieverbrauchs	57
4.4.2. Der individuelle Sauerstoffverbrauch der drei Arten	57
4.4.3. Vergleich mit solitären Ascidien anderer Meeres- gebiete	58
4.4.4. Vergleich mit polaren Vertretern anderer Taxa	60

4.4.5. Energieverbrauch der Arten	61
4.5. Zusammenfassung	62
5. Inhaltsstoffe, Energiegehalte, Reproduktion	63
5.1. Einleitung	63
5.2. Material und Methoden	64
5.2.1. Inhaltsstoffe	64
5.2.1.1. Probenmaterial	64
5.2.1.2. Probenbearbeitung	64
5.2.2. Energiegehalte	66
5.2.2.1. Das Meßprinzip	66
5.2.2.2. Versuchsablauf und Auswertung	67
5.2.3. Gonadenwachstum	68
5.2.3.1. Probenmaterial und -bearbeitung	68
5.2.3.2. Bestimmung des Gonadenindex	68
5.2.3.3. Berechnung des Gonadenwachstums	69
5.3. Ergebnisse	71
5.3.1. Inhaltsstoffe	71
5.3.2. Energiegehalte	73
5.3.3. Gonadenproduktion	73
5.3.3.1. <i>Molgula pedunculata</i>	73
5.3.3.2. <i>Corella eumyota</i>	77
5.3.3.3. <i>Ascidia challengerii</i>	80
5.4. Diskussion	84
5.4.1. Methoden	84
5.4.1.1. Probenvorbereitung	84
5.4.1.2. Biochemische Analyse der Inhaltsstoffe	85
5.4.1.3. Kalorimetrie	86
5.4.1.4. Berechnung der Gonadenproduktion	86
5.4.2. Inhaltsstoffe und Energiegehalte	86
5.4.3. Vergleich mit den Energiegehalten anderer Ascidien und antarktischer Evertebraten	88
5.4.4. Reproduktion und Gonadenproduktivität	89
5.4.5. Vergleich mit der Gonadenproduktion anderer polarer Evertebraten	91
5.5. Zusammenfassung	92
6. Wachstum und Produktivität	93
6.1. Einleitung	93

6.2. Material und Methoden	95
6.2.1. Probenmaterial	95
6.2.2. Wachstumsexperimente	95
6.2.3. Berechnung von Produktion und Produktivität	96
6.2.4. Künstliche Hartsubstrate	97
6.3. Ergebnisse	99
6.3.1. Wachstum, Produktion und Produktivität	99
6.3.1.1. <i>Corella eumyota</i>	102
6.3.1.2. <i>Ascidia challengerii</i>	103
6.3.1.3. <i>Molgula pedunculata</i>	105
6.3.2. Besiedlungsexperimente	105
6.4. Diskussion	108
6.4.1. Methoden	108
6.4.1.1. Wachstumsexperimente	108
6.4.1.2. Berechnung der Produktion und Produktivität	109
6.4.1.3. Besiedlungsexperimente	109
6.4.2. Wachstum	110
6.4.3. Vergleich der Wachstumsexperimente mit den Ergebnissen der Besiedlungsexperimente	111
6.4.4. Altersbestimmung	112
6.4.5. Vergleich mit den Wachstumsleistungen anderer Ascidien und antarktischer Evertibraten	113
6.4.6. Produktion und Produktivität	114
6.4.5. Vergleich von Produktion und Produktivität ver- schiedener antarktischer Evertibraten	116
6.5. Zusammenfassung	118
7. Abschlußdiskussion	119
7.1. Die ökologische Abgrenzung der Arten	119
7.2. Die Stellung der Ascidien im antarktischen Benthos	122
7.3. Faktoren, die eine Dominanz von Ascidien fördern	123
7.4. Solitäre Ascidien als Lebensraum	127
8. Danksagung	128
9. Literatur	129
10. Anhang	144

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt eine erste zusammenfassende Übersicht der Populationsdynamik und Ökologie solitärer antarktischer Ascidien aus der inneren Potter Cove, King George Island (Süd-Shetland-Inseln) dar.

Von den insgesamt 15 auf den Weichböden der flachen fjordähnlichen Bucht vorkommenden Ascidienarten wurden die drei häufigsten, *Molgula pedunculata*, *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota*, genauer untersucht.

Alle drei Arten sind mehr oder weniger stark fleckhaft über die Bucht verteilt. Infolge des mit der Tiefe abnehmenden Störeinflusses von Eisbergen und Sedimenten terrigener Herkunft steigen Abundanz und Biomasse der untersuchten Arten mit zunehmender Wassertiefe an.

Mit einer Gesamtabundanz von 19,2 Individuen pro m² und einer Gesamtbio-masse von 8,9 g aschefreiem Trockengewicht (AFTG) pro m² sind die drei untersuchten solitären Ascidien die dominanten Epibenthosarten auf den Weichböden der Potter Cove.

Mit Hilfe von Sauerstoffverbrauchsmessungen wurde der individuelle Energieverbrauch dieser Organismen bestimmt. Der individuelle Sauerstoffverbrauch der Tiere ist nur vom Körpergewicht und von der Temperatur, nicht aber von der Artzugehörigkeit abhängig und wird für alle drei Arten beschrieben durch die Funktion: $Q_i = 0,1177 \cdot m_i^{0,71}$ [mg O₂/h]. Der Q₁₀-Wert, der die Temperaturabhängigkeit des individuellen Sauerstoffverbrauchs beschreibt, liegt bei 2,7. Der errechnete maximale Energieverbrauch aller drei Arten zusammen beträgt 369 kJ/m²/a.

Der Energiegehalt der Tiere ist gering, er liegt für *M. pedunculata* bei 18,43 kJ/g AFTG, für *A. challengerii* bei 15,19 kJ/g AFTG und für *C. eumyota* bei 15,47 kJ/g AFTG.

Die Abgabe der Keimzellen erfolgt saisonal, bei *M. pedunculata* und *A. challengerii* zwischen August und November, bei *C. eumyota* zwischen November und Dezember. Die für die Bildung der Reproduktionsprodukte benötigte Energie beträgt 26,7 kJ/m²/a bei *M. pedunculata*, 9,6 kJ/m²/a bei *A. challengerii* und bei *C. eumyota* 15,8 kJ/m²/a.

Wachstumsexperimente zeigten, daß solitäre Ascidien im Vergleich zu anderen antarktischen Arten schnell wachsen, ihr Wachstum aber mit steigender Körpergröße stark abnimmt. Innerhalb von zwei Jahren können einzelne Individuen je nach Art eine Körperhöhe von 16,8 cm (*M. pedunculata*), 7,5 cm (*A. challengerii*) oder 14,4 cm (*C. eumyota*) erreichen.

Die somatische Produktion beträgt bei *M. pedunculata* ungefähr 1 g AFTG/m²/a, bei *A. challengerii* und *C. eumyota* 0,6 bzw. 0,5 g AFTG/m²/a. Sie ist im Ver-

gleich zu anderen antarktischen Evertebraten eher gering. Das berechnete maximale Alter der Arten ist 24 Jahre für *C. eumyota*, knapp 13 Jahre für *M. pedunculata* und 5 Jahre für *A. challengerii*. Die sich daraus ergebende Wachstumsleistung, d.h. das Verhältnis von maximaler Körpermasse zu maximalem Alter, ist bei allen drei Arten hoch.

Die drei Arten besetzen aufgrund von Unterschieden der Morphologie, der Reproduktionsmodi und der Retentionseffizienzen unterschiedliche ökologische Nischen im Flachwasser der inneren Potter Cove.

Im Rahmen dieser Arbeit wird erstmalig die Bedeutung der solitären Ascidien für das antarktische Flachwasser charakterisiert. Außerdem werden die Faktoren, welche die Dominanz von Ascidien fördern, und die Bedeutung dieser Tiere als Lebensraum für andere Arten ausführlich diskutiert.

Die in der Potter Cove untersuchten Arten ernähren sich vorwiegend von resuspendiertem benthischen Material und dienen, trotz der geringen Energiegehalte, verschiedenen anderen vagilen Arten wie dem Fisch *Notothenia neglecta* und dem Ophiuriden *Ophionotus victoriae* als Nahrung.

Ursache für die hohe Dominanz der solitären Ascidien und die geringe Abundanz der Schwämme in der Potter Cove ist weniger die hohe Störungsrate durch strandende Eisberge als vielmehr der durch den hohen Schmelzwassereintrag und die windinduzierte Resuspension verursachte hohe Gehalt an partikulärem Material in der Wassersäule. Die solitären Ascidien sind durch ihr schnelles Wachstum und ihre hohe Toleranz gegenüber Sedimentbelastungen besser an die starken Störeinflüsse in der Potter Cove angepaßt, als die in vielen anderen weniger stark gestörten Flachwassergebieten der Antarktis häufigen Schwämme.

Darüber hinaus sind die solitären Ascidien wichtige Strukturbildner und dienen einer Vielzahl von sessilen und vagilen Organismen als Lebensraum.

Summary

The investigation represents a comprehensive overview of the population dynamics and ecological role of Antarctic solitary ascidians of Potter Cove, King George Island (South Shetland Islands).

Of the 15 ascidian species colonizing the soft bottoms of the inner Cove, three dominant solitary species were selected for further investigation: *Molgula pedunculata*, *Ascidia challengerii*, *Corella eumyota*.

The spatial distribution of all three species is rather patchy. Abundance and biomass increase with depth, due to decreasing impact of icebergs and terrigenous sediments. With a total abundance of 19.2 individuals and a total biomass of 8.9 g ash-free dry weight (AFDW) per m² the three investigated species represent the dominating epibenthos component on the soft bottoms of Potter Cove.

Oxygen consumption of individual species was measured to obtain an estimate of Antarctic ascidian metabolism. The individual oxygen consumption depends only on body weight of the animal and temperature, and is described for all three species by the equation: $Q_i = 0.1177 * m_i^{0.71}$ [mg O₂/h]. The temperature dependence of the individual oxygen consumption displays a Q₁₀ of 2.7. Total maximum energy consumption of all three species amounts to 369 kJ/m²/y.

Energy content of the individuals is low, with 18.43 kJ/g AFDW *M. pedunculata*, 15.19 kJ/g AFDW for *A. challengerii* and 15.47 kJ/g AFDW for *C. eumyota*.

Spawning season is between August and November for *M. pedunculata* and *A. challengerii* and between November and December for *C. eumyota*. The energy invested into reproduction is 26.7 kJ/m²/y for *M. pedunculata*, 9.6 kJ/m²/a for *A. challengerii* and 15.8 kJ/m²/y for *C. eumyota*.

Growth is fast, but decreases rapidly with increasing body size. Within two years single individuals reach a height of 16.8 cm (*M. pedunculata*), 7.5 cm (*A. challengerii*) and 14.4 cm (*C. eumyota*).

Somatic production of *M. pedunculata* amounts to 1 g AFDW/m²/y, 0.63 g AFDW/m²/y and 0.43 g AFDW/m²/y for *A. challengerii* and *C. eumyota*. Compared to other Antarctic benthic invertebrates somatic production is low. Growth performance of all three species is high.

Due to differences in morphology, reproduction and retention efficiency the three species inhabit different ecological niches in the sublittoral of the inner Potter Cove.

This study represents a first approach to characterize the status of Antarctic solitary ascidians within the food web of shallow waters. In addition the factors

supporting their dominance and the importance of these animals as a habitat for other species is discussed.

All of the investigated species feed primarily on resuspended benthic matter. Although their energy content is low, they serve as food for organisms such as the fish *Notothenia neglecta* and the ophiurid *Ophionotus victoriae*.

The reasons for the dominance of solitary ascidians and the low abundance of sponges in Potter Cove are presumably related to considerable disturbance of grounding icebergs and the high amount of suspended particles in the water column, due to the discharge of sediment enriched melting water and wind-induced resuspension of benthic material. In contrast to sponges, which are quiet abundant in other less disturbed areas of Antarctic shallow waters, solitary ascidians grow fast and can tolerate high sediment loads. They are well adapted to the strong disturbances in shallow waters of Potter Cove.

Like sponges solitary ascidians provide a habitat for a variety of sessile and mobile organisms.

1. Einleitung

Die Ascidien (Ascidiaceae, Tunicata) sind eine ausschließlich marin lebende, sehr artenreiche Tiergruppe, deren Hauptverbreitung im oberen Sublitoral liegt. Dort spielen eine Reihe von Arten eine wichtige Rolle bei der Besiedlung natürlicher wie künstlicher Hartsubstrate (GOODBOY 1962, GUTTIÉRREZ & LAY 1965, LAMBERT 1968, SVANE & LUNDÄLV 1982). Weniger bekannt ist, daß eine Reihe von Ascidien auch Weichböden besiedeln (COSTA 1960, MILLAR 1960, TURON 1988), und dort bisweilen sogar zu den dominanten Arten gehören (SANDERS 1960).

Seit der großen "Challenger"-Expedition (1873 - 76) sind Ascidien auch aus der Antarktis taxonomisch bearbeitet worden (HERDMAN 1882, MILLAR 1960, KOTT 1969, 1971, MONNIOT & MONNIOT 1972). Bisher sind von den ca. 2000 bekannten Ascidienarten 129 für das Gebiet südlich von 40° S nachgewiesen (KOTT 1971).

Zahlreiche makrozoobenthische Arbeiten aus der Antarktis (GALLARDO et al. 1977, NAKAJIMA et al. 1982, ZAMORANO 1983, JAZDZEWSKI et al. 1986, VOB 1988, MARTOS & YRAOLA 1991, RAUSCHERT 1991, GERDES et al. 1992, SAIZ-SALINAS et al. 1997) führen die Ascidiaceae als biomasse- und/oder individuenreiche Taxa. Angaben über räumliche Verteilung und Biomasse werden zumeist für die Ascidiacea oder Tunicata insgesamt gemacht. Lediglich KIRKWOOD & BURTON (1988), GUTT & STARMANS (1996) sowie SAIZ-SALINAS et al. (1997) geben genaue Abundanzwerte für einige häufige Arten an.

Die Ökologie der antarktischen Ascidien ist weitgehend unbekannt. Als sessile Filtrierer ernähren sie sich vorwiegend von Phytoplankton, Bakterien und suspendiertem organischem Material (MILLAR 1960, 1971). Somit sind sie ein wichtiges Bindeglied zwischen dem Pelagial und dem Benthos.

Die Monographie der antarktischen Ascidien von KOTT (1969) bietet eine gute Zusammenfassung weiterer Charakteristika. Sie nennt als typische Merkmale antarktischer Ascidien Langlebigkeit, Plastizität, Viviparie, einen schützenden Schließmechanismus und die Ursprünglichkeit der Familien. Von diesen fünf Merkmalen läßt MILLAR (1971) lediglich die Langlebigkeit und die Plastizität, d.h. die Fähigkeit, auch auf Weichböden zu siedeln, als typisch gelten. Die übrigen Merkmale seien entweder nicht so häufig wie angenommen oder aber nicht auf die antarktischen Arten beschränkt.

Zwei Arbeiten neueren Datums beschäftigen sich mit der in McMurdo häufigen endemischen Art *Cnemidocarpa verrucosa* (Lesson), deren Inhaltsstoffen, Ener-

giegehalten, ihrer Fischtoxizität (MCCLINTOCK et al. 1991) sowie ihrem Sauerstoffumsatz (TRACY 1982).

Dieser Mangel an ökologischem Wissen erstaunt insofern, als die antarktischen Ascidien, wie die Ergebnisse der Arbeiten von GALLARDO et al. (1977), NAKAJIMA et al. (1982), JAZDZEWSKI et al. (1986), KIRKWOOD & BURTON (1988) sowie SAIZ-SALINAS et al. (1997) zeigen, häufige Flachwasserbewohner sind. Lediglich 20,9 % der bekannten Arten (27) kommen auch oder ausschließlich in der Tiefsee vor.

Auf den sublitoralen Weichböden der inneren Potter Cove gehören die Ascidien zu den biomassereichsten Tiergruppen. Vor allem die solitären Arten stellen aufgrund ihrer Größe und Häufigkeit einen bedeutenden Teil der vorhandenen Biomasse. Sie sind, neben der Muschel *Laternula elliptica* und einigen wenigen Schwämmen (*Mycale acerata*, *Isodictya kerguelensis*) die größten sessilen Organismen in der Bucht.

Diese Arbeit dient einer Evaluierung der Bedeutung ausgewählter solitärer Ascidien für den Lebensraum Weichboden in der Potter Cove. Basierend auf der von ODUM (1983) formulierten These, daß sich die Ökologie eines Organismus in umfassender Weise durch das Studium seines Energiebudgets erfassen läßt, wurde gezielt der Stoff- und Energieumsatz der Tiere bestimmt. Es wurden die vier häufigsten solitären Arten *Molgula pedunculata* Herdman, *Ascidia challengerii* Herdman, *Corella eumyota* Traustedt und *Cnemidocarpa verrucosa* (Lesson) bearbeitet. Für die ersten drei Arten konnten Energiebilanzen erstellt werden, während das Material, auch unter Zuhilfenahme der Literaturdaten, für eine solche Bilanzierung bei *C. verrucosa* (Lesson) nicht ausreichte.

Bei der Bestimmung der numerischen und energetischen Bedeutung der solitären Ascidien für die Weichböden der Potter Cove stand die Beantwortung folgender Fragen im Vordergrund:

1. Wieviele Individuen leben in der Potter Cove, und wie sind sie verteilt ?
2. Welche Inhaltsstoffe, welche Energiegehalte besitzen sie ?
3. Wie hoch ist ihr Energieumsatz ?
4. Wie schnell wachsen sie ?
5. Gibt es saisonale Unterschiede in der Reproduktionsaktivität ?
6. Welche energetische Bedeutung haben sie für das Ökosystem Flachwasser ?

Der besseren Übersicht wegen wurde die Arbeit in sieben Kapitel untergliedert. Jedes dieser Kapitel beginnt mit einer ausführlichen Einleitung und ist in sich abgeschlossen.

Im folgenden zweiten Kapitel werden das Untersuchungsgebiet und dessen Besonderheiten kurz beschrieben. Im dritten Kapitel wird die Zahl, räumliche Verteilung und Biomasse der Arten bestimmt. Darauf aufbauend werden im vierten Kapitel der Sauerstoffverbrauch und im fünften Kapitel die Inhaltsstoffe und Energiegehalte sowie die Gonadenproduktion ermittelt. Das sechste Kapitel beschäftigt sich mit der somatischen Produktion und der Produktivität.

Im abschließenden siebten Kapitel werden die ökologischen Unterschiede zwischen den drei Arten anhand der Ergebnisse von Kapitel 1 bis 6 diskutiert und die Bedeutung der Ascidien im antarktischen Benthos mit Hilfe von Literaturdaten dargestellt.

Die Arbeit wurde im Rahmen des argentinisch-deutschen RASCALS-Programm (Research on Antarctic Shallow Coastal and Litoral Systems) durchgeführt. Dieses Programm ist bei KLÖSER & ARNTZ (1994) ausführlich beschrieben und zielt auf ein Verständnis der Energieflüsse in der Potter Cove.

2. Untersuchungsgebiet und Untersuchungsobjekte

2.1. Das Untersuchungsgebiet

2.1.1. Geographische Lage

Die antarktische Halbinsel ist der nördlichste Ausläufer des antarktischen Festlandes und erstreckt sich bis 63° S. Die ca. 1000 km breite Drake-Passage trennt sie vom südamerikanischen Kontinent. Betrachtet man jedoch eine Reliefkarte der Antarktis, so zeigt sich, daß beide Kontinente über ein bogenförmiges System unterseeischer Rücken, Inseln und Untiefen, den Scotia-Bogen, miteinander verbunden sind.

Im südlichen Teil des Scotia-Bogens, lediglich durch die 100 km breite Bransfield-Straße von der antarktischen Halbinsel getrennt, liegen die Süd-Shetland-Inseln. Die Inseln dieser Kette sind nur teilweise vergletscherte Vulkansockel kontinentalen Ursprungs und stehen in direktem entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit der Halbinsel (WINKLER 1994).

Die King-George-Insel ist die größte der Süd-Shetland-Inseln. Auf ihrer Westseite gibt es zwei große Fjordsysteme, die Admiralty Bay und die Maxwell Bay. Beide Fjorde öffnen sich zur Bransfield-Straße hin. Die Maxwell Bay steht zudem noch über die sehr enge und flache Fildes-Straße in direkter Verbindung mit dem Pazifik.

Die Potter Cove ist eine der beiden nordöstlich gelegenen fjord-ähnlichen Seitenbuchten ("inlets") der Maxwell Bay (Abbildung 2-1). An der Südseite der Potter Cove befindet sich die argentinische Station Jubany mit dem argentinisch-deutschen Dallmann-Labor (62°14'12" S/ 58°39'48" W).

2.1.2. Topographie

Die Potter Cove besteht aus einer äußeren und einer inneren Bucht, die durch eine 30 m tiefe unterseeische Schwelle voneinander getrennt sind. Die äußere Bucht - sie umfaßt eine Fläche von 3,5 km² und ist maximal 90 m tief - steht in direkter Verbindung mit der Maxwell Bay. Der Untergrund besteht vor allem im oberen Sublitoral aus Geröllen (im Nordteil) und Festgestein (im Süden). Im Süden befindet sich ein ausgedehnter Gezeitenbereich. Eine ausführlichere Beschreibung dieses Bereiches findet sich bei IKEN (1996).

Die innere Bucht hat eine Fläche von knapp 2 km². Sie wird im Westen von der Schwelle, einer ehemaligen Randmoräne des Gletschers, im Norden und Osten vom Gletscher und im Süden von der Potter-Halbinsel begrenzt. Die größte

Wassertiefe beträgt in etwa 45 m. Im Süden der Bucht münden drei kleinere Bäche, die an Gletschersedimenten reiches Schmelzwasser führen (KLÖSER et al. 1994a). Die Sedimente lagern sich zusammen mit dem aus der Maxwell Bay herangeführten Material in der Bucht ab und bilden Weichböden, die nahezu die gesamte innere Bucht bedecken (IKEN 1996).

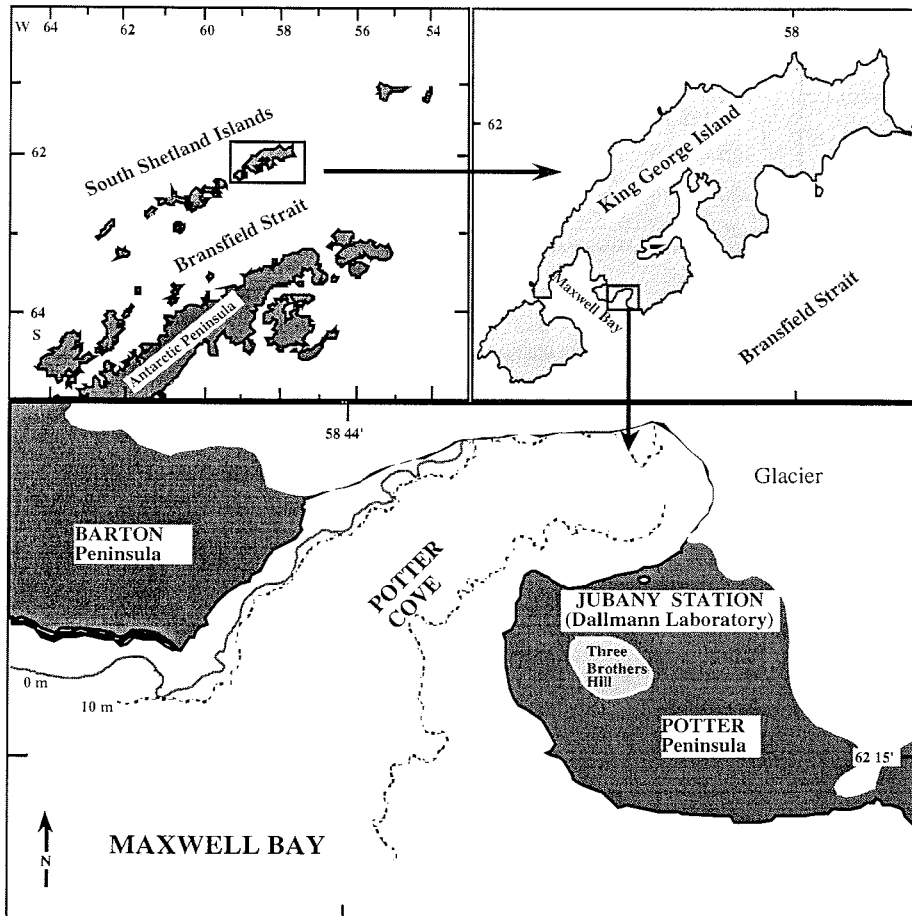


Abbildung 2-1: Geographische Lage der Potter Cove

Lediglich im Norden und Nord-Nord-Westen der Bucht befinden sich im Bereich des Gletscherrandes und der Schwelle einige steinige bis kiesige Bereiche (KLÖSER & ARNTZ 1994).

Anhand der bereits vorhandenen bathymetrischen Daten (Seekarte H-711 des Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina, Stand 1980) wurden die Flächen zwischen den verschiedenen Tiefenlinien (10m, 20m, 30m und 40m)

bestimmt. Die prozentualen und absoluten Flächenanteile der fünf Tiefenstufen sind für die innere Potter Cove in Tabelle 2-1 aufgelistet.

Tabelle 2-1: Prozentuale und absolute Flächenanteile der Tiefenstufen in der Potter Cove

Tiefenstufe	Flächenanteil [%]	Absolute Fläche [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

Mit Ausnahme der > 40-50m-Tiefenstufe sind die Tiefenstufen etwa gleichgroß, dennoch besteht ein auffälliges Nord-Süd-Gefälle. Lediglich etwa 1/3 der Fläche jeder Tiefenstufe befinden sich auf der steil abfallenden Nordseite der Bucht. Die restlichen 2/3 verteilen sich über die beiden Plateaus des seichten Südufers.

Insgesamt umfaßt der bearbeitete Tiefenbereich (0 bis 30 m) eine Fläche von 1,22 km² oder 62,5 % der Potter Cove. Demnach sind 37,5 % der Bucht tiefer als 30 m. Die innere Potter Cove ist somit, anders als die benachbarte Marian Cove, die bei etwa gleicher Fläche ca. 100 m tief ist, eine sehr flache Bucht.

2.1.3. Hydrographie

Die Hydrographie der Bucht wird von den Transportprozessen in der Bransfield-Straße und der Maxwell Bay bestimmt. Relativ warmes salzarmes Oberflächenwasser fließt aus der Bellingshausensee nordwärts an der Südseite der Süd-Shetland-Inseln entlang in die Scotiasee (CHANG et al. 1990). Dieses Wasser strömt ungehindert in die Maxwell Bay und bewegt sich im Uhrzeigersinn der Küstenlinie folgend an der Nelson-Insel entlang durch die nördlichen Seitenbuchten in die Bransfield-Straße zurück. Das in die Potter Cove einströmende Wasser ist demnach bereits reich an Sedimenten glazialen Ursprungs (HONG et al. 1991).

Die kleinskaligen hydrographischen Verhältnisse in der Potter Cove sind winddominiert (KLÖSER & ARNTZ 1994, KLÖSER et al. 1994a). Die vorherrschenden Windrichtungen sind Ost und West. Bei Westwind wird das Oberflächenwasser

in der Bucht gestaut, sinkt ab und fließt nur langsam bodennah ab. Im Sommer führt dies zu einer Anreicherung von sedimentreichem Schmelzwasser ("brown water"; KLÖSER et al. 1994a) in der inneren Bucht und zu vermehrter Sedimentation.

Bei Ostwind wird der Abfluß des Oberflächenwassers beschleunigt, so daß kaltes Tiefenwasser bodennah in die Bucht strömen und dort aufsteigen kann (IKEN 1996).

2.1.4. Zonierung des Benthos

Die in der äußeren Bucht sehr zahlreich vorhandenen Algen (KLÖSER et al. 1993, IKEN 1996) fehlen auf den Weichböden der inneren Bucht fast vollständig. Die hier vorherrschende Zonierung des Benthos (KLÖSER & ARNTZ 1994) entspricht weitgehend der von WÄGELE & BRITO (1990) für die Admiralty Bay beschriebenen.

Zusammenfassend lassen sich die Fauna der Weichböden und die physikalischen Faktoren in drei Zonen unterteilen. **Zone I** umfaßt die oberen 5 bis 10 m des Sublitorals. In diesem Bereich wird der Untergrund durch winterliches Packeis, Brucheis ("Growler") und anbrandende Wellen stark gestört und ist weitgehend frei von sessilen Organismen. Es dominieren vagile Organismen wie Amphipoden, Isopoden und die Napfschnecke *Nacella concinna*.

Ab etwa 10 m beginnt **Zone II**. Hier dominieren vor allem eingegraben lebende sessile Organismen wie die biomassereiche Muschel *Laternula elliptica*, die zahlenmäßig häufige Anthozoe *Edwardsia* sp. und Pennatularen. Häufigere vagile Formen sind Isopoden der Familie Serolidae, die Echinodermen *Odonaster validus* und *Sterechinus neumayeri* und die Schnecke *Neobuccinum undatum*. Den größten Störeinfluß bilden die häufigen Strandungen kleinerer Eisberge. Die zahlreichen Furchen und die unruhige Topographie dieser Tiefenzone belegen dies sehr anschaulich.

Zone III, die sich in etwa 20 bis 25 m Tiefe anschließt, ist weitgehend frei von Störungen. Lediglich die oberen Meter werden in seltenen Fällen von kenternden Eisbergen gestört. Diese Zone zeichnet sich durch eine arten- und individuenreiche sessile Epifauna von Ascidien, Schwämmen, Anthozoen und terebelliden Polychaeten aus. Damit vergesellschaftet sind eine ganze Reihe vagiler Arten (KLÖSER & ARNTZ 1994).

Die Übergänge zwischen diesen drei Zonen sind weitgehend fließend. Insgesamt aber nehmen die Diversität und die Gesamtbiomasse der Fauna mit steigender Wassertiefe zu (BRAND 1980).

2.2. Die Untersuchungsobjekte

Von den insgesamt 15 für die Potter Cove nachgewiesenen Ascidienarten (Tabelle 2-2) zeigen die solitären Arten im Sublitoral der inneren Potter Cove die höchste Häufigkeit und Biomasse.

Von den 5 kolonialen Arten sind lediglich die nach MILLAR (1960) bis 7 m lange *Distaplia cylindrica* und die wesentlich kleinere *Synoicum adareanum* häufiger in der Bucht vertreten.

Tab. 2-2: Liste der in der Potter Cove gefundenen Ascidienarten. Die durch Unterstreichung hervorgehobenen Arten wurden im Rahmen dieser Arbeit untersucht.

Ordnung Enterogona

Unterordnung Aplousobranchia

Familie Clavelinidae

Sycozoa gaimardi (Herdman, 1886)

Distaplia cylindrica (Lesson, 1830)

Familie Polyclinidae

Tylobranchion speciosum Herdman, 1886

Aplidium radiatum (Sluiter, 1906)

Synoicum 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

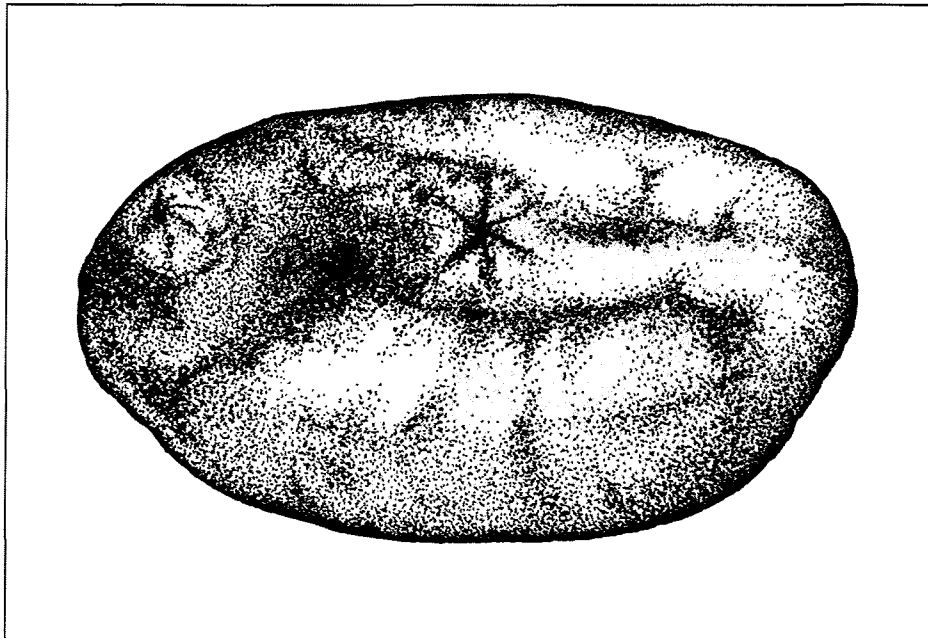
Familie Molgulidae

Molgula pedunculata Herdman, 1881

Molgula conflua (Sluiter, 1912)

Im Rahmen dieser Arbeit werden die folgenden drei solitären Arten bearbeitet:

Corella eumyota Traustedt, 1882

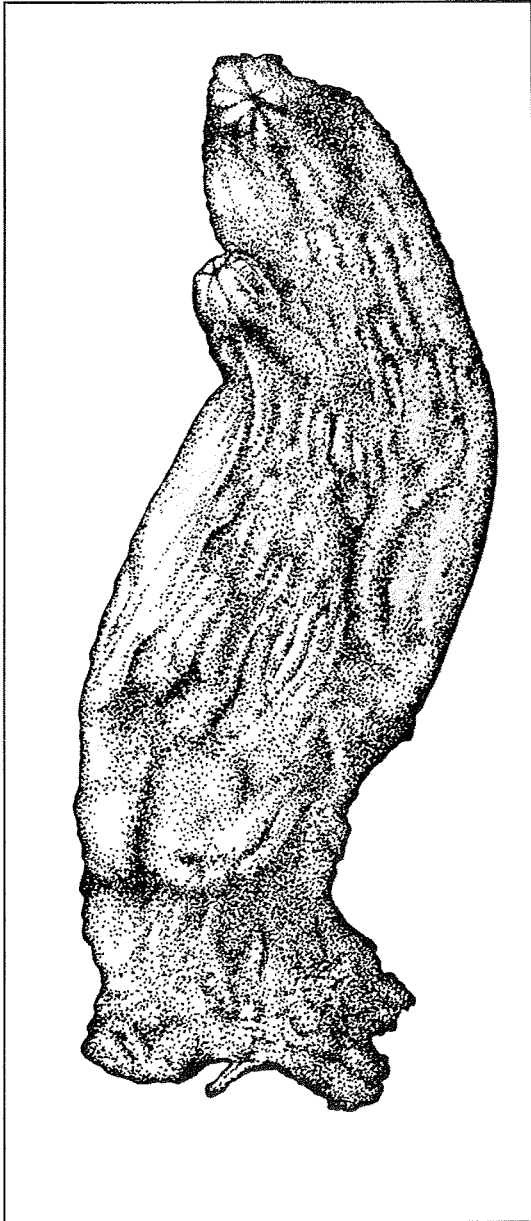


Diese Art hat ein sehr weites Verbreitungsgebiet. Es erstreckt sich von der Hochantarktis bis in die kalt gemäßigten Breiten (35°S, DAVIS pers. Mitteilung). Die rundlich ovale Art wird bis zu 20 cm lang und 11 cm breit. Die Tunika ist dünn und durchscheinend.

Jüngere Exemplare haben eine wurzelartige Verlängerung der Tunika, mit der sie sich im Sediment verankern können. Später bildet diese sich zurück.

C. eumyota ist ovovivipar (LAMBERT et al. 1995).

Ascidia challengeri Herdman, 1882



A. challengeri ist ähnlich wie *C. eumyota* keine rein antarktische Art.

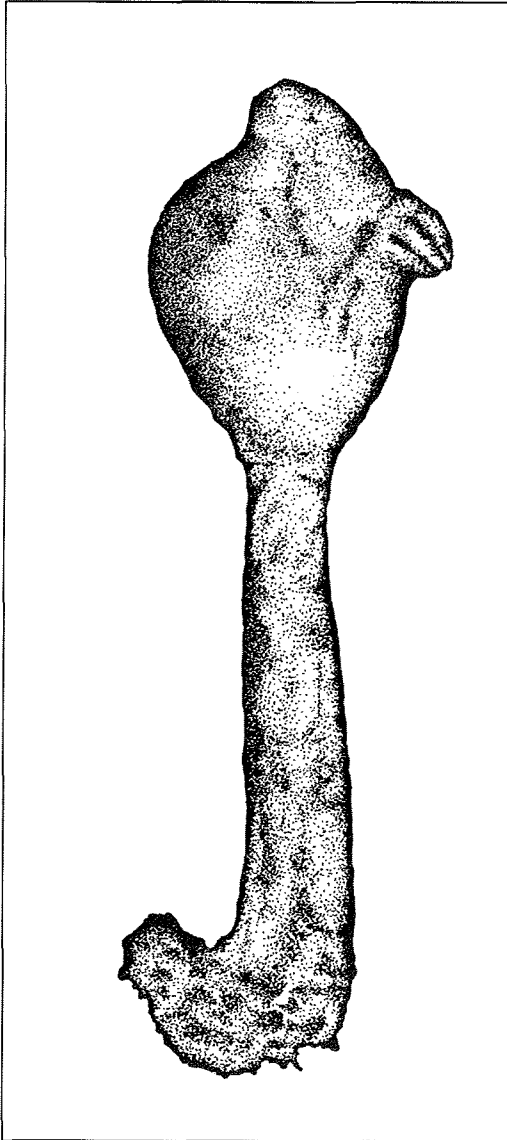
In ihrem Erscheinungsbild ähnelt sie *C. eumyota*, ist aber kleiner und seitlich zusammengedrückt.

Die Osculi sind einander stark angenähert. Die Tunika ist dick und ledrig. Sie hat wie bei *C. eumyota* einen endständigen wurzelartigen Fortsatz. Dieser dient der Anheftung an festem Material bzw. der Verankerung im Substrat.

Einzelne Exemplare dieser Art sind mit Bryozoen, Hydrozoen und Ascidien der Arten *Sycozoa gaimardi* und *Tylobranchion speciosum* bewachsen.

A. challengeri ist ovipar.

Molgula pedunculata Herdman, 1881



Die nördlichsten Fundorte dieser cirkumantarktischen Art liegen bei den Kerguelen und den Macquarie-Inseln.

Diese Art unterscheidet sich bereits rein äußerlich von den zwei anderen Arten durch die namensgebende stielartige Ausbuchtung. Wie zahlreiche andere Molguliidae auch ist *M. pedunculata* gut an das Leben auf dem freien Meeresboden angepaßt.

Die dünne Tunica hat an ihrem terminal gelegenen wulstartigen Ende kleine haarförmige Auswüchse, die der Verankerung des Tieres in sandigem bis schlickigem Sediment oder der Anheftung an Steine oder Artgenossen dienen.

Die Tunica ist häufig von einer reichen Epifauna aus Diatomeen (siehe RAUSCHERT 1991), Hydrozoen, Bryozoen und der Synascidie *Sycozoa gaimardi* besiedelt. In der Potter Cove ist sie die bei weitem häufigste Art und bildet dichte Zusammenballungen (patches). Mit diesen sind sessile Ar-

ten wie Bryozoen, Hydrozoen und Schwämme, und mobile Arten wie Isopoden oder Polychaeten vergesellschaftet.

Die Größe der Tiere (bis zu 27 cm Höhe) läßt auf Langlebigkeit schließen.

M. pedunculata vermehrt sich ausschließlich sexuell und ist vivipar

Alle Angaben und Beschreibungen sind, soweit nicht anders angegeben, den Werken von KOTT (1969, 1971) und MILLAR (1960) entnommen und wurden durch eigene Beobachtungen ergänzt.

3. Abundanzen und Biomasse

3.1. Einleitung

In den küstennahen Flachgewässern der kalt gemäßigten Breiten und der Subtropen bilden Ascidien häufig dichte Bestände (GUTIÉRREZ & LAY 1965, GULLIKSEN 1972, SVANE 1983, KLUMPP 1984, HATCHER 1989). Ähnliche Massenvorkommen einzelner Arten sind aus der Antarktis bisher nicht bekannt. Dennoch werden häufiger hohe Biomassewerte für das Taxon Ascidiaceae bzw. Tunicata genannt. Die Biomasse hängt von der Individuenzahl, der Verbreitung und der Individuengröße einer Art ab. Die antarktischen Ascidien sind in der Regel deutlich größer als ihre Verwandten aus den gemäßigten oder subtropischen Breiten (MILLAR 1960). Einige Arten erreichen Körperhöhen von mehreren Dezimetern (im Fall der kolonialen Ascidie *Distaplia cylindrica* sogar bis zu 7 m (KOTT 1969)), wobei die Literaturangaben jedoch schwanken.

Im Rahmen dieses Kapitels werden Häufigkeit, räumliche Verteilung und Biomasse der vier häufigsten solitären Arten *Molgula pedunculata*, *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* und *Cnemidocarpa verrucosa* in der Potter Cove bestimmt und diskutiert.

Anhand von Unterwasserphotos wurden die Häufigkeit und die räumliche Verteilung der bearbeiteten Arten bestimmt und die Abundanzen berechnet. Mit den Größenhäufigkeitsverteilungen der Arten wurde deren mittlere Individuenhöhe ermittelt und über die Größe-Masse-Beziehung das mittlere Individuengewicht jeder Art berechnet.

Die Gesamtbiomasse der einzelnen Arten ergibt sich dann aus dem Produkt von mittlerem Körpergewicht, der mittleren Abundanz und der von den Ascidien in der inneren Potter Cove besiedelten Fläche.

Zusammenhänge zwischen Körpermaßen und/oder -gewichten werden rechnerisch durch Regressionsanalyse bestimmt und die entsprechenden Konversionsgleichungen angegeben.

Den Abschluß des Kapitels bildet ein Vergleich der Ergebnisse miteinander und in Relation zu anderen Untersuchungen.

3.2. Material und Methoden

3.2.1. Probenmaterial

a) Phototransekte

Die Häufigkeit und räumliche Verteilung der Ascidien in der Potter Cove wurde anhand von Unterwasserphotographien (UW-Photos) untersucht.

Während zweier Südsommer (1993/94 und 1994/95) wurden insgesamt 6 Transekte taucherisch bearbeitet. Zwei der Transekte (1-2) wurden auf der Südwestseite der Bucht im rechten Winkel zum Ufer mit Hilfe einer nicht-schwimmenden Leine markiert. Der Taucher bewegte sich mit dem Photogestell entlang dieser Linie, um bei Erreichen der jeweiligen Tiefenstufe (5, 10, 15, 20, 25 und 30 m) im rechten Winkel zur Transektlinie nach beiden Seiten jeweils 10 Photos (20 Photos pro Tiefenstufe und Transekt) zu machen. Um eventuell vorhandene nicht-lineare räumliche Verteilungsmuster zu erfassen (GAGE & COGHILL 1977), wurden zusätzlich vier Transekte (3-6) im Südosten der Bucht in 15, 20, 25 und 30 m uferparallel mit einer 50 m langen Leine markiert. Anschließend wurde entlang dieser Leine in 1 m-Abständen je ein Photo gemacht (50 Photos pro Transekt), den Rahmen immer nördlich der Leine, d.h zur Buchtmitte hin haltend.

Die Photos wurden mit einem tauchergeführten Photogestell, bestehend aus einem quadratischen Aluminiumrahmen mit 50 x 50 cm Umfang (photographierte Fläche = 0,25 m²) und einer daran befestigten 40 cm hohen U-förmigen Halterung für Blitzgerät und Kamera gemacht (siehe auch KÜHNE 1992). Das Gestell ruht auf vier 10 cm hohen Aluminiumfüßen, um eine Berührung des Rahmens mit dem Untergrund und ein Aufwirbeln des Sediments zu vermeiden. Als Kamera diente eine Nikonos V mit einem 15 mm-Nikonos-UW-Objektiv und einem Subtronic Elektronenblitz. Es wurden Farb-Umkehrfilme (Ektachrome 50) verwendet.

Die Auswertung der Diapositive erfolgte unter einer Stereolupe.

b) Ascidienproben

Während zahlreicher Tauchgänge wurden zusätzlich jeweils zwischen 120 und 200 Individuen von *Molgula pedunculata*, *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* in 20 m ± 2 m Tiefe aufgesammelt. Zu diesem Zweck wurde am Probenort geankert und anschließend alle Vertreter der genannten Arten rund um den Anker herum quantitativ gesammelt. In mit Seewasser gefüllten Gefäßen wurden die Tiere so schnell wie möglich (max. 60 min) zur Weiterbearbeitung ins Labor transportiert.

Dort wurden Höhe, Breite und der Abstand der Osculi bestimmt. Nach der Reinigung mit Süßwasser wurde die Tunika eröffnet, die Tiere mit Fließpapier trockengetupft und feucht gewogen. Anschließend wurden die Tiere 72 h lang bei 60°C getrocknet, und gewogen, danach bei 500°C vier Stunden lang verascht (CRISP 1984) und, zur Bestimmung des aschefreien Trockengewichts, noch einmal gewogen.

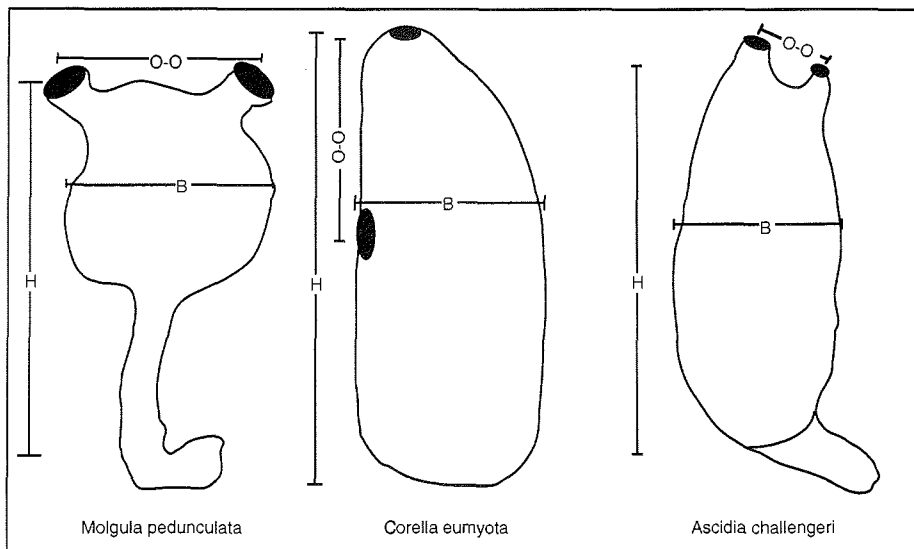


Abb. 3-1: Vermessung der Ascidien (H = Höhe, B = Breite, O-O = Abstand der Osculi)

3.2.2. Auswertung

3.2.2.1. UW-Photographien

Die Häufigkeit der Arten wurde durch Auszählen der Photoquadrate (UW-Photos) ermittelt und auf einen Quadratmeter hochgerechnet.

Tiefenabhängige Unterschiede in der Verteilung der Arten wurden durch Vergleich der Abundanzen in den drei Tiefenstufen 0 bis 10 m, >10 bis 20 m und >20 bis 30 m ermittelt.

Die mittlere Individuendichte der Arten N_m ergab sich damit aus der Summe aller Produkte aus der tiefenspezifischen Individuendichte und dem prozentualen Flächenanteil dieser Tiefenstufe a_i .

$$N_m = \sum (N_i) * a_i \quad [\text{Ind./m}^2] \quad (1)$$

Mit Hilfe eines Dispersionskoeffizienten wurde die kleinräumige Verteilung der Arten untersucht. Die Photos einer Station wurden dabei als wiederholte Stichproben (0,25 m² Probenfläche) einer Grundgesamtheit gewertet. Um Aussagen über Schwankungen der Besiedlungsdichte machen zu können, wurde pro Station der Dispersionskoeffizient DK durch Division der Varianz s² durch den Mittelwert MW berechnet. Je nachdem, welchen Wert DK annimmt, lassen sich drei verschiedene Verteilungstypen unterscheiden: Ist DK nicht signifikant von 1 verschieden, so handelt es sich um eine zufällige Verteilung. Ist DK signifikant größer als 1, so spricht man von einer geklumpten, ist DK signifikant kleiner als 1 von einer gleichmäßigen Verteilung. Mit einem zweiseitigen chi-Quadrat-Test wurde die Signifikanz (p<0,05) der Abweichung von der erwarteten "zufälligen" Poisson-Verteilung geprüft (ELLIOTT 1977).

Die tiefenabhängigen Unterschiede in der Verteilung der Arten wurde durch Varianzanalyse (ANOVA) auf dem 95%-Signifikanzniveau getestet.

3.2.2.2. Ascidienproben

Pro Art wurde eine Größenhäufigkeitsverteilung (GHV) erstellt und deren geometrisches Mittel bestimmt. Dieses eignet sich besser als das arithmetische Mittel zur Beschreibung des zentralen Moments bei nicht normalverteilten Daten (DAHM 1996). Damit entspricht das geometrische Mittel der mittleren Individuengröße der Art.

Der Zusammenhang zwischen der Größe und der Masse, die Größe-Masse-Beziehung, wurde durch Auftragung der Körperhöhe gegen das Trockengewicht graphisch dargestellt und anschließend durch eine Regressionsanalyse berechnet. Als Basis diente die von BRODY (1932) und ADOLPH (1949) entwickelte Formel :

$$x = a * m^b \quad (2)$$

Sie beschreibt den allgemein gültigen Zusammenhang zwischen der morphometrischen Größe x eines Tieres und seiner Körpermasse m, mit dem Massenkoeffizient a und dem Massenexponenten b.

In logarithmierter Form lautet die Formel dann:

$$\log_{10}x = a + b \log_{10}m \quad (3)$$

Über die so berechnete Größe-Masse-Beziehung konnte der mittleren Individuengröße MH einer Art das entsprechende Gewicht, das mittlere Individuengewicht MI zugeordnet werden.

Die mittlere Biomasse jeder Art B_m ergibt sich durch Multiplikation des mittleren Individuengewichts MI mit der mittleren Individuendichte N_m , die sich nach (1) aus der Summe der Produkte aus der mittleren Häufigkeit je Tiefenstufe N_i und dem prozentualen Anteil der entsprechenden Tiefenstufe a_i ergibt, und sich nach der Formel berechnet:

$$B_m = N_m * MI \quad (4)$$

Die Gesamtbiomassewerte der Arten in der Potter Cove ergibt sich durch Multiplikation des jeweiligen mittleren Biomassewertes mit der Gesamtfläche der von ihnen besiedelten Fläche in der inneren Bucht.

3.2.3. Konversionsgleichungen

Zusammenhänge zwischen anderen morphometrischen Größen und der Masse der Tiere wurden durch Regressionsanalyse anhand von Formel (2) bestimmt. Solche Konversionsfaktoren wurden für alle drei Arten für die Umrechnung der morphometrischen Größen Höhe (h), Breite (b) und Osculiabstand ($0-0$) in Gewichte (FG , TG , $AFTG$) berechnet.

3.3. Ergebnisse

3.3.1. Häufigkeit und Tiefenverteilung der dominanten Ascidien

Für die genaue Bestimmung der Verteilung der dominanten solitären Ascidien wurden insgesamt 519 UW-Photos mit einer Gesamtfläche von 129,75 m² ausgewertet. Da bereits die ersten Tauchgänge deutliche tiefenabhängige Unterschiede in der Verteilung der solitären wie der kolonialen Ascidien ergeben hatten, wurden die Individuendichten der bearbeiteten Arten nach Tiefenstufen getrennt bestimmt (Abb. 3-2). Auf der Basis der bereits vorhandenen bathymetrischen Daten wurden 10m-Abstände zwischen den einzelnen Tiefenstufen gewählt. Ihre prozentualen und absoluten Flächenanteile sind für die innere Potter Cove in Tabelle 2-1 aufgelistet.

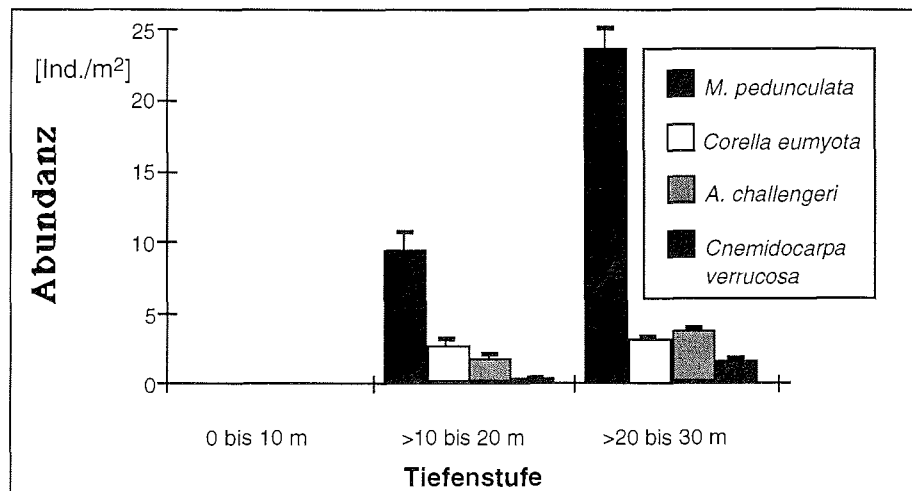


Abb. 3-2: Tiefenverteilung der in der Potter Cove häufigsten solitären Ascidien. (Angaben sind die Mittelwerte und deren Standardfehler.)

Die Abundanz der vier bearbeiteten Arten nimmt mit steigender Wassertiefe in allen Fällen deutlich zu (Abb. 3-2). Sie steigt, die vier bearbeiteten Arten zusammengenommen, von 0 Ind./m² in 0-10 m Tiefe auf 32,5 Ind./m² in 20-30 m Tiefe an. Im Fall von *M. pedunculata*, der in der Potter Cove bei weitem häufigsten Art, steigt die Abundanz zuerst von 0 Ind./m² in 0 - 10 m Tiefe auf 9,4 Ind./m² in 10 - 20 m Tiefe und schließlich auf über 23 Ind./m² in 20-30 m an. Bei *Cnemidocarpa verrucosa* ist dieser Anstieg sogar noch steiler (Faktor 4,1). Diese Art ist mit einer maximalen Individuendichte von <1 Individuum pro m² eher selten.

Die Begrenzung der Tauchtiefe auf 30 m verhinderte Probennahmen in den tiefer gelegenen Bereichen der Bucht, so daß Proben aus dem Tiefenbereich ab 30 m fehlen. Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen von HAMADA et al. (1986) und JAZDZEWSKI et al. (1986) sind in den Tiefen über 30 m meist höhere Häufigkeiten wie in 20-30 m zu erwarten. Bei der Berechnung der mittleren Individuendichten im Tiefenbereich über 30 m wurden deshalb die gleichen Abundanzwerte wie in der vorhergehenden Tiefenstufe (20 bis 30 m) verwandt.

3.3.2. Räumliche Verteilung der dominanten Arten

Keine der vier Arten ist bezüglich der Dispersionseinheit von $0,25 \text{ m}^2$ regelmäßig verteilt (Abb. 3-3).

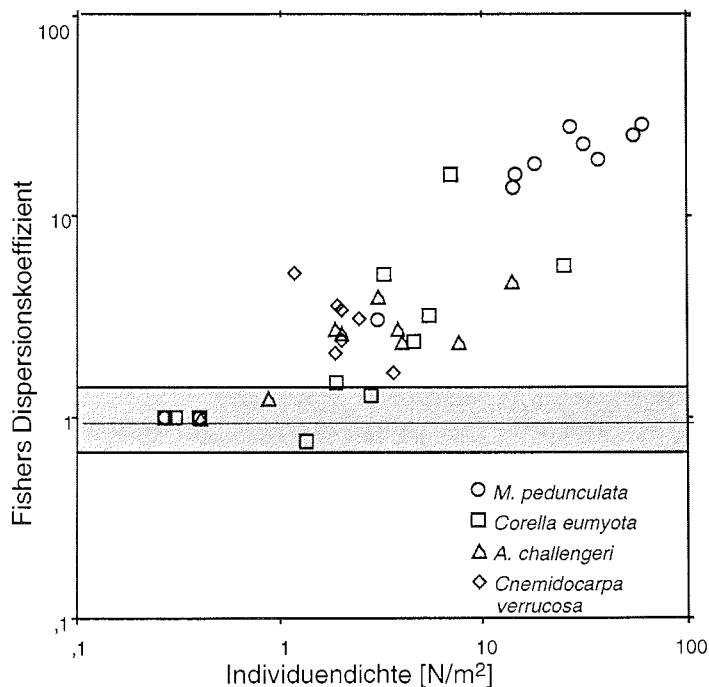


Abb. 3-3: Zusammenhang zwischen dem Dispersionskoeffizienten und der Besiedlungsdichte (beide logarithmiert). Der 95%-Vertrauensbereich der erwarteten Poissonverteilung (DK = 1) ist schraffiert.

In 9 von 38 Fällen ist der Dispersionskoeffizient (DK) nicht signifikant von 1 verschieden, d.h. die Tiere sind zufällig verteilt. Lediglich die Individuen von *C. verrucosa* sind in allen Fällen fleckenhaft (geklumpt) verteilt.

In Abbildung 3-3 sind die Werte von DK gegen die Individuendichte aufgetragen. Die 95%-Signifikanzgrenzen für die Abweichung des DK vom Wert 1 sind als graue Bereiche angegeben, da ihr Wert von der Anzahl der Freiheitsgrade, d.h. der Probenanzahl n abhängig ist. Deutlich ist die positive Korrelation zwischen dem DK und der Individuendichte zu erkennen. Bis zu einer Individuendichte von 3 Ind./m² sind die Arten mit Ausnahme von *C. verrucosa* zufällig verteilt. Bei höheren Individuendichten sind sie in allen Fällen fleckenhaft verteilt. Die höchsten Dispersionskoeffizienten und somit die stärkste Neigung zur Fleckenhaftigkeit haben die beiden häufigsten Arten *Molgula pedunculata* und *Corella eumyota*.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse (Tabelle 3-2) bestätigen die besondere Stellung dieser beiden Arten.

So weist *M. pedunculata* für beide Tiefenstufen signifikant höhere Dispersionskoeffizienten als alle anderen Arten auf. Signifikante Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Individuen dieser Art in den beiden Tiefenstufen gibt es jedoch nicht. Bei *C. eumyota* hingegen gibt es solche signifikanten Unterschiede.

Tab. 3-1: Signifikanz der tiefenabhängigen Unterschiede in der räumlichen Verteilung zwischen den Arten und Tiefenstufen (s.o.)
(n= 58; Signifikanzniveau: p > 0,05)

	M. p. (20-30)	C. e. (10-20)	C. e. (20-30)	A. c. (10-20)	A. c. (20-30)	C. v. (10-20)	C. v. (20-30)
M. p. (10-20)	n.s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.
M. p. (20-30)			s.	s.	s.	s.	s.
C. e. (10-20)			s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C. e. (20-30m)			s.	s.	s.		
A. c. (10-20)			n.s.	n.s.	n.s.		
A. c. (20-30)							n.s.
C. v. (10-20)							n.s.
C. v. (20-30)							

Insgesamt zeigen die DK der Arten-Tiefenstufen-Paare, mit Ausnahme der drei "Ausreißer" (M.p.10-20, M.p.20-30 und C.e.20-30), eine leichte Neigung zur fleckenhaften Verteilung der Ascidien an. Die drei "Ausreißer" hingegen sind stark fleckenhaft verteilt und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer kleinräumigen Verteilungsmuster signifikant von den anderen.

3.3.3. Mittleres Individuengewicht und Biomasse

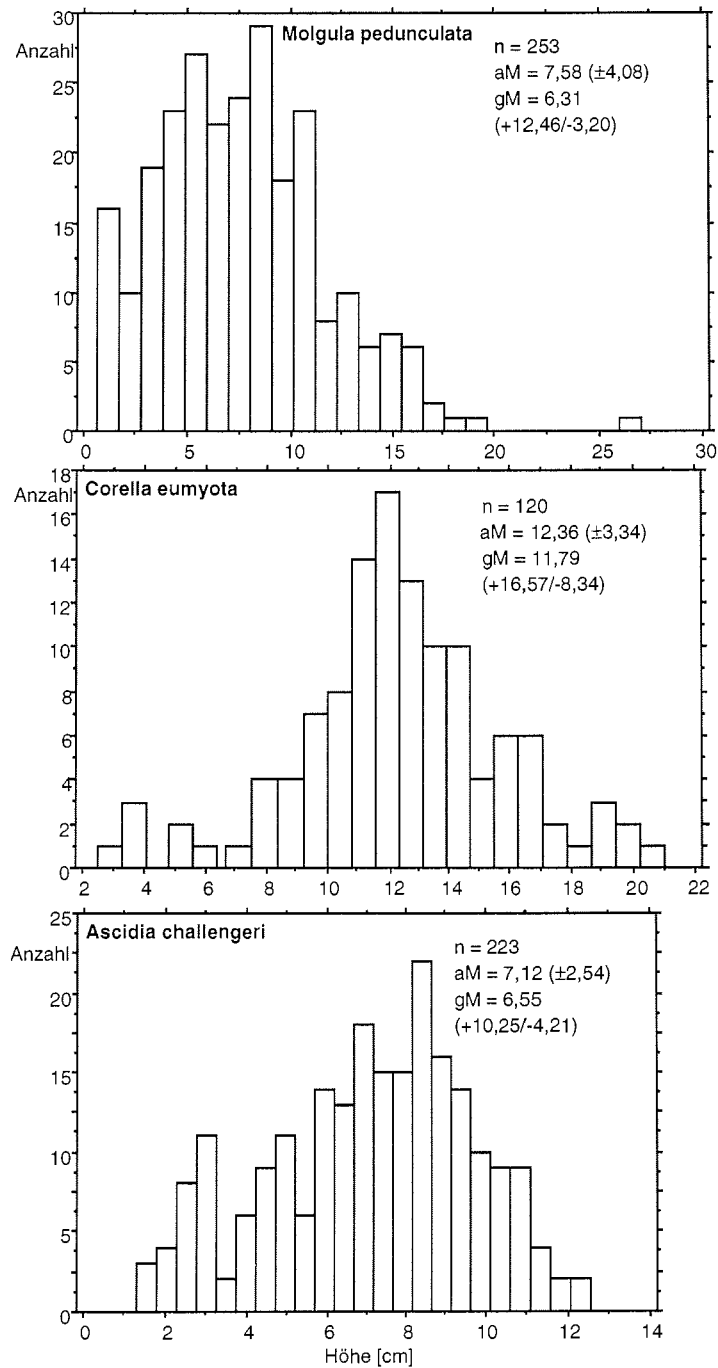


Abb.3-4: Größenhäufigkeitsverteilungen der dominanten Arten. Angegeben sind das arithmetische Mittel (aM) und das geometrische Mittel (gM) mit den Standardabweichungen in Klammern.

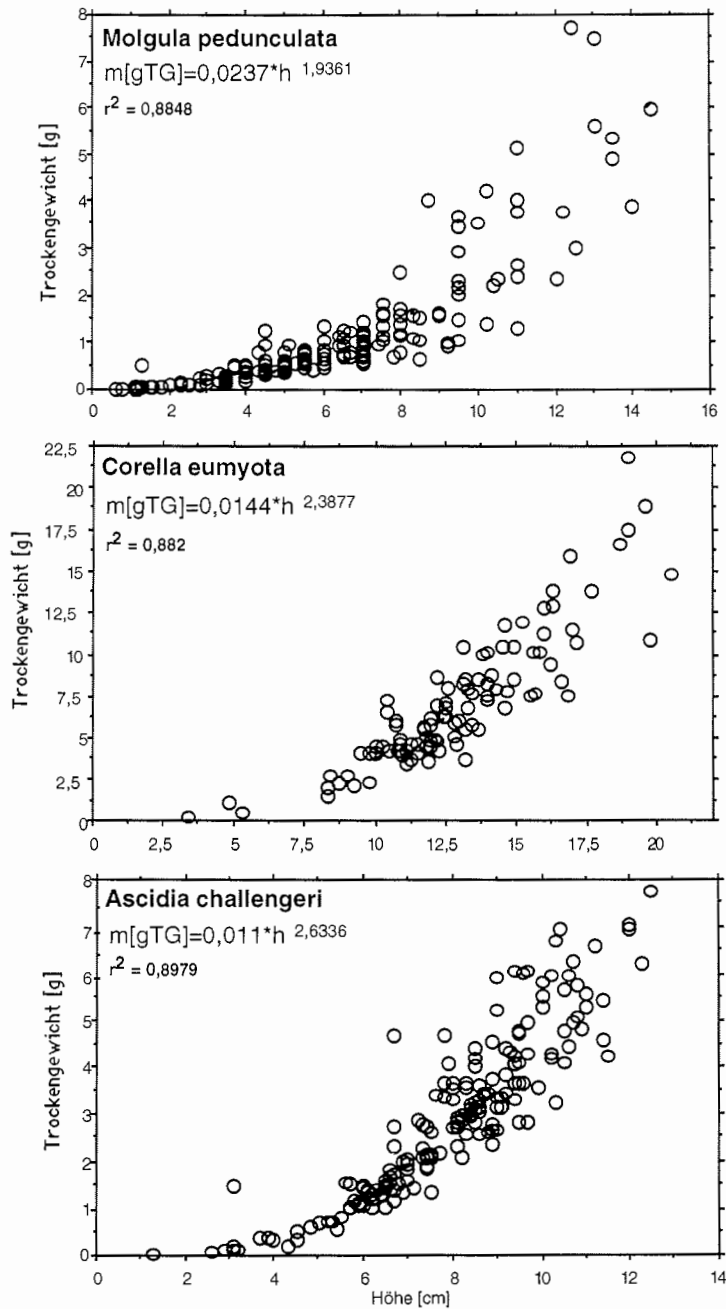


Abb. 3-5: Größe-Masse-Beziehungen der drei häufigsten Arten unter Angabe der Konversionsgleichungen und der Bestimmtheitsgrade.

Aufgrund der geringen Individuendichte von *Chemidocarpa verrucosa* (<1 Ind./m²) und der begrenzten Tauchzeit konnte für diese Art keine Größenhäufigkeitsverteilung (GHV) erstellt werden. Abbildung 3-4 zeigt die GHV der anderen drei Arten zusammen mit dem arithmetischen Mittelwert, der Standardabweichung und dem geometrischen Mittelwert. Die GHV für *Molgula pedunculata* bzw. *Ascidia challengerii* ist links- bzw. rechts-steil, die von *Corella eumyota* ist symmetrisch, steigt steil an und fällt dann ebenso steil wieder ab (leptokurt).

Anhand der artspezifischen Größe-Masse-Beziehungen (Abb. 3-5) läßt sich das mittlere Individuengewicht MI durch Einsetzen der mittleren Individuenhöhe in die artspezifische Konversionsgleichung (siehe Abb. 3-5, Tab. 3-5) berechnen. Tabelle 3-2 faßt die bisherigen Ergebnisse zusammen.

Tab. 3-2: Mittlere Individuenhöhe und mittleres Individuengewicht (samt Standardabweichungen) der drei häufigsten Arten in der Potter Cove

	<i>Molgula pedunculata</i>	<i>Corella eumyota</i>	<i>Ascidia challengerii</i>
mittlere Individuenhöhe [cm]	6,3 (+12,5/-3,2)	11,8 (+16,57/-8,4)	6,6 (+10,3/-4,2)
mittleres Individuengewicht MI [gTG]	0,9 (+3,1/-0,2)	5,2 (+11,7/-2,3)	1,6 (+5,1/-0,5)
mittleres Individuengewicht MI [gAFTG]	0,3 (+1,0/-0,1)	1,7 (+3,7/-0,7)	0,5 (+1,6/-0,1)

Die Biomasse der Arten wurde durch Multiplikation des mittleren Individuengewichts mit der tiefenspezifischen Individuendichte der Arten ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Abb. 3-6 zusammengefaßt. Da die Umrechnung der Biomassewerte von g TG in g AFTG zwar die Absolutwerte ändert, nicht aber die Verhältnisse zwischen den Arten, werden nachfolgend nur die Verhältnisse der Trockengewichte zueinander besprochen.

Wie schon bei der Tiefenverteilung der Individuendichten steigt auch die Biomasse der Arten mit zunehmender Tiefe an. Es kommt jedoch zu einer Verschiebung der Dominanzen zwischen der häufigen aber leichteren *M. pedunculata* und der selteneren aber schwereren *C. eumyota*. In 10-20 m Tiefe ist die Biomasse von *C. eumyota* nahezu doppelt so hoch wie die von *M. pedunculata*. Mit zunehmender Wassertiefe steigt die Biomasse von *M. pedunculata* in 20-30 m Tiefe um den Faktor 2,5 an. Dies führt, verbunden mit dem wesentlich geringeren Anstieg der Biomasse von *C. eumyota* (Faktor 1,2) zu einer Umkehr der Dominanzverhältnis in 20-30 m Tiefe zugunsten von *M. pedunculata*. Die Bio-

massewerte von *Ascidia challengerii* sind im Vergleich dazu aufgrund des niedrigen Individuengewichtes und der geringen Abundanzwerte in beiden Tiefenstufen weit geringer.

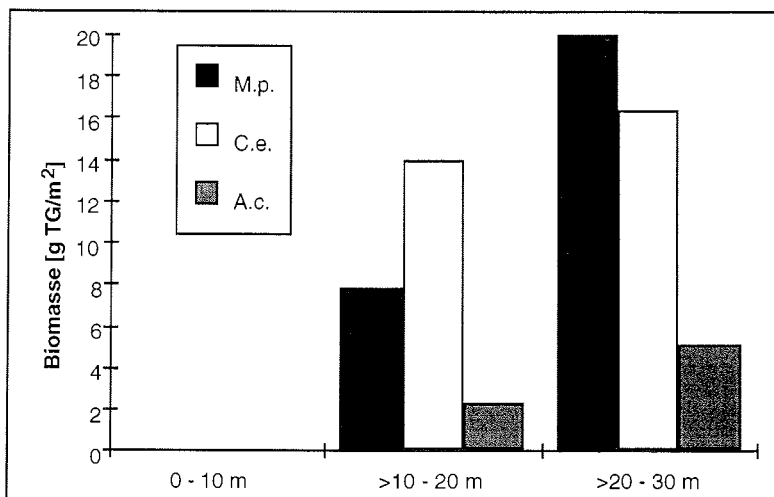


Abb. 3-6: Tiefenverteilung der Biomasse der drei untersuchten Arten (M.p. = *Molgula pedunculata*, C.e. = *Corella eumyota*, A.c. = *Ascidia challengerii*)

3.3.4. Gesamtabundanz und Gesamtbiomasse

Tab. 3-3: Mittlere Individuendichte N_m , mittlere Biomasse B_m und Gesamtbiomasse der drei häufigsten Arten für die innere Potter Cove (0-30 m Tiefe).

	<i>Molgula pedunculata</i>	<i>Corella eumyota</i>	<i>Ascidia challengerii</i>
mittlere Individuendichte N_m [Ind./m ²]	14,7	2,2	2,3
mittlere Biomasse B_m [g TG/m ²]	12,46	11,54	3,65
mittlere Biomasse B_m [g AFTG/m ²]	4,11	3,70	1,12
Gesamtbiomasse auf 1,95 km ² [kg TG]	24 297	22 542	7 118
Gesamtbiomasse auf 1,95 km ² [kg AFTG]	8 015	7 235	2 184

Anhand der prozentualen Flächenanteile der Tiefenstufen konnten die artspezifischen mittleren Individuendichten berechnet werden. Durch Multiplikation des mittleren Individuengewichtes MI mit der mittleren Individuendichte N_m ergibt

sich dann die mittlere Biomasse B_m einer Art. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3-3 zusammengefaßt.

Aufgrund der hohen numerischen Dominanz von *M. pedunculata* - mit 14,7 Individuen pro m^2 ist sie die mit Abstand häufigste solitäre Ascidie in der inneren Potter Cove - erreicht diese Art eine hohe mittlere Biomasse. Dies wiederum bedingt die hohe Gesamtbiomasse von über 24,30 t TG/8,02 t AFTG. Die mittleren Individuendichten der Arten *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota* liegen bei knapp über 2 Ind./ m^2 . Dennoch erreicht *C. eumyota* aufgrund ihres hohen mittleren Individuengewichts eine ähnlich hohe mittlere Biomasse und Gesamtbiomasse wie *M. pedunculata*.

Die Biomassewerte für *A. challengerii* hingegen sind niedrig, da die Individuen dieser Art weder besonders häufig noch besonders groß und schwer sind.

Die drei untersuchten Arten haben in der inneren Potter Cove eine Gesamtbio-
masse von 53,96 t TG/17,43 t AFTG.

3.3.5. Konversionsgleichungen

Aus den Daten der Ascidienproben wurden Konversionsgleichungen berechnet (Tab. 3-4).

Tab. 3-4: Konversionsgleichungen und deren Bestimmtheitsmaß für die drei in der inneren Potter Cove dominanten Arten. Die Umrechnung erfolgt nach der Formel $y = a \cdot x^b$. (n = Anzahl der bearbeiteten Tiere, TG = Trockengewicht, O-O = Abstand der Osculi)

Art	Umrechnung x --> y	Massekoef- fizient a	Masseex- ponent b	Bestimmt- heitsmaß r^2
Molgula pedunculata	(n=235)			
	Höhe ---> TG	0,0253	1,9052	0,90
	Breite ---> TG	0,0631	2,1177	0,89
	O-O ---> TG	0,0937	1,9925	0,86
Corella eumyota	(n=101)			
	Höhe ---> TG	0,0144	2,3877	0,88
	Breite ---> TG	0,0704	2,3946	0,81
	O-O ---> TG	0,1588	1,8750	0,74
Ascidia challengerii	(n=175)			
	Höhe ---> TG	0,0110	2,6336	0,90
	Breite ---> TG	0,0289	3,1491	0,86
	O-O ---> TG	0,3047	2,3287	0,68

Die in allen Fällen hohen Werte des Bestimmtheitsmaßes zeigen die hohe Güte der Korrelation zwischen den jeweiligen Maßen und/oder Gewichten an, sodaß anhand der Höhe, Breite oder des Abstandes zwischen den Osculi eines Indi-

viduums dessen Trockengewicht bzw. aschefreies Trockengewicht mit hoher Genauigkeit berechnet werden kann.

Größe und Gewicht sind bei allen drei Arten eng miteinander korreliert. Die Größen-Gewichts-Beziehungen der drei Arten sind, wie eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) zeigt, jedoch signifikant ($p < 0,01$) voneinander verschieden.

Tab. 3-5: Vergleich der Größen-Gewichts-Beziehungen (GGB) der untersuchten Arten mittels Kovarianzanalyse (ANCOVA, $p < 0,01$). Die Freiheitsgrade, F-Werte und P-Werte sind angegeben. (m = Körpergewicht in g Trockengewicht)

Abhängige Variable: log m	Freiheitsgrade	F-Wert	P-Wert
log (Höhe)	1	1811,87	0,0001
Art (<i>Molgula</i> , <i>Corella</i> , <i>Ascidia</i>)	2	10,598	0,0001
log (Höhe) * Art	2	35,084	0,0001

Zur Berechnung der Individuengewichte wurde bei allen drei Arten die Individuenhöhe gewählt, obwohl im Fall von *M. pedunculata* die Individuenbreite den genaueren Wert (höheres Bestimmtheitsmaß) liefern würde.

Aus den in Tabelle 3-6 angegebenen Korrelationsfaktoren für die Umrechnung der Feucht- in die Trockengewichte läßt sich ein hoher Wassergehalt der Tiere von 93 bis 94 % ersehen. Die verbleibenden 6 bis 7 % Trockenmasse haben einen organischen Anteil, der je nach Art zwischen 34 % (*C. eumyota*) und 28 % (*M. pedunculata*) beträgt

Tab. 3-6: Konversionsfaktoren und deren Bestimmtheitsmaß für die drei angegebenen Arten. Die Umrechnung erfolgt nach der Formel $y = k * x$. (TG = Trockengewicht, AFTG = aschefreies Trockengewicht)

Art	Umrechnung x --> y	Konversionsfaktor k	Bestimmtheitsmaß r^2
Molgula pedunculata	(n=181)		
	FG ---> TG	0,0580	0,96
	TG ---> AFTG	0,2813	0,93
Corella eumyota	(n=101)		
	FG ---> TG	0,0570	0,89
	TG ---> AFTG	0,3395	0,84
Ascidia challengeri	(n=175)		
	FG ---> TG	0,070	0,91
	TG ---> AFTG	0,3143	0,91

3.4. Diskussion

3.4.1. Methoden

3.4.1.1. Unterwasser-Photographien

Für eine quantitative Erfassung der Epifauna des oberen Sublitorals bis etwa 30 m Wassertiefe hat sich der Einsatz tauchergeführter Photogestelle nach der Leinentranssektmethode bewährt (LUNDÄLV 1971, BOHNSACK 1979, KIRKWOOD & BURTON 1988, KÜHNE 1992). Diese Methode eignet sich aufgrund ihrer hohen Effizienz und Schnelligkeit besonders für die polaren Breiten, wo es bedingt durch die niedrigen Wassertemperaturen (um die 0°C) zu einer deutlichen Verkürzung der Tauchzeiten kommt. Außerdem läßt sich anhand der UW-Photographien neben den absoluten Besiedlungsdichten zusätzlich noch die kleinräumige Verteilung der Arten bestimmen.

Die Bestimmung der Arten bereitet aufgrund der Verwendung sehr feinkörniger Filme (64 ASA) lediglich bei der Unterscheidung sehr kleiner Exemplare von *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota* Schwierigkeiten. Durch Verschattung oder Verdecken einzelner Individuen auf den Photos kann es bei deren Auswertung zu einer Unterschätzung der Abundanzen kommen. Diese Gefahr ist, wie direkte Beobachtungen und gezielte Probennahmen einzelner "Flecken" gezeigt haben, für die solitären Ascidien jedoch relativ gering.

Die Größe des Photorahmens von 50 x 50 cm (Fläche 0,25m²) beträgt wie von CURTIS & MCINTOSH (1950) empfohlen dem Doppelten des durchschnittlichen Areals einer Ascidie, welches bei diesen sessilen Tieren der maximal möglichen Individuenhöhe von ca. 25 cm entspricht.

3.4.1.2. Ascidienproben

Alle Proben stammen, wie die UW-Photos, aus den Monaten November bis Januar 1995/96. Sie stellen demnach eine Momentaufnahme der Situation im Sommer dar und erlauben daher keine Aussagen über saisonale Veränderungen von Abundanz, räumlicher Verteilung und Biomasse. Saisonale Veränderungen spielen im Flachwasser der Antarktis eine weit größere Rolle als auf dem angrenzenden Schelf oder dessen Hängen (ARNTZ et al. 1994). Insbesondere die Fraßaktivität benthischer Filtrierer variiert saisonal (BARNES & CLARKE 1995a). Demnach sind individuen-spezifische saisonale Gewichtsschwankungen auch für die solitären Ascidien zu erwarten. Bei Populationen der vorwiegend boreal lebenden Art *Ciona intestinalis* können sie bis zu 600 %

betragen (RIISGÅRD et al. 1995). Kurzfristige Schwankungen des Körpergewichts durch Keimzellenproduktion wie bei der antarktischen Muschel *Laternula elliptica* (bis zu 20 %) oder durch Variationen der Sedimentbefruchtung des Verdauungsapparates wurden bei den Ascidien aber bisher noch nicht beobachtet. Dennoch wurde durch Streuung der Probennahmen über den gesamten Südsommer der Einfluß eventuell vorhandener Gewichtsschwankungen weitgehend minimiert.

3.4.1.3. Vermessung und Gewichtsbestimmung

Die nach CRISP (1984) bei der Bestimmung der Körpermaße von Tieren ohne feste Schale auftretenden Schwierigkeiten können für die untersuchten Ascidienarten nicht bestätigt werden. Die Tunika umschließt als mehr oder weniger feste Hülle das Individuum wie eine Schale und gibt, auch wenn sie dünn wie bei *M. pedunculata* ist, jeder Ascidie ihre artspezifische Form. Dies bestätigen auch die hohen Korrelationskoeffizienten der verschiedenen Konversionsfaktoren (Tab. 3-4).

Bei der Gewichtsbestimmung stellt lediglich die Bestimmung des Feuchtgewichts ein Problem dar, da die Gewebe der Ascidien wie die meisten marinen Evertebraten einen Wassergehalt von bis zu 95 % aufweisen. Auch läßt sich das dem Körper anhaftende Wasser nur unvollständig entfernen. Aus diesen Gründen werden soweit möglich die genaueren Trockengewichte und asche-freien Trockengewichte angegeben.

Die im Vergleich zu anderen Evertebraten relativ niedrigen Gehalte an organischem Material von unter 30 % sind ein bei Ascidien bereits häufiger beobachtetes Phänomen (NORBIN & BÅMSTEDT 1984, WACASEY & ATKINSON 1987).

3.4.1.4. Verteilung der solitären Ascidien

Die Verbreitungsgebiete der bearbeiteten solitären Arten sind weitgehend bekannt (KOTT 1969, 1971, MILLAR 1960). Über ihre Verteilung und Abundanz im antarktischen Flachwasser gibt es jedoch nur wenige Arbeiten. So fanden KIRKWOOD & BURTON (1988) vier solitäre Ascidienarten im Ellis Fjord (Vestfold Hills, Westantarktis), die alle auch in der Potter Cove häufiger vorkommen. Im McMurdo Sound wurde bisher lediglich die große solitäre Art *Cnemidocarpa verrucosa* gefunden (DAYTON et al. 1974, BATTERSHILL 1990, MCCLINTOCK et al. 1991).

Bei den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Arten kommt es zu einer Zunahme der Abundanzen mit steigender Wassertiefe (Abb.3-1). Dieser Anstieg ist je nach Art unterschiedlich stark ausgeprägt. So steigt die Häufigkeit von *C. verrucosa* um das 4,1-fache an, die der anderen drei Arten hingegen lediglich um das 1,2- bis 2,5-fache. Einen ähnlich tiefenkorrelierten Anstieg der Abundanz der Ascidiaceae konnten HAMADA et al. (1986) auch im Flachwasser der East-Ongul-Insel (Ostantarktis) nachweisen.

Ursache für einen solchen Anstieg der Abundanzen ist vermutlich der mit zunehmender Tiefe sinkende Störeinfluß des auflaufenden Eises, der nach KLÖSER & ARNTZ (1994) in der inneren Potter Cove bis in eine Wassertiefe von maximal 25 m reicht. Ein weiterer begrenzender Faktor für das Ascidienwachstum in den oberen 10 bis 15 Metern ist der durch den Zufluß von Schmelzwasser verursachte stark schwankende Salzgehalt und die starke Trübung des Wassers (MILLAR 1971). Ein Einfluß von Ankereis konnte in der Potter Cove bisher nicht beobachtet werden.

Neben den bereits von KLÖSER & ARNTZ (1994) beschriebenen Eisbergmarken ist die Häufigkeit der beiden Ascidiaceae *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* ein weiterer Hinweis für erhöhte Störeinflüsse, da die Vertreter dieser Familie eine flexible Tunika, schnelles Wachstum und kurze Generationszeiten haben (TURON 1988). Das Vorkommen der langlebigeren Pyuridae *C. verrucosa* und *Pyura setosa* deutet darauf hin, daß diese Störungen nur sporadisch auftreten und/oder lokal begrenzt sind.

Insgesamt sind die Ascidien vor allem in den oberen 100 bis 200 m häufig (RUBINSHTEYN 1991). Auf dem flachen Schelf im Bereich der antarktischen Halbinsel sind sie häufig sogar das biomassereichste Taxon (RAMOS et al. 1987, SAIZ-SALINAS et al. 1997). Die Arbeiten von GERDES et al. (1992) und GUTT & STARMANS (1996) belegen jedoch, daß Ascidien auch auf dem tiefen Schelf des Weddellmeers in Tiefen bis zu 500 m durchaus häufig sein können. Bei diesen Tieren handelt es sich vor allem um koloniale Ascidien.

Die bei den untersuchten Arten beobachtete Neigung zur Klumpung oder Fleckenhaftigkeit ist ein bei allen benthischen lebenden Organismen weit verbreitetes Phänomen. Bei den Ascidien beruht sie auf der starken Verkürzung der pelagischen Phase ihrer Larven und der damit verbundenen bevorzugten Ansiedlung in der Nähe der adulten Tiere (MILLAR 1971).

Aufgrund der großen Individuendichten von *M. pedunculata* ergaben sich besonders hohe Werte für die Dispersionskoeffizienten (Abb. 3-3).

3.4.2. Körpergröße und Körpergewicht

Alle drei im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Arten können sehr groß werden. Insbesondere *M. pedunculata* und *C. eumyota* erreichen Höhen von 20 cm und mehr. Da die Größe von Ascidien hauptsächlich von der Nahrungszufuhr und der Wassertemperatur abhängt, ist es sehr wahrscheinlich dass das reichhaltige Phytoplankton Hauptursache für die Größe der südpolaren Arten ist (MILLAR 1960).

Dieses als Gigantismus bezeichnete Phänomen ist bei antarktischen marinen Evertebraten bereits häufiger beobachtet worden. Als Grund dafür wird von TRACY (1982) eine Vergrößerung des zu nutzenden dreidimensionalen Raums vermutet, zumal sich die Biomasse häufig nicht in gleichem Maße erhöht. Dabei sind Tiere im Vorteil die, wie die Ascidien, kein Calcium für einen Aufbau von stützenden oder schützenden Strukturen benötigen.

Die Vergrößerung der Körperoberfläche führt zu einer Oberflächenvergrößerung des Peribranchialsacks oder Kiemendarms und ermöglicht den Ascidien somit eine erhöhte Nahrungsaufnahme.

Als Beleg für diese Raum-statt-Biomasse-Hypothese wertet TRACY den bei der polaren Art *Cnemidocarpa verrucosa* gegenüber der borealen Art *Ciona intestinalis* bei gleicher Körpergröße um 38,8 % geringeren Trockengewichtsanteil. Diese Theorie gilt jedoch nicht für die drei hier untersuchten Arten, da ihre Trockengewichtsanteile zwischen 9,5 % (*C. eumyota*) und 30 % (*A. challengerii*) höher als die bei einer gleichgroßen *Ciona intestinalis* liegen.

3.4.3. Abundanz und Biomasse

Für die hohen Individuendichten der solitären Ascidien auf den Weichböden der Potter Cove mit bis zu 74 Ind./m² ist in der Hauptsache die Art *Molgula pedunculata* verantwortlich. Von den insgesamt vier betrachteten Arten stellt sie im Durchschnitt 72,7 % der Individuen und ist in allen Tiefenstufen die zahlenmäßig dominante Art (Abb. 3-1). Mit einer 12,46 g TG/m² weist *M. pedunculata* auch die höchste mittlere Biomasse auf. Eine ähnlich hohe mittlere Biomasse (11,54 g TG/m²) hat die im Vergleich zu *M. pedunculata* in der Potter Cove eher seltene Art *Corella eumyota* (2,2 Ind./m²). Der Grund dafür ist das gegenüber *M. pedunculata* (0,85 g TG) ausgesprochen hohe mittlere Individuengewicht von 5,2 g TG. Dagegen hat die zweite seltene Art *Ascidia challengerii* bei einem mittleren Individuengewicht von 1,56 g TG/m² eine mittlere Biomasse von lediglich 3,65 g TG/m².

Die Unterschiede zwischen den mittleren Individuengewichten der einzelnen Arten sind auffällig groß. So bewirkt die im Vergleich zu *M. pedunculata* bzw. *A. challengerii* doppelt so große mittlere Individuenhöhe von *C. eumyota* ein 6,1-fach bzw. 3,3-fache höheres mittleres Individuengewicht in g TG. Grund hierfür ist die Tatsache, daß das Gewicht eines Tieres in der zweiten Potenz mit der Körpergröße wächst. Der Gewichtsunterschied zwischen der gestielten *M. pedunculata* und der eher tonnenförmigen *A. challengerii* beruht auf der unterschiedlichen äußeren Form (siehe Artbeschreibung).

Für die hohen Biomassewerte von *M. pedunculata* und *C. eumyota* gibt es unterschiedliche Gründe. So erreicht *M. pedunculata* trotz des geringen mittleren Individuengewichtes eine hohe Biomasse durch die hohe mittlere Individuendichte. Bei *C. eumyota* hingegen ist es umgekehrt, d.h. einem hohen mittleren Individuengewicht steht eine geringe mittlere Individuendichte gegenüber. Niedrige Abundanz und eine relativ geringe mittlere Individuenhöhe (6,6 cm) sind die Ursachen für die äußerst niedrigen Biomassewerte von *A. challengerii*.

Insgesamt sind die hohen Individuendichten und Biomassen der solitären Ascidien auf den Weichböden der Potter Cove keine lokale Besonderheit. In den küstennahen Gewässern nahezu aller Inseln des Scotia-Bogens sind Ascidien häufig bis dominant (RAMOS et al. 1987). Anschaulich belegen dies die Daten von GALLARDO et al. (1977) von der Greenwich Insel (62°29'S, 59°41'W) und JAZDZEWSKI et al. (1986) aus der benachbarten Admiralty Bay. Es wurden Individuendichten von bis zu 119 Ind./m² (JAZDZEWSKI et al. 1986) bzw. 50 Ind./m² (GALLARDO et al. 1977) gefunden. Die bei JAZDZEWSKI et al. angegebenen Biomassen von bis zu 2,1 kg FG/m² werden von dem in der Potter Cove erreichten Maximalwert von 2,5 kg FG/m² sogar noch übertroffen.

Bei all diesen Literaturangaben handelt es sich, anders als bei den Potter-Cove-Werten, um Summenparameter für das Taxon Tunicata bzw. Ascidiaceae, d.h. neben solitären wurden auch koloniale Arten mit einbezogen. Obwohl solitäre Arten auf mobilen Substraten, wie Weichböden, zahlenmäßig dominieren (TURON 1988), ist ein direkter Vergleich der Werte nicht möglich. Zudem verwendeten JAZDZEWSKI et al. und GALLARDO et al. kleine Backengreifer (0,1 und 0,2 m² Fläche), die sich nur bedingt für eine Erfassung stark fleckhaft verteilter großer epibenthischer Organismen eignen.

Artspezifische Daten über die Häufigkeit solitärer Ascidien sind rar. So kommt die mit *Molgula pedunculata* verwandte Art *M. gigantea* westlich der antarktischen Halbinsel in den Gewässern um die Süd-Shetland-Inseln herum in größeren Mengen vor (LOWRY 1977). Die drei Arten *Corella eumyota*, *Ascidia chal-*

lengeri und *Cnemidocarpa verrucosa* wurden von GUTT & STARMANS (1996) auf dem Schelf in der Weddellsee und von KIRKWOOD & BURTON (1988) im Flachwasser der Ostantarktis gefunden. Zudem ist *C. verrucosa* nach BATTERSHILL (1989, 1990) und MCCLINTOCK et al. (1991) auch im McMurdo Sound häufiger. Die angegebenen Besiedlungsdichten liegen (mit Ausnahme von *A. challengerii* im Ellis Fjord) weit unter den für die Potter Cove bestimmten Werten.

Auf dem Weddellmeerschelf liegen die Abundanzwerte nach GUTT & STARMANS (1996) im Durchschnitt zwischen 0,03 und 0,2 Ind./m². Die von KIRKWOOD & BURTON in den oberen 30 m des Ellis Fjord (Vestfold Hills, Ostantarktis) gefundenen Ascidienarten gehören in der inneren Potter Cove zu den häufigsten Arten, wo sie mit Ausnahme von *Ascidia challengerii*, der mit 6,7 Ind./m² häufigsten Ascidie im Ellis Fjord, auch deutlich höhere Abundanzwerte aufweisen. *M. pedunculata* kommt im Ellis Fjord nicht vor.

Die Angaben zur Besiedlungsdichte der im McMurdo Sound häufigsten solitären Ascidie *Cnemidocarpa verrucosa* liegen zwischen 0,2 (BATTERSHILL 1990), 0,4 (MCCLINTOCK et al. 1989) und 1,4 Ind./m² (BATTERSHILL 1989).

Tab. 3-6: Vergleich der Abundanz, Biomassen und des mittleren Individuengewichtes MI verschiedener solitärer Ascidienarten temperierter und polarer Breiten.

Ort	Art (Familie)	Abundanz [Ind./m ²]	mittl. Ind.-gewicht MI [g TG/ Ind.]	Autor(en)
Antofagasta (Chile)	<i>Pyura chilensis</i> (Pyuridae)	320	(350 g FG??)	GUTIÉRREZ & LAY '65
Borgentfjord (Schweden)	<i>Ciona intestinalis</i> (Cionidae)	1154	0,21-0,33	GULLIKSEN '72, '73
Kertinge Nor (Dänemark)	<i>Ciona intestinalis</i> (Cionidae)	277	0,001	RIISGARD et al. '95
Buzzards Bay (USA)	<i>Bostrichobranchus pilularis</i> (Molgulidae)	4	0,125	SANDERS '60
McMurdo (Antarktis)	<i>Cnemidocarpa verrucosa</i> (Pyuridae)	0,4	69,5	MCCLINTOCK et al. '91
Potter Cove (Antarktis)	<i>Molgula pedunculata</i> (Molgulidae)	14,7	0,9	eigene Daten
Potter Cove (Antarktis)	<i>Ascidia challengerii</i> (Molgulidae)	2,3	1,6	"
Potter Cove (Antarktis)	<i>Corella eumyota</i> (Corellidae)	2,2	5,2	"

Ein Vergleich der Abundanz- und Biomassewerte von Ascidien aus außerantarktischen und antarktischen Regionen zeigt (Tab. 3-6), daß antarktische Arten in der Regel weniger häufig sind, dafür aber ein deutlich höheres mittleres Individuengewicht als außerantarktische haben. Im Weddellmeer stellen die Ascidien nur 0,4 % aller Individuen, aber 3,8 % der Gesamtbiomasse (GERDES et al. 1992). In der der Potter Cove benachbarten Marian Cove bildeten lediglich 3 Individuen (0,3 %) 4,7 % der Gesamtbiomasse (AHN & KANG 1991)

Das von GUTIÉRREZ & LAY (1965) angegebene hohe mittlere Individuengewicht von *Pyura chilensis* stellt eine Ausnahme dar und ist, bedingt durch das Fehlen kleinerer Individuen und die Neigung zur Klumpenbildung (W. ARNTZ, pers. Mitt.), vermutlich stark überhöht.

3.4.4. Konversionsfaktoren

Die morphometrischen Daten (Höhe, Breite und Abstand der Osculi) der 3 Ascidienarten konnten mittels der Konversionsgleichungen mit hoher Genauigkeit in Gewichte umgerechnet werden.

Dabei zeigte sich, daß sich die Länge oder Körperhöhe bei allen drei Arten, trotz fehlender Standardisierung, relativ einfach und genau bestimmen ließ und sich deshalb auch besonders gut zur Bestimmung der Körpergewichte eignete. Aus diesem Grund wurde die Körperhöhe als Maß gewählt, obwohl die Körperbreite bei *M. pedunculata* einen etwas genaueren Gewichtswert ergab, da Variationen der Stiellänge die Länge der Tieres stärker beeinflussen als deren Gewichte.

Die bei RUMOHR et al. (1987) ausführlich diskutierten Ungenauigkeiten und Probleme bei der Längenbestimmung treffen für die Messungen der Breite und des Abstands der Osculi ebenfalls zu.

Saisonale Schwankungen der Körpergröße (-höhe) sind von borealen Arten bekannt (RIISGÅRD et al. 1995), konnten aber für die hier untersuchten Arten anhand der Daten nicht nachgewiesen werden.

3.5. Zusammenfassung

Durch die Kombination zweier Probennahmeverfahren konnte neben der Verteilung der solitären Ascidien in der Potter Cove deren Individuenhäufigkeit und Biomasse bestimmt werden.

Der mit der Tiefe abnehmende Eiseinfluß bewirkt einen Anstieg der Häufigkeiten solitärer Ascidien bis in 30 m Tiefe. Ob die Abundanzen in den darunter liegenden Tiefenstufen weiter steigen, bleibt unklar, ist aber aufgrund der Literaturdaten wahrscheinlich.

Alle Arten sind mehr oder weniger stark fleckenhaft verteilt.

Mit 72 % der Individuen ist *M. pedunculata* die in der inneren Potter Cove bei weitem häufigste, und bei einer mittleren Biomasse von 12,5 g TG/m² auch die biomassereichste Art. *C. eumyota* erreicht, obwohl sie mit 2,2 Ind./m² deutlich ärmer an Individuen ist, aufgrund ihres hohen mittleren Individuengewichtes von 5,21 g/m² eine nur wenig niedrigere mittlere Biomasse von 11,5 g TG/m².

Die hohen Abundanz- und Biomassewerte der solitären Ascidien in der inneren Potter Cove lassen vermuten, daß diese Tiere eine wichtige Rolle im Lebensraum Flachwasser spielen. Vergleiche mit anderen Flachwassergebieten der Antarktis unterstreichen dies.

4. Sauerstoffverbrauchsmessungen

4.1. Einleitung

Für den Erhalt seines Stoffwechsels, d.h. der Gesamtheit aller im Körper ablaufenden biochemischen Auf- und Abbauprozesse, benötigt ein Organismus Energie. Der vom Organismus benötigte Teil der assimilierten Energie läßt sich über die von ihm aufgenommene Menge Sauerstoff bestimmen (SALZWEDEL 1980). Dabei wird jedoch lediglich der aerobe Teil der Produktion erfaßt (PÖRTNER & GRIESHABER 1993).

Dies bedeutet, daß der Sauerstoffverbrauch aerob lebender Tiere ihrem Stoffwechsel entspricht. Die Respirationsrate wird damit zu einem Maß für die Stoffwechselrate bzw. die Energieverbrauchsrate dieses Tieres. Insbesondere für die Berechnung des Energiebudgets eines Organismus ist die Ermittlung seiner Stoffwechselrate unbedingt notwendig.

Die Messung des Sauerstoffverbrauchs mit Respirometern ist eine in der marinen Ökologie weitverbreitete und einfache Methode zur Bestimmung der Stoffwechselraten von Tiergemeinschaften (PAMATMAT 1978, SMITH 1978, HOPKINSON & WETZEL 1982, TARASOV 1981) und einzelner Organismen (FIALA-MÉDIONI 1979, IVLEVA 1980, MACKAY & SHUMWAY 1980, KLUMPP 1984, SANCHEZ et al. 1991, DORRIEN 1993, SCHMID 1996).

Der Sauerstoffverbrauch eines Tieres hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren, wie dem gesundheitlichen Zustand des Tieres, dem Ernährungszustand, der Wassertemperatur oder dem Salzgehalt des Wassers ab. Dennoch ist die Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs und die Umrechnung in eine Stoffwechselrate ein probates Mittel für die Erstellung eines Energiebudgets (CLARKE 1983).

Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Messungen des individuellen Sauerstoffverbrauchs wurden zwei grundlegende Annahmen gemacht:

1. Alle Energie, die bei der Atmung freigesetzt wird, wird in Arbeit oder Hitze umgesetzt, d.h. es findet keine Oxidation von Sekundärmetaboliten zum Zweck der Speicherung statt.
2. Alle Energie stammt aus aeroben Prozessen, und es wird keine Energie durch anaerobe Vorgänge gewonnen.

In diesem Kapitel werden die individuenpezifisch gemessenen Sauerstoffverbrauchswerte als individueller Sauerstoffverbrauch in [mg O₂/l] für die Arten

Molgula pedunculata, *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota* angegeben. Die Sauerstoffverbrauchs- oder Atmungsraten, d.h. die pro g Körpergewicht verbrauchte Menge an Sauerstoff werden durch Division des jeweils gemessenen individuelle Sauerstoffverbrauchs durch das Körpergewicht (TG oder FG) dieses Tieres bestimmt.

IVLEV (1935) zeigt, daß die bei der Verbrennung von Proteinen, Lipiden und Kohlenhydraten "auf eine Gewichtseinheit Sauerstoff abgegebenen Wärmemengen ziemlich gleich sind", und man deshalb "ohne einen großen Fehler zu begehen, einen allgemeinen oxykalendarischen Faktor gebrauchen kann". Anhand dieses auch als Oxykalendarischer Koeffizient (OK) bezeichneten Faktors wird der Sauerstoffverbrauch in Energieverbrauch und die Atmungsraten in Energieverbrauchsraten umgerechnet.

Der Gesamtenergieverbrauch der Populationen pro m^2 ergibt sich durch Summation aller, für jede der Gewichtsklassen einer Population (siehe auch Kapitel 3) einzeln berechneten Energieverbrauchswerte.

Für die abschließende Berechnung des Jahresenergieverbrauchs der Populationen wird der Zusammenhang zwischen Temperatur und Respiration bestimmt, das Jahr in vier Temperaturregime unterteilt und der saisonale Gesamtenergieverbrauch mit Hilfe des Q_{10} -Wertes berechnet und über das Jahr summiert.

4.2. Material und Methoden

4.2.1. Hälterung

Von allen drei Arten wurden Individuen unterschiedlicher Größe in 20 - 25 m Tiefe durch Taucher vorsichtig gesammelt und innerhalb von wenigen Minuten in Seewasseraquarien überführt. Das Seewasser für die Aquarien wurde aus der inneren Potter Cove aus einer Wassertiefe von 10 m angesaugt und grob gefiltert in die Aquarien eingeleitet. Um eine ausreichende Kühlung und Nahrungszufuhr zu gewährleisten, wurden alle Becken einmal täglich mit frischem Seewasser gespült und zudem kontinuierlich mit Druckluft belüftet. Eine zusätzliche Fütterung der Tiere erfolgte nicht. Temperatur und Salzgehalt in den Hälterungsbecken entsprachen den in der Bucht gemessenen Werten. Zur Eingewöhnung wurden alle Tiere zwei Wochen lang in diesen Aquarien gehältert. Danach wurde das jeweilige Versuchstier vorsichtig von anhaftender Epifauna befreit und in die Versuchskammer umgesetzt.

4.2.2. Versuchsaufbau

Für die Respirationsmessungen wurde eine für die antarktischen Verhältnisse stark modifizierte Version der von SVOBODA & OTT (1983) entwickelten intermittent flow-Anlage eingesetzt. Aufgrund des geringen Sauerstoffverbrauchs der Individuen wurde sie jedoch als geschlossenes System eingesetzt.

Diese sogenannte LOGOX-Anlage (logging of oxygen module) besteht aus zwei Kompartimenten (siehe Abb. 4-1). Der externe Teil umfaßt die zwei Versuchskammern (Meß- und Referenzkammer). Jede der Kammern ist über sauerstoffundurchlässige TYGON-Schläuche mit je einer von einer Zentrifugalpumpe (Umwälzpumpe) angeströmten polarographischen O₂-Sonde (PO₂-Sonde) verbunden. Es handelt sich um eine membranbedeckte amperometrische Elektrode nach Clark (EOT 196, Fa. WTW). Je Kammer sorgt eine Spülpumpe bei Unterschreitung eines einstellbaren Minimalwerts in der Meßkammer für einen gleichzeitigen Wasseraustausch in beiden Kammern (Meß- und Referenzkammer). Über Kabel und druckfeste Unterwasser-Steckverbindungen ist dieser Teil der Anlage direkt mit der sich in einem wasserdichten Gehäuse befindlichen Aufzeichnungs- und Versorgungseinheit verbunden. Dieser interne Teil der Anlage (Abb. 4-1, rechte Seite) besteht aus drei Untereinheiten.

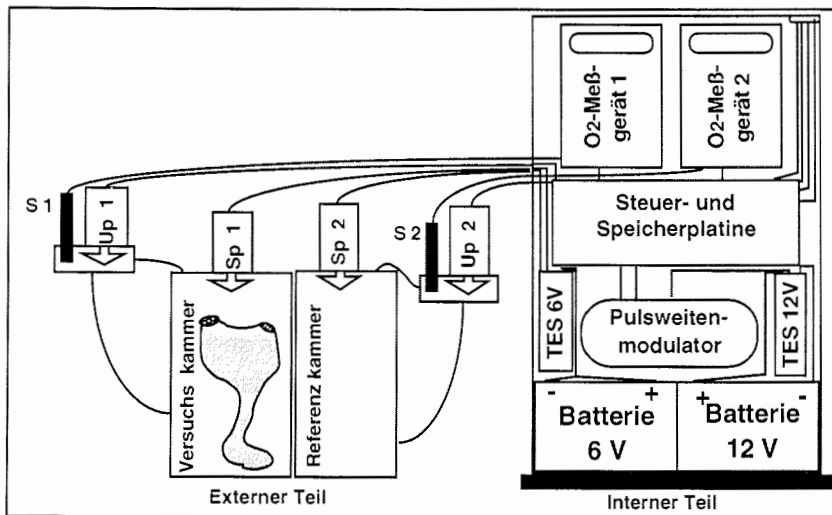


Abb. 4-1: Aufbau und Schaltplan der LOGOX-Anlage mit der Versuchskammer und der Referenzkammer.
(TES = Tiefenentladeschutz, S = Sauerstoffsonde, Sp = Spülpumpe, Up = Umwälzpumpe)

Die beiden Sauerstoffmeßgeräte (OXI-96, Fa. WTW) sind direkt mit den beiden Sauerstoffsonden verbunden und besitzen eine eigene Stromversorgung. Über Kabel sind sie mit der zentralen Speicher- und Steuereinheit, dem data logger (Phytec miniMODUL-535) verbunden. Er bildet zusammen mit dem Pulsweitenmodulator, mit dessen Hilfe sich die Leistung der Spülpumpen steuern läßt, eine Einheit. Gespeist wird der data logger von einer 12V Batterie. Zusammen mit der Stromversorgung der mit 6V betriebenen Umwälzpumpen bildet sie die dritte Untereinheit des Geräts.

4.2.3. Versuchsdurchführung

Die beiden Meßkammern wurden in einer mit 400 l Seewasser gefüllten und abgedunkelten Kunststoffwanne installiert.

Die Temperierung des Seewasserbades erfolgte durch regelmäßiges Spülen mit Seewasser aus der Bucht, sodaß die Wassertemperatur und der Salzgehalt den in der Potter Cove gemessenen Werten von 1,5°C ($\pm 0,5$) und 34 ‰ entsprachen.

Vor Versuchsbeginn wurden beide Sonden in mit Sauerstoff gesättigtem Meerwasser (100 % O₂) kalibriert. Auf eine zusätzliche Kalibrierung bei Abwesenheit von Sauerstoff (0 % O₂) wurde verzichtet, da der verwendete Sondentyp nullstromfrei ist (siehe dazu DORRIEN 1993).

Vor Beginn der Eingewöhnung wurde die Tunika der Versuchstiere vorsichtig von Aufwuchs befreit. Nach mind. 48h wurden beide Kammern (Meß- und Referenzkammer) nach der Entfernung vorhandener Luftblasen versiegelt und der Versuch gestartet.

Die Kammergröße entsprach in etwa dem vier bis zehnfachen des Körpervolumens, um eine Anreicherung von Stoffwechselprodukten so gering wie möglich zu halten (s.o.) und eine ausreichende Durchmischung des Wasserkörpers zu gewährleisten.

Die Sauerstoffkonzentration wurden in beiden Kammern zeitgleich alle 6 Sekunden in mg O₂/l (Meßgenauigkeit ± 0,1 mg O₂/l) gemessen und als Wertepaar abgespeichert. Während der gesamten Versuchsdauer wurde die Wassertemperatur halbstündlich auf 0,1°C genau gemessen. Der Versuchszeitraum betrug zwischen 12 und 24 h. Pro Tier wurden im Abstand von 48 h (Erholungsphase) mindestens zwei Versuche durchgeführt. Im ersten Versuch, dem Hellversuch, wurde der Sauerstoffverbrauch bei Tageslicht gemessen. Der zweite Versuch (Hell/Dunkelversuch) begann im Hellen und wurde nach vier Stunden durch Abdecken des Seewasserbades mit schwarzem Neopren und Alufolie für vier Stunden als Dunkelversuch weitergeführt. Anschließend wurde die Abdeckung vorsichtig abgenommen und der Versuch weitere vier Stunden im Hellen fortgeführt.

Nach Versuchsende wurde das Versuchstier vermessen, feucht und trocken gewogen, und das aschefreie Trockengewicht bestimmt.

Ein 24 h dauernder Test in mit Sauerstoff gesättigtem Meerwasser ergab für beide Sauerstoffsonden keine meßbare Sondendrift.

4.2.4. Auswertung

4.2.4.1. Sauerstoffverbrauch

Die im 6-Sekunden-Takt in beiden Kammern parallel gemessenen und gespeicherten Sauerstoffkonzentrationen (Wertepaare) wurden minutenweise gemittelt.

Der Sauerstoffverbrauch q_t über den Zeitraum t ergibt sich aus der Differenz der Ausgangskonzentration c_0 zum Zeitpunkt 0 und der Sauerstoffkonzentration c_t zum Zeitpunkt t .

$$q_t = c_0 - c_t \quad [\text{mg O}_2/\text{l}] \quad (1)$$

Diese Formel gilt gleichermaßen für die Meßkammer wie für die Referenzkammer. Der Sauerstoffverbrauch pro Individuum Q_i in $\text{mg O}_2/\text{h}$ wird über die Volumina der Meß- und der Referenzkammer (V_M und V_R) nach folgender Gleichung berechnet:

$$Q = (V_M * q_{1t} - V_R * q_{2t})/t \quad [\text{mg O}_2/\text{h}] \quad (2)$$

q_{1t} und q_{2t} stehen für den über die Zeit t in der Meßkammer (1) und der Versuchskammer (2) gemessenen Sauerstoffverbrauch. Das Meßkammervolumen V_M entspricht dem Kammervolumen V_1 minus dem Volumen des Versuchstiers V_T . Letzteres wurde wegen der verschiedenartigen Körperformen (siehe Abb. 2.2) anhand der Höhen h und Breiten b für die drei Arten unterschiedlich berechnet:

$$C. eumyota : \quad V_T = (\pi * b^2 * h)/4 \quad [\text{ml}] \quad (3a)$$

$$A. challengeri : \quad V_T = (\pi * b^2 * h)/8 \quad [\text{ml}] \quad (3b)$$

$$M. pedunculata : \quad V_T = (h * b^2)/4 \quad [\text{ml}] \quad (3c)$$

Die Sauerstoffverbrauchsrate oder Atmungsrate Q_r ergibt sich durch Division des individuellen Sauerstoffverbrauchs Q_i durch das Individuengewicht m_i in g TG.

$$Q_r = Q_i / m_i \quad [\text{mg O}_2/\text{h/g TG}] \quad (4)$$

Der zwischen dem Körpergewicht m_i und dem Sauerstoffverbrauch Q_i bestehende Zusammenhang (SCHMIDT-NIELSEN 1983) läßt sich mit folgender Formel beschreiben:

$$Q_i = a * m_i^b \text{ oder } \log(Q_i) = \log a + b * \log(m_i) \quad (5)$$

Der Massekoeffizient a und der Massenexponenten b wurden durch eine Regressionsanalyse der in doppelt-logarithmischer Form gegen das Trockengewicht aufgetragenen Sauerstoffverbrauchswerte bestimmt.

Alle Körpergewichte sind in g Trockengewicht, soweit nicht anders vermerkt, angegeben.

Die Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs der solitären Ascidien konnte aufgrund der Gegebenheiten in Jubany lediglich im Bereich zwischen

1,5° bis 3,5°C gemessen werden. Die Auswertung dieser Versuche wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

4.2.4.2. Energieverbrauch

Mit dem OK (14,1 Joule pro mg O₂) von IVLEV (1935) wurde der individuelle Sauerstoffverbrauch Q_i in einen individuellen Energieverbrauch E_i umgerechnet.

$$E_i = 14,1 * Q_i \quad [\text{J/h}] \quad (6)$$

Die Energieverbrauchsrate E_r wird aus E_i und dem Körpergewicht m_i errechnet.

$$E_r = E_i / m_i \quad [\text{J/h/g TG}] \quad (7)$$

Der Gesamtenergieverbrauch E_{Gesamt} der einzelnen Populationen in der Potter Cove wurde nach der bei CRISP (1984) beschriebenen Methode berechnet. Zu diesem Zweck wurde jede Population unter Verwendung der Längenhäufigkeitsverteilungen und der Längengewichtsbeziehungen in n Gewichtsklassen unterteilt und das mittlere Gewichte \bar{m}_j jeder Klasse berechnet.

Mit der Beziehung zwischen Q_i und m (5), der Häufigkeit f_j jeder Gewichtsklasse j pro m² und dem Zeitintervall Δt ergibt sich:

$$Q_{\text{Gesamt}} = a * \Delta t * \sum (f_j \bar{m}_j^b) \quad [\text{mg O}_2/\text{m}^2] \quad (8)$$

Der Gesamtenergieverbrauch E_{Gesamt} der Population läßt sich durch Multiplikation von Q_{Gesamt} mit dem OK gewinnen:

$$E_{\text{Gesamt}} = 14,1 * Q_{\text{Gesamt}} \quad [\text{J/m}^2] \quad (9)$$

Für die Berechnung des Jahresenergieverbrauchs der Populationen mußte auch die Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs berücksichtigt werden. Sie wurde für alle drei Arten im Bereich zwischen 1,5° und 3,5° bestimmt. Der Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Sauerstoffverbrauch läßt sich durch den Q₁₀-Wert beschreiben, der sich wie folgt berechnen läßt:

$$Q_{10} = (Q_{iT_2}/Q_{iT_1})^{(10/(T_2-T_1))} \quad (10)$$

Q_{iT_1} und Q_{iT_2} ist der Sauerstoffverbrauch eines Individuums bei den beiden Temperaturen T_1 und T_2 in Kelvin (K), wobei T_2 größer als T_1 ist. Der im Arrhenius-Plot ($\log(Q_i)$ gegen $1000/T$ in K) als Gerade darstellbare Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffverbrauch Q_i und der Temperatur T wurde unter Verwendung eigener Messwerte durch Regressionsanalyse bestimmt.

Der Sauerstoffverbrauch Q_{iT_a} eines Tieres bei Temperatur T_a kann somit durch Einsetzen des bekannten Sauerstoffverbrauchs Q_{iT_b} bei einer bekannten höheren Temperatur T_b und des ermittelten Q_{10} -Wertes in Formel (10) und anschließende Umformung berechnet werden.

$$\log Q_{iT_a} = \frac{\log Q_{10}}{(10/T_b - T_a)} - \log Q_{iT_b} \quad [\text{mg O}_2/\text{l}] \quad (11)$$

Anhand der Temperaturdaten von SCHLOSS et al. (1994a, b) wurde das Jahr in vier Temperaturbereiche ($-1,8^\circ$, -1° , 0° und $+1^\circ$) von unterschiedlicher Dauer unterteilt, wobei für jeden der Abschnitte Temperaturkonstanz vorausgesetzt wird. Anhand der Q_{10} -Werte wurde, unter der Annahme, daß der Massenexponent b in diesem Temperaturbereich konstant ist, der Massenkoeffizient a jedes dieser Abschnitte errechnet und der jeweilige Energieverbrauch bestimmt.

Der Jahresenergieverbrauch der einzelnen Populationen ergab sich schließlich durch Summation dieser vier Werte.

Diese Jahresenergieverbrauchswerte sind Maximalwerte, da sie auf der Basis der hohen Stoffwechselrate im Sommer (CLARKE 1991) berechnet wurden, und saisonale Veränderungen nur bedingt über den Q_{10} -Wert berücksichtigt werden konnten. Winterliche Hungerperioden, wie sie BARNES & CLARKE (1995a) bei zahlreichen antarktischen Filtrierern beobachteten, wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

4.3. Ergebnisse

4.3.1. Sauerstoffverbrauch und Atmungsrate

4.3.1.1. *Molgula pedunculata*

Ein Vergleich der Sauerstoffverbrauchswerte der Hell- und der Dunkelversuche in Tabelle 4-1 zeigt eine deutliche Erhöhung der Werte während der Dunkelphase.

Tab. 4-1: Gegenüberstellung der Hell- und Dunkelwerte für den unter *in situ*-Bedingungen gemessenen individuellen Sauerstoffverbrauch von *M. pedunculata*, einschließlich der Feucht- und Trockengewichte. (Die Dunkelwerte **d** sind grau unterlegt)

Feuchtgewicht [g FG]	Trockengewicht [g TG]	ind. O ₂ - Verbrauch [mg O ₂ h ⁻¹]	ind. O ₂ - Verbrauch (d) [mg O ₂ h ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]	Atmungsrate (d) [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]
44,1117	2,5586	0,1707	0,2168	0,0667	0,0847
128,8476	7,4730	0,3979	0,4914	0,0532	0,0658
131,5322	7,6289	0,3969	0,4902	0,0520	0,0643

Der Unterschied zwischen dem Sauerstoffverbrauch während der Hell- und der Dunkelphasen beträgt knapp 25 %, das entspricht einem Faktor von $1,24 \pm 0,05$. Da der Sauerstoffverbrauch der Tiere vermutlich lichtunabhängig ist, deutet der während der Hellphase niedrigere Verbrauchswert auf eine photosynthetische Aktivität der die Tunika besiedelnden Diatomeen (RAUSCHERT 1991) hin. Deren Dunkelatmung liegt bei etwa 20 % der Photosyntheseaktivität (M. GLEITZ, pers. Mitt.), sodaß der tatsächliche Sauerstoffverbrauch Q_{ti} lediglich um den Faktor 1,2 höher als der gemessene Hellwert ist.

Der nach der Formel:

$$Q_{ti} = 1,2 * Q_i \quad (12)$$

berechnete tatsächliche Sauerstoffverbrauch ist zusammen mit dem gemessenen Sauerstoffverbrauch dieser in der Potter Cove weitaus häufigsten solitären Art in Tabelle 4-2 angegeben.

Wie die Tabelle verdeutlicht, wurde ein weites Größenspektrum der Tiere erfasst. Der gemessene Sauerstoffverbrauch liegt zwischen $171 \mu\text{g O}_2/\text{h}$ für die kleinsten und knapp $400 \mu\text{g O}_2/\text{h}$ für die größten Tiere. Diese Schwankungen sind besonders im unteren Größenbereich stark.

Tab. 4-2: Gewichte, gemessener und tatsächlicher individueller Sauerstoffverbrauch (siehe Text) einschließlich der zugehörigen Atmungsraten für die unter *in situ*-Bedingungen im Labor gemessenen Individuen von *M.pedunculata*.

Feuchtgewicht [g FG]	Trockengewicht [g TG]	gemess. ind. O ₂ -Verbrauch [mg O ₂ h ⁻¹]	tat. ind. O ₂ -Verbrauch [mg O ₂ h ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]	tatsächliche Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]
44,1117	2,5586	0,1707	0,2084	0,0667	0,0801
45,6011	2,6449	0,2039	0,2447	0,0771	0,0925
69,3103	4,0200	0,2796	0,3355	0,0695	0,0835
74,3776	4,3139	0,2850	0,3420	0,0661	0,0793
83,6510	4,8519	0,3275	0,3930	0,0675	0,0810
128,8476	7,4730	0,3979	0,4775	0,0532	0,0639
131,5322	7,6289	0,3969	0,4763	0,0520	0,0624

Abb. 4-2 und 4-3 zeigen die Korrelation zwischen dem Körpergewicht und dem Sauerstoffverbrauch bzw. der Atmungsrate.

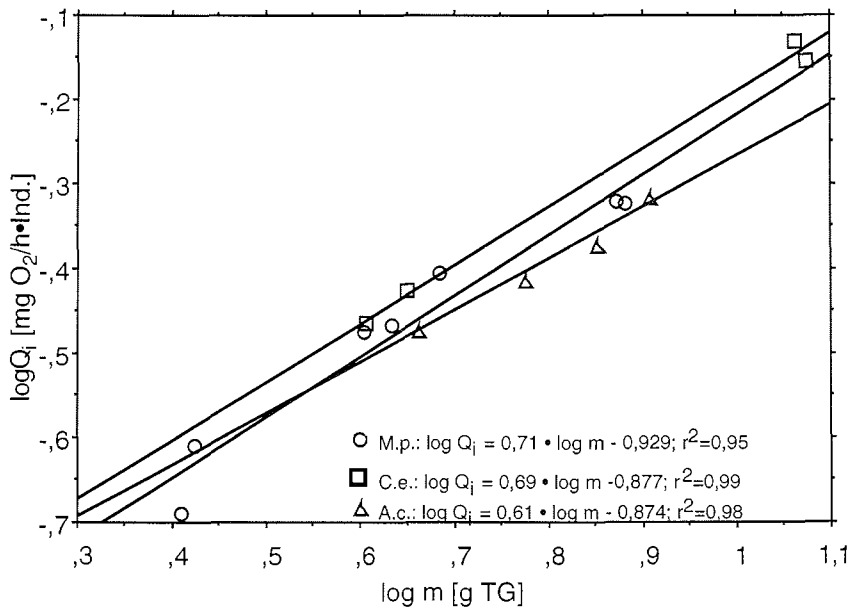


Abb. 4-2: Individueller Sauerstoffverbrauch Q_i der untersuchten Arten in Abhängigkeit vom Körpergewicht m unter Angabe der entsprechenden Gleichungen. (M.p. = *M. pedunculata*; C.e. = *C. eumyota*; A.c. = *A. challengeri*)

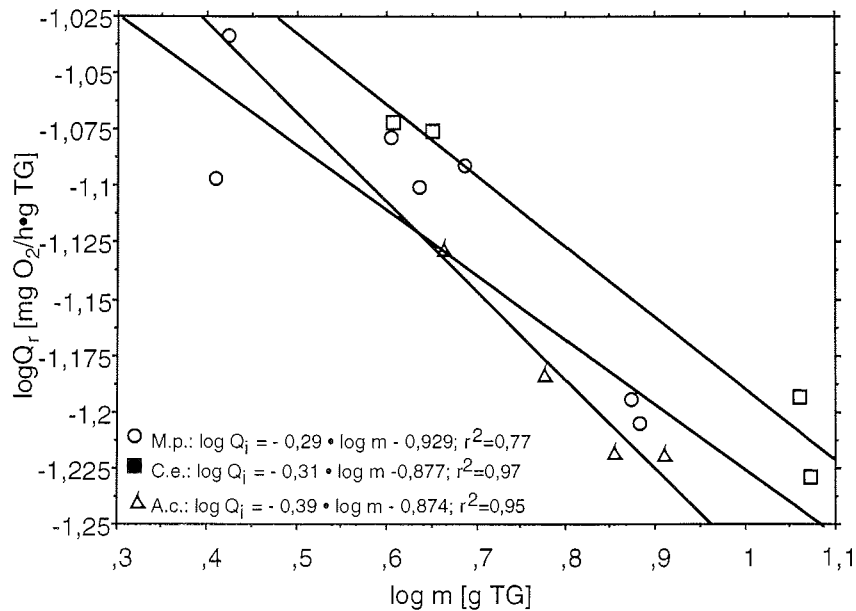


Abb. 4-3: Atmungsrate Q_r der untersuchten Arten in Abhängigkeit vom Körpergewicht m unter Angabe der entsprechenden Gleichungen. (Abkürzungen wie in Abb. 4-2)

Der individuelle Sauerstoffverbrauch steigt exponentiell ($b=0,71$) mit dem Körpergewicht stark an (Abb. 4-2), die Atmungsrate (Abb. 4-3) sinkt mit steigendem Individuengewicht langsam ab ($b=-0,29$). Der Massenkoeffizient ist in beiden Fällen der gleiche ($a=0,1177$).

Den für *M. pedunculata* angegebenen Regressionsgeraden liegen die tatsächlichen individuellen Sauerstoffverbrauchswerte bzw. die tatsächlichen Atmungsraten dieser Art zugrunde. Auch die nachfolgenden Berechnungen basieren, soweit nicht anders angegeben, auf dem tatsächlichen individuellen Sauerstoffverbrauch dieser Art ($Q_{ij} = 0,1177 \cdot TG^{0,71}$).

4.3.1.2. *Corella eumyota*

Im Gegensatz zu *M. pedunculata* gibt es bei *C. eumyota* keinerlei signifikante Unterschiede zwischen dem individuellen Sauerstoffverbrauch der Hell- und der Dunkelversuche.

In Tabelle 4-3 sind die gemessenen Sauerstoffverbrauchswerte zusammen mit den Körpergewichten und den Atmungsraten angegeben.

Tab. 4-3 Feucht- und Trockengewichte, individueller Sauerstoffverbrauch und Atmungsraten der unter *in situ*-Bedingungen im Labor gemessenen Individuen von *C. eumyota*.

Feuchtgewicht [g FG]	Trockengewicht [g TG]	ind. O ₂ -Verbrauch [mg O ₂ h ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g FG ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]
71,1311	4,0447	0,3429	0,00483	0,0848
78,4386	4,4710	0,3757	0,00479	0,0840
202,2701	11,5294	0,7382	0,00365	0,0640
208,2526	11,8704	0,7005	0,00336	0,0590

Für diese Art wurden die höchsten Sauerstoffverbrauchswerte (bis zu 738 µg O₂/h) gemessen. Insgesamt konnten jedoch nur wenige Messungen durchgeführt werden.

Wie bei *M. pedunculata* steigt mit zunehmendem Körpergewicht der individuelle Sauerstoffverbrauch exponentiell an (Abb. 4-2), während die Atmungsrate absinkt (Abb. 4-3).

4.3.1.3. *Ascidia challengerii*

Auch für diese Art wurden keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Sauerstoffverbrauchswerten der Hell- und der Dunkelphasen beobachtet.

Tab. 4-4: Feucht- und Trockengewichte, individueller Sauerstoffverbrauch und Atmungsraten der von *A. challengerii* unter *in situ*-Bedingungen im Labor gemessenen Individuen.

Feuchtgewicht [g FG]	Trockengewicht [g TG]	ind. O ₂ -Verbrauch [mg O ₂ h ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g FG ⁻¹]	Atmungsrate [mg O ₂ h ⁻¹ g TG ⁻¹]
66,7820	4,5345	0,3397	0,00509	0,0749
86,9647	5,9049	0,3893	0,00448	0,0660
103,7614	7,0454	0,4285	0,00413	0,0608
117,8041	7,9989	0,4858	0,00412	0,0607

Die gemessenen Sauerstoffverbrauchswerte sind zusammen mit den Atmungsraten und den Körpergewichten in Tabelle 4-4 angegeben.

Wie bei *C. eumyota* konnten nur wenige Individuen gemessen werden, deren individuelle Sauerstoffverbrauchswerte und Atmungsraten ebenfalls in den Abbildungen 4-2 und 4-3 gegen das Körpergewicht aufgetragen sind.

4.3.1.4. Vergleich von Sauerstoffverbrauch und -verbrauchsrate

Tab. 4-5: Vergleich des individuellen Sauerstoffverbrauchs Q_i der untersuchten Arten mittels einer Kovarianzanalyse (ANCOVA, $p < 0,01$) unter Angabe der Freiheitsgrade, F-Werte und P-Werte.
(m = Körpergewicht in g Trockengewicht)

Abhängige Variable: $\log Q_i$	Freiheitsgrade	F-Wert	P-Wert
$\log(m)$	1	149,895	0,0001
Art (<i>Molgula</i> , <i>Corella</i> , <i>Ascidia</i>)	2	2,381	0,1473
$\log(m) \cdot \text{Art}$	2	0,243	0,7893

Ein Vergleich von Sauerstoffverbrauch und -verbrauchsrate der drei Arten mittels Kovarianzanalyse (ANCOVA, $p < 0,01$) zeigt, daß die Unterschiede zwischen den Arten nicht signifikant sind (Tab. 4-5).

Da die Art keinen signifikanten Einfluß auf den individuellen Sauerstoffverbrauch und die Atmungsrate hat, können die Sauerstoffverbrauchsdaten aller drei Arten (Abb. 4-2 und 4-3) zu einem Datensatz zusammengefasst werden.

Aus den gepoolten Daten ergeben sich damit folgende Gleichungen für den individuellen Sauerstoffverbrauch Q_i und die Atmungsrate Q_r der drei Arten

$$Q_i = 0,1177 \cdot m^{0,71} \quad (r^2 = 0,78; n = 15) \quad (13)$$

bzw.

$$Q_r = 0,1177 \cdot m^{-0,29} \quad (r^2 = 0,78; n = 15) \quad (14)$$

Wegen der guten Übereinstimmung der Sauerstoffverbrauchswerte ($r^2 = 0,782$ bei 13 Freiheitsgraden) und der geringen Zahl von Meßwerten für die Arten *C. eumyota* und *A. challengerii* werden, soweit nicht anders angegeben, die in den Gleichungen (13) und (14) genannten Werte für a (Massenkoeffizient) und b (Massenexponent) bei allen weiteren Berechnungen des Gesamtenergieverbrauchs und Jahresenergieverbrauchs (Kapitel 4.3.2. und 4.3.3.) eingesetzt.

4.3.2. Energieverbrauch und Energieverbrauchsrate

4.3.2.1. *Molgula pedunculata*

Abb. 4-4 zeigt den Energieverbrauch pro Gewichtsklasse. Den Hauptanteil am Gesamtenergieverbrauch (über 70 %) haben die kleineren Individuen bis 3 g (TG) Körpergewicht.

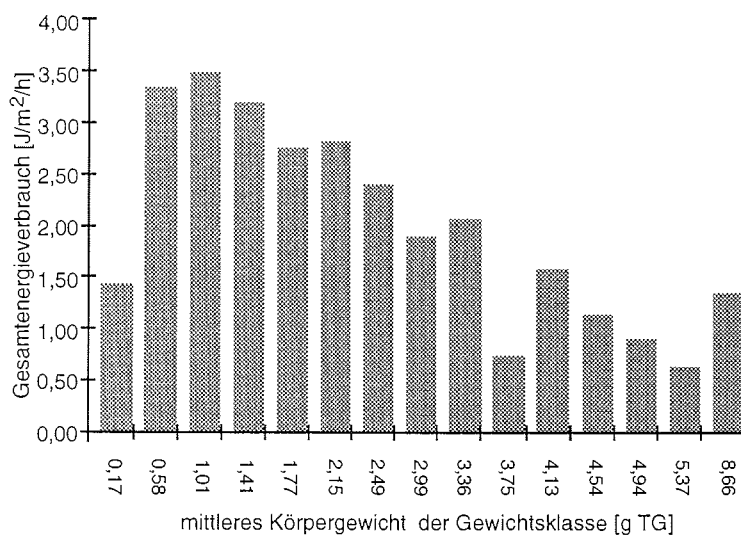


Abb. 4-4: Gesamtenergieverbrauch pro Gewichtsklasse der *M. pedunculata*-Population in der Potter Cove.

Der Energieverbrauch der Population beträgt bei einer Wassertemperatur von +1,5°C 29,8 J/m²/h bzw. 714 J/m²/Tag.

Von der gesamten *M. pedunculata*-Population in der inneren Potter Cove werden unter diesen Bedingungen auf einer Fläche von 1,95 km² insgesamt 58 052 kJ/h und $1,393 \cdot 10^6$ kJ/Tag verbraucht.

4.3.2.2. *Corella eumyota*

Der Energieverbrauch in den verschiedenen Gewichtsklassen dieser Art sind in Abb. 4-5 dargestellt. Den höchsten Energieverbrauch haben Individuen mit einem Trockengewicht zwischen 4 und 12 g.

Der berechnete Gesamtenergieverbrauch der Population liegt für die innere Potter Cove bei einer Wassertemperatur von +1,5°C bei 13,5 J/m²/h. Er ist um 7,4 % niedriger als der mit den artspezifischen Faktoren ($a = 14,1 \cdot 0,1328 = 1,8725$, $b = 0,69$) berechnete Verbrauch.

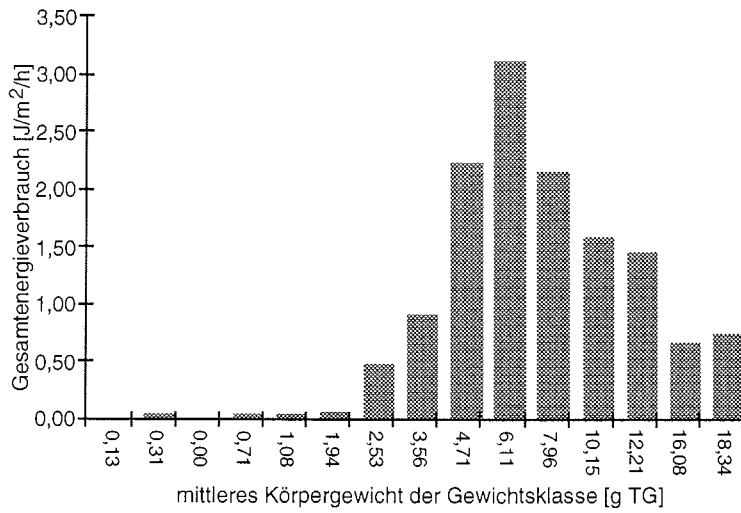


Abb. 4-5: Gesamtenergieverbrauch pro Gewichtsklasse der *C. eumyota*-Population in der Potter Cove

Auf die gesamte Bucht bezogen werden 26 384 kJ/h und 633 204 kJ/Tag verbraucht.

4.3.2.3. *Ascidia challengeri*

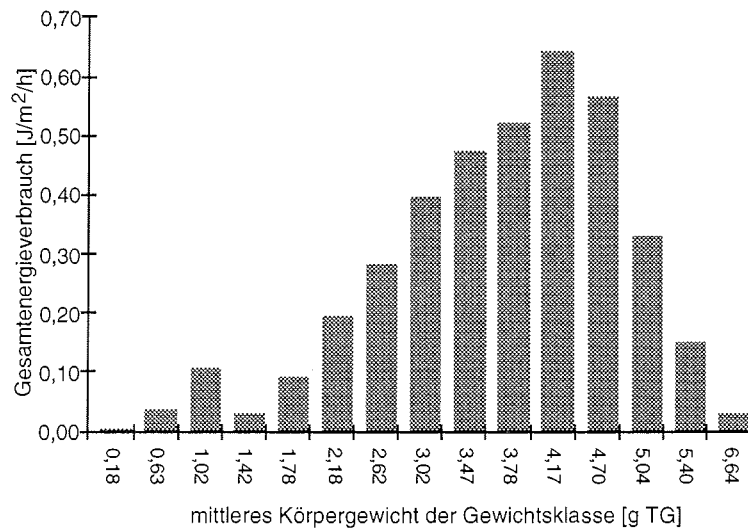


Abb. 4-6: Gesamtenergieverbrauch pro Gewichtsklasse der *A. challengeri*-Population in der Potter Cove.

Der klassenspezifische Energieverbrauch (Abb. 4-6) ist im Vergleich zu dem der anderen beiden Arten sehr gering. Wie schon bei *C. eumyota* ist der Anteil der bis zu 2 g (TG) schweren Tiere am Gesamtverbrauch gering (12 %). Der Großteil der Energie, nämlich 76 % werden von Individuen zwischen 3 und 5 g TG verbraucht.

Der errechnete Gesamtenergieverbrauch dieser Art ist mit nur 9,1 J/m²/h, bei einer Wassertemperatur von +1,5°C sehr gering. Bezogen auf die Potter Cove verbraucht *A. challengerii* 17 648 kJ/h.

4.3.2.4. Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs

Es konnten nur wenige Versuche zur Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs durchgeführt werden. Für keine der drei Arten bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffverbrauch und der Temperatur. Da der Zusammenhang von Temperatur und Sauerstoffverbrauch unabhängig von der Artzugehörigkeit ist (Tab. 4-6), wurden alle Messwerte gepoolt (Abb. 4-7).

Tab. 4-6: Vergleich der Q₁₀-Werte der untersuchten Arten mittels einer Kovarianzanalyse (ANCOVA, p<0,01) unter Angabe der Freiheitsgrade, F-Werte und P-Werte.
(Q_i = individueller Sauerstoffverbrauch, T = Temperatur in °K)

Abhängige Variable: log Q _i	Freiheitsgrade	F-Wert	P-Wert
1000/T	1	3,925	0,1044
Art (<i>Molgula</i> , <i>Corella</i> , <i>Ascidia</i>)	2	0,043	0,9584
1000/T * Art	2	0,044	0,9575

Anhand der angegebenen Regressionsgerade wurde ein artunabhängiger Q₁₀-Wert von 2,7 errechnet.

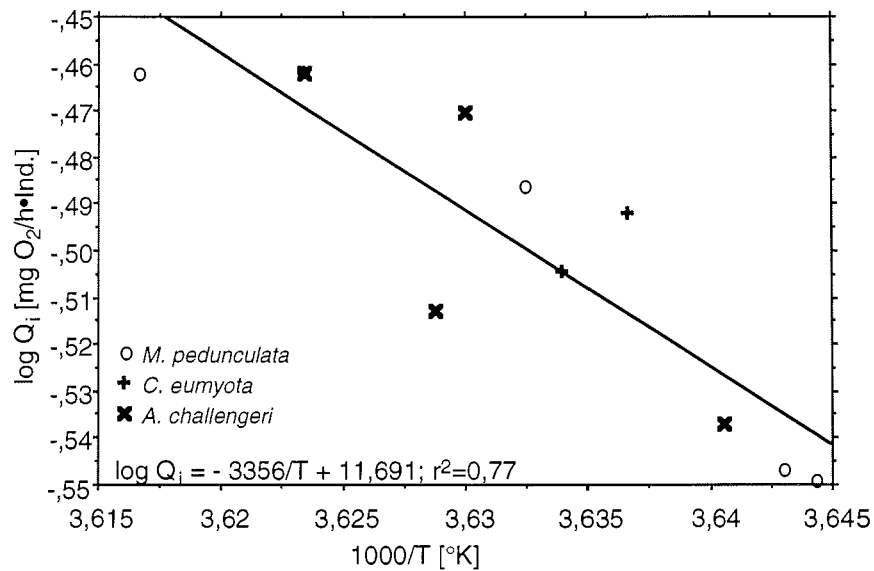


Abb. 4-7: Arrhenius-Plot zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs Q_i für alle drei Arten zusammen ($Q_{10} = 2,7$).

4.3.3. Maximaler Jahresenergieverbrauch

Für die Berechnung der maximalen Jahresenergieverbräuche gilt basierend auf den Ergebnissen der Abschnitte 4.3.1.4 und 4.3.2.4. für alle drei Arten $Q_i = 0,1177 \cdot m^{0,71}$ (Gleichung 13, S.46) und $Q_{10} = 2,7$ (siehe Abb. 4-7).

4.3.3.1. *Molgula pedunculata*

Die berechneten maximalen Gesamtenergieverbrauchswerte dieser Art sind für die vier Jahresabschnitte nachfolgend in Tabellenform dargestellt:

Tabelle 4-7 zeigt, daß die Tiere während des langen Winters (Abschnitt 4) die meiste Energie verbrauchen.

Der maximale Jahresenergieverbrauch beträgt 210 kJ/m².

Tab. 4-7: Dauer und mittlere Temperatur der Jahresabschnitte, die jeweiligen Massenkoeffizienten, Energieverbrauch, und der Gesamtenergieverbrauch der in der Potter Cove lebenden Population von *M. pedunculata* während der vier Jahresabschnitte ($Q_{10} = 2,7$)

Abschnitt	Dauer in Tagen Δt [d]	Dauer in Stunden Δt [h]	mittlere Temp. T [°C]	Massen- koeff. a	$\sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [g TG m ⁻²]	$\Delta t \cdot a \cdot \sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [kJ m ⁻²]
1	65	1560	+ 1	1,5792	17,84	43,95
2	96	2304	0	1,4299	17,84	58,77
3	67	1608	- 1	1,2947	17,84	37,14
4	137	3288	- 1,8	1,1958	17,84	70,14
Gesamt	365	8760				210

4.3.3.2. *Corella eumyota*

Die meiste Energie wird auch bei dieser Art im Winter und während des 2. Abschnitts ($t = 0^\circ\text{C}$) veratmet.

Der maximale Jahresenergieverbrauch liegt bei 95,47 kJ/m².

Tab. 4-8: Dauer und mittlere Temperatur der Jahresabschnitte, die jeweiligen Massenkoeffizienten, Energieverbrauch, und der Gesamtenergieverbrauch der in der Potter Cove lebenden Population von *C. eumyota* während der vier Jahresabschnitte ($Q_{10} = 2,7$)

Abschnitt	Dauer in Tagen Δt [d]	Dauer in Stunden Δt [h]	mittlere Temp. T [°C]	Massen- koeff. a	$\sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [g TG m ⁻²]	$\Delta t \cdot a \cdot \sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [kJ m ⁻²]
1	65	1560	+ 1	1,5792	8,11	19,98
2	96	2304	0	1,4299	8,11	26,72
3	67	1608	- 1	1,2947	8,11	16,88
4	137	3288	- 1,8	1,1958	8,11	31,89
Gesamt	365	8760				95,47

4.3.3.3. *Ascidia challengerii*

In Tabelle 4-9 sind die maximalen Gesamtenergieverbrauchswerte dieser Art angegeben.

Wie bei den anderen beiden Arten wird während des 3. Abschnitts ($T = -1^\circ\text{C}$) die wenigste Energie und im Winter die meiste Energie verbraucht. Die Absolutwerte liegen jedoch deutlich unter den für die anderen Arten bestimmten Werten.

Tab. 4-9: Dauer und mittlere Temperatur der Jahresabschnitte, die jeweiligen Massenkoeffizienten, Energieverbrauch, und der Gesamtenergieverbrauch der in der Potter Cove lebenden Population von *A. challengeri* während der vier Jahresabschnitte ($Q_{10} = 2,7$)

Abschnitt	Dauer in Tagen Δt [d]	Dauer in Stunden Δt [h]	mittlere Temp. T [°C]	Massen- koeff. a	$\sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [g TG m ⁻²]	$\Delta t \cdot a \cdot \sum f_j \bar{m}_j^{0,71}$ [kJ m ⁻²]
1	65	1560	+ 1	1,5792	5,43	13,38
2	96	2304	0	1,4299	5,43	17,89
3	67	1608	- 1	1,2947	5,43	11,30
4	137	3288	- 1,8	1,1958	5,43	21,35
Gesamt	365	8760				63,92

Von den drei Arten hat *A. challengeri* mit 63,9 kJ/m² den weitaus geringsten Jahresenergieverbrauch.

Über das Jahr gesehen verbrauchen die drei oben genannten solitären Arten zusammen 369,39 kJ/m². Auf die gesamte Bucht (1,95 km²) bezogen sind das $720 \cdot 10^6$ kJ/Jahr.

4.4. Diskussion

4.4.1. Methoden

4.4.1.1. Versuchsaufbau

Von den drei bekannten Meßsystemen zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs eignen sich lediglich das open-flow- und das intermittent-flow-System für Langzeitmessungen (KAUFMANN et al. 1988). Das open-flow-System ist jedoch sehr aufwendig, da über einen längeren Zeitraum stabile Bedingungen herrschen müssen. Im intermittent-flow-System wird die Einfachheit des geschlossenen Systems mit den stabilen Bedingungen im open-flow-System verknüpft (FORSTNER 1983). Durch ein regelmäßiges Spülen der Meßkammer werden die stetige Abnahme der Sauerstoffkonzentration, die im geschlossenen System die Versuchsdauer begrenzt, und die Anreicherung von Stoffwechselendprodukten (KAUFMANN et al. 1988) vermieden.

Bedingt durch die niedrigen Atmungsraten der antarktischen Ascidien erfolgt die Anreicherung von Stoffwechselendprodukten und des von Ascidien ausgeschiedenen Ammoniaks (GOODBOY 1965) nur langsam, wie TRACY (1982) für die hochantarktische Art *Cnemidocarpa verrucosa* zeigen konnte. So kam es erst nach mehr als 24 Stunden und nur bei kleineren Individuen zu einer deutlichen Senkung der Stoffwechselrate. Dies bestätigte sich auch für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Messungen; die Sauerstoffkonzentration nahm während des gesamten Versuchs linear ab (kein Abknicken der Kurve).

Daher wurden die Messungen statt im intermittent flow-System im geschlossenen System (closed vessel) durchgeführt.

Wie bei TARASOV (1981) und HOPKINSON & WETZEL (1982) wurde eine zweite, mit unfiltriertem Seewasser gefüllte Referenzkammer (Abb. 4-1) verwendet, um die Sauerstoffbilanz der im Seewasser ablaufenden Sauerstoff produzierenden und zehrenden Prozesse zu bestimmen.

Die für Messungen im geschlossenen System notwendige homogene Vermischung des Wasserkörpers (KAUFMANN et al. 1988) und die Anströmung der PO₂-Sonden (HALE 1983) wurde durch die zwei während des gesamten Versuchs in beiden Kammern arbeitenden Umwälzpumpen erreicht.

Die eingesetzten PO₂-Sonden des Clark-Typs waren im untersuchten Meßbereich stabil, d.h. sie zeigten keinerlei meßbare Drift. Zur Vermeidung weiterer Störeinflüsse wurden die Sonden, wie von HALE (1983) empfohlen, regelmäßig kalibriert sowie die Membran, der Elektrolyt und die Batterien regelmäßig getauscht.

4.4.1.2. Versuchsdurchführung

Der Sauerstoffverbrauch eines Organismus ist von einer Reihe von äußeren und inneren Faktoren, wie Stress, Nahrungsangebot, Wassertemperatur, Salzgehalt und Stoffwechselaktivität abhängig.

Die wichtigsten dieser Faktoren und ihre Auswirkungen auf die durchgeführten Versuche werden nachfolgend diskutiert.

Der durch eine fehlende oder zu kurze Akklimatisationszeit bedingte Stress kann insbesondere bei polaren Arten zu einer Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs führen (CHAPELLE & PECK 1995, WELLS et al. 1984). Basierend auf den Ergebnissen dieser beiden Autoren wurde eine Akklimatisationszeit von mindestens 2 Wochen gewählt und die Versuche erst 48 h nach Einsetzen der Tiere in die Meßkammern begonnen. Dies erscheint insofern ausreichend, als auch bei längerer Akklimatisationszeit (bis zu 4 Wochen) keine Änderung des Sauerstoffverbrauchs beobachtet wurde.

Da die Tiere mit grobgefiltertem Seewasser direkt aus der Bucht versorgt wurden, konnte der Einfluß des Nahrungsangebots bzw. der Partikelkonzentration auf den Sauerstoffverbrauch nicht bestimmt werden. Es bleibt deshalb offen, ob und inwieweit sich die von KLÖSER et al. (1994) beschriebenen Schwankungen der Partikelkonzentration in der Potter Cove auf den Sauerstoffverbrauch der untersuchten Ascidienarten auswirkt. Die Angaben in der Literatur reichen von keinem Einfluß, wie bei *Pyura stolonifera* (KLUMPP 1984) bis zu einer ausgeprägten Korrelation zwischen der Partikelkonzentration und der Respiration, wie bei *Ciona intestinalis* (PETERSEN et al. 1995).

Versuche zur Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs konnten aus arbeitstechnischen Gründen nur im Temperaturbereich zwischen +1,5 und +3,5° durchgeführt werden. Da sich der individuelle Sauerstoffverbrauch bei den bisher untersuchten Tiergruppen in diesem unteren Temperaturbereich absolut nur geringfügig ändert (IVLEVA 1980, LUXMOORE 1984, IKEDA 1985) und in diesem Bereich näherungsweise linear ist (CLARKE 1991), wurden die Ergebnisse aber auf den in der Bucht entsprechenden Bereich zwischen -1,8 und +1,5°C (SCHLOSS et al. 1994a, b) extrapoliert.

Die Frage nach einer Kälteadaptation der solitären Ascidien, wie sie BELMAN (1973) für zahlreiche Echinodermen nachwies, konnte nicht beantwortet werden, zumal Messungen der Respiration, eines komplexen physiologischen Prozesses, kein geeignetes Mittel zur Bestimmung einer temperaturbedingten Stoffwechselkompensation sind (CLARKE 1991).

Der Einfluß des Salzgehalts auf den Sauerstoffverbrauch (SHUMWAY 1978) wurde vernachlässigt, da der Salzgehalt in der Bucht mit $34 \pm 0,2 \text{ ‰}$ unterhalb von 5 m nahezu konstant ist (SCHLOSS et al. 1994b).

Der Sauerstoffpartialdruck wurde ebenfalls als Einflußfaktor (FISCHER 1976, FIALA-MÉDIONI 1979) ausgeschlossen, da er aufgrund der gezeiten- und wind-induzierten Strömungen (KLÖSER et al. 1994) und der geringen Wassertiefe in der inneren Bucht (siehe 2.1.2.) in den bodennahen Wasserschichten weitgehend konstant hoch sein dürfte.

Der Standardstoffwechsel der Tiere (keine Nahrungszufuhr, keine Reproduktionsaktivität, kein Wachstum) konnte nicht bestimmt werden, da Reproduktion und Wachstum bei den antarktischen Ascidien an die im Sommer erhöhte Primärproduktion gebunden sind (TRACY 1982). Zwischen November und Januar, im Meßzeitraum, erreicht die Primärproduktion ihr Maximum in der Potter Cove (SCHLOSS et al. 1994a, b).

Da es sich jedoch um sessile und wenig bewegliche Filtrierer handelt, ist zu vermuten, daß der Unterschied zwischen dem Standardstoffwechsel (basal metabolism) und dem Stoffwechsel des "aktiven", d.h. fressenden, wachsenden und sich reproduzierenden Tiers wesentlich geringer ist als z. B. bei den vagilen antarktischen Amphipoden (CHAPELLE et al. 1994).

Ob sich, wie bei der antarktischen Art *Cnemidocarpa verrucosa* beobachtet, auch der Reifegrad der Gonaden auf den individuellen Sauerstoffverbrauch auswirkt (TRACY 1982), konnte im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls nicht untersucht werden.

4.4.1.3. Hell-/Dunkelversuche

Zwischen Hell- und Dunkelversuchen gab es nur bei *M. pedunculata* signifikante Unterschiede in den Sauerstoffverbräuchen. Im Gegensatz zu den anderen Arten ist ihre Tunika bisweilen recht dicht mit Bryozoen, Hydrozoen, Ascidien, Schwämmen, Mollusken und auch Algen bewachsen. Besonders benthische Diatomeen (H. KLÖSER, pers. Mitt.) bilden dichte Rasen auf der dem Licht abgewandten Tunikaseite (RAUSCHERT 1991).

Vermutlich sind sie auch die Ursache für die erhöhten Sauerstoffverbrauchswerte in der Dunkelphase, zumal sie sich nicht wie die anderen Organismen einfach durch mechanisches Entfernen oder die Auswahl von nichtbewachsenen Tieren ausschliessen lassen.

Der während der Hellphase gemessene Sauerstoffverbrauchswert entspricht dem Sauerstoffverbrauch der Ascidien abzüglich des durch die Photosyntheseaktivität der Diatomeen produzierten Sauerstoffs. Die mit der Photosynthese verknüpfte Hellatmung kann aufgrund des trotz der Schattenlage erhöhten Lichtangebots im Aquarium vernachlässigt werden.

Der erhöhte Sauerstoffverbrauch im Dunkeln setzt sich zusammen aus dem tatsächlichen Sauerstoffverbrauch des Versuchstieres plus der Dunkelrespiration der Diatomeen. Letztere entspricht bei den antarktischen Diatomeen ca. 20 % der Photosyntheseproduktion (M. GLEITZ, pers. Mitt.).

4.4.1.4. Auswertung der Sauerstoffverbrauchsmessungen

Die Mittelung der im 6-Sekunden-Takt gemessenen Sauerstoffwerte diente neben der Glättung der Messwerte einer Reduzierung des Datenumfangs (SCHMID 1996).

Die Tiervolumina wurden unter Beachtung der unterschiedlichen Körperformen auf der Basis der Höhen- und Breitenwerte der Individuen berechnet. Die mit diesen Messungen verbundenen Fehler und Probleme wurden bereits in Kapitel 3.4.1.3. diskutiert.

Anders als bei den von SANCHEZ et al. (1991) bearbeiteten Crustaceen beziehen sich die Sauerstoffverbrauchswerte und Atmungsraten nicht auf das "schalenfreie" Trockengewicht, sondern auf das Trockengewicht des gesamten Tieres samt Tunika, die am Gesamtstoffwechsel der Tiere beteiligt ist (TRACY 1982).

Da keine Wintermessungen durchgeführt werden konnten, wurden die für die 4 Jahreszeiten (Temperaturbereiche; siehe 4.2.4.2.) zu erwartenden Sauerstoffverbräuche mit Hilfe der Q_{10} -Methode rechnerisch ermittelt. Gerade im unteren Temperaturbereich ist der Q_{10} -Wert ein wichtiges Maß für die Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs (A. CLARKE, pers. Mitt.). TRACY (1982) hingegen rät von der Verwendung solcher Q_{10} -Korrekturen ab. Als Grund nennt sie die Tatsache, daß zahlreiche poikilotherme Evertibraten biochemische Mechanismen besitzen, mit denen die Reaktionsraten auf Temperaturänderungen durch eine kompensatorische Änderung der Affinität von Enzymen für Substrate minimiert werden. Laut TRACY ermöglicht dies den Tieren ein "normales" Aktivitätsniveau zu unterhalten, unabhängig von Veränderungen der Umgebungstemperatur innerhalb ihres natürlichen Anpassungsbereichs.

Da die artspezifischen Q_{10} -Werte nicht signifikant waren (Tab. 4-7), wurde ein artübergreifender Q_{10} -Wert bestimmt, der mit den für andere Taxa ermittelten Werten (CLARKE 1991) übereinstimmt.

4.4.1.5. Berechnung des Energieverbrauchs

Die Umrechnung der Menge verbrauchten Sauerstoffs in Energie [J] mit Hilfe des Oxykalendarischen Koeffizienten von IVLEV (1935) ist nach CRISP (1984) für eine Berechnung des Energieverbrauchs in der Praxis ausreichend genau, obwohl Energieverbrauch oder Wärmeproduktion und Sauerstoffverbrauch zwei voneinander unabhängige Prozesse sind (PAMATMAT 1978).

Die berechneten Jahresenergieverbrauchswerte sind Maximalwerte, da die berechneten Winterwerte auf der Annahme beruhen, daß die Tiere während der gesamten Winterzeit gleich aktiv sind. Da es jedoch sehr wahrscheinlich ist, daß die Tiere eine winterliche Ruhephase haben, wie sie von BARNES & CLARKE (1995a) bei zahlreichen antarktischen Filtrierern der benachbarten Südkneys beobachtet wurde, werden die tatsächlichen Winterwerte vermutlich überschätzt.

4.4.2. Der individuelle Sauerstoffverbrauch der drei Arten

Von allen drei untersuchten Arten hat *Corella eumyota*, als größte Art, den weitest aus höchsten Sauerstoffverbrauch (bis zu $738,2 \mu\text{g O}_2/\text{h}$) und auch die höchste Atmungsrate. Die niedrigsten Werte wurden für *M. pedunculata* gemessen.

Eine positive Korrelation zwischen dem individuellen Sauerstoffverbrauch Q_i und dem Körpergewicht m nach der Formel $Q_i = a * m^b$ wurde bei allen drei Arten gefunden. Die Massenexponenten, sie liegen mit 0,61, 0,68 und 0,71 im Bereich der beiden in der Literatur genannten theoretischen Werte von 0,66 (TRACY 1982), der nach SCHMIDT-NIELSEN (1983) für Beziehungen innerhalb einer Art gilt, unterscheiden sich wie auch die Massenkoeffizienten nicht signifikant voneinander, wie eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) zeigt (Tab 4-5 und 4-6). Daher ist die Korrelation zwischen Sauerstoffverbrauch und Körpergewicht bei den untersuchten Ascidien unabhängig von der Artzugehörigkeit. Die Gründe dafür sind vermutlich die ähnliche sessile Lebensweise und die geringen Unterschiede der Filtrationsraten (KOWALKE, pers. Mit.).

Die temperaturbedingten Unterschiede der Sauerstoffverbräuche waren im untersuchten Temperaturbereich nicht besonders ausgeprägt, wie der niedrige

Q_{10} -Wert von 2,7 deutlich macht (Abb. 4-7). Dies entspricht den Erwartungen für den Grundstoffwechsel der Tiere, da insbesondere im Temperaturbereich -1 bis 4°C ein niedriger Sauerstoffverbrauch und normale Temperaturantworten Q_{10} -Werte zwischen 2 und 3 zur Folge haben sollten (CLARKE 1983,1991). Dies gilt nach CLARKE (1991) aber nicht für den im Rahmen dieser Arbeit gemessenen aktiven Stoffwechsel der Tiere, da die starke Saisonalität von Nahrungsaufnahme, Wachstum und Reproduktion bei marinen antarktischen Evertebraten zu höheren Q_{10} -Werten führt (KLEKOWSKI et al. 1973).

Daher ist der Unterschied zwischen dem aktiven Stoffwechsel und dem Grundstoffwechsel bei sessilen Filtrierern wie den hier untersuchten Ascidien offenbar gering.

4.4.3. Vergleich mit solitären Ascidien anderer Meeresgebiete

Ein Vergleich verschiedener Arten ist insofern schwierig, als selbst bei konstanter Temperatur der Sauerstoffverbrauch von Art zu Art variiert.

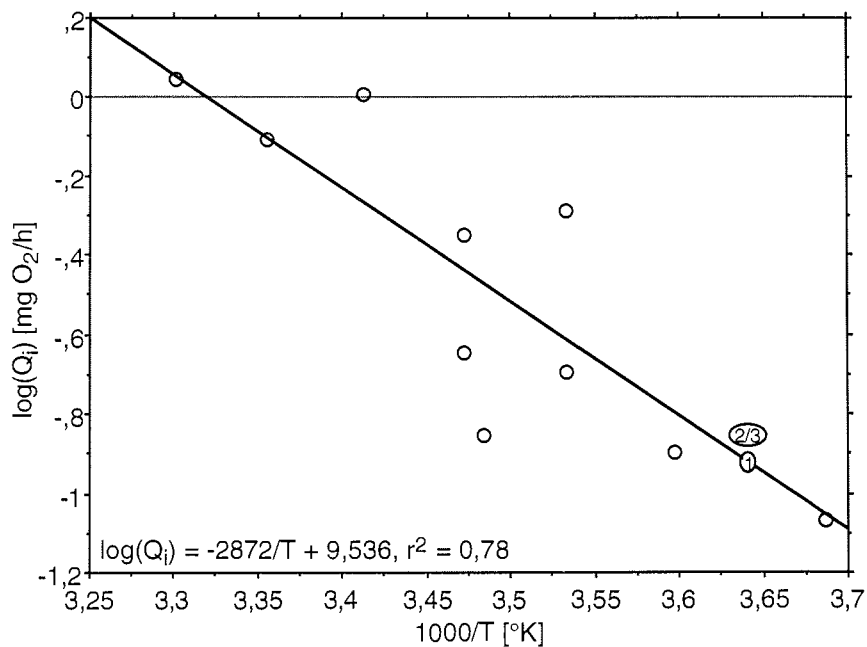


Abb. 4-8: Arrhenius-Plot zur Darstellung der Temperaturabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs Q_i für eine repräsentative Ascidie (1 g TG) unter Verwendung von Literaturdaten (siehe Text). (1 = *M. pedunculata*, 2 = *A. challengerii*, 3 = *C. eumyota*)

Eine Möglichkeit besteht darin, die Ergebnisse der unterschiedlichen Arbeiten ungeachtet ihrer starken Schwankungen miteinander zu kombinieren, um zu sehen, ob es irgendeine Art von Zusammenhang gibt (CLARKE 1983).

Der Arrhenius-Plot (Abb. 4-8) zeigt einen solchen latitudinalen Vergleich. Zwischen dem Sauerstoffverbrauch solitärer Ascidien und der Umgebungstemperatur besteht eine direkte Beziehung, wie sie für Gastropoden (HOULIHAN & ALLAN 1982) und Crustaceen (IVLEVA 1980, LUXMOORE 1984) bereits nachgewiesen worden ist. In Abbildung 4-8 sind neben den in Tabelle 4-10 angegebenen Daten noch die von BURKY & FARMANFARMAIAN (1965) für *Ciona intestinalis* bestimmten Werte enthalten.

Tab. 4-10: Literaturwerte der Massenkoeffizienten **a** und Massenexponenten **b** der Gleichung, $Q_i = a \cdot m^b$ [g TG \cdot mg O_2 /h] für die solitären Ascidien zusammen mit den in dieser Arbeit bestimmten Werten.

t [°C]	a	b	Art	Autor
-1,8	0,086	0,66	<i>Cnemidocarpa ver.</i>	TRACY '82
1,5	0,118	0,716	<i>Molgula ped.</i>	diese Arbeit
1,5	0,133	0,687	<i>Corella eum.</i>	diese Arbeit
1,5	0,134	0,609	<i>Ascidia cha.</i>	diese Arbeit
10	0,515	0,831	<i>Ciona int.</i>	SHUMWAY '78
14	0,14	0,95	<i>Pyura sto.</i>	KLUMPP '84
15	0,227	0,73	<i>Phallusia mam.</i>	FIALA-MEDIONI '79
15	0,28	0,75	<i>Styela pli.</i>	FISHER '78
28,6	0,57	0,829	<i>Styela pli.</i>	FISHER '78
30	1,112	0,63	<i>Ascidella mul.</i>	PRAKASAM & AZARIAH '91

Für eine Interpretation der Temperaturabhängigkeit der Parameter a und b ($Q_i = a \cdot m^b$), wie sie IVLEVA (1980) für Crustaceen angibt, war die Zahl der Datenpunkte nicht ausreichend. Für einen Vergleich der Massenkoeffizienten - sie repräsentieren den Teil der Energie, den das Tier zur Aufrechterhaltung der strukturellen und funktionellen Ganzheit pro Masse und pro Zeit benötigt - müssen die verglichenen Organismen einen ähnlichen Massenexponenten haben, und die Bestimmung des individuellen Sauerstoffverbrauchs muß unter Standardbedingungen erfolgen (TRACY 1982). Die starken Schwankungen der Massenexponenten (Tab. 4-10) können nach IVLEVA eine ganze Reihe von Ursachen haben, wie Unterschiede der Stoffwechselphysiologie bei Tieren unterschiedlicher Altersklassen, eine zu geringe Anzahl von Versuchen, Veränderungen der Untersuchungsmethodik und/oder unterschiedliche Wasser- und Aschegehalte der Tiere.

4.4.4. Vergleich mit polaren Vertretern anderer Taxa

In Tabelle 4-11 sind die Sauerstoffverbrauchsdaten verschiedener antarktischer Zoobenthosarten zusammengefasst. Die Angaben sind der Arbeit von CLARKE (1983) entnommen und werden den Ergebnissen dieser Untersuchung gegenübergestellt.

Tab. 4-11: Literaturwerte der Massenkoeffizienten a und -exponenten b für den individuellen Sauerstoffverbrauch Q_i verschiedener antarktischer Evertibraten, jeweils bezogen auf g Trockengewicht (Daten aus CLARKE 1983). (Angaben auf $[mg O_2/l]$ umgerechnet)

Art	t [°C]	a	b	Methode	Autor
<i>Molgula peduncu-lata</i> (Ascidieceae)	1,5	0,1177	0,71	closed-vessel	diese Arbeit
<i>Ascidia challengeri</i> (Ascidieceae)	1,5	0,1338	0,61	closed-vessel	diese Arbeit
<i>Corella eumyota</i> (Ascidieceae)	1,5	0,1328	0,69	closed-vessel	diese Arbeit
<i>Orochmene plebs</i> (Amphipoda)	-1,8	0,46	0,72± 0,12	closed-vessel	RAKUSA-SUS- ZCZEWSKI '80
<i>Paramoera walkeri</i> (Amphipoda)	-1,2	0,3864 (Sommer)	0,65± 0,14	closed-vessel	RAKUSA - SUSZCZEWSKI & KLEKOWSKI '73
<i>Paramoera walkeri</i> (Amphipoda)	-1,9	0,1288 (Winter)	0,74± 0,12	closed-vessel	KLEKOWSKI et al. '73
<i>Glyptonotus ant.</i> (Isopoda)	-1,5/ 0,5	0,0717/ 0,0813	0,774/ 0,797	open-flow	WHITE '75
<i>Serolis polita</i> (Isopoda)	-1,5	0,3892	0,649± 0,157	interrupted-flow	LUXMOORE '82
<i>Nacella concinna</i> (Gastropoda)	5	0,66	0,749	closed-vessel	RALPH & MAXWELL '77a
<i>Austrodoris mcmurdensis</i> (Gastropoda)	-1,8	0,086	0,43	closed-vessel	DAYTON et al. '74
<i>Gaimardia trapesina</i> (Bivalvia)	0/ 5 (0)	0,7371/ 1,0664	0,8463/ " "	closed-vessel	RALPH & MAXWELL '77b
<i>Odontaster validus</i> (Asteroidea)	-1,8	0,0253	0,92	closed-vessel	DAYTON et al. '74
<i>Perknaster fuscus</i> (Asteroidea)	-1,8	0,0265	0,741	closed-vessel	DAYTON et al. '74
<i>Parborlasia corru-gatus</i> (Nemertinea)	-1	0,0407	1,61	closed-vessel	KELLETT, unveröff. BAS Ergeb.

Die Sauerstoffverbrauchswerte der drei Ascidienarten liegen im Bereich der weit gefächerten Literaturwerte, die nicht nur von Art zu Art, sondern auch saisonal stark schwanken können, wie am Beispiel des Amphipoden *Paramoera walkeri* zu erkennen ist.

Eine Interpretation der Unterschiede in den Sauerstoffverbräuchen der einzelnen Arten ist, obwohl die meisten Untersuchungen mit der "closed vessel"-Methode (geschlossenes System) durchgeführt wurden, schon allein wegen der unterschiedlichen Temperaturen schwierig. Außerdem fehlt bei den älteren Arbeiten häufig Angaben zur Aktivität der Tiere während der Versuche.

4.4.5. Energieverbrauch der Arten

Der artenspezifische Gesamtenergieverbrauch liegt je nach Art zwischen 9,1 J/m²/h (*A. challengerii*) und 29,8 J/m²/h (*M. pedunculata*), und ist von der Gewichtshäufigkeitsverteilung (Abb. 3-3) und der mittleren Individuendichte (Tab. 3-4) der Arten abhängig.

So ist der Gesamtenergieverbrauch von *C. eumyota* trotz des hohen individuellen Sauerstoffverbrauchs weniger als halb so hoch wie der der weitaus häufigeren Art *M. pedunculata*. Grund hierfür ist die deutlich geringere mittlere Individuendichte von *C. eumyota*.

Der Unterschied zwischen den beiden gleich häufigen Arten *C. eumyota* und *A. challengerii* beruht auf den Größenunterschieden zwischen diesen Arten.

Von dem Gesamtenergieverbrauch aller drei Arten von insgesamt 52,4 J/h/m² oder 1,28 kJ/Tag/m² entfallen ca. 57 % auf *M. pedunculata*, 26 % auf *C. eumyota* und 17 % auf *A. challengerii*.

Bedingt durch den mit abnehmender Wassertemperatur sinkenden Sauerstoffverbrauch (Q₁₀-Wert) sinkt der Gesamtenergieverbrauch der Populationen ebenfalls zum Winter hin ab.

57 % des gesamten Jahresenergieverbrauchs von 369,4 kJ/m² entfallen auf die Individuen der häufigsten und zugleich kleinsten Art *M. pedunculata*, während der Anteil von *C. eumyota* als der größten der drei Arten lediglich 26 % (95,5 kJ/m²) beträgt.

4.5. Zusammenfassung

Der individuelle Sauerstoffverbrauch steigt bei allen drei Arten mit zunehmendem Körpergewicht exponentiell an, die Menge des pro g Körpergewicht verbrauchten Sauerstoffs (Atmungsrate) sinkt. Der Zusammenhang zwischen dem individuellen Sauerstoffverbrauch Q_i und dem Körpergewicht m_i [g TG] läßt sich bei den drei Arten durch die Funktion:

$$Q_i = 0,1177 * m_i^{0,71}$$

beschreiben, da es hierbei keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Arten gibt.

Der bei *M. pedunculata* im Hellen gemessene Sauerstoffverbrauch ist wegen der auf der Tunikaoberfläche siedelnden Diatomeen um 20 % niedriger als der tatsächliche Sauerstoffverbrauch. Bei den anderen beiden Arten gibt es keine solchen Einflüsse.

Der Energieverbrauch der Populationen liegt für *M. pedunculata* bei 1,5°C 29,8 J/h/m², für *C. eumyota* bei 13,5 J/h/m² und für *A. chalongeri* bei 9,1 J/h/m².

Der maximale Jahresenergieverbrauch aller drei Populationen zusammen beträgt 369,4 kJ/m².

5. Inhaltsstoffe, Energiegehalte, Reproduktion

5.1. Einleitung

Die drei bearbeiteten solitären Ascidien sind aufgrund ihrer großen Abundanz und hohen Biomasse ein wichtiger Bestandteil der Weichbodenfauna der inneren Potter Cove. Für eine exakte Bestimmung ihrer energetischen Bedeutung für den Lebensraum Weichboden ist ihre biochemische Zusammensetzung wichtig.

Aus Angaben über die Inhaltsstoffe eines Organismus läßt sich auf seine Qualität als Beute schließen und in einigen Fällen sogar die Funktion einzelner Körperkompartimente bestimmen. In einigen Organen des Körpers werden saisonal Energiereserven gebildet (LITTLEPAGE 1962, PECK et al. 1987, PERCY 1979). Insbesondere in den Gonaden kann es zu starken saisonalen Veränderungen des Verhältnis von Inhaltsstoffen und Energiegehalten (LAWRENCE 1973, MCLACHLAN & LOMBARD 1980, SUNDET & VAHL 1981, PECK et al. 1987) kommen. Diese sind, wie PEARSE & GIESE (1966), PERCY (1979), PECK et al. (1987) und MCCLINTOCK et al. (1988, 1991) an unterschiedlichen Arten zeigten, insbesondere bei den nur einmal im Jahr Keimzellen freisetzenden polaren Evertbraten sehr stark ausgeprägt.

Die Kenntnis des Energiegehalts eines Organismus - er läßt sich direkt bestimmen oder über den Gehalt an Inhaltsstoffen berechnen - ist für das Verständnis der Dynamik des Energieflusses auf der Ebene des Individuums, der Population und der Gemeinschaft wichtig (PAINE 1971).

Hauptziel dieses Kapitels ist die Berechnung der Gonadenproduktion ("reproductive output") anhand von saisonalen Veränderungen der artspezifischen Gonadenindizes und Energiegehalte der Gonaden. Der Zeitpunkt der Freisetzung der Keimzellen wird anhand der saisonalen Veränderungen des Energie- und des Lipidgehalts eingegrenzt.

Vorangestellt ist eine quantitative Bestimmung der in den 4 - 5 verschiedenen Körperkompartimenten vorkommenden Inhaltsstoffe und ihrer Energiegehalte.

5.2. Material und Methoden

5.2.1. Inhaltsstoffe

5.2.1.1. Probenmaterial

Während mehrerer Tauchgänge im November 1994 wurden in 20 - 30 m Tiefe von allen drei Arten Individuen unterschiedlicher Größe gesammelt. Diese Tiere wurden vermessen, von Epifauna befreit, gewogen und in fünf Kompartimente (Tunika, Peribranchialsack, Verdauungstrakt, Gonaden und Körperwand) zerlegt. Die einzelnen Organe und Organkomplexe wurden kurz mit Süßwasser gewaschen, gewogen, gefriergetrocknet und nach der Bestimmung des Trockengewichts mit einer Kugelmühle pulverisiert. Die Lagerung erfolgte bis zur weiteren Verarbeitung bei -20°C.

Lediglich bei *M. pedunculata* konnten die Gonaden einzeln präpariert werden, während bei *C. eumyota* und *A. challengerii* eine Trennung von Gonaden und Verdauungstrakt nicht möglich war. Stattdessen wurde der Verdauungstrakt samt Gonaden entnommen, eröffnet, und Nahrungsreste und Sediment wurden kurz unter fließendem Wasser abgewaschen. Daher beziehen sich die Angaben für diese beiden Arten nur auf den Gonaden/Verdauungskomplex (GV-Komplex).

5.2.1.2. Probenbearbeitung

Die Bestimmung der Gesamtgehalte von Lipiden, Kohlenhydraten, Proteinen, Asche und Energie erfolgte mit unterschiedlichen Methoden. Sie werden nachfolgend im einzelnen vorgestellt.

- Gesamtlipidbestimmung (nach PANDE et al. 1963)

Die Lipidbestimmung erfolgte an den nach FOLCH et al. (1957) hergestellten Lipidextrakten.

Der genaue Versuchsablauf ist nachfolgend in Kurzform dargestellt.

Probenmaterial (ca. 200 mg, gefriergetrocknet)

nach Zugabe von 5 ml Dichlormethan/Methanol (V:V, 2:1)
und 100 µl Stearinsäurestandard (19:0)
im POTTER-Homogenisator 3 min homogenisieren

Überstand im Schütteltrichter auffangen
(und noch zweimal mit 5 ml Dichlormethan/Methanol pottern)

nach Zugabe von 4 ml 0,88 % KCl kräftig schütteln

untere Lipidphase in Glaskolben überführen

Lösungsmittel im Vakuum verdampfen

getrockneten Lipidextrakt in 5 ml Dichlormethan aufnehmen und
unter Stickstoff bei -20°C lagern

Für die Lipidbestimmung wurde ein Aliquot des Extraktes unter N₂ bei Raumtemperatur eingedampft und in einer schwefelsauren Kaliumchromatlösung wiederaufgenommen.

Nach 15 minütigem Erhitzen im Wasserbad wurden unter Kühlung 4,5 ml bidestilliertes Wasser hinzugegeben. Die Extinktion dieser Lösung wurde bei 440 nm gemessen und der Lipidgehalt anhand der Eichgeraden bestimmt.

Als Eichlösung diente eine Lösung von 1 mg Stearin/ml CH₂Cl₂.

- Gesamtkohlenhydratbestimmung (nach DUBOIS et al. 1953)

Zuerst wurden zwischen 20 und 150 mg Probe in 5 ml 20%iger TCA bei 40°C gelöst, 1 ml dieser Lösung entnommen und nach Zugabe von 5%igem Phenol kräftig geschüttelt. Aus einer schnellfließenden Pipette wurde anschließend 5 ml 96%ige Schwefelsäure unter Schütteln zugegeben.

Nach 10 min wurde wieder geschüttelt und das Gemisch 20 min im Wasserbad bei 25°C inkubiert. Anschließend wurde die Extinktion bei 490 nm gemessen. Als Eichsubstanz diente L-Glucose.

- Gesamtproteinbestimmung (nach BRADFORD 1976)

Die Probe wurde in 1n NaOH gelöst und anschließend zentrifugiert. Einem Aliquot des Überstandes wurden 1n HCl und Coomassie-Blau-Lösung zugegeben und die Extinktion dieses Gemischs nach 10 min bei 595 nm gemessen. Anschließend wurde die Probe entfettet.

Zu diesem Zweck wurden 2 ml des Überstandes in zwei Schritten mit 2 x 2 ml 20%iger Trichloressigsäure (TCA) versetzt, 10 min bei Raumtemperatur ge-

schüttelt und 10 min mit 5000 U/min zentrifugiert. Der Überstand wurde verworfen, und das gefällte Protein durch Zugabe von 1 ml Ethanol (absolut) und 10 minütiges Schütteln bei Raumtemperatur entfettet. Das Ganze wurde erneut zentrifugiert (5000 U/min, 10 min), der Überstand verworfen und das gefällte Protein mit 2 ml 1n NaOH gelöst. 0,5 ml des Überstandes wurden entnommen, mit 0,5 ml 1n HCl neutralisiert und die Extinktion 10 min nach Zugabe von 5 ml der Coomassie-Blau-Lösung bei 595 nm bestimmt.

Die Eichgerade wurde mit einer Lösung von Rinderserumalbumin (BSA) in NaCl ($C=0,2$ ml BSA/ml NaCl) erstellt.

Der tatsächliche Proteingehalt ergab sich aus der entfetteten Probe, während die nicht entfettete (ungereinigte) Probe der Abschätzung der Reinigungsverluste diente.

Der Gehalt an unlöslichem Protein wurde rechnerisch bestimmt (siehe dazu auch MCCLINTOCK et al. 1991). Zu diesem Zweck wurden die prozentualen Lipid-, Kohlenhydrat-, löslichen Protein- und Aschegehalte addiert und die Summe anschließend von 100% subtrahiert.

- Aschegehalte

Zur Bestimmung des Aschegehaltes der Organe wurden die Proben nach der Bestimmung des Trockengewichts vier Stunden lang bei 500°C verascht und anschließend das aschefreie Trockengewicht bestimmt.

5.2.2. Energiegehalte

5.2.2.1. Das Meßprinzip

Der Energiegehalt einer gefriergetrockneten Probe läßt sich durch eine kontrollierte Verbrennung in einem Kalorimeter (C 4000 A; Firma IKA-Analysentechnik) bestimmen, da bei der vollständigen Verbrennung einer Substanz die in Form von Wärme freiwerdende Energie zu einer Temperaturerhöhung führt. Der im Versuchsgefäß gemessene Temperaturanstieg entspricht der bei der Verbrennung im adiabatischen System freigewordenen Energiemenge. Aus der gemessenen Temperaturänderung läßt sich der Energiegehalt H_T der Substanz (in J/g TG) wie folgt berechnen:

$$H_T = \frac{C * \Delta T - Q_F}{m_T} \quad [\text{J/g TG}] \quad (1)$$

C ist die Wärmekapazität des Meßsystems in J/K, ΔT die gemessene Temperaturänderung in K, Q_F die Summe aller fremden Energien in J und m_T die Masse der Probe (Tablette minus Glühdraht) in g TG sind.

Q_F setzt sich zusammen aus dem Energieinhalt des Glühdrahtes und dem der eingewogenen Menge Benzoesäure, die für die vollständige Verbrennung der Probe nötig ist. Ihr Energiegehalt ist bekannt.

Die Wärmekapazität C läßt sich aus dem Brennwert des Standards H_{BS} (hier: Benzoesäure) in J/K, dem Gewicht der eingewogenen Substanz m_{bs} in g, Q_F in J und ΔT in K nach der Formel:

$$C = \frac{H_{BS} * m_{bs} + Q_F}{\Delta T} \quad [J/K] \quad (2)$$

berechnen.

5.2.2.2. Versuchsablauf und Auswertung

Um das in den Geweben enthaltene Salz zu entfernen, wurden die Kalorimeter-Proben vor der Gefriertrocknung in einer Lösung von 61,17 g Ammoniumformiat in 1 l destilliertem Wasser (isotonisch zu einem Salzgehalt von 34 ‰) 10 h lang gespült.

Pro Messung wurden ca. 50 mg der gefriergetrockneten und pulverisierten Probe und ca. 50 mg Benzoesäure eingewogen, gleichmäßig miteinander vermischt und zusammen mit dem für die Zündung notwendigen Glühdraht in Tablettenform gepresst. Mittels des Glühdrahts wurde die Tablette im Reaktionsgefäß, der Bombe, befestigt, die Bombe geschlossen, mit reinem Sauerstoff (20 bar) gefüllt und ins Kalorimeter eingesetzt. Die Verbrennung wurde nach dem Erreichen einer konstanten Temperatur initiiert und der Temperaturverlauf bis zur erneuten Konstanz gemessen. Anhand der Temperaturänderung ΔT und des Tablettengewichts m_T wurde der Energiegehalt der Tablette H_T nach Formel (1) berechnet.

H_T setzt sich aus dem Energiegehalt der Probe H_p , deren Gewicht m_p , dem bereits bekannten Energiegehalt der Benzoesäure H_{Benz} , deren Einwaage m_{Benz} und dem Tablettengewicht m_T (Tablette minus Glühdraht) zusammen.

$$H_T = \frac{(m_p * H_p + m_{Benz} * H_{Benz})}{m_T} \quad [J/g TG] \quad (3)$$

Durch Umformung ergibt sich daraus H_p :

$$H_p = \frac{(m_T * H_T - m_{Benz} * H_{Benz})}{m_p} \quad [\text{J/g TG}] \quad (4)$$

Der Energiegehalt des gesamten Organs oder Organkomplexes ergibt sich durch Multiplikation von H_p mit dem Probengewicht m_p .

Für die Berechnung der Energiegehalte der kompletten Individuen in J pro g Trockengewicht wurden die Energiegehalte der einzelnen Kompartimente mit ihrem prozentualen Anteil am Körpergewicht multipliziert und die Produkte anschließend summiert.

5.2.3. Gonadenwachstum

5.2.3.1. Probenmaterial und -bearbeitung

Zwischen Dezember 1995 und November 1996 wurden von jeder der drei Arten monatlich je 10 Tiere gesammelt, einzeln in Polyethylenhüllen verpackt und bei -20°C tiefgefroren. Die weitere Bearbeitung der tiefgefrorenen Proben erfolgte in Bremerhaven. Dort wurden die Tiere aufgetaut, die Gonaden soweit möglich (siehe unten) herauspräpariert, gereinigt und die Feuchtgewichte der separierten Teile bestimmt. Diese wurden einzeln tiefgefroren, gefriergetrocknet und das Trockengewicht bestimmt. Die Proben wurden bis zur weiteren Verarbeitung bei -20°C trocken gelagert.

Für die Bestimmung der monatlichen Lipid- und Energiegehalte wurden je Art und Monat drei Einzelproben (Gonaden bzw. GV-Komplex) verwendet, die mit den oben beschriebenen Verfahren analysiert wurden.

Bei den vorher tiefgefrorenen Proben war eine Trennung von Gonaden und Verdauungstrakt bei *M. pedunculata* und *C. eumyota* möglich, nicht jedoch bei *A. challenger*, sodaß sich die Angaben zu den saisonalen Veränderungen der Gonadenindizes, Energie- und Lipidgehalte dieser Art auf den Gonaden/Verdauungstrakt, den GV-Komplex beziehen.

5.2.3.2. Bestimmung des Gonadenindex

Für alle Tiere wurde monatlich der Gonadenindex GI, das Verhältnis von Gona-
dengewicht m_{gon} zu Gesamtgewicht m_{ges} , nach der Formel:

$$GI = (m_{gon} * 100)/m_{ges} \quad [\%] \quad (5)$$

bestimmt. Alle Gewichte sind in g Trockengewicht (TG) angegeben.

5.2.3.3. Berechnung des Gonadenwachstums

Die für das Gonadenwachstum notwendige Energie wird anhand des bei CRISP (1984) beschriebenen Verfahrens indirekt über den sich saisonal ändernden Gonadenindex bestimmt.

In einem ersten Schritt werden der Zeitpunkt der Freisetzung der Keimzellen mit Hilfe der Gonadenindizes, der Energie- und der Lipidgehalte anhand der durch die Abgabe der Keimzellen bedingten Diskontinuität im saisonalen Verlauf des Gonadenindex bestimmt und zwei Gonadenphasen unterschieden. Anschließend werden für diese beiden Phasen, der "Speicherphase", dem Zeitraum vor der Abgabe der Keimzellen (Lipid- und Energiegehalt hoch), und der "Erholungsphase", dem Zeitraum danach (Lipid- und Energiegehalt minimal), die mittleren Gonadenindizes berechnet.

Zwischen dem Gonadengewicht m_{gon} und dem Körpergewicht m besteht ein linearer Zusammenhang, der auch während dieser beiden Phasen bestehen bleibt. Es ändert sich jedoch die Steigung der Regressionsgeraden, und es gilt:

$$\text{Speicherphase: } m_{gon1} = a_1 * m + b_1 \quad [\text{g TG}] \quad (6)$$

$$\text{Erholungsphase: } m_{gon2} = a_2 * m + b_2 \quad [\text{g TG}] \quad (7)$$

Aus der Differenz zwischen den beiden Gonadengewichten ergibt sich, abhängig vom Körpergewicht, die abgegebene Gonadenmasse m_g .

$$m_g = m_{gon1} - m_{gon2} \quad [\text{g TG}] \quad (8)$$

Durch Multiplikation mit dem mittleren Energiegehalt der Gonaden vor dem Beginn der Reproduktion ("Speicherphase") H_{gs} [J/g TG] läßt sich m_g in die Reproduktionsenergie E_g umrechnen:

$$E_g = H_{gs} * m_g \quad [\text{J}] \quad (9)$$

Die pro Gewichtsklasse j freigesetzte Masse \bar{m}_{gj} ergibt sich durch Einsetzen der für die mittleren Gewichte \bar{m}_j ermittelten Resultate von Gleichung (6) und (7) in Gleichung (8). Daraus läßt sich über Gleichung (9) die Reproduktions-

energie der Gewichtsklasse E_{gj} berechnen. Die Summe aller Werte ist die von der gesamten Population jährlich für die Reproduktion aufgewandte Energie (siehe dazu auch 4.2.4.2.). Dividiert durch den Energiegehalt der Gonaden während der Speicherphase H_{gs} ergibt sich daraus die Gonadenproduktion P_g [g TG/m²/Jahr], die bis zur nächsten Abgabe von Keimzellen vom Organismus aufzubauende Gonadenmasse.

Für Vergleiche mit anderen Arten wurde die gewichtsspezifische Gonadenproduktion GP (reproductive output; CLARKE 1988) aus der Gonadenproduktion P_g und der mittlere Biomasse B_m der Population berechnet:

$$GP = P_g/B_m \quad [a^{-1}] \quad (10)$$

GP wird auch als jährliche Gonadenproduktivität bezeichnet (BREY 1995).

5.3. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Inhaltsstoffe und Energiegehalte der verschiedenen Organe und Organkomplexe der Arten vorgestellt. Anhand der saisonalen Veränderungen des Gewichtsanteils der Gonaden am Körpergewicht und Veränderungen ihres Lipid- und Energiegehalte wird artspezifisch die für die Gonadenproduktion benötigte Energie bestimmt.

5.3.1. Inhaltsstoffe

Die vier bzw. fünf untersuchten Organe und Organkomplexe haben, wie Abbildung 5-1 zeigt, je nach Art unterschiedliche prozentuale Anteile am Körpergewicht.

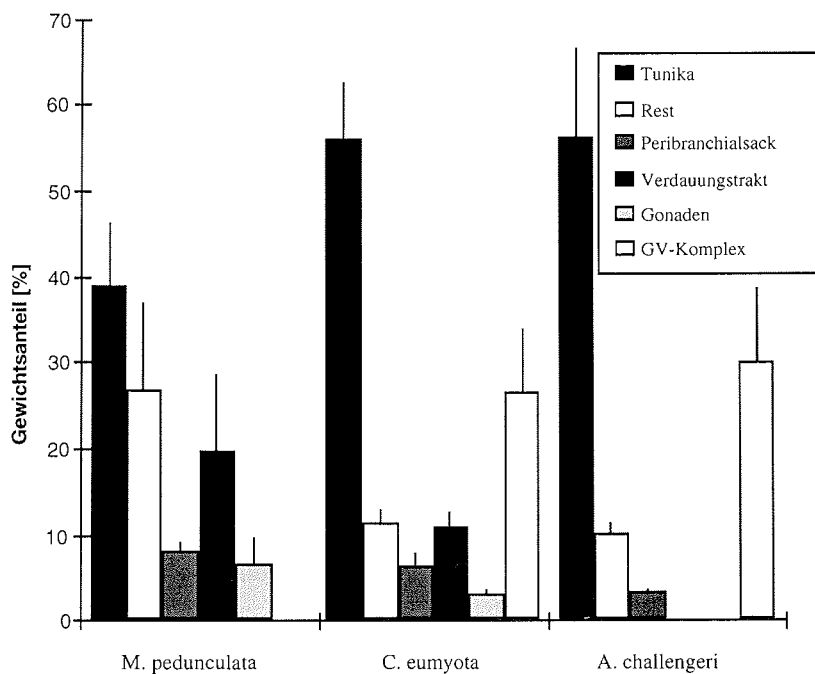


Abb. 5-1: Prozentuale Anteile (Mittelwerte + Standardabweichung) der einzelnen Organe und Organkomplexe am Gesamtgewicht der Arten. (GV-Komplex = Gonaden/Verdauungskomplex)

Den weitaus höchsten Anteil am Gesamtgewicht hat bei allen drei Arten die Tunika. Er schwankt zwischen 39 % (*M. pedunculata*) und 64 % (*C. eumyota*). Von den übrigen Kompartimenten haben je nach Art der aus Endokarp und Körperwand bestehende Rest und der Verdauungstrakt bzw. bei *A. challengeri* der

GV-Komplex ebenfalls hohe Gewichtsanteile. Die Gonaden und der Peribranchialsack haben den niedrigsten Anteil.

Die Bestandteile der einzelnen Kompartimente sind, wie Tabelle 5-1 verdeutlicht, in der Hauptsache anorganisches Material (Asche) und Proteine, während Kohlenhydrate und Lipide nur in geringen Mengen vorhanden sind.

Tab.5-1: Biochemische Zusammensetzung [% TG] der Körperkompartimente der 3 Arten. Angegeben sind die Mittelwerte und ihre Standardabweichungen. Mit * sind die berechneten Gehalte an unlöslichem Protein markiert (siehe 5.2.2.2.). (GV-Komplex = Gonaden/Verdauungskomplex)

	Lipide	Proteine (löslich)	Proteine (unlös.)	Kohlen- hydrate	Asche
<i>M. pedunculata</i>					
Tunika	2,88±1,36	5,76±1,41	37,25*	1,84±0,24	52,27±8,63
Rest	3,05±0,53	12,27±4,99	32,97*	0,5±0,08	51,21±2,51
Peribranchialsack	5,98±0,81	9,28±5,70	35,96*	0,81±0,10	51,03±17,02
Verdauungstrakt	5,69±1,67	4,14±1,46	22,36*	1,19±0,38	66,62±9,57
Gonaden	6,19±0,77	30,15±1,85	41,78*	2,4±0,37	19,48±5,90
komplettes Tier	4,0	9,1	33,4	1,3	52,2
<i>A. challengeri</i>					
Tunika	1,64±0,34	1,51±1,01	19,25*	1,04±0,29	76,56±3,25
Rest	3,56±0,79	24,63±3,93	25,03*	1,28±0,16	45,5±3,31
Peribranchialsack	6,08±0,11	23,56±3,29	22,22*	1,07±0,80	47,07±5,51
GV-Komplex	4,16±0,94	15,21±3,8	16,53*	2,21±0,46	61,89±6,37
komplettes Tier	2,7	8,8	29,1	1,4	68,0
<i>C. eumyota</i>					
Tunika	1,81±0,14	2,7±0,53	26,02*	2,26±0,32	67,21±0,76
Rest	3,94±0,88	31,55±1,46	16,57*	2,27±0,80	45,67±1,96
Peribranchialsack	9,77±3,48	19,65±3,52	17,90*	3,3±2,34	49,38±7,16
GV-Komplex	3,42±0,27	7,5±3,41	18,14*	2,25±0,38	68,69±6,62
komplettes Tier	3,0	8,3	22,4	2,3	64,0

Bei allen drei Arten besteht die Tunika zu mindestens 90 % aus anorganischem Material und unlöslichen Proteinen. Der Gehalt an löslichen Proteinen, Kohlenhydraten und Lipiden ist dagegen gering. Den höchsten Proteingehalt (72 %) haben die Gonaden von *M. pedunculata*. Der aus Körperwand und Endokarp bestehende Rest besteht zu 45 bis 50 % aus Proteinen, wobei das Verhältnis von löslichem zu unlöslichem Protein je nach Art zwischen 1:2,7 und 2:1 schwankt. Der Lipidgehalt der Gonaden ist hoch, die höchsten Lipidgehalte (bis 9,8 %) enthalten jedoch die Peribranchialsäcke von *C. eumyota* und *A. challengeri*.

5.3.2. Energiegehalte

Die Energiegehalte der Einzelkompartimente, die hängen von deren biochemischer Zusammensetzung ab, werden nach Arten getrennt in Tabelle 5-2 separat angegeben.

Tab.5-2: Energiegehalte [kJ/g TG] der Körperkompartimente der drei untersuchten Arten sowie die Energiegehalte der vollständigen Tiere. (Mittelwert \pm Standardabweichung)
Die *kursiv* geschriebenen Energiegehalte wurden anhand von vorher tiefgefrorenen Proben nachträglich bestimmt.

Körperkompartiment	<i>Molgula pedunculata</i>	<i>Ascidia challengerii</i>	<i>Corella eumyota</i>
Tunika	6,66 \pm 1,55	2,99 \pm 0,89	3,33 \pm 0,33
Rest	9,08 \pm 1,02	8,63 \pm 0,65	9,13 \pm 0,8
Peribranchialsack	10,18 \pm 2,48	10,28 \pm 1,09	8,79 \pm 1,69
Verdauungstrakt	9,8 \pm 3,14	-	9,49 \pm 1,84
Gonaden	15,5 \pm 1,19	-	13,51 \pm 0,93
Gonaden/Verdauungskomplex		6,46 \pm 0,31	5,94 \pm 1,09
Energiegehalt pro g Körpergewicht	8,81	4,86	5,57

Den weitaus höchsten Energiegehalt haben die an Lipiden und löslichen Proteinen reichen Gonaden. Die Tunika hat den geringsten Energiegehalt, wobei der Wert für *M. pedunculata* um den Faktor 2 bis 2,2 höher ist als der für die anderen beiden Arten bestimmte Wert ist. Auch der Energiegehalt eines kompletten Tieres dieser Art ist um das 1,8-fache höher als bei den anderen beiden Arten. Die Energiegehalte der anderen Körperkompartimente der drei Arten unterscheiden sich nur geringfügig voneinander.

5.3.3. Gonadenproduktion

Der Gonadenindex, d.h. der Anteil der Gonaden am Gesamtgewicht, und die Energie- und Lipidgehalte der Gonaden verändern sich bei allen drei Arten saisonal. Diese Veränderungen sind jedoch von Art zu Art so unterschiedlich, daß eine nach Arten getrennte Darstellung der Ergebnisse gewählt wurde.

5.3.3.1. *Molgula pedunculata*

Der Gonadenindex von *M. pedunculata* schwankt saisonal (Abb.5-2) mit einer besonders hohen Streubreite der Werte in den Monaten Februar bis Mai.

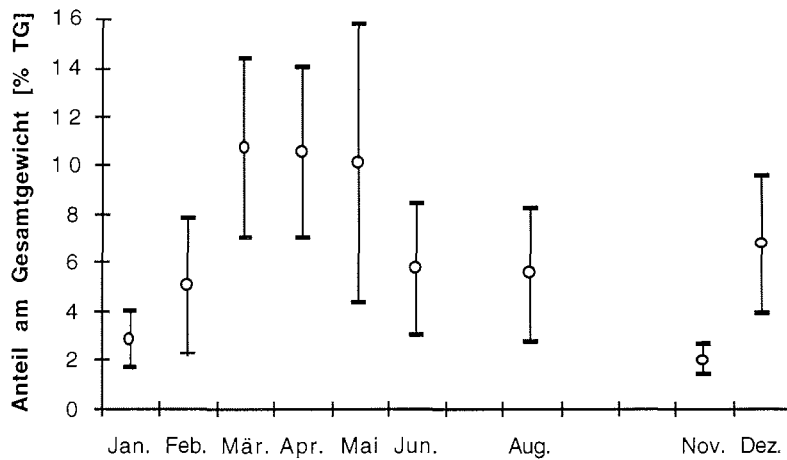


Abb. 5-2: Saisonalität des Gonadenanteils [% vom Trockengewicht] bei *M. pedunculata*. Die Mittelwerte (o) und Standardabweichungen (-) sind angegeben.

Von Februar bis August liegt der Gonadenindex bei durchschnittlich 9,4 %. Er sinkt im November bzw. Januar auf nur 2 bzw. 2,9 % ab.

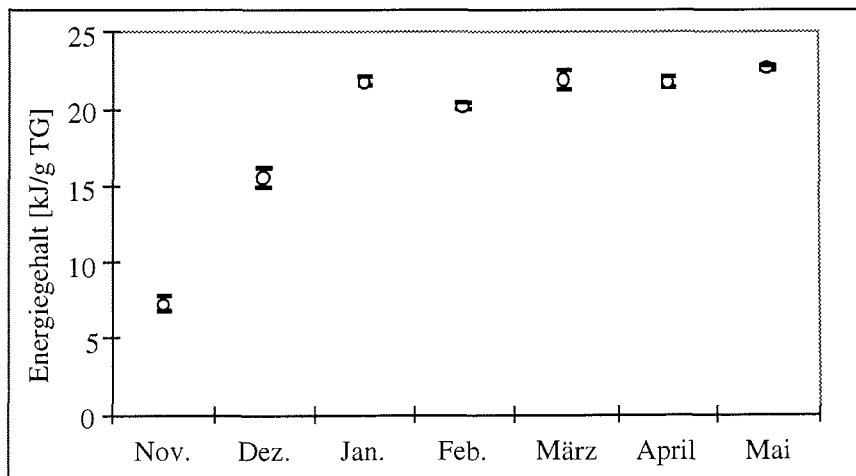


Abb. 5-3: Saisonale Veränderungen der Energiegehalte in den Gonaden von *M. pedunculata* von November 1995 bis Mai 1996. (Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Der mittlere monatliche Energiegehalt der Gonaden (Abb.5-3) hat im November einen Minimalwert von 7190 J/g TG. Im Januar ist der Energiegehalt der Gona-

den jedoch ähnlich hoch wie in den Monaten Februar bis August (21870 J/g TG).

Der mittlere Lipidgehalt der Gonaden (Abb.5-4) ist gegenüber den Monaten Januar bis Mai (10,4 %) im Dezember (6,2 %) erniedrigt, Novemberwerte fehlen jedoch.

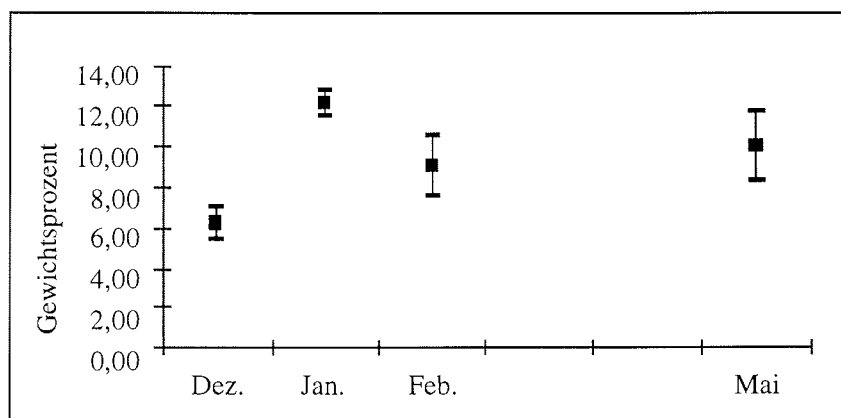


Abb. 5-4: Saisonale Veränderungen der Lipidgehalte in den Gonaden von *M. pedunculata* zwischen Dezember 1995 und Mai 1996. (Mittelwert \pm Standardabweichung)

Der lineare Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem Gonadengewicht ist vom Zustand der Gonaden (Erholungs- oder Speicherphase) abhängig und ist in Abbildung 5-5 in Form zweier Geraden für die beiden Phasen dargestellt.

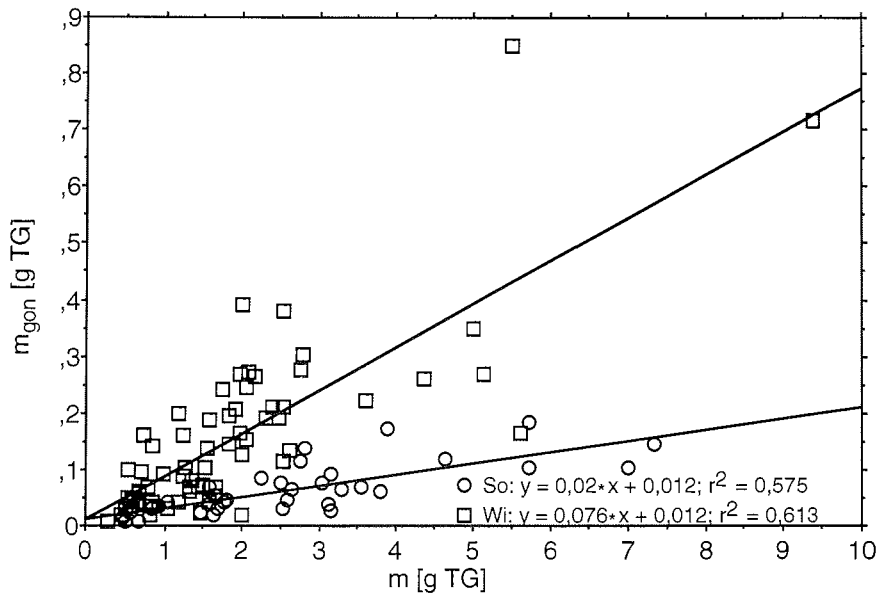


Abb. 5-5: Abhängigkeit der Gonadengewichte vom Gesamtgewicht für *Molgula pedunculata* für die Speicherphase (Wi) und die Erholungsphase (So). Es sind die Gleichungen der Regressionsgeraden angegeben.

In der Zeit von Februar bis August ist der Gonadenindex und die Steigung der Regressionsgeraden hoch ($b = 0,076$). Im November hingegen ist der Gonadenindex niedrig und die Steigung der Regressionsgerade gering ($b = 0,02$).

Die sich aus der Differenz zwischen diesen beiden Graphen für die einzelnen Gewichtsklassen ergebende Gonadenproduktion ist in Tabelle 5-3 angegeben.

Die Gewichtsklassen zwischen 0,4 und 3,6 g TG haben einen Anteil von 69,6 % an der gesamten Gonadenproduktion.

Insgesamt beträgt der jährlichen Energieverlust durch die Freisetzung der Keimzellen $26,74 \text{ kJ/m}^2$, was einer Gonadenproduktion von $1,22 \text{ g TG/m}^2/\text{a}$ entspricht. Die jährliche Gonadenproduktivität dieser in der inneren Potter Cove lebenden Population von *M. pedunculata* beträgt $0,098$.

Tab. 5-3: Mittlere Reproduktionsenergie [kJ] in den Größenklassen und Gesamtgonadenproduktion [kJ/m²] für die in der Potter Cove lebende Population von *M. pedunculata*
 (Gonadenproduktion $P_g = (\sum(f_j \cdot \bar{E})) / 21,87$ [g TG/m²])

Größen- klasse GK	Bereich [g TG]	mittl. Körper- gew. \bar{m}_j [g TG]	mittlere Repro.- energie \bar{E}_{Repro_j} [kJ]	Häufigkeit der GK f_j [m ⁻²]	$f_j \cdot \bar{E}_{Repro_j}$ [kJ/m ²]
1	0 - 0,4	0,17	0,21	3,01	0,63
2	- 0,8	0,58	0,71	2,96	2,10
3	- 1,2	1,01	1,24	2,09	2,58
4	- 1,6	1,41	1,73	1,51	2,60
5	- 2,0	1,77	2,17	1,10	2,39
6	- 2,4	2,15	2,63	0,99	2,59
7	- 2,8	2,49	3,05	0,75	2,30
8	- 3,2	2,99	3,66	0,52	1,91
9	- 3,6	3,36	4,12	0,52	2,15
10	- 4,0	3,75	4,59	0,17	0,80
11	- 4,4	4,13	5,06	0,35	1,76
12	- 4,8	4,54	5,56	0,23	1,29
13	- 5,2	4,94	6,05	0,17	1,05
14	- 5,6	5,37	6,58	0,12	0,76
15	> 5,6	8,66	10,61	0,17	1,84
					Σ 26,74

5.3.3.2. *Corella eumyota*

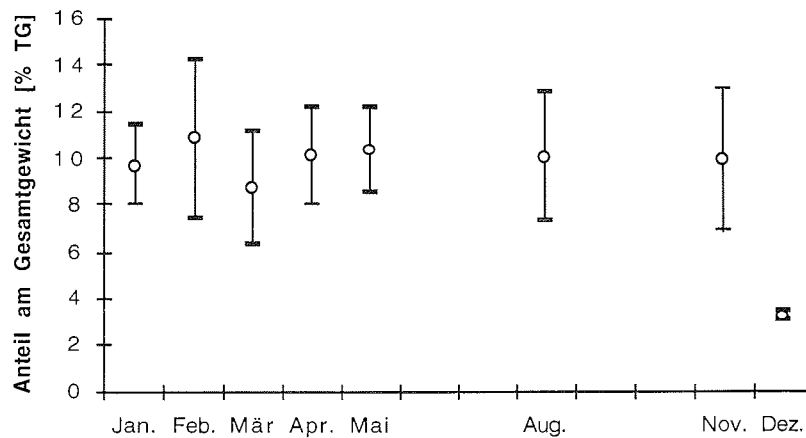


Abb. 5-6: Saisonalität des Gonadenanteils [% Trockengewicht] bei *C. eumyota*. (Es sind die Mittelwerte (o) und die Standardabweichungen (-) angegeben)

Der Gonadenindex (Abb. 5-6) schwankt zwischen Januar und November nur wenig und liegt im Mittel bei 9,8 % TG. Im Dezember sinkt er auf ein Minimum von 3,22 % TG.

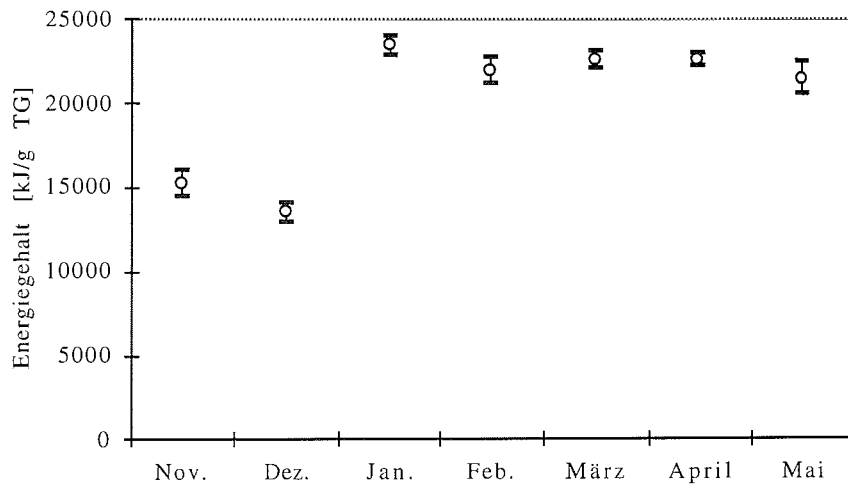


Abb. 5-7: Saisonale Veränderung der Energiegehalte in den Gonaden von *C. eumyota* von November 1995 bis Mai 1996. (Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Der mittlere Energiegehalt (Abb. 5-7) und der mittlere Lipidgehalt (Abb. 5-8) der Gonaden sind im Dezember am niedrigsten.

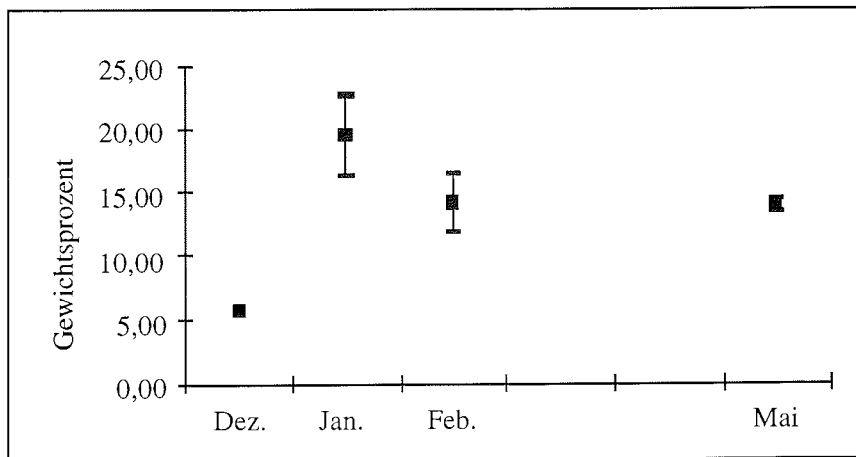


Abb. 5-8: Saisonale Veränderungen der Lipidgehalte in den Gonaden von *C. eumyota* zwischen Dezember 1995 und Mai 1996. (Mittelwert \pm Standardabweichung)

Im Dezember sinkt der mittlere Energiegehalt der Gonaden von 22,21 kJ/g TG auf 13,51 kJ/g TG ab. Auch der mittlere Lipidgehalt erreicht im Dezember mit 5,6 % TG ein Minimum, während er ansonsten im Mittel bei 15,4 % TG liegt.

Die Gonadengewichte sind für die Speicherphase (Januar bis November) wie die Erholungsphase (Dezember) in Abbildung 5-9 dargestellt. Die Steigungen der beiden Geraden unterscheiden sich, wie schon bei *M. pedunculata*, deutlich voneinander.

Die sich daraus ergebende Gonadenproduktion der Population ist Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Bei *C. eumyota* geht der größte Teil der Gonadenproduktion, nämlich 84 %, auf das Konto der 6,4 bis 10,4 g (TG) schweren Tiere. Die Individuen bis 4,8 g TG hingegen sind weniger bedeutsam (nur 3 %).

Während der Reproduktion werden 15,79 kJ/m²/a von der Population verbraucht. Dies entspricht einer Gonadenproduktion von 0,71 g TG/m²/a. Die jährliche Gonadenproduktivität ist 0,062.

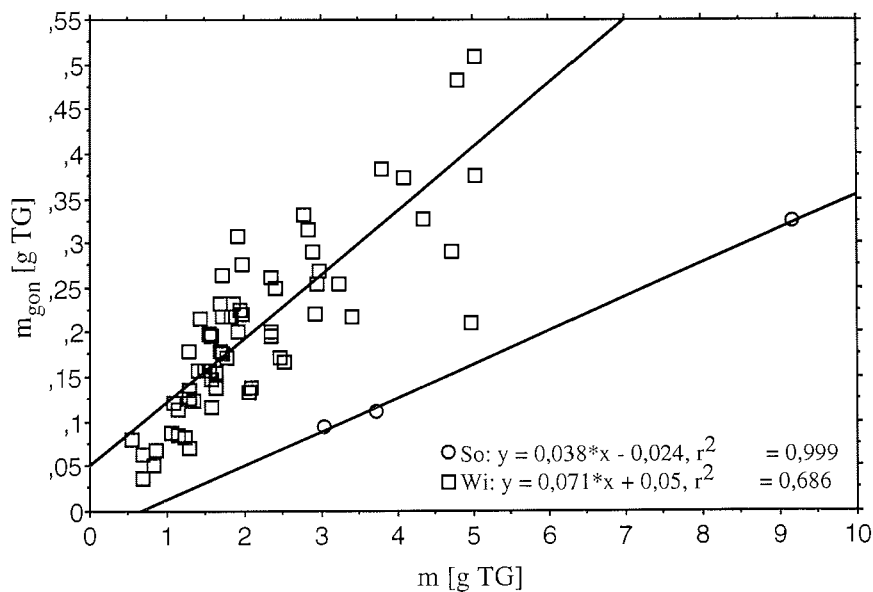


Abb. 5-9: Abhängigkeit der Gonadengewichte vom Gesamtgewicht für *C. eumyota* für die Speicherphase (Wi) und die Erholungsphase (So). Die jeweiligen Regressionsgeraden sind angegeben.

Tab. 5-4: Mittlere Reproduktionsenergie [kJ] in den Größenklassen und Gesamtgonadenproduktion [kJ/m²] für die in der Potter Cove lebende Population von *C. eumyota*.

$$(\text{Gonadenproduktion } P_g = (\sum(f_j \cdot \bar{E})) / 22,21 \text{ [g TG/m}^2])$$

Größen- klasse GK	Bereich [g TG]	mittl. Körper- gew. \bar{m}_j [g TG]	mittlere Repr.- energie \bar{E}_{Repro_j} [kJ]	Häufigkeit der GK f_j [m ⁻²]	$f_j \cdot \bar{E}_{\text{Repro}_j}$ [kJ/m ²]
1	0 - 0,8	0,41	1,94	0,02	0,04
2	- 1,6	1,08	2,44	0,06	0,14
3	- 2,4	2,20	3,26	0,00	0,00
4	- 3,2	2,90	3,77	0,04	0,14
5	- 4,0	3,65	4,32	0,02	0,08
6	- 4,8	4,43	4,89	0,02	0,09
7	- 5,6	5,24	5,48	0,15	0,81
8	- 6,4	5,97	6,02	0,22	1,34
9	- 7,2	6,81	6,63	0,44	2,95
10	- 8,0	7,74	7,32	0,52	3,79
11	- 8,8	8,51	7,88	0,30	2,33
12	- 9,6	9,15	8,35	0,19	1,54
13	- 10,4	10,17	9,10	0,15	1,35
14	- 11,2	10,80	9,56	0,06	0,53
15	> 11,2	14,35	12,16	0,06	0,67
					Σ 15,79

5.3.3.3. *Ascidia challengeri*

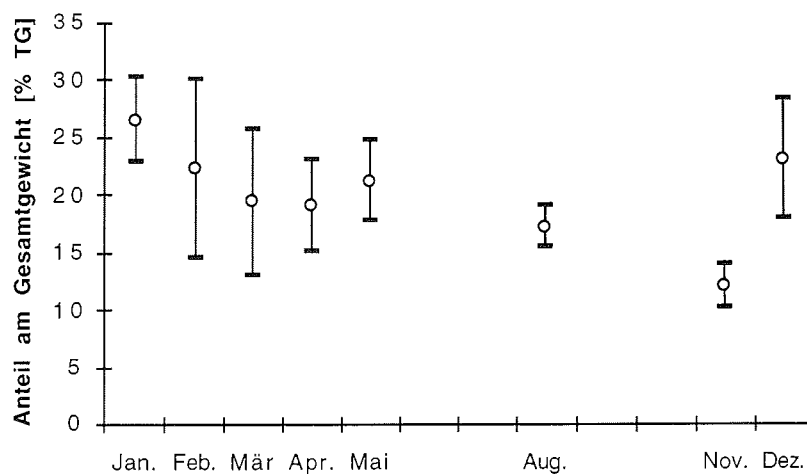


Abb. 5-10: Saisonalität des Gonaden/Verdauungskomplex-Anteils [% vom Trockengewicht] bei *A. challengeri*. Die Mittelwerte (o) und Standardabweichungen (-) sind angegeben.

Für diese Art wurde kein Gonadenindex (siehe 5.2.3.1.), sondern der Anteil des Gonaden/Verdauungskomplexes (GV-Index) am Körpergewicht berechnet. Der saisonale Verlauf dieses GV-Index ist in Abbildung 5-10 dargestellt. Wie die Gonadenindizes von *M. pedunculata* und *C. eumyota* schwankt auch er saisonal. Zwischen Dezember und August liegt er im Mittel bei 21,3 % TG, im Monat November sinkt er auf 12,2 % TG.

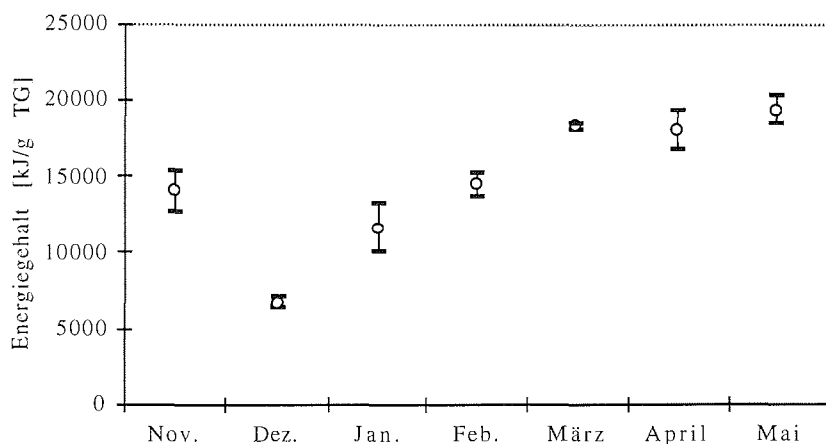


Abb. 5-11: Saisonale Veränderungen der Energiegehalte des Gonaden/Verdauungskomplexes von *A. challengeri* von November '95 bis Mai '96. (Mittelwerte \pm Standardabweichung)

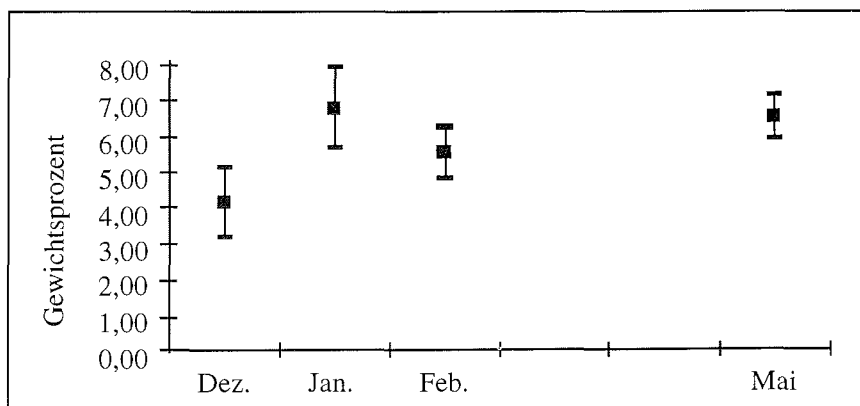


Abb. 5-12: Saisonale Veränderungen der Lipidgehalte im Gonaden/Verdauungskomplexes von *A. challengeri* von Dezember '95 bis Mai '96. (Mittelwert \pm Standardabweichung)

Die mittleren Energie- und Lipidgehalte (Abb. 5-11 und 5-12) konnten für die Monate August und November nicht bestimmt werden. Im untersuchten Bereich

hat der GV-Index die niedrigsten Energie- und Lipidgehalte im Dezember. Zwischen Januar und Mai liegt der Energiegehalt des GV-Komplexes im Mittel bei 17,41 kJ/g TG, der mittlere Lipidgehalt bei 10,4 % TG.

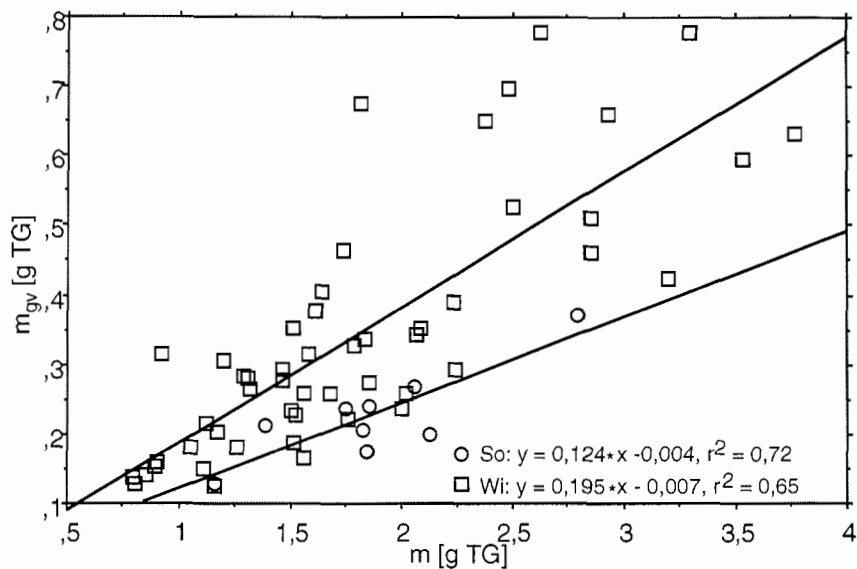


Abb. 5-13: Abhängigkeit des Gonaden/Verdauungstrakt-Gewichts m_{gv} vom Gesamtgewicht m für *A. challengeri* während der Speicherphase (Wi) und der Erholungsphase (So). Es sind die Regressionsgeraden angegeben.

Auch bei dieser Art ist die das Verhältnis von Gonadengewicht und Gesamtgewicht beschreibende Gerade (Abb. 5-13) während der Speicherphase (Dezember bis August) steil, in der Erholungsphase (hier: November) jedoch deutlich abgeflacht.

Tab. 5-5: Mittlere Reproduktionsenergie [kJ] in den Größenklassen und Gesamtgonadenproduktion [kJ/m²] für die in der Potter Cove lebende Population von *A. challengeri*.

$$(\text{Gonadenproduktion } P_g = (\sum(f_j \cdot \bar{E})) / 22,21 \text{ [g TG/m}^2])$$

Größen- klasse GK	Bereich [g TG]	mittl. Körper- gew. \bar{m}_j [g TG]	mittlere Repro.- energie \bar{E}_{Repro_j} [kJ]	Häufigkeit der GK f_j [m ⁻²]	$f_j \cdot \bar{E}_{\text{Repro}_j}$ [kJ/m ²]
1	0 - 0,4	0,18	0,17	0,01	0,00
2	- 0,8	0,63	0,73	0,07	0,05
3	- 1,2	1,02	1,21	0,15	0,18
4	- 1,6	1,42	1,70	0,03	0,05
5	- 2,0	1,78	2,15	0,08	0,18
6	- 2,4	2,18	2,64	0,16	0,42
7	- 2,8	2,62	3,16	0,20	0,64
8	- 3,2	3,02	3,68	0,25	0,94
9	- 3,6	3,47	4,24	0,28	1,17
10	- 4,0	3,78	4,62	0,29	1,32
11	- 4,4	4,17	5,10	0,33	1,67
12	- 4,8	4,70	5,76	0,26	1,52
13	- 5,2	5,04	6,18	0,15	0,92
14	- 5,6	5,40	6,62	0,06	0,42
15	> 5,6	6,64	8,16	0,01	0,09
					Σ 9,58

Der Energieverbrauch durch die Reproduktion ist in Tab. 5-5 aufgelistet. In der Reproduktionsphase der *A. challengeri*-Population werden 9,6 kJ/m²/a für die Produktion von Keimzellen benötigt. Das entspricht einer Gonadenproduktion von 0,55 g TG/m²/a, bei einer jährlichen Gonadenproduktivität von 0,151.

5.4. Diskussion

5.4.1. Methoden

5.4.1.1. Probenvorbereitung

Schon bei der Probenvorbereitung müssen die enzymatische Aktivität im Gewebe gestoppt, Wasser und Salz soweit möglich entfernt, das Gewebe stabilisiert und das Probenmaterial homogenisiert werden (GIESE 1967).

Die enzymatische Aktivität der Gewebe läßt sich schnell und zuverlässig durch sofortiges Tiefgefrieren stoppen. Vorher sollte jedoch das in den Geweben mariner Evertebraten vorhandene Salz (ca. 3 % vom Feuchtgewicht) weitgehend entfernt werden. Eine vollständige Entfernung ist, wie GIESE betont, nicht möglich, wodurch es zu einer Diskrepanz zwischen der Summe aller Inhaltsstoffe und den theoretischen 100 % kommt.

Um Salz weitgehend aus den bearbeiteten Proben zu entfernen, wurden die Einzelkompartimente direkt nach der Präparation und vor dem Tiefgefrieren mit Süßwasser gespült. Später wurden die Proben gefriergetrocknet.

Obwohl die Gefriertrocknung eine der schonendsten Methoden zur Erhaltung empfindlicher Gewebe ist, kann es nach GIESE (1967) dennoch zur Denaturierung von Enzymen kommen. Außerdem kann mit dieser Methode nicht das gesamte Wasser entfernt werden, weshalb GIESE eine zusätzliche Nachtrocknung im Exsikkator über Schwefelsäure empfiehlt. Von einer Trocknung in der Hitze rät er ab, da Enzyme und Proteine denaturiert werden könnten und die kurzkettigen Fettsäuren leicht flüchtig sind. Aus diesem Grund sollten die homogenisierten Proben im Exsikkator im Kühlschrank gelagert werden, zumal nach GIESE über die Stabilität von getrocknetem organischem Material bisher nur wenig bekannt ist.

Diesen Empfehlungen folgend wurden die Proben nach dem Gefriertrocknen zusammen mit Silikagel im Kühlschrank gelagert.

Eine Trennung der Gonaden vom Verdauungstrakt war weder bei den frisch gefangenen Individuen von *C. eumyota* noch bei denen von *A. challengerii* möglich, sodaß der Gonaden/Verdauungskomplex bei diesen Arten als ein Kompartiment gewertet wurde.

Um eine Überschätzung des Gewichts des GV-Komplexes durch anhaftendes Sediment zu vermeiden, wurde dieser mit Frischwasser gewaschen. Trotzdem ist eine geringe Überschätzung der GV-Gewichte nicht ganz auszuschließen.

5.4.1.2. Biochemische Analyse der Inhaltsstoffe

Die Analyseverfahren wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- hohe Empfindlichkeit
- geringe Störanfälligkeit
- einfache Durchführbarkeit.

Abweichend von den obengenannten Kriterien wurde statt der gravimetrischen Methode die Dichromat-Methode von PANDE et al. (1963) für die Bestimmung des Gesamtlipidgehalts gewählt, da sie kostengünstiger und ohne größeren apparativen Aufwand durchführbar ist (TILLMANN 1987).

Durch die vorhergehende Lipidextraktion nach FOLCH et al. (1957) lassen sich die Lipide fast vollständig abtrennen (TILLMANN 1987), und eine Reinigung der Rohextrakte entfällt (BARNES & BLACKSTOCK 1973). Ein Problem stellt die hohe Flüchtigkeit der Lipide und insbesondere der mehrfach ungesättigten Fettsäuren dar (MORRIS 1972). An Planktonproben konnte MORRIS zeigen, daß ein sofortiges Tiefrieren der Proben die beste Art der Lagerung darstellt.

Die durch das Sezieren der frischen Proben bedingte Verzögerung zwischen der Probennahme und dem Tiefgefrieren läßt deshalb auf Verluste insbesondere bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren schließen.

Die zur Bestimmung des Gesamtkohlenhydratgehalts angewandte Methode nach DUBOIS et al. 1953 ist einfach, aber nur für Glykogen, Insulin, Fruktose, Glukose, Stärke und andere verwandte Zucker genau. Nach PEARSE (1965) stellen Glykogen oder glykogenähnliche Stoffe den Hauptteil der von marinen Evertebraten gespeicherten Kohlenhydrate. Ihre Konzentration ist somit ein guter Index für den Gesamtkohlenhydratgehalt.

Von den zahlreichen Proteinbestimmungsmethoden wurde die Methode nach Bradford gewählt, da sie weniger stark als die Methoden nach Lowry und Smith von nicht-proteinhaltigen Substanzen beeinflusst wird (BERGES et al. 1993). Hauptfehlerquellen sind Proteinverluste bedingt durch eine unvollständige Hydrolyse der Probe, ein Abzentrifugieren von an Membranen haftendem Protein, durch in den Lösungsmitteln verbleibende Lipoproteine und durch nicht-quantitative Fällung durch Trichloressigsäure. Diese Verluste lassen sich durch genaues Arbeiten stark reduzieren, aber nicht ganz ausschliessen.

Bei der rechnerischen Bestimmung der Gehalte an unlöslichem Protein kann es insbesondere bei Ascidien durch die Präsenz von c-RNA und Protein-Polysaccharidkomplexen zu einer Überschätzung der Werte kommen (MCCLINTOCK

et al. 1991, SMITH & DEHNEL 1970). Außerdem summieren sich die Fehler der zur Bestimmung der anderen Komponenten benutzten Methoden.

Daher sind die angegebenen Gehalte an unlöslichen Proteinen nur Richtwerte, die sich bei einer genaueren quantitativen Analyse durchaus ändern können.

5.4.1.3. Kalorimetrie

Neben einer ausreichenden Probenmenge, die bei dem verwendeten Phillipson-Kalorimeter mindestens 50 mg betragen sollte, sind die Homogenität der Probe und ein minimaler Wassergehalt Bedingung für eine vollständige und gleichmäßige Verbrennung der Probe im Kalorimeter (CRISP 1984).

Aus diesen Gründen wurden die Proben, wie von PRUS (1975) empfohlen, vor der Verbrennung nochmals bei 60°C getrocknet und zudem zur besseren Verbrennung mit Benzoesäure vermischt.

Anhaftendes Salz führt zu einer Erniedrigung der gemessenen Energiegehalte und muß deshalb vor Versuchsbeginn entfernt werden (M. DELAFONTAINE, pers Mitt.). Zu diesem Zweck empfiehlt DELAFONTAINE ein Waschen der Proben mit einer isotonischen Lösung von Ammoniumformiat in destilliertem Wasser.

5.4.1.4. Berechnung der Gonadenproduktion

Die Berechnung der Gonadenproduktion erfolgte nach der von CRISP (1984) beschriebenen indirekten Methode und beruht auf zwei Annahmen. Erstens wird angenommen, daß die Tiere nur einmal im Jahr laichen und zweitens, daß sie dies auch synchron tun.

Daß die solitären antarktischen Ascidien nur einmal im Jahr ihre Keimzellen abgeben, ist nach MILLAR (1971) äußerst wahrscheinlich und wird durch die Beobachtungen von McCLINTOCK et al. (1991) und TUCKER & BURTON (1988) gestützt.

Eine Synchronität des Laichvorgangs ist bei den zwittrigen Ascidien insofern gegeben, als die Anwesenheit männlicher Gameten im eingeströmten Wasser eine Freisetzung reifer Eizellen stimuliert (KOTT 1969) und der Brutzeitpunkt nach MILLAR (1971) an den "wärmsten" Monat gebunden ist.

5.4.2. Inhaltsstoffe und Energiegehalte

Die Aschegehalte sind mit Ausnahme der Gonaden in allen Körperkompartimenten hoch und die organischen Gehalte niedrig.

Hauptbestandteile sind Lipide und Proteine, wobei es bei letzteren insbesondere die unlöslichen Formen sind. Neben der den Körper schützenden Tunika hat auch der Verdauungstrakt, bedingt durch nicht entfernte Sedimentreste, einen höheren Gehalt an unlöslichen Proteinen. Bei dem hohen Gehalt an unlöslichen Proteinen in der Tunika handelt es sich möglicherweise zu einem Teil um einen Protein-Kohlenhydrat-Komplex, wie er von SMITH & DEHNEL (1970) in der Tunika von *Halocynthia aurantium* gefunden wurde, zumal der Gehalt an unlöslichem Protein rechnerisch bestimmt wurde.

Die relativ hohen Gehalte an Lipiden (3,1-3,9 % TG) und unlöslichen Proteinen (12,3-31,6 % TG) im aus Endokarp und Körperwand bestehenden Rest lassen auf eine Speicherfunktion schließen, zumal die Körperwand bei einer Reihe anderer mariner Evertibraten als Nährstoffspeicher dient (MCCLINTOCK 1989, MCCLINTOCK et al. 1991, SAITO & WATTS 1989).

Die Gonaden von *M. pedunculata* haben hohe, jedoch nicht wie bei MCCLINTOCK et al. (1991) die höchsten Lipidgehalte aller Organe und Organkomplexe. Dieser Unterschied könnte, da die Speicherung von Lipiden im polaren Benthos hauptsächlich an die Reproduktion gebunden ist (CLARKE 1983), und die *M. pedunculata*-Proben anders als die *Cnemidocarpa verrucosa*-Proben von MCCLINTOCK et al. (November) aus dem Dezember stammen, auf den saisonalen Unterschieden in der Reproduktionsaktivität der Arten beruhen.

Der hohe Gehalt an unlöslichen Proteinen ist nach MCCLINTOCK et al. (1991) auf die im testiculären Teil der Gonaden ("testicular fraction of the ovitests") vorhandene c-RNS zurückzuführen. Ihr Anteil ist normalerweise gering und wird bei der Berechnung des unlöslichen Proteinanteils durch Subtraktion (siehe oben) diesem zugeordnet.

Hohe Lipidgehalte und von Art zu Art stark schwankende Gehalte an löslichen Proteinen hat der netzartige und *in vivo* mit Schleim bedeckte Peribranchialsack. Dieser Schleimfilm dient der Ernährung und enthält die dem Einatemwasser entzogenen Nahrungspartikel und Nährstoffe (MILLAR 1971). Die hohen Standardabweichungen der Aschegehalte (bis 33,4 % vom Mittelwert bei *M. pedunculata*) sowie der Protein- und der Kohlenhydratgehalte lassen darauf schließen, daß sich dieser Schleimfilm nicht vollständig durch das vorherige Waschen entfernen läßt.

Zwischen den Inhaltsstoffen und dem Energiegehalt eines Organismus besteht eine direkte Verbindung, da der Energiegehalt von der Menge der im Körper vorhandenen Kohlenhydrate, Proteine und Lipide abhängig ist. Die Lipide haben

mit 39,55 kJ/g TG den höchsten Energiegehalt, gefolgt von den Proteinen (23,65 kJ/g TG) und den Kohlenhydraten mit 17,16 kJ/g TG (CRISP 1984).

Dementsprechend bedingen große Mengen Lipide und Proteine, wie sie in den Gonaden vorkommen, hohe Energiewerte, und niedrige Mengen (Tuniken) bedingen niedrige Werte .

Von allen drei untersuchten Arten hat *M. pedunculata* den weitaus höchsten Energiegehalt (Tab. 5-2). Grund hierfür ist der geringere Aschegehalt dieser Art und der wegen der hohen Protein- und Lipidgehalte höhere Energiegehalt der Tunika dieser Art. Zudem hat der "Rest" bei *M. pedunculata* einen mehr als 10 % TG höheren Anteil am Körpergewicht als bei den anderen beiden Arten.

5.4.3. Vergleich mit den Energiegehalten anderer Ascidien und antarktischer Evertebraten

Vergleiche zwischen den Inhaltsstoffen verschiedener benthischer Evertebraten haben gezeigt, daß sich zahlreiche polare Arten hinsichtlich ihrer Lipidgehalte (CLARKE 1983) nicht von ihren nicht-polaren Verwandten unterscheiden.

Wie Tab. 5-6 verdeutlicht, bestehen taxonspezifische Unterschiede zwischen den organischen Gehalten der Arten. So ist der organische Anteil bei den Ascidien aufgrund ihres hohen Aschegehalts nur sehr gering (NORBIN & BÄMSTEDT 1984, WACASEY & ATKINSON 1987). Von den antarktischen Arten sind lediglich bei Schwämmen (MCCLINTOCK 1987) höhere Aschegehalte als bei *M. pedunculata*, *C. eumyota* und *A. challengeri* gemessen worden.

Zwischen Energiegehalt und organischem Gehalt besteht eine positive Korrelation (WACASEY & ATKINSON 1987), wie der Vergleich der Energiegehalte der verschiedenen polaren und borealen Arten (Tab. 5-6) verdeutlicht.

Die Ascidiacea haben zumeist geringere organische Anteile als andere Taxa und enthalten daher auch weniger Energie. So liegt der mittlere Energiegehalt (Median) bei nur 7,13 kJ/g TG (BREY et al. 1988). Dies scheint weitgehend unabhängig von der geographischen Verbreitung zu sein, da sich die Werte der borealen und arktischen solitären Ascidien kaum von den gemessenen Werten unterscheiden. Der mittlere Energiegehalt der von WACASEY & ATKINSON (1987) bearbeiteten arktischen Arten liegt bei 6,8 kJ/g TG, der für die fünf antarktischen Arten bei $8,6 \pm 4,3$ kJ/g TG.

Tab. 5-6: Organische Anteile [% TG] und Energiegehalte [kJ/g TG] verschiedener polarer und borealer Asciden, sowie einiger anderer antarktischer Evertibraten.

	Art (Familie)	org. Anteil [% TG]	Energiegehalt [kJ/g TG]	Autor(en)
A	<i>Molgula pedunculata</i> (Asciacea, Molgulidae)	45,1	8,81	eigene Daten
N	<i>Ascidia challengerii</i> (Asciacea, Ascidiidae)	34,6	4,63	"
T	<i>Corella eumyota</i> (Asciacea, Corellidae)	44,7	5,57	"
A	<i>Cnemidocarpa verrucosa</i> (Asciacea, Styelidae)	68,0	16,83	MCMCLINTOCK et al. '91
R	<i>Cnemidocarpa verrucosa</i> (Asciacea, Styelidae)	55,5	8,27	KÜHNE, unveröffentlicht
K	<i>Pyura setosa</i> (Asciacea, Pyuridae)	54,9	7,69	"
T	<i>Parborlasia corrugatus</i> (Nenertinea)	83,3	21,8	HEINE et al. '91
I	<i>Alcyonium paesslerii</i> (Anthozoa, Alcyonaria)	61,2	15,9	SLATTERY & MCMCLINTOCK '95
S	<i>Clavularia frankliniana</i> (Anthozoa, Stolonifera)	69,8	17,3	"
C	Porifera	20,4 - 68,1	5,1-17,4	MCMCLINTOCK '87
H	<i>Asciella scabra</i> (Asciacea, Ascidiidae)	35,4	7,62	NORBIN & BÄMSTEDT '84
B	<i>Asciella aspersa</i> (Asciacea, Ascidiidae)	31,5	6,32	"
O	<i>Ascidia mentula</i> (Asciacea, Ascidiidae)	32,3	6,62	"
R	<i>Boltenia echinata</i> (Asciacea, Pyuridae)	50,4	10,23	"
E	<i>Ciona intestinalis</i> (Asciacea, Clonidae)	25,8	4,11	WACASEY & ATKINSON '87
A	<i>Dendrodoa aggregata</i> (Asciacea, Styelidae)	52,3	11,00	"
L	<i>Rhizomolgula globularis</i> (Asciacea, Molgulidae)	37	7,13	"
S	<i>Styela rustica</i> (Asciacea, Styelidae)	27,3	5,44	"
C				
H				

In der Antarktis sind nur bei einigen Schwämmen noch geringere Energiegehalte (MCMCLINTOCK 1987) als bei den bearbeiteten Asciden gefunden worden.

5.4.4. Reproduktion und Gonadenproduktivität

Die bearbeiteten solitären Asciden haben, wie zahlreiche andere antarktische Evertibraten (ARNAUD 1977, ARNTZ et al. 1992) eine saisonale Reproduktion. Die Untersuchungsergebnisse lassen vermuten, daß die Abgabe der Keimzellen bei allen drei Arten nur einmal im Jahr während einer begrenzten Zeit stattfindet. Der genaue Zeitpunkt des Ablagens ist nicht bekannt, er läßt sich jedoch an-

hand der saisonalen Verläufe der Gonadenindizes auf einen Zeitraum begrenzen (Abb. 5-2,6,10). Bei *M. pedunculata* und *A. challengerii* nehmen in der Zeit zwischen August und November, bei *C. eumyota* in der Zeit von November bis Dezember das Gonadengewicht sowie der Energie- und der Lipidgehalt in den Gonaden stark ab, d.h. in diesem Zeitraum werden die Keimzellen abgegeben. Der genaue Ablauf dieses Vorgangs, der Befruchtung und der Entwicklung der Larven ist wie bei den meisten antarktischen Ascidienarten weitgehend unbekannt (KOTT 1969, MILLAR 1971). Von *M. pedunculata* ist nicht einmal eine Larvalphase bekannt (KOTT 1971). Ascidien sind Zwitter und vermehren sich ovovivipar (z.B. *C. eumyota*), ovipar (z.B. *A. challengerii*) oder vivipar (z.B. *M. peduncuata*). Von den drei untersuchten Arten ist lediglich die Vermehrung von *C. eumyota* genauer untersucht (LAMBERT et al. 1995). Bei dieser Art findet die komplette Larvalentwicklung im Peribranchialraum des Muttertiers statt (LAMBERT et al. 1995). Die freigesetzten Larven sinken nach einer mehrminütigen aktiven Schwimmphase zu Boden, wo sie entweder sofort mit der Metamorphose beginnen oder die Schwimm- und Sinkphase noch eine Weile wiederholen (LAMBERT et al. 1995).

Aufgrund des Entwicklungszustands der Gonaden wird vermutet, daß die Brutzeit der antarktischen Ascidien an den wärmsten Monat gebunden ist (MILLAR 1971). McCLINTOCK et al. (1991) beobachteten während ihrer Versuche an *Cnemidocarpa verrucosa* im McMurdo Sound ein Abbläichen im November, während im Bereich der Vestfold Hills Ascidienlarven nur im Oktober, November und Januar in der Wassersäule nachzuweisen waren (TUCKER & BURTON 1988).

Die Gonadenproduktion der Populationen in der Potter Cove beträgt 0,55 g TG/m²/a für *A. challengerii*, 0,71 g TG/m²/a für *C. eumyota* und 1,22 g TG/m²/a für *M. pedunculata*.

Insgesamt werden von den drei Populationen 52,11 kJ/m²/a für die Reproduktion aufgewendet, wobei 51,3 % auf *M. pedunculata*, 30,3 % auf *C. eumyota* und 18,4 % auf *A. challengerii* entfallen.

Die jährliche Gonadenproduktivität beträgt 0,151 für *A. challengerii*, 0,098 bei *M. pedunculata* bzw. 0,062 bei *C. eumyota*.

5.4.5. Vergleich mit der Gonadenproduktion anderer polarer Evertebraten

Tab. 5-7: Gonadenproduktivität [a^{-1}] und mittlere Individuenmasse [kJ] verschiedener antarktischer Evertebraten (Daten aus BREY 1995):
 M = mittlere Individuenmasse [kJ], GP = Jahresgonadenproduktivität (P_g/B_m) [a^{-1}]

Art (Taxon)	M [kJ]	GP [a^{-1}]	Autor(en)
<i>Molgula pedunculata</i> (Asciacea)	7,93	0,099	eigene Daten
<i>Ascidia challengeri</i> (Asciacea)	7,78	0,173	"
<i>Corella eumyota</i> (Asciacea)	28,96	0,061	"
<i>Chorismus antarcticus</i> (Crustacea)	3,13	0,021	GORNY et al. '93
<i>Serolis polita</i> (Crustacea)	0,38	0,051	LUXMOORE '82, '85
<i>Lissarca miliaris</i> (Mollusca)	0,01	0,114	RICHARDSON '79
<i>Nacella concinna</i> (Mollusca)	2,11	0,080	PICKEN '80
<i>Perknaster fuscus</i> (Crustacea)	199,28	0,241	DAYTON et al. '74
<i>Sterechinus neumayeri</i> (Echinodermata)	89,41	0,426	BREY et al. '95a

Die Jahresgonadenproduktivität der drei Arten ist, wie bei den anderen Arten auch, unabhängig vom Körpergewicht (BREY 1995). Literaturangaben zur Gonadenproduktion und -produktivität solitärer polarer wie nicht-polarer Ascidiiden fehlen. Es ließ sich deshalb auch nicht klären, ob bei den Ascidiiden ein ähnlicher Zusammenhang zwischen Temperatur und Gonadenproduktivität wie bei den Crustaceen und Mollusken besteht (BREY 1995).

5.5. Zusammenfassung

Von allen Körperkompartimenten hat die Tunika den höchsten Gewichtsanteil, mit 39 (*M. pedunculata*), 56 (*A. challengerii*) bzw. 64 % TG (*C. eumyota*). Sie besteht zu mehr als 50 % aus anorganischem Material, hat den niedrigsten Lipidgehalt und somit auch die niedrigsten Energiegehalte von allen Körperkompartimenten.

Im Gegensatz dazu haben die Gonaden die höchsten Energiegehalte von 15,5 (*M. pedunculata*) und 13,5 kJ/g TG (*C. eumyota*). Der Grund dafür ist der hohe organische Gehalt, u. a. die hohen Proteingehalte. So haben die Gonaden von *M. pedunculata* einen Aschegehalt von nur 19,5 % (TG), während der Proteingehalt bei 72 % TG liegt. Der Anteil der Gonaden am Körpergewicht liegt zwischen 6,8 % TG bei *M. pedunculata* und 3,2 % TG bei *C. eumyota*.

Der Gesamtenergiegehalt der 3 Arten beträgt bei *M. pedunculata* 8,81, bei *A. challengerii* 4,86 und bei *C. eumyota* 5,57 kJ/g TG.

Die Abgabe der Keimzellen findet zwischen August und November, bzw. bei *C. eumyota* zwischen November und Dezember statt.

Die Gonadenproduktion liegt für *A. challengerii* bei 0,55, für *C. eumyota* bei 0,71 und für *M. pedunculata* bei 1,22 g TG/m²/a, was einem Energieaufwand von 9,58 (*A. challengerii*), 15,79 (*C. eumyota*) bzw. 26,74 kJ/m²/a (*M. pedunculata*) entspricht.

Die Gonadenproduktivität beträgt 0,151 (*A. challengerii*), 0,098 (*M. pedunculata*) und 0,062 [a⁻¹] (*C. eumyota*).

6. Wachstum und Produktivität

6.1. Einleitung

Solitäre Ascidien können im Vergleich zu ihren Raumkonkurrenten bei der Besiedlung freier Flächen sehr schnell wachsen (MILLAR 1971).

Die Bestimmung des Wachstums ist allerdings sehr aufwendig, da nur wenige Arten eindeutige Merkmale für eine Bestimmung ihres Alters besitzen, wie es die Zuwachsringe bei der Gattung *Chelyosoma* (MILLAR 1971) sind. Daher muß die gewichtsspezifische Wachstumsrate, wie auch im vorliegenden Fall, experimentell bestimmt werden, da sich nur mit ihrer Hilfe das Wachstum der einzelnen Individuen und damit ihre somatische Produktion berechnen läßt (CRISP 1984).

Anders als bei zahlreichen anderen Arbeiten (GOODBOY 1962, DYBERN 1965, GULLIKSEN 1972, YAMAGUCHI 1975, SVANE & LUNDÄLV 1981) wurde das individuelle Wachstum wie bei MILLAR (1953) direkt an im Aquarium gehälterten Individuen gemessen. Diese Methode führt bei der borealen Ascidie *Ciona intestinalis* zu ähnlichen Ergebnissen wie die ansonsten häufig auf Ascidien angewendete indirekte Bestimmung des Wachstums anhand von Größenklassen (MILLAR 1952, 1953).

Als "somatische Produktion" wird der Teil der vom Organismus aufgenommenen Nahrung oder Energie bezeichnet, der in Biomasse umgewandelt wird, wobei die vom Organismus abgegebenen Reproduktionsprodukte nicht mit eingerechnet werden (CRISP 1984). Dieser in Form von Keimzellen abgegebene Teil der absorbierten Energie wird als Gonadenproduktion bezeichnet (CRISP 1984).

Die somatische Produktion kann nach der bei CRISP beschriebenen Methode anhand der gewichtsspezifischen Wachstumsrate aus der Größenhäufigkeitsverteilung und der Größen-Gewichtsbeziehung der Population rechnerisch bestimmt werden.

Die Produktivität einer Population gibt das Verhältnis von neu produzierter Masse zu vorhandener Masse an und ist somit als eine Maßzahl für die "Leistungsfähigkeit" dieser Population zu verstehen (BREY 1994).

Ziel dieses Kapitels ist die Bestimmung der populationsdynamisch wichtigen Parameter Produktion und Produktivität für die drei Ascidienarten.

Anhand von Experimenten werden die Wachstumsraten bestimmt, und aus diesen nach der bei CRISP (1984) beschriebenen Methode die somatische Produktion.

Abschließend werden diese Werte dann mit den Ergebnissen der von RAUSCHERT (1991) durchgeführten Versuche zur Besiedlung künstlicher Hartsubstrate verglichen.

6.2. Material und Methoden

6.2.1. Probenmaterial:

- Wachstumsexperimente:

Zur Bestimmung der Wachstumsraten wurden von den drei Arten jeweils 6 bzw. 7 Tiere unterschiedlicher Größe von Tauchern vorsichtig gesammelt. Die Tiere wurden unter Wasser einzeln in Kleinaquarien umgesetzt. Diese wiederum standen in einer mit Seewasser aus der Potter Cove gefüllten Kunststoffwanne. Während der dreimonatigen Hälterung (13.12.95 bis 10.3.1996) wurde die Wanne mit den Einzelaquarien zur Kühlung, Nahrungs- und Sauerstoffversorgung zweimal täglich mit frischem, grob vorgefiltertem Seewasser aus der inneren Potter Cove gespült. Eine gesonderte Fütterung erfolgte nicht. Um eine optimale Sauerstoffversorgung zu erreichen, wurden alle Aquarien zusätzlich mit Aquariumpumpen belüftet.

- Besiedlungsplatten:

Die auf den über drei Jahre (Februar 1982 bis April 1985) exponierten künstlichen Hartsubstraten (RAUSCHERT 1991) siedelnden solitären Ascidien der Arten *Ascidia challengerii*, *Corella eumyota*, *Cnemidocarpa verrucosa* und *Molgula pedunculata* wurden vermessen und gewogen. Die künstlichen Hartsubstrate, es handelt sich um eine Hartplastikplatte, eine Asbestzementplatte (jeweils 20 x 30 cm) und eine Aluminium-Schwimmerkugel (Fläche: 1257 cm²), waren den gesamten Zeitraum in einer Tiefe von 30 m und knapp 50 cm über der Sedimentoberfläche in der der Potter Cove benachbarten Maxwell Bay exponiert (siehe RAUSCHERT 1991).

Da die darauf befindlichen Ascidien in Alkohol fixiert worden waren, wurden die gemessenen Feuchtgewichte mit einem Faktor von 1,33 korrigiert (MILLS et al. 1982).

6.2.2. Wachstumsexperimente

Die Ascidien wurden vor Beginn des Experiments, ca. 14 Tage nach dem Einsetzen in die Aquarien, mit einer Balkenwaage in ihren Kleinaquarien einzeln auf $\pm 0,01$ g genau gewogen. Der Salzgehalt lag während des gesamten Versuchszeitraums konstant bei 34 ‰, die Temperatur hingegen schwankte zwischen 1 und 3,5°C.

Nach einem Monat wurden die noch lebenden Tiere erneut gewogen. Vor dem Wiegen wurden die Tiere vorsichtig mit der Hand gereinigt sowie Faeces und Sediment durch Spülen der einzelnen Kleinaquarien entfernt.

Nach drei Monaten wurden die Tiere erneut gereinigt, gewogen und anschließend mit Süßwasser gespült. Sie wurden zuerst feucht und nach der Trocknung im Trockenschrank (48 h bei 60°C) trocken gewogen.

Zur Bestimmung des aschefreien Trockengewichts wurde der organische Anteil 4 h bei 500°C verascht.

6.2.3. Berechnung von Produktion und Produktivität

Die Produktion P entspricht der Änderung der Biomasse B über die Zeit t :

$$P = dB/dt \quad [g \text{ TG}/m^2/a] \quad (1)$$

Die Bestimmung der Produktion erfolgte nach der von CRISP (1984) für Populationen ohne unterscheidbare Altersklassen angegebenen Methode. Anhand der gewichtsspezifischen Wachstumsrate, der Größen-Gewichtsbeziehung und der Größenhäufigkeitsverteilung läßt sich so die somatische Produktion der Population bestimmen.

Die gewichtsspezifische Wachstumsrate W_{GR} gibt die Zunahme des Gewichts eines Organismus dM in Relation zur Zeit t und zum Ausgangsgewicht M an.

$$W_{GR} = (dM/dt) * (1/M) = dM/(dt * M) \quad [1/Tag] \quad (2)$$

Die W_{GR} wurde für alle drei Arten *M. pedunculata*, *C. eumyota* und *A. challengerii* durch Auftragung von $dM/dt/M$ gegen M und eine anschließende Regressionsanalyse bestimmt, wobei allerdings für *M. pedunculata* lediglich 4 Meßwerte vorlagen.

Anschließend wurde die Abhängigkeit der W_{GR} vom Meßzeitraum (Dezember bis Januar, Januar bis März) und der Artzugehörigkeit für die beiden Arten *C. eumyota* und *A. challengerii* mittels einer Kovarianzanalyse (ANCOVA) überprüft.

Aus der Größenhäufigkeitsverteilung lassen sich mit Hilfe der Größen-Gewichtsbeziehung die mittleren Gewichte \bar{m}_j der einzelnen Größenklassen j berechnen. Zusammen mit der gewichtsspezifischen Wachstumsrate W_{GR}

ergibt sich daraus die individuelle Produktion P_{Ind} in der Größenklasse j nach der Formel:

$$P_{\text{Ind}} = W_{\text{GR}} * \bar{m}_j \quad [\text{g TG/a}] \quad (3)$$

Multipliziert mit der Anzahl der Tiere N_j in Größenklasse j ergibt sich daraus die somatische Produktion P_{Sj} pro Größenklasse j nach der folgenden Formel

$$P_{\text{Sj}} = P_{\text{Ind}} * N_j = W_{\text{GR}} * \bar{m}_j * N_j \quad [\text{g TG/a}] \quad (4)$$

Die Summe aller dieser Werte ergibt die somatische Produktion P_{S} der gesamten Population.

$$P_{\text{S}} = \sum P_{\text{Sj}} = \sum W_{\text{GR}} * \bar{m}_j * N_j \quad [\text{g TG/a}] \quad (5)$$

Die Produktivität, sie wird auch als Produktionsleistung oder $P_{\text{S}}/B_{\text{m}}$ -Rate bezeichnet, beschreibt das Verhältnis von neu produzierter Biomasse zu vorhandener Biomasse (BREY 1994).

$$P_{\text{S}}/B_{\text{m}} = (dB/dt) * (1/B) = dB/(dt * B) \quad [1/a] \quad (6)$$

Für die beiden Arten *C. eumyota* und *A. challengerii* wurde für die Berechnung der somatischen Produktion nur die in der Zeit von Dezember bis Januar gemessene Wachstumsrate verwandt, und eine Wachstumsperiode von 6 Monaten angenommen. Die Gründe dafür werden in Abschnitt 6.4.1.2. diskutiert.

Für *M. pedunculata* wurde die Produktion über die berechnete Wachstumsrate ($n = 4$) geschätzt.

6.2.4. Künstliche Hartsubstrate

Die auf den Besiedlungsplatten gefundenen Individuen der drei Arten wurden vermessen und die Meßwerte anschließend in Form von Größenhäufigkeitsverteilungen (GHV) dargestellt.

In einem zweiten Schritt wurde versucht, eventuell vorhandene Altersklassen zu identifizieren, und anhand der Abstände zwischen den Peaks das jährliche Wachstum geschätzt.

Die Ergebnisse wurden dann mit denen der Wachstumsexperimente verglichen und diskutiert.

6.3. Ergebnisse

6.3.1. Wachstum, Produktion und Produktivität

Die den gewichtsspezifischen Wachstumsraten zugrunde liegenden Wachstumswerte sind in Abb. 6-1 nach Arten und Meßzeiträumen getrennt dargestellt.

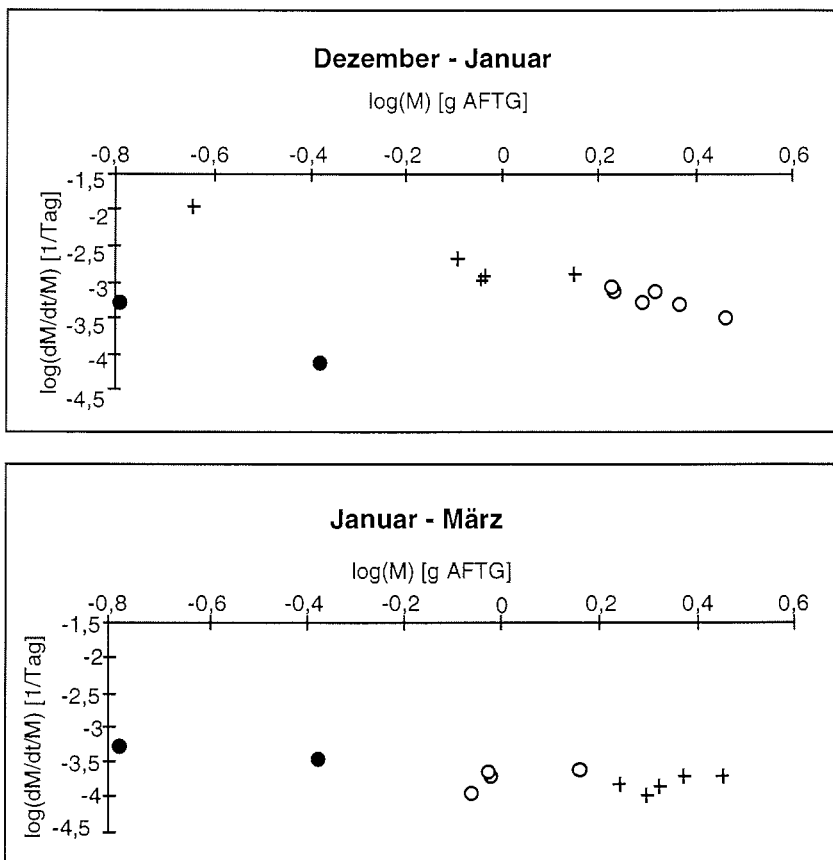


Abb. 6-1: Das Wachstum von *C. eumyota* (o), *A. challengeri* (+) und *M. pedunculata* (•), getrennt nach den Meßzeiträumen (Dezember bis Januar (obere Graphik) und Januar bis März (untere Graphik)).

Bei allen drei Arten war das Wachstum zwischen dem 13. bzw. 14. Dezember 1995 und dem 19. Januar 1996 (Meßzeitraum Dezember bis Januar) deutlich höher als in der Zeit vom 19. Januar 1996 bis zum 10. März 1996 (Meßzeitraum Januar bis März).

Im Meßzeitraum Dezember bis Januar gab es zudem auch starke Unterschiede im Wachstum der Arten. Die für *Molgula pedunculata* gemessene Gewichtszunahme war geringer als bei *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii*. Die gewichtsspezifischen Wachstumsraten dieser beiden Arten unterscheiden sich, wie eine anschließende Kovarianzanalyse (ANCOVA) ergab, nicht signifikant voneinander.

Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 6-1 angegeben.

Tab: 6-1: Kovarianzanalyse (ANCOVA) der Auswirkung von Körpergewicht m , Art und Meßzeitraum auf die gewichtsspezifischen Wachstumsraten W_{GR} pro Tag von *C. eumyota* und *A. challengerii*.
(m = Körpergewicht in g Trockengewicht, D - J = Zeitraum vom 13./14. Dezember 1995 bis 19. Januar 1996, J - M = Zeitraum vom 19. Januar 1996 bis zum 10. März 1996)

Abhängige Variable: $\log W_{GR}$	Freiheitsgrade	F-Wert	P-Wert
$\log(m)$	1	2,267	0,1529
Art (<i>Corella</i> , <i>Ascidia</i>)	1	0,023	0,8814
$\log(m) * \text{Art}$	1	0,036	0,8525
Zeit (D - J, J - M)	2	96,765	0,0001
$\log(m) * \text{Zeit}$	2	12,308	0,0032

Laut ANCOVA hat nur der Meßzeitraum einen signifikanten Einfluß auf die W_{GR} , während die Einflüsse der Art und des Körpergewichts nicht signifikant sind.

Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurden die Daten der beiden Arten gepoolt. Als tatsächliche gewichtsspezifische Wachstumsrate wurde nur die im Zeitraum von Dezember bis Januar gemessene Wachstumsrate (Abb. 6-2) verwendet, da es sich bei der zwischen Januar und März gemessenen gewichtsspezifischen Wachstumsrate vermutlich um ein Artefakt handelt (siehe dazu Abschnitt 6.4.1.2.).

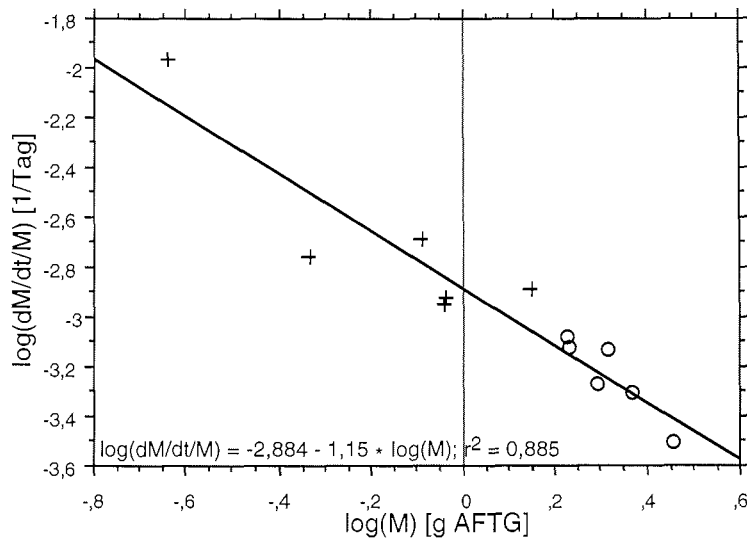


Abb. 6-2: Gewichtsspezifische Wachstumsrate für die beiden Arten *C. eumyota* (○) und *A. challenger* (+) zusammen für den Zeitraum 13./14. Dezember 1995 bis 19. Januar 1996.

Für die Berechnung der somatischen Produktion von *C. eumyota* und *A. challenger* wurde die oben angegebene Wachstumsrate (Meßzeitraum: D-J) verwendet und eine 6-monatige Wachstumsperiode angenommen.

Zur Abschätzung der somatischen Produktion von *M. pedunculata* wurde die anhand der D-J-Werte (n=2) bestimmte gewichtsspezifische Wachstumsrate benutzt.

In Abb. 6-3 und 6-4 sind die Größenhäufigkeitsverteilungen (obere Graphik), die individuelle Produktion P_{Ind} pro Größenklasse (mittlere Graphik) und die somatische Produktion P_S pro Größenklasse pro m^2 und Jahr [a^{-1}] (untere Graphik) dargestellt. Die somatische Produktion wurde berechnet.

Auf die graphische Darstellung wird für *M. pedunculata* verzichtet.

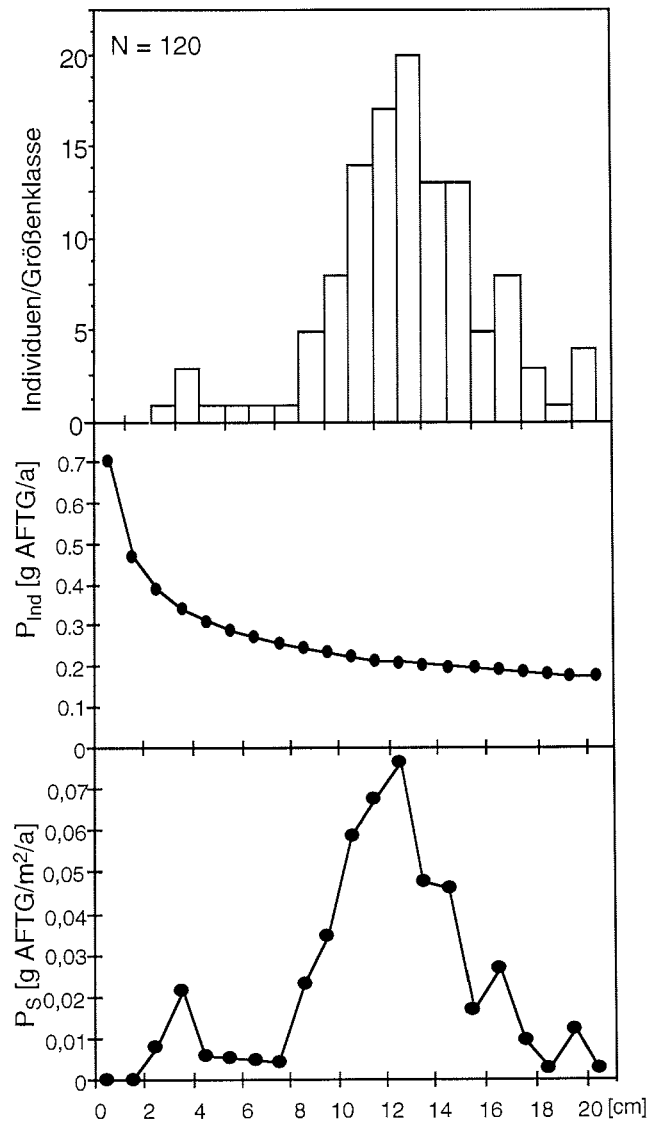
6.3.1.1. *Corella eumyota*

Abb. 6-3: Zahl der Tiere pro Größenklasse GK_j , individuelle Produktion (P_{ind}) und die somatische Produktion pro m^2 und Jahr (P_s) von *C. eumyota* basierend auf der gewichtsspezifischen Wachstumskurve Dez. bis Jan..

Die individuelle Produktion von *C. eumyota* sinkt mit zunehmender Körpergröße von 0,71 g AFTG/a in Größenklasse 0-1 cm (GK 1) auf 0,18 g AFTG/a in GK 21 (20-21 cm) ab.

Die somatische Produktion der *C. eumyota*-Population in der Potter Cove beträgt 0,494 g AFTG/m²/a, die jährliche Produktivität liegt bei 0,133.

Den größten Anteil an der Produktion haben die mittelgroßen Tiere zwischen 9 und 15 cm Höhe (GK 10-15). Kleinere Tiere spielen hingegen kaum eine Rolle.

6.3.1.2. *Ascidia challengerii*

Wie bei *C. eumyota* nimmt die individuelle Produktion von *A. challengerii* mit zunehmender Größe ab. Den höchsten Wert haben die Individuen der GK 1 (0,76 g AFTG/a), der niedrigste Wert liegt in GK 21 bei 0,17 g AFTG/a.

Die somatische Produktion beträgt 0,631 g AFTG/m²/a, die jährliche Produktivität 0,563.

Die GK 6 - 10 (5-10 cm Höhe) haben den größten Anteil an der Produktion, während große Tiere nur eine geringe Rolle spielen.

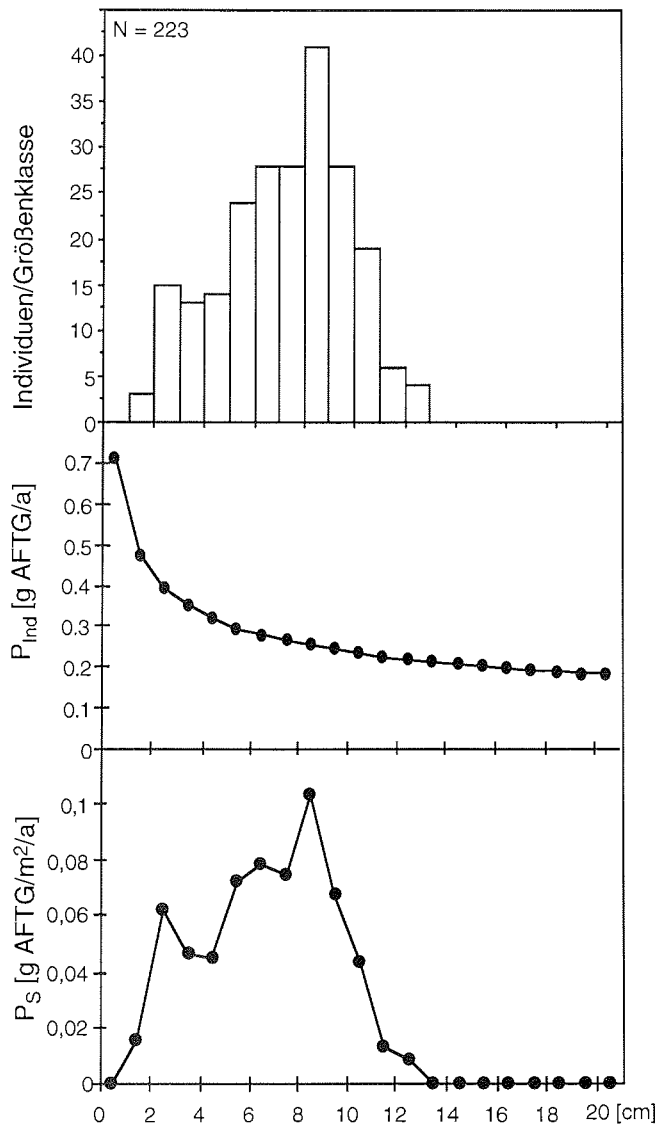


Abb. 6-4: Anzahl der Tiere pro Größenklasse GK_j , individuelle Produktion (P_{Ind}) und die somatische Produktion pro m^2 und Jahr (P_S) von *A. challengeri* (siehe Text).

6.3.1.3. *Molgula pedunculata*

Die häufigste Größenklasse ist die GK 6 (5-6 cm) mit 27 Individuen. 69 % der Tiere sind zwischen 4 und 12 cm hoch. Größere Individuen spielen kaum eine Rolle.

Die mit Hilfe der empirisch bestimmten gewichtsspezifischen Wachstumsrate berechnete somatische Produktion beträgt 1,05 g AFTG/m²/a, die Produktivität liegt bei 0,255/a.

6.3.2. Besiedlungsexperimente

Die Größenhäufigkeitsverteilungen der drei Arten (Abb. 6-5 bis 6-7) beruhen zwar auf einer geringen Zahl von Individuen, in allen drei Fällen können aber Peaks identifiziert werden, die sich als verschiedene Kohorten interpretieren lassen.

- *Molgula pedunculata* (Abb. 6-5)

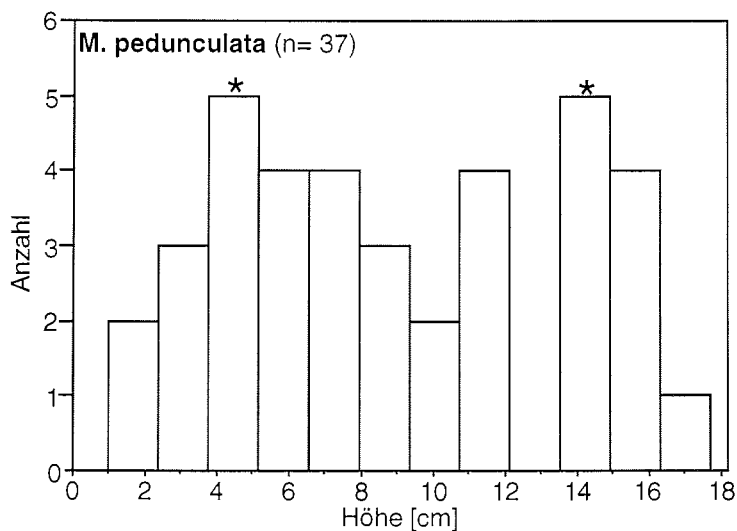


Abb. 6-5: Größenhäufigkeitsverteilung der auf den künstlichen Hartsubstraten gefundenen Individuen von *M. pedunculata*. (Mögliche Kohorten sind mit Stern markiert)

- *Corella eumyota* (Abb. 6-6)

Das größte Tier war 16,7 cm, das kleinste noch 6,6 cm hoch. Die meisten Individuen waren jedoch entweder zwischen 3,5 und 8 cm oder aber zwischen 11 und 16 cm hoch. Diese beiden Gruppen lassen sich trotz der geringen Zahl von Individuen ($n = 37$) deutlich unterscheiden. Es könnte sich dabei um Kohorten handeln.

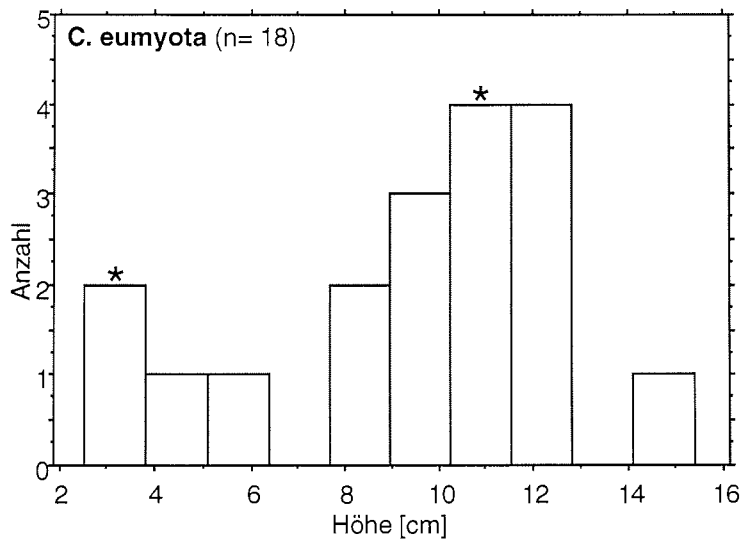


Abb. 6-6: Größenhäufigkeitsverteilung der auf den künstlichen Hartsubstraten gefundenen Individuen von *C. eumyota*. (Mögliche Kohorten sind mit Stern markiert)

Von dieser Art besiedelten nur 18 Individuen die untersuchten Substrate. Das Gros der Tiere hat eine Höhe zwischen 9 und 13 cm, das größte Tier war 14,4 cm hoch. Individuen mit weniger als 7 cm sind seltener.

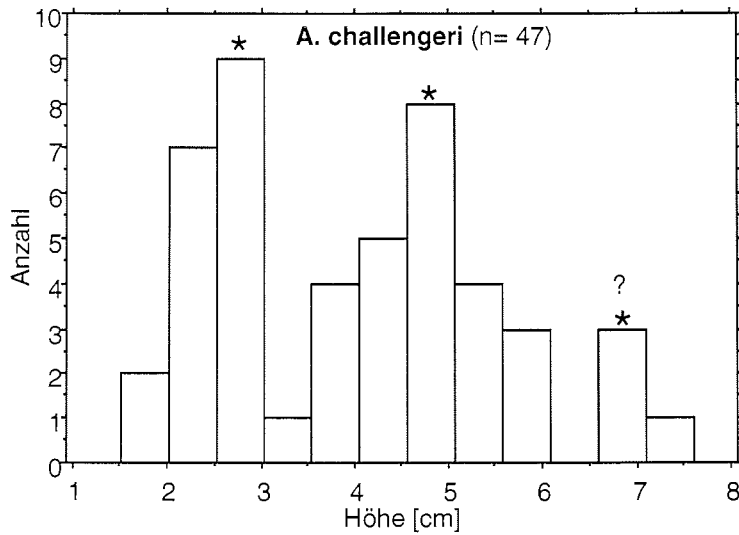
- *Ascidia challengerii* (Abb. 6-7)

Abb. 6-7: Größenhäufigkeitsverteilung der auf den künstlichen Hartsubstraten gefundenen Individuen von *A. challengerii*. (Mögliche Kohorten sind mit Stern markiert)

Von dieser Art wurden insgesamt 47 Individuen zwischen 1,5 und 7,5 cm Höhe gefunden. Es lassen sich mindestens zwei Kohorten (siehe Abb. 6-7) unterscheiden. Der Großteil der Tiere war 2 bis 3, bzw. 4 bis 5 cm hoch. Lediglich 3 Tiere waren größer als 6 cm.

6.4. Diskussion

6.4.1. Methoden

6.4.1.1. Wachstumsexperimente

Bei vielen Organismen werden Zuwachsringe auf Hartteilen gebildet, so z. B. bei Echinodermen (BREY et al. 1995a, DAHM 1996), Bryozoen (BARNES 1995), Bivalviern (BREY & HAIN 1992), Fischen (BARRERA-ORO & CAS AUX 1992) und Polychaeten (STILLER 1995). Wenn solche Hartteile fehlen, und sich keine jährlichen Kohorten unterscheiden lassen, so muß die gewichtsspezifische Wachstumsrate experimentell durch wiederholte direkte Messungen der Körperlänge (Höhe) oder des Gewichts einzelner Individuen bestimmt werden (CRISP 1984). Dies gilt laut CRISP insbesondere dann, wenn die Rekrutierungsraten in den einzelnen Größenklassen nicht bekannt sind.

Das individuelle Wachstum mariner Evertebraten läßt sich häufig aber nur im Aquarium bestimmen. Dies gilt vor allem dann, wenn die Tiere keine feste Schale haben und sessil leben. Die Körperhöhe der schalenlosen solitären Ascidien läßt sich, bedingt durch die Biegsamkeit und die Variabilität der äußeren Form lebender Individuen selbst im Aquarium nur schwer exakt bestimmen. In diesem Fall empfiehlt CRISP (1984) stattdessen die Messung des Körpervolumens oder des Körpergewichts.

Zwischen den *in situ*-Bedingungen und den Bedingungen in einem ausreichend belüfteten und regelmäßig gespülten Aquarium gibt es starke Unterschiede in der Versorgung mit Sauerstoff und in der Nahrungsverfügbarkeit. Aquarienmessungen lassen sich demnach auch nur bedingt auf die Verhältnisse im natürlichen Lebensraum übertragen (CRISP 1984). Da das Wachstum solitärer Ascidien auch innerhalb einer Art stark variiert (SVANE & LUNDÄLV 1981) und die Zahl von Messwerten im vorliegenden Fall äußerst gering war, sind die angegebenen gewichtsspezifischen Wachstumsraten und die daraus berechneten Produktionswerte in jedem Fall Näherungswerte.

Die Ergebnisse der Versuche von MILLAR (1952, 1953) deuten allerdings darauf hin, daß bei solitären Ascidien der Unterschied im Wachstum der Tiere unter natürlichen Bedingungen und im Labor äußerst gering ist. Aus diesem Grund wurden die im Aquarium ermittelten gewichtsspezifischen Wachstumsraten zur Berechnung der somatischen Produktion der Arten im natürlichen Lebensraum verwendet.

Bei den angegebenen Produktions- und Produktivitätswerten handelt es sich aus den oben genannten Gründen um Schätzwerte.

6.4.1.2. Berechnung der Produktion und Produktivität

Die beobachteten saisonalen Unterschiede der gewichtsspezifischen Wachstumsraten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit hälterungsbedingt, da sich in dem Zeitraum Untersuchungszeitraum weder die Salinität, noch die Wassertemperatur oder die Verteilung der Partikel (SCHLOSS et al. 1994a, b, KLÖSER et al. 1994a, J. KOWALKE, pers. Mitt.) grundlegend änderte. Mögliche Ursachen für die niedrige W_{GR} im Meßzeitraum Januar bis März sind die Erwärmung der Aquarien, bedingt durch die erhöhte Sonnenscheindauer von Februar bis März und der durch das Fehlen von Verankerungsmöglichkeiten für die Tiere erhöhte Stress. Dieser und die Temperaturschwankungen (siehe 6.2.2.) sind vermutlich auch Gründe für die hohe Sterblichkeit von über 71 % (5 von 7 Tieren) bei *Molgula pedunculata*.

Zur Berechnung der Produktion wurde bei allen drei Arten die höhere der beiden W_{GR} (zwischen Dezember und Januar, Abb. 6-2) verwendet. Die solitären Ascidien aus den mittleren und höheren Breiten wachsen im Winter nur wenig (DYBERN 1969, GULLIKSEN 1972) bis gar nicht (MILLAR 1952). Dies gilt auch für eine ganze Reihe antarktischer Filtrierer, bei denen die Fraßaktivität im Winter stark abnimmt (GRUZOV 1977, BARNES & CLARKE 1995a), wodurch es zu einer Senkung der Wachstumsrate (CLARKE 1988, BARNES 1995) kommt. Bei den Ascidien ist das Wachstum von der Nährstoffzufuhr abhängig (TRACY 1982), so daß die Wachstumsperiode anhand der jährlichen Fraßperiode bestimmt werden kann. Anders als bei BARNES & CLARKE (1995a) hängt die Fraßperiode der untersuchten Arten nicht von der Phytoplankton-Konzentration ab, die in der Potter Cove sehr gering ist (maximale Chlorophyll-Konzentration: 1,5 μl ; SCHLOSS et al. 1994b), sondern von der Primärproduktion der benthischen Mikroalgen, da sie in resuspendierter Form eine der Hauptnahrungsquellen dieser Tiere sind (KLÖSER 1994). Die Primärproduktion benthischer Mikroalgen ist an die eisfreie Periode gebunden (GILBERT 1991), die in der Potter Cove etwa sechs Monate beträgt. Daher wurde für die untersuchten Ascidien eine jährliche Wachstumsperiode von 6 Monaten angenommen.

6.4.1.3. Besiedlungsexperimente

Von den Besiedlungsexperimenten von RAUSCHERT (1991) sind nur die Verweildauer, Art und Größe der Substrate, sowie Ort und Tiefe der Station bekannt. Über alle anderen für die Besiedlung wichtigen physikalischen und chemischen Faktoren der künstlichen Substrate und ihre Wechselwirkungen mit der Umgebung macht RAUSCHERT (1991) keine weiteren Angaben.

Die Feuchtgewichte von Individuen nehmen je nach Taxon bei der Verwendung von Alkohol als Fixierungsmittel um 20 bis 30 % ab (WIEDERHOLM & ERIKSSON 1977, MILLS et al. 1982). Ob sich durch die Alkoholfixierung auch die Körpergröße oder -höhe ändert, ist nicht bekannt. Für die hier untersuchten Ascidien ist das unwahrscheinlich, da die Tunika größtenteils aus anorganischem Material besteht (siehe Abschnitt 5.3.1.).

Die exakte Bestimmung der Höhe ist bei fixierten Ascidien insofern problematisch, als je nach Art die Festigkeit der Tunika abnimmt und sich, anders als bei fangfrischen Tieren (siehe Kapitel 3.4.1.3.), die äußere Form ändern kann. Dies gilt insbesondere für die beiden "weichschaligen" Arten *M. pedunculata* und *C. eumyota*.

Wegen der geringen Probenzahl ($n < 50$) wurden die Altersklassen (Kohorten) nur anhand der Peaks getrennt. Für eine genauere computerunterstützte Auswertung wären bei einer Art mit zwei Altersklassen mehr als 100 Tiere notwendig (MACDONALD & PITCHER 1979).

6.4.2. Wachstum

Wie die gewichtsspezifische Wachstumsrate von *C. eumyota* und *A. challengeri* verdeutlicht, nimmt das Wachstum der Individuen mit zunehmender Größe ab (Abb. 6-3, 6-4). Gleiches gilt auch für *M. pedunculata*.

Während die gewichtsspezifischen Wachstumsraten der meisten antarktischen Evertibraten gering sind, können einige wenige Schwämme (DAYTON et al. 1974, DAYTON 1989) und solitäre Ascidien hohe Wachstumsraten haben (ARNTZ et al. 1994). Letzteres gilt für die hier untersuchten Ascidienarten, die auf den Besiedlungsplatten von RAUSCHERT (1991) in einem Zeitraum von 26 bis 28 Monaten je nach Art eine Höhe von 7,5 cm (*Ascidia challengeri*), 14,4 (*Corella eumyota*) oder sogar 16,8 cm (*Molgula pedunculata*) erreichten.

Der gesamte Expositionszeitraum der künstlichen Substrate betrug 38 Monate (Februar 1982 bis April 1985). Die Besiedlungsplatten waren aber erst nach Ende der Reproduktionsphase (August bis November bzw. November bis Dezember) ausgebracht worden, sodaß eine Besiedlung der Substrate durch solitäre Ascidien vermutlich erst im Sommer 1983 erfolgen konnte. Diese Annahme wird gestützt durch das von RAUSCHERT (pers. Mitt.) beobachtete Fehlen eines erkennbaren Bewuchses der Platten im Frühsommer 1983.

Als Gründe dafür sind bei den untersuchten Arten die begrenzte Zeit der Reproduktion (von August bis November bzw. November bis Dezember) und die kurze pelagische Phase der Ascidienlarven anzunehmen (MILLAR 1971).

Die saisonalen Unterschiede der Wachstumsraten der drei Arten (Abb. 6-1) lassen vermuten, daß Wachstum kein kontinuierlicher Prozeß ist (THIEL et al. 1996), sondern, wie bei zahlreichen anderen antarktischen marinen Evertebraten auch, aufgrund der saisonalen Schwankungen der Nahrungszufuhr stark variiert (CLARKE 1988). Da sie Filtrierer sind, ist das Wachstum der solitären antarktischen Ascidien, wie bei der Muschel *Lissarca miliaris* (RICHARDSON 1979) und einigen Bryozoen (BARNES 1995), direkt an saisonale Veränderungen der Primärproduktion gebunden (TRACY 1982). Daher sollten sich die saisonalen Schwankungen des Sestongehalts und der Diatomeenbiomasse (GRUZOV 1977), des Phytoplanktongehalts (SCHLOSS et al. 1994b), der Zooplanktonbiomasse (WARD 1989) und des Gehalts an Nährstoffen und Mikroben (CLARKE 1977) im antarktischen Flachwasser auch auf das Wachstum der dort lebenden Ascidien auswirken. Im Sommer steht reichlich Nahrung zur Verfügung, das Wachstum ist hoch. Im Winter dagegen hat das niedrige Nahrungsangebot eine Abnahme der Freßaktivität sessiler Filtrierer (BARNES & CLARKE 1995a, GRUZOV 1977) und damit auch eine Senkung der Wachstumsrate zur Folge (BARNES 1995, CLARKE 1988).

6.4.3. Vergleich der Wachstumsexperimente mit den Ergebnissen der Besiedlungsexperimente

Für *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* stimmen die Peaks auf den künstlichen Hartsubstraten mit den Ergebnissen der Wachstumsexperimente weitgehend überein. So ergibt sich anhand der gewichtsspezifischen Wachstumsrate für die Individuen von *C. eumyota* eine mittlere Körperhöhe von knapp 4 cm nach einem Jahr und von 9 cm nach zwei Jahren. Die Maxima der Peaks weichen mit 3,2 cm (1. Peak) und 11 cm (2. Peak) nur wenig davon ab, und stellen vermutlich zwei Kohorten (1. Jahr, 2. Jahr) dar.

Ähnlich verhält es sich bei *A. challengerii*, bei der sich anhand der gewichtsspezifischen Wachstumsrate eine Höhe von 5 cm nach dem ersten Jahr (1. Peak) und 7 cm nach dem 2. Jahr (2. Peak) ergibt.

Der erste Peak (2,8 cm) läßt sich nicht zuordnen, der zweite (4,8 cm) und der dritte Peak (6,8 cm) hingegen stimmen ziemlich genau mit den errechneten Werten überein.

Eine entsprechende Zuordnung gelingt bei *M. pedunculata* nicht. Rechnerisch ergibt sich anhand der gewichtsspezifischen Wachstumsrate eine mittlere Höhe von 11,5 cm nach einem Jahr und 11,6 cm nach 2 Jahren. Diese Werte stimmen nicht mit den beiden Peaks in Abb. 6-5 überein, die bei 4,5 bzw. 14,2 cm

liegen. Eine Diskussion der Unterschiede ist in diesem Fall nicht sinnvoll, da die gewichtsspezifische Wachstumsrate lediglich auf 2 Meßwerten beruht und die Größenhäufigkeitsverteilung nur 37 Individuen umfaßt.

Die gute Übereinstimmung der Ergebnisse der Wachstums- und der Besiedlungsexperimente bei den anderen beiden Arten *C. eumyota* und *A. challengeri* scheinen die Ergebnisse von MILLAR (1952,1953) zu bestätigen. Aufgrund der geringen Zahl von Meßwerten bleibt allerdings ungewiß, ob die Ergebnisse tatsächlich so gut miteinander übereinstimmen, oder ob es sich lediglich um ein Artefakt handelt.

6.4.4. Altersbestimmung

Von keiner der drei untersuchten Arten ist das maximale Alter genau bekannt. Auf der Basis der Ergebnisse der Besiedlungsexperimente ergibt sich bei allen drei Arten ein Mindestalter von 2 Jahren. Eine direkte Altersbestimmung aber war nicht möglich, zumal sich das Alter einer Ascidie nach BERRILL (1950) nur dann genau bestimmen läßt, wenn die besiedelte Fläche über die gesamte Lebensdauer der Tiere beobachtet wird.

Nach BREY (1994) läßt sich das maximale Alter A_{\max} eines Individuums aber indirekt anhand seiner P_S/B_m -Rate, der maximalen Körpermasse M_{\max} [kJ] und der Temperatur T [K] nach folgender Formel schätzen:

$$\log(P_S/B_m) = 1,646 + 0,995 \cdot \log(1/A_{\max}) - 0,034 \cdot \log(M_{\max}) - 293,039/T \quad (8)$$

Aus dieser Formel ergibt sich für die drei Arten ein maximales Alter von 5,3 (*A. challengeri*), 12,8 (*M. pedunculata*) und 24,3 (*C. eumyota*) Jahren (siehe Tab. 6-2). Wie bereits erwähnt handelt es sich bei diesen Angaben um Schätzwerte. Ein ähnlich hohe Lebenserwartung wurde bisher nur bei der borealen Art *Pyura tessellata* beobachtet (> 11 Jahre; SVANE 1983).

Eine zweite indirekte Methode zur Abschätzung der Lebensdauer solitärer Ascidien bietet das Verhältnis von Tunikagewicht zu Restkörpergewicht. Nach SVANE (1983) besteht bei solitären Ascidien eine Korrelation zwischen dem Verhältnis von aschefreiem Trockengewicht (AFTG) der Tunika (T) zu dem AFTG des Restkörpers ohne Tunika (R), dem T/R-Verhältnis, und deren Lebensdauer bzw. ihrer effektiven Fruchtbarkeit (Rekrutierung). Je nach dem T/R-Verhältnis unterscheidet SVANE zwei Strategien (Typen). Die Arten des Typ I investieren ihre Energie hauptsächlich in die Fortpflanzung und nicht in den Schutz des Einzelindividuums. Typ II-Arten machen es genau umgekehrt, d.h. sie besitzen eine

dicke und robuste Tunika, wenden aber nur wenig Energie für die Reproduktion auf. Zwischen diesen beiden antagonistischen Typen gibt es viele Zwischenstufen (BREUER 1984).

Bei allen drei Arten liegt das T/R-Verhältnis bei etwa 1 (*M. pedunculata* = 1; *C. eumyota* = 0,86; *A. challenger* = 0,98), d.h. sie gehören nach BREUER zum intermediären Typ I-II.

Dem T/R-Verhältnis nach zu urteilen müßte die Lebenserwartung der drei Arten in etwa gleich sein und ihr maximales Alter zwischen 1 und 3 Jahren liegen.

Die Ergebnisse der Besiedlungsexperimente lassen jedoch vermuten, daß alle drei Arten deutlich älter werden, da die größten Individuen auf den künstlichen Substraten nach 2 Jahren erst 60 % (*A. challenger*), 64 % (*M. pedunculata*) bzw. 70 % (*C. eumyota*) der maximalen Größe erreicht hatten.

Da Vergleichsdaten für andere antarktische Ascidiensarten bisher fehlen und beide Schätzungen ungenau sind, bleibt ungeklärt wie alt die untersuchten Arten tatsächlich werden können.

6.4.5. Vergleich mit den Wachstumsleistungen anderer Ascidien und antarktischer Evertibraten

Da sich die nicht-linearen Wachstumsfunktionen von verschiedenen Arten nicht direkt vergleichen lassen (DAHM 1996), wurde für jede einzelne Art der von BREY et al. (1995) angegebene Index der Wachstumsleistung ψ_1 berechnet:

$$\psi_1 = \log(M_{\max}/A_{\max}) \quad (9)$$

Die resultierenden Wachstumsleistungen sind für die untersuchten Arten, einige weitere antarktische Evertibraten und verschiedene boreale solitäre Ascidien in Tabelle 6-2 angegeben.

Die drei untersuchten Arten haben im Vergleich zu den borealen Ascidien eine hohe Wachstumsleistung. Lediglich *Ascidia mentula* erreicht einen entsprechenden Wert, wobei das maximale Alter und die maximale Körpermasse im Vergleich zu antarktischen Arten deutlich geringer sind. Das Alter der meisten borealen Arten liegt meist zwischen ein und zwei Jahren, die boreale Art *Pyura tesselata* kann jedoch ein Alter von mehr als 11 Jahren erreichen (SVANE & LUNDÄLV 1982).

Neben der Muschel *Adamussium colbecki* und dem Amphipoden *Bovallia gigantea* haben die drei untersuchten Arten die höchsten bisher publizierten Wachstumsleistungen unter den antarktischen Evertibraten. Von den borealen Arten

hat lediglich *Ascidia mentula* eine ähnlich hohe Wachstumsleistung. Während die maximalen Körpermassen und das maximale Alter der antarktischen Ascidien weit höher als die der borealen Arten sind, liegen sie im Vergleich zu den anderen antarktischen Evertebraten eher im mittleren Bereich.

Tab. 6-2: Wachstumsleistungen y_1 einiger antarktischer Evertebraten und borealer solitärer Ascidien. Zusätzlich sind die maximale Masse M_{\max} [kJ] und das berechnete maximale Alter A_{\max} [a] angegeben. Die berechneten A_{\max} -Werte sind mit * markiert.

	Art	M_{\max} [kJ]	A_{\max} [a]	Ψ_1	Quelle
A	<i>Molgula pedunculata</i> (Asciacea)	110,7	12,8*	0,94	eigene Daten
N	<i>Corella eumyota</i> (Asciacea)	108,7	24,3*	0,65	eigene Daten
T	<i>Ascidia challengerii</i> (Asciacea)	41,4	5,3*	0,89	eigene Daten
A	<i>Adamussium colbeckii</i> (Lamellibranchia)	523	20	1,42	BREY & CLARKE '93
R	<i>Lissarca miliaris</i> (Lamellibranchia)	0,1	7	-1,94	BREY & CLARKE '93
K	<i>Yoldia eightsii</i> (Lamellibranchia)	9,6	49	-0,7	BREY & CLARKE '93
T	<i>Bovallia gigantea</i> (Isopoda)	72,6	5	1,16	BREY & CLARKE '93
I	<i>Ophionotus victoriae</i> (Ophiuroidea)	14,1	22	-0,19	DAHM '96
S	<i>Magellania fragilis</i> (Brachiopoda)	2,1	49	-1,36	BREY et al. '95
B	<i>Styela coriacea</i> (Asciacea)	2,45	2	0,09	DIEHL '56, BREUER '84
O	<i>Ciona intestinalis</i> (Asciacea)	1,03	1	0,01	SVANE '83, PETERSEN et al. '95
E	<i>Ascidia mentula</i> (Asciacea)	30,41	3	1,01	SVANE & LUNDÄLV '81, SVANE '83
L	<i>Molgula manhattensis</i> (Asciacea)	0,22	1	-0,65	BREUER '84

6.4.6. Produktion und Produktivität

Die Produktion der in der Potter Cove lebenden Population der häufigsten Art *M. pedunculata* ist mit 1,05 g AFTG/m²/a fast doppelt so groß wie die der zwei Arten *A. challengerii* (0,631 g AFTG/m²/a) und *C. eumyota* (0,494 g AFTG/m²/a). Produktion und Respiration sind nach HUMPHREYS (1979) positiv korreliert. Das hat zur Folge, daß sich Faktoren, welche die Stoffwechselrate beeinflussen - bei aeroben Tieren entspricht die Stoffwechselrate der Respiration (siehe Kapitel 4.4.1.2.) - auf die Produktion auswirken. Als wichtigste dieser Faktoren werden von BREY & CLARKE (1993) bei Ektothermen Körpergewicht, Temperatur und

Nahrungsangebot genannt. Der Einfluß dieser Faktoren auf die drei bearbeiteten Arten konnte, da nur eine geringe Zahl von Messwerten existieren und Literaturwerte fehlen, nicht bestimmt werden. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Produktivität der Arten, wie bei anderen Taxa auch (BREY & CLARKE 1993, DAHM 1996), mit steigender Wassertiefe und sinkendem Nahrungsangebot abnimmt. Der Temperatureinfluß ist aufgrund der geringen jahreszeitlichen Variabilität von etwa 3°C (SCHLOSS et al. 1994a, b) vermutlich gering. Der Einfluß der starken saisonalen Schwankungen des Nahrungsangebots (KLÖSER & ARNTZ 1994, SCHLOSS et al. 1994a, b) ist vermutlich wesentlich größer.

Auch die Produktivität, die über die individuelle Wachstumsrate mit der Produktion verknüpft ist (ALLEN 1971), wird von den oben genannten Faktoren beeinflusst.

Die Produktivität der 3 Arten ist sehr unterschiedlich. *A. challengerii* hat trotz niedriger Produktion und geringer mittlerer Biomasse die höchste Produktivität (0,563 a⁻¹) in der Potter Cove, während die beiden biomassereichen Arten *M. pedunculata* und *C. eumyota* eine Produktivität von 0,255 bzw. nur 0,133 a⁻¹ aufweisen.

6.4.5. Vergleich von Produktion und Produktivität verschiedener antarktischer Evertebraten

Produktion und Produktivität der drei untersuchten Arten liegen im Bereich der bisher für antarktische Evertebraten ermittelten Werte.

Tab. 6-3: Somatische Produktion P_S und Produktivität P_S/B_m verschiedener antarktischer Evertebraten. (AFTG = aschefreies Trockengewicht)

Art	P_S [g AFTG*m ⁻² *a ⁻¹]	P_S/B_m [a ⁻¹]	Quelle
<i>Molgula pedunculata</i> (Asciacea)	1,05	0,255	eigene Daten
<i>Corella eumyota</i> (Asciacea)	0,494	0,133	eigene Daten
<i>Ascidia challengerii</i> (Asciacea)	0,631	0,563	eigene Daten
<i>Adamussium colbecki</i> (Lamellibranchia)	10,073	0,17	BREY & CLARKE '93
<i>Lissarca miliaris</i> (Lamellibranchia)	-	0,664	BREY & CLARKE '93
<i>Yoldia eightsii</i> (Lamellibranchia)	8,046	0,117	BREY & CLARKE '93
<i>Nacella concinna</i> (Gastropoda)	2,854	0,247	BREY & CLARKE '93
<i>Ophionotus victoriae</i> (Ophiuroidea)	0,001-0,14	0,16-0,21	DAHM '96
<i>Magellania fragilis</i> (Brachiopoda)	0,052	0,046	BREY et al. '95
<i>Odontaster validus</i> (Echinodermata)	0,104	0,045	BREY & CLARKE '93
<i>Sterechinus neumayeri</i> (Echinodermata)	0,778	0,181	BREY et al. '95
<i>Serolis polita</i> (Isopoda)	4,117	0,753	BREY & CLARKE '93

Die somatische Produktion der Ascidien ist gering, aber ihre Produktivität ist hoch. Nur die Produktivität des Isopoden *Serolis polita* und der Muschel *Lissarca miliaris* ist höher als der für *A. challengerii* bestimmte Wert von 0,563 [a⁻¹].

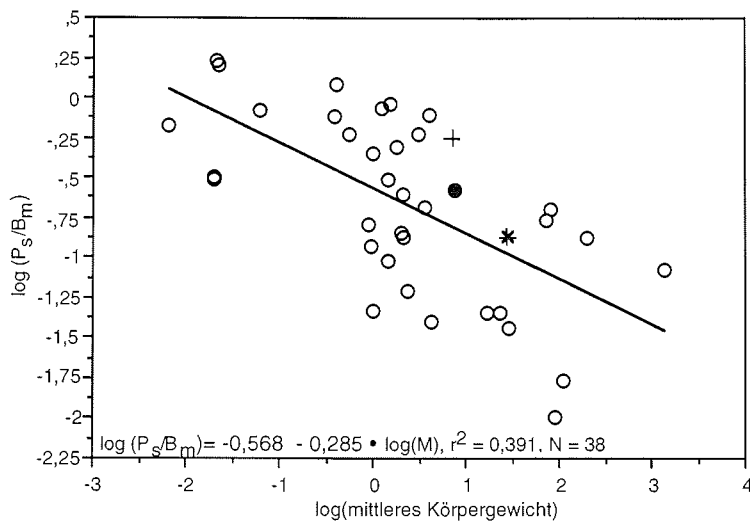


Abb. 6-8: Vergleich der P_S/B_m -Raten verschiedener mariner antarktischer Evertebraten.
 (*M. pedunculata* (•), *C. eumyota* (+), *A. challengerii* (+), Daten aus BREY & CLARKE 1993(0))

Wird die Produktivität gegen das mittlere Körpergewicht der Art aufgetragen (Abb. 6-8), so zeigt sich, daß die drei untersuchten Arten eine mittlere bis hohe Produktivität haben. Ihre Werte liegen alle über dem durch die Regressionsgerade beschriebenen mittleren Verhältnis zwischen P_S/B_m -Rate und Körpergewicht M.

Gründe für die erhöhten Produktivitätswerte der drei untersuchten Arten sind die im Vergleich zu den anderen Arten (-0,8°C bis -1,8°C) höhere Wassertemperatur (-1,8°C bis 1,5°C), die geringere Wassertiefe und das dadurch bedingte höhere Nahrungsangebot. Alle diese Faktoren erhöhen die Produktivität (BREY & CLARKE 1993).

6.5. Zusammenfassung

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß die gewichtsspezifischen Wachstumsraten von *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota* saisonal schwanken können. Die kleinsten Individuen wachsen bei allen drei Arten am schnellsten, sie haben das höchste individuelle Wachstum (0,71 g AFTG/a). Insgesamt nimmt das Wachstum mit steigender Körpergröße schnell ab. Nach zwei Jahren beträgt die maximale Größe je nach Art 7,5 cm (*A. challengerii*), 14,4 cm (*C. eumyota*) und 16,8 cm (*Molgula pedunculata*).

Die somatische Produktion ist bei den in der Potter Cove lebenden Populationen mit 0,494 g AFTG/m²/a für *C. eumyota*, 0,631 g AFTG /m²/a für *A. challengerii* und 1,05 g AFTG/m²/a für *M. pedunculata* gering. Die Wachstumsleistung der drei Arten ist im Vergleich zu den nicht-polaren Ascidiensarten hoch.

Die Produktivität ist für die Populationen von *C. eumyota* (0,133 a⁻¹) und *M. pedunculata* (0,255 a⁻¹) gering, für *A. challengerii* (0,563 a⁻¹) aber hoch.

Das Verhältnis von aschefreiem Trockengewicht der Tunika zu aschefreiem Trockengewicht des Körperrestes ist bei allen drei Arten in etwa 1, und läßt keine Rückschlüsse auf das Alter zu.

7. Abschlußdiskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden Aspekte der Ökologie und Populationsdynamik antarktischer solitärer Ascidien untersucht.

Stellvertretend für diese Tiergruppe wurden die drei in der Potter Cove (King-George-Insel, Antarktis) häufigsten Arten *Molgula pedunculata*, *Ascidia challengerii* und *Corella eumyota* behandelt.

Abschließend werden aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen die folgenden übergreifenden Fragen diskutiert:

- Wie sind die drei untersuchten Arten ökologisch voneinander abgegrenzt ?
- Wie läßt sich die Stellung der solitären Ascidien im Nahrungsnetz der Potter Cove charakterisieren ?
- Welche Faktoren fördern eine Dominanz von Ascidien in Antarktischen Epifaunagemeinschaften ?
- Welche Bedeutung haben Ascidien als Lebensraum für andere Arten ?

7.1. Die ökologische Abgrenzung der Arten

Nach dem Gauseschen Prinzip oder Konkurrenzausschlußprinzip können nahe verwandte Arten mit ähnlichen Ansprüchen nicht die gleiche ökologische Nische besetzen (ODUM 1983). Demnach sollten sich die drei untersuchten Arten trotz ihrer ähnlichen Lebensweise ökologisch voneinander unterscheiden.

Tabelle 7-1 faßt die Parameter zusammen, die bei der ökologischen Abgrenzung der drei Arten von Bedeutung sein können.

Tab. 7-1: Ökologischer Vergleich der untersuchten solitären Ascidienarten.
 (AOS(2) = mittlerer Abstand der Osculi von der Sedimentoberfläche bei einem 2 Jahre alten Individuum, P_g = Gonadenproduktion P_s = somatische Produktion, B_m = mittlere Biomasse, PG_{max} = Partikelgröße, ab der mit maximaler Effizienz filtriert wird)

	<i>Molgula pedunculata</i>	<i>Corella eumyota</i>	<i>Ascidia challengerii</i>	Quelle
Individuendichte N [Ind./m ²]	14,7	2,2	2,3	diese Arbeit
mittlere Biomasse B_m [g AFTG/m ²]	4,11	3,7	1,12	"
Orientierung	aufrecht stehend	auf der Seite liegend	auf der Seite liegend	"
AOS(2)	14,2	5,6	2,7	"
räuml. Verteilung	stark geklumpt	gleichmäßig bis geklumpt	gleichmäßig bis geklumpt	"
Fortpflanzung	vivipar	ovipar	ovipar	KOTT '69,'71
Reproduktionszeitraum	August bis November	November bis Dezember	August bis November	diese Arbeit
maximales Alter	12,8	24,3	5,3	"
P_g [g AFTG·m ⁻² ·a ⁻¹]	0,98	0,54	0,21	"
P_s [g AFTG·m ⁻² ·a ⁻¹]	1,05	0,63	0,49	"
P_s/B_m [a ⁻¹]	0,255	0,133	0,563	"
PG_{max} [µm]	6,2	5	2	J.KOWALKE, pers. Mitt.

Molgula pedunculata kommt in der Potter Cove sehr viel häufiger vor als die beiden anderen Arten. Dies läßt darauf schließen, daß *M. pedunculata* gegenüber *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* Konkurrenzvorteile besitzt. *M. pedunculata* hat einen aufrechten Wuchs, während die beiden anderen Arten auf der Seite liegen. Aus diesem Grund ist der Abstand der Osculi von der Sedimentoberfläche (AOS) bei *M. pedunculata* größer als bei den anderen beiden Arten. Da Ascidien sich fast ausschließlich von sedimentierendem und resuspendiertem organischen Material ernähren und die Resuspension von benthischem Material sehr hoch sein kann (KLÖSER & ARNTZ 1994), könnte der größere AOS von *M. pedunculata* aus zwei Gründen von Vorteil beim Nahrungserwerb sein. Zum einen erreicht das aus der Wassersäule absinkende Material zuerst die Osculi dieser Art. Zum anderen ist durch die Resuspension von benthischem Material, der organische Anteil in den weiter vom Boden entfernten Wasserschichten (> 12,5 cm) der Potter Cove signifikant höher als direkt über der Sedimentoberfläche (I. SCHLOSS, pers. Mitt.). Wegen des in Bodennähe höheren anorganischen Gehalts müssen die näher am Boden lebenden Filtrierer mehr filtrieren, d.h. daß der "filtering effort" höher ist (I. SCHLOSS, pers.

Mitt.). Deshalb benötigen die zwei nah am Boden lebenden Ascidien *C. eumyota* und *A. challengerii* vermutlich mehr Energie für das "squirting" (schnelle rythmische Kontraktionen der gesamten Körperwand, HOYLE 1952), das zur Entfernung von anorganischen Material aus den Peribranchialraum dient.

Da über den Nahrungserwerb der untersuchten Arten bisher jedoch nur wenig bekannt ist, und solitäre Ascidien sehr unterschiedlich auf erhöhte Partikelkonzentrationen reagieren, sind weitere Untersuchungen zur Prüfung dieser Aussagen notwendig.

Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede in der räumlichen Verteilung der drei Arten können die unterschiedlichen Reproduktionsmodi geben. Die vivipare Art *M. pedunculata* zeigt eine starke Klumpenbildung. Durch das Fehlen einer pelagischen Larve (SVANE & YOUNG 1989) ist die Dispersion stark eingeschränkt, so daß es zu einer geklumpten Ansiedlung kommt. Bei *M. pedunculata* siedeln jüngere Individuen dieser Art häufig auf älteren Artgenossen oder anderen Ascidien (eigene Beobachtungen). Bei *Corella eumyota* und *Ascidia challengerii* ist dies nicht der Fall. Diese beiden Arten besitzen eine die Verbreitung fördernde pelagische Larvalphase (KOTT 1969, 1971), daher ist ihre Verteilung deutlich weniger geklumpt als bei *M. pedunculata*.

Der derzeitige Kenntnisstand zur Reproduktions- und Larvalbiologie antarktischer Ascidien reicht jedoch nicht aus, um eindeutige Aussagen zum Einfluß von Reproduktion und Rekrutierung auf Verteilungsmuster und Konkurrenzfähigkeit der einzelnen Arten machen können.

Die bearbeiteten Arten unterscheiden sich deutlich in ihrer Retentionseffizienz (Rückhaltefähigkeit). So filtriert die Art *A. challengerii* Partikel ab einer Größe von 2 µm bereits mit maximaler Effizienz (PG_{max}), während dies bei *C. eumyota* erst ab 5, und bei *M. pedunculata* sogar erst ab 6,2 µm der Fall ist (J. KOWALKE, pers Mitt.).

Vermutlich nutzen die drei Arten unterschiedliche Nahrungsressourcen, entsprechende Untersuchungen der Nahrungsspektren sind jedoch bisher nicht verfügbar.

Die Ergebnisse lassen vermuten, daß die drei Arten aufgrund der unterschiedlichen Abstände der Osculi von der Sedimentoberfläche (AOS), Reproduktionsmodi und Retentionseffizienzen unterschiedliche ökologischen Nischen besetzen.

7.2. Die Stellung der solitären Ascidien im Nahrungsnetz der Potter Cove

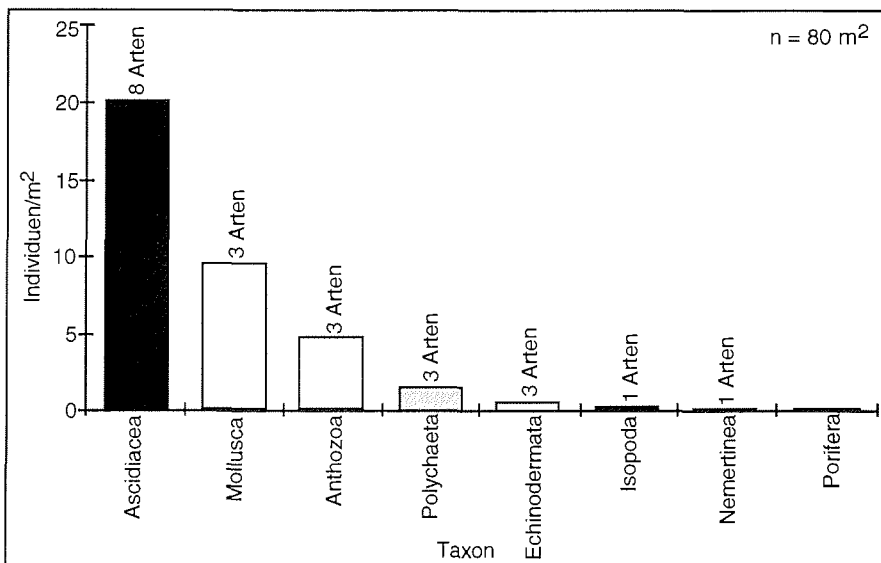


Abb. 7-1: Abundanzen der häufigsten Epifaunataxa in der Potter Cove auf der Grundlage der Unterwasserfotos.

Ascidien sind in der Potter Cove durch ihre hohe Abundanz (Abb. 7-1) und Biomasse die dominante Tiergruppe auf Weichböden. Sie spielen eine wichtige Rolle im Nahrungsnetz der Potter Cove.

Als benthische Filtrierer sind Ascidien ein sehr wichtiges Bindeglied zwischen der Wassersäule und dem Benthos. Das der Wassersäule entzogene organische Material verwerten sie, und der anorganische Anteil wird von ihnen als Pseudo-faeces abgesondert (WERNER & WERNER 1954).

Die Gesamtkonsumtion der drei untersuchten Arten beträgt in der Potter Cove 14,1 g AFTG/m²/a (7,05 g C/m²/a), wenn von einem mittleren Verhältnis von somatischer Produktion P_s zu Konsumtion C von 0,154 ausgegangen wird (Datensammlung T. BREY, pers. Mitt.). Wovon sich diese Arten ernähren, und welchen Fraßdruck sie auf das Phytoplankton und Mikrophytobenthos ausüben, ist bisher weitgehend unbekannt. Mageninhaltsuntersuchungen an solitären Ascidien haben gezeigt, daß sich die Tiere von benthischen Diatomeen (KLÖSER 1994) und von Algendebris (R. SAHADE, pers. Mitt.) ernähren. In welchem Umfang sich die untersuchten Arten von Algendebris ernähren, ist bisher noch offen. Benthische Mikroalgen hingegen sind, wie verschiedene Untersuchungen (GRUZOV 1977, DAYTON et al. 1986, GILBERT 1991 und AHN et al. 1997) belegen, eine wichtige Nahrungsquelle für die benthischen Herbivoren der küsten-

nahen Gewässern der Antarktis. Da die Entwicklung größerer Phytoplankton-Konzentrationen durch die instabile Deckschicht in der Potter Cove behindert ist (KLÖSER & ARNTZ 1994) und die Wassersäule in Bodennähe häufig hohe Anteile von benthischen, resuspendierten Mikroalgen enthält (KLÖSER & ARNTZ 1994, KLÖSER et al. 1994a, I. SCHLOSS, pers. Mitt.), ist zu vermuten, daß die Produktion der Ascidien stärker von der benthischen Primärproduktion als von der Primärproduktion in der Wassersäule abhängt. Im McMurdo Sound besteht eine ähnliche Korrelation zwischen der benthischen Primärproduktion und der Produktion benthischer Evertebraten (DAYTON et al. 1986).

Der Fraßdruck dichter Ascidienbestände auf das Mikrophytoplankton kann außerordentlich hoch sein (PETERSEN & RIISGÅRD 1992, RIISGÅRD et al. 1995). Ein hoher Fraßdruck benthischer Filtrierer kann zu einer deutlichen Reduktion der den Boden erreichenden Nahrungsmenge führen, was nach GALLARDO (1987) mit ein Grund für die niedrige Biomasse der Infauna auf den sublitoralen Weichböden der Antarktis sein könnte.

Die Bedeutung der untersuchten Ascidien als Nahrung für andere Arten ist bis heute weitgehend unbekannt. In der Potter Cove wurden Ascidien bisher lediglich in der Nahrung des Fisches *Notothenia neglecta* (BARRERA-ORO & CASAUX 1990) und des Ophiuroiden *Ophionotus victoriae* (DAHM 1996) nachgewiesen. Von dem Seestern *Diplasterias brucei*, den Schnecken *Neobuccinum undatum* und *Marsenopsis mollis* und der Nemertine *Parborlasia corrugatus* wird aufgrund eigener Beobachtungen (siehe Anhang, Abb. 9-1/2/3) vermutet, daß sie sich, wie einige ihrer Verwandten aus den gemäßigten Breiten, zumindest teilweise von Ascidien ernähren.

Ob die hier bearbeiteten Arten also tatsächlich wesentlich mehr Fraßfeinde haben als bisher bekannt, oder ob die mehr oder weniger dicke Tunika, der geringe Energiegehalt oder chemische Abwehrstoffe wie bei der ebenfalls in der Potter Cove vorkommenden *Cnemidocarpa verrucosa* (MCCLINTOCK et al. 1991) einen Fraßschutz darstellen, ist bisher nicht geklärt. Weitere Untersuchungen zur Bedeutung der Ascidien als Nahrung für das vagile antarktische Zoobenthos sind deshalb erforderlich.

7.3. Faktoren, die eine Dominanz von Ascidien fördern

Der Eiseinfluß ist einer der wichtigsten die Verteilung des antarktischen Benthos beeinflussenden Faktoren (KNOX 1994). Insbesondere im Flachwasser wird

Tiefenzonierung des Benthos durch die Bildung von Ankereis (DAYTON et al. 1969), die Scheuerwirkung des winterlichen Packeises (KLÖSER 1994) und den Einfluß von strandendem Eis (KLÖSER & ARNTZ 1994) bestimmt (BRAND 1980). Dies gilt auch für die Potter Cove, wo Ankereis zwar bisher noch nicht beobachtet wurde, der Einfluß von strandendem Eis aber relativ groß ist, wie die zahlreichen Pflugmarken auf den Weichböden der inneren Bucht belegen (KLÖSER & ARNTZ 1994). Mit zunehmender Wassertiefe nimmt der Eiseinfluß ab, und, als Folge davon, steigt die Abundanz sessiler Organismen. Das gilt auch für Ascidien und Schwämme. Letztere kommen in der Potter Cove ab einer Wassertiefe von 20 m vor, erreichen aber, wie im Fall der weitaus häufigsten Art *Mycale acerata*, erst ab etwa 35 m größere Ausmaße (0,5 bis 1 m Höhe; J. KOWALKE, pers. Mitt.).

Die hohe Abundanz der solitären Ascidien, die geringe Abundanz der Schwämme und das Fehlen von Glasschwämmen in der Potter Cove lassen sich jedoch nicht allein durch den Eiseinfluß erklären. Ein Vergleich mit den sublitoralen Epifaunagemeinschaften des hochantarktischen McMurdo Sound verdeutlicht dies. Im McMurdo Sound kommen, anders als in der Potter Cove, Ascidien nur in geringen Mengen vor (BATTERSHILL 1989), während Glasschwämme ab 33 m Wassertiefe mehr als 42 % der gesamten Oberfläche bedecken (DAYTON et al. 1974).

Die physikalischen Bedingungen im McMurdo Sound sind sehr stabil (KNOX 1994), der Einfluß von strandendem Eis ist vermutlich geringer als in der Potter Cove, und die Konzentration anorganischer Partikel in der Wassersäule (PK), erkennbar an den durchgehend guten Unterwassersicht von 60 bis 100 m (DAYTON & OLIVER 1977), ist aufgrund des geringen Schmelzwassereintrags (BARRY 1988) gering. In der Potter Cove schwanken die physikalischen Bedingungen sehr stark (SCHLOSS et al. 1994a), und die PK ist durch den Einstrom großer Mengen von sedimenthaltigem Schmelzwasser außerordentlich hoch (KLÖSER et al. 1994a).

An solche hohe Partikelkonzentrationen sind Ascidien durch ihre verschleißbaren Osculi und das "squirting" (s.o.) besser angepaßt als Schwämme, die in sedimentreichen Gewässern nur schlecht gedeihen (MOORE 1977). Je nachdem ob es sich um mit hohem Druck filtrierende dickwandige oder mit niedrigem Druck filtrierende dünnwandige Arten handelt, kommt es bei Schwämmen mehr oder weniger schnell zu einer Verstopfung der Einstromöffnungen (REISWIG 1971).

Zudem laufen die mit Ausnahme von *Mycale acerata* und *Homaxinella balfourensis* langsam wachsenden antarktischen Schwämme (DAYTON et al. 1974,

DAYTON 1989) eher Gefahr, bei hohen Sedimentationsraten begraben zu werden als die schnellwüchsigen Ascidien.

Diesen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Ascidien und Schwämmen und der Konzentration anorganischer Partikel in der Wassersäule belegen auch zahlreiche andere Arbeiten. So gehören auch in den saisonal sehr sedimentreichen Gewässern der benachbarten Admiralty Bay (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1993) Ascidien zu den dominanten Taxa, während Schwämme dort nur in geringen Mengen vorkommen (JAZDZEWSKI et al. 1986).

Auch in den küstennahen Flachwassergebieten auf der Westseite der Antarktischen Halbinsel sind Ascidien häufig die dominanten Epifaunaorganismen (RAMOS et al. 1987, SAIZ-SALINAS et al. 1997). In diesen Gewässern ist der Gehalt an suspendiertem Material, vor allem durch den Eintrag von sedimenthaltigem Schmelzwasser (PLATT 1979) und durch windinduzierte Resuspension (PEDERSEN et al. 1995), relativ hoch, wie die hohen Sedimentationsraten aus dieser Region zeigen (DOMACK et al. 1993, PUDSEY et al. 1994).

Auch in der Ostantarktis sind Ascidien vor allem in trübstoffreicheren und in schmelzwasserbeeinflussten küstennahen Gewässern häufig (NAKAJIMA et al. 1982, KIRKWOOD & BURTON 1988).

In den sedimentreichen Gewässern der Arktis können Ascidien durchaus häufig sein (IVANOVA 1975, ABBOTT 1966, THOMSON 1982, STARMANS 1997), während Schwämme eher selten sind (STARMANS 1997).

Die Wassertiefe ist ein weiterer wichtiger Faktor, der die Häufigkeit von Ascidien in der Antarktis beeinflusst. So erstreckt sich das Tiefenvorkommen bei subantarktischen Arten von 0 bis 200 m, und bei antarktischen Arten bis auf über 400 m (KOTT 1969). Auf dem tiefen Weddellmeerschelf kommen Ascidien zwar zuweilen in größeren Mengen vor (GERDES et al. 1992, GUTT & STARMANS 1996, STARMANS 1997), gehören dort aber, anders als die Glasschwämme (KOLTUN 1970), nicht zu den dominanten sessilen Taxa. Jedoch haben sie eine große Bedeutung bei der Wiederbesiedlung von durch Eisbergstrandungen entstandenen Freiflächen (GUTT et al. 1996, STARMANS 1997). Im Weddellmeer ist die koloniale Ascidie *Synoicum addreanum* ein wichtiger Pionierbesiedler dieser Eisbergkratzer (STARMANS 1997).

Da die Störungsrate, d.h. der Zeitraum in dem die untersuchte Fläche statistisch einmal von einem strandenden Eisberg gestört wird, mit ca. 230 Jahren auf dem Weddellmeerschelf äußerst gering ist (GUTT et al. 1996), kommen dort verschiedene Sukzessionsstadien, von den unbesiedelten Flächen junger Eisbergkratzer bis zu den Klimaxgemeinschaften ähnlichen artenreichen Glasschwammgemeinschaften (Abb. 7-1) nebeneinander vor (STARMANS 1997).

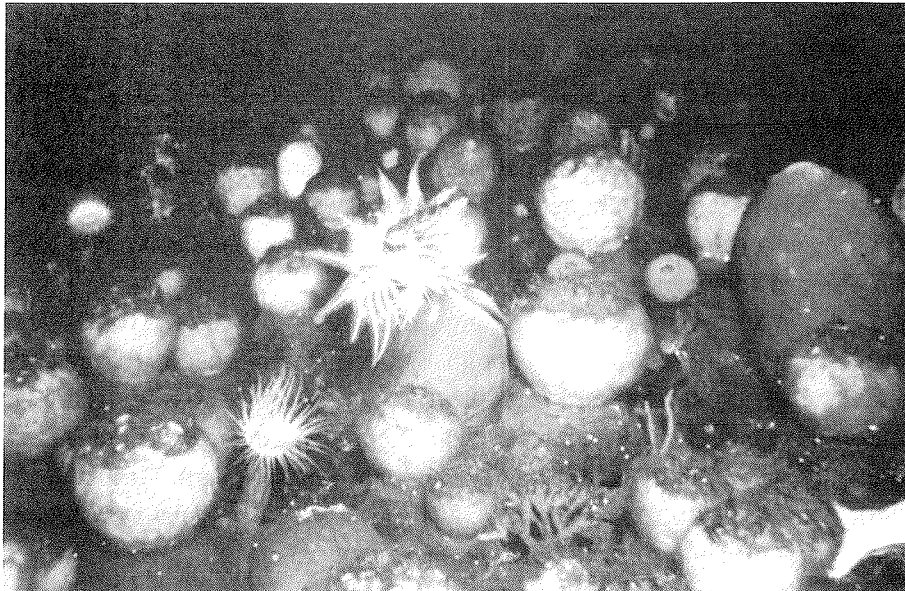


Abb. 7-1: Glasschwammgemeinschaft im Weddellmeer. Schwämme: *Rosella* sp., *Cinachyra barbata*, *Stylocordyla borealis*; Haarstern: *Pomachocrinus kerguelensis*; Fische: *Trematomus bernacchii*, Schnecken (weiße Punkte): *Marginella* sp. (Foto: J. Gutt, AWI)

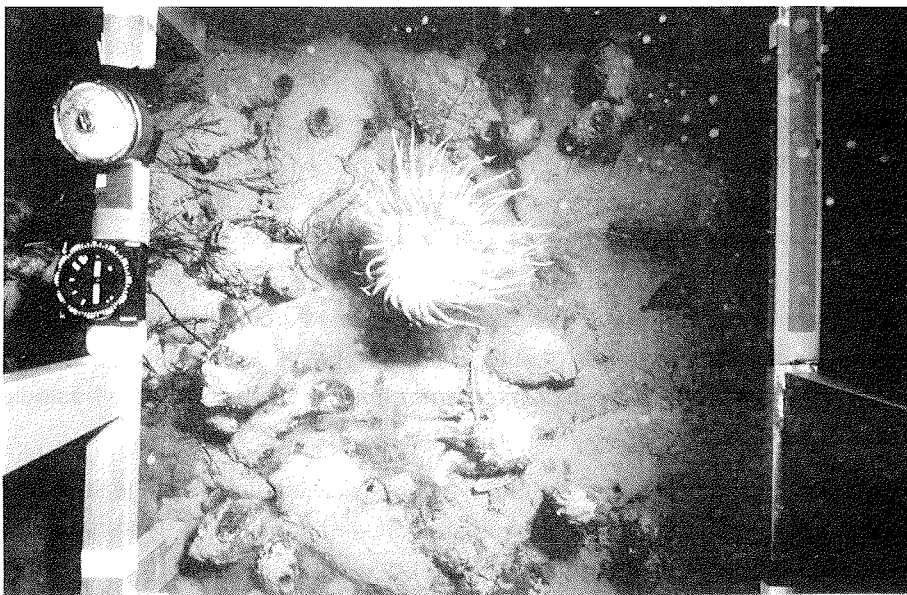


Abb. 7-2 Epifauna in der Potter Cove (Wassertiefe: 25 m, fotografierte Fläche: 0,25 m²). Eine dicke Sedimentschicht bedeckt die Ascidien: *Molgula pedunculata*, *Corella eumyota*, *Cnemidocarpa verrucosa*; Sonstige: Anthozoa, Bryozoa, Algendebris.

In der flachen Potter Cove hingegen befinden sich die benthischen Gemeinschaften aufgrund der hohen Störeinflüsse vermutlich permanent in einem frühen Sukzessionsstadium (Abb. 7-2).

Es zeigt sich, daß Ascidien durch ihr schnelles Wachstum und ihrer Toleranz gegenüber Sedimentbelastungen gut an die hohen Störeinflüsse durch Eisbergstrandungen, windinduzierte Resuspension und den Eintrag von sedimenthaltigem Schmelzwasser im antarktischen Flachwasser angepaßt sind.

7.4. Solitäre Ascidien als Lebensraum

Wie die Glasschwämme des Weddellmeers (KUNZMANN 1996) bieten die solitären Ascidien der Potter Cove Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen. Auf den ansonsten eher eintönigen Weichböden der Bucht dienen sie verschiedenen sessilen Filtrierern wie Schwämmen, Hydrozoen, Bryozoen (BARNES & CLARKE 1995b) und anderen Ascidienarten als Sekundärsubstrat. Für zahlreiche vagile Mollusken, Isopoden, Polychaeten und Amphipoden sind sie Zuflucht und Aufenthaltsort. Insbesondere die Individuen von *M. pedunculata* sind häufig von einer dichten Epifauna bewachsen (eigene Beobachtungen). Eine ähnlich dichte und vielfältige Besiedlung von Ascidien ist bisher nur von solitären Arten aus den gemäßigten Breiten bekannt (DAVIS & WHITE 1994).

Im Peribranchialraum der untersuchten Arten wurden häufiger Amphipoden gefunden (eigene Beobachtungen), die dort entweder Schutz suchen oder aber den Schleimfilm des Kiemendarms abweiden. Ob diese Arten zu der bereits häufiger in Ascidien nachgewiesenen Gattung *Stenothoe* gehören (VADER & KRAPP-SCHICKEL 1996) ist noch ungeklärt.

Anders als auf den Glasschwämmen wurden auf den Ascidien keine größeren vagilen Arten wie Ophiuroiden oder Holothurien beobachtet. Ursache dafür ist vermutlich die geringe Gewebefestigkeit der Ascidien, die, wie eigene Beobachtungen gezeigt haben, bereits bei leichtem Fingerdruck ihre Form verändern.

Es zeigt sich das eine Ascidie nicht einen einzigen Lebensraum darstellt, sondern eine Reihe unterschiedlicher Mikrohabitate.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, daß solitäre Ascidien gut an die hohen Störeinflüsse im antarktischen Flachwasser angepaßt sind und zusätzlich einer Reihe von Organismen als Lebensraum dienen. Demzufolge sind sie ein wichtiges Faunenelement im Lebensraum Flachwasser.

8. Danksagung

In erster Linie gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. W. Arntz, der mir diese Arbeit überhaupt erst ermöglichte, und durch seine kritische Durchsicht zu ihrem Gelingen beitrug.

Herrn Dr. T. Brey danke ich für die wertvolle Hilfe, die vielen Anregungen während zahlreicher Diskussionen und die nicht immer leichte Korrektur der Texte.

Herr Dr. M. Rauschert stellte mir freundlicherweise die Proben aus seinen Besiedlungsexperimenten zur Verfügung.

Frau Dr. M. Delafontaine und ihrer Assistentin Rosi vom Senckenberg-Institut in Wilhelmshaven ermöglichten mir durch ihre bereitwillige Unterstützung die erfolgreiche Durchführung der kalorimetrischen Messungen am Bombenkalorimeter. Herr Dr. Kattner und seiner Arbeitsgruppe danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und der für die Herstellung der Lipidextrakte notwendigen Geräte.

Ein ganz besonderes Dankeschön an Cova, die nicht nur die Zeichnungen der untersuchten Arten anfertigte, sondern mir auch bereitwillig ihre "Denkzelle" zur Verfügung stellte, und mir so ein ruhiges und konzentriertes Arbeiten in der "Endphase" der Arbeit ermöglichte.

Meinem Kollegen, Freund und altem BVBl'er Jens danke ich für die zahlreichen kritischen Diskussionen, die tatkräftige Hilfe während zweier JUBANY-Expeditionen und seine moralische Unterstützung mit der er mir über manche Krise hinweghalf.

Gritta, Jens und Nils von der G.A.R.B.-Truppe, Barbro, Florian, unserem Lieblingstechniker Ritschie, den beiden Quilombesen Marcos und Ricky, sowie den Taucherkollegen Heinz, Augusto, Nato, Willy, Oscar und all den anderen Dallmannitos und Jubanitos danke ich für ihre Unterstützung und Hilfe vor und während der zahlreichen Tauchgänge, sowie die ermunternden Gespräche und Maté-Runden während der langen sturmbedingten Oberflächenpausen.

¡ Gracias por todo !

Meinen herzlichen Dank auch an alle die Kollegen, Kolleginnen und vor allem den Freunden, die zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen.

Abschließend möchte ich mich ganz besonders bei Christina bedanken, die trotz meiner langen expeditionsbedingten Abwesenheit und der Geburt unseres Sohns immer für mich da war und auch während der nicht immer problemlosen Endphase zu mir hielt.

9. Literatur

- Ahn, I.-Y., Y.-C. Kang (1991): Preliminary study of the macrobenthic community of Maxwell Bay, South Shetland Islands, Antarctica.- Kor. J. Pol. Res. 2(2): 61-71.
- Ahn, I.-Y., H. Chung, J.-S. Kang, Y.-C. Kang (1997): Diatom composition and biomass variability in nearshore waters of Maxwell Bay, Antarctica, during the 1992/1993 austral summer.- Polar Biol. 17: 123-130
- Adolph, E.F. (1949): Quantitative relations in the physiological constitution of mammals.- Science 109: 579-585.
- Allen, K.R. (1971): Relation between production and biomass.- J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 1537-1581.
- Arnaud, P.M. (1977): Adaptations within the Antarctic marine benthic ecosystem.- in Llano (Hrsg.): Adaptations within Antarctic ecosystems, Gulf Publishing Company, Houston: 135-157.
- Arntz, W.A., T. Brey, D. Gerdes, M. Gorny, J. Gutt, S. Hain, M. Klages (1992): Patterns of life history and population dynamics of benthic invertebrates under high Antarctic conditions of the Weddell Sea.- in Colombo, Ferrari, Ceccherelli, Rossi (Hrsg.): Marine eutrophication and population dynamics, Olsen & Olsen, Fredensborg: 221-330.
- Arntz, W.A., T. Brey, V.A. Gallardo (1994): Antarctic zoobenthos.- Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 32: 241-304.
- Barnes, H., J. Blackstock (1973): Estimation of lipid in marine animals and tissues: detailed investigations of the Sulfophosphanilin-method for "total" lipids.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 12: 103-118.
- Barnes, D.K.A. (1995): Seasonal and annual growth in erect species of Antarctic bryozoans.- J. exp. Mar. Biol. Ecol. 188: 181-198.
- Barnes, D.K.A., A. Clarke (1995a): Seasonality of feeding activity in Antarctic suspension feeders.- Polar Biol. 15: 335-340.
- Barnes, D.K.A., A. Clarke (1995b): Epibiotic communities on sublittoral macroinvertebrates at Signy Island.- J. mar. biol. Ass. U.K. 75: 689-703.
- Barrera-Oro, E.R., R.J. Casaux (1990): Feeding selectivity in *Notothenia neglecta*, Nybelin, from Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica.- Ant. Science 2(3): 207-213.
- Battershill, C.N. (1989): Distribution and abundance of benthic marine species at Cape Armitage, Ross Island, Antarctica - initial results.- New Zeal. Ant. Rec. 9(2): 35-52.

- Battershill, C.N. (1990): Temporal changes in Antarctic marine benthic community structure.- N. Zeal. Ant. Rec. 10(2): 23-27.
- Belman, B.W. (1973): Respiration of antarctic echinoderms.- Ant. J. U.S. 8: 208-209.
- Berges, J.A., A.E. Fisher, P.J. Harrison (1993): A comparison of Lowry, Bradford and Smith protein assays using different protein standards and protein isolated from the marine diatom *Thalassiosira pseudonana*.- Mar. Biol. 115: 187-193.
- Berrill, N.J. (1950): The Tunicata with an account of the British species.- Ray society, London: 1-61.
- Bohnsack, J.A. (1979): Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities.- Bull. Mar. Sci. 29(2): 242-252.
- Boynton, W.R., W.M. Kemp, C.G. Osborne, K.R. Kaumeyer, M.C. Jenkins (1981): Influence of water circulation rate on in situ Measurements of Benthic community respiration.- Mar. Biol. 65: 185-190.
- Bradford, M.M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.- Anal. Biochem. 72: 248-254.
- Brand, T.E. (1980): Trophic interactions and community ecology of the shallow-water marine benthos along the Antarctic Peninsula.- University of California, Davis, Ph.D. thesis: 1-220.
- Breuer, G. (1984): Ökologische Untersuchungen an Ascidien in einem eutrophierten Meeresabschnitt (Flensburger Förde) .- Diplomarbeit, Univ. Kiel: 1-129.
- Brey, T. (1994): Empirische Untersuchungen zur Populationsdynamik makrobenthischer Evertebraten.- Habil. draft: 1-123.
- Brey, T. (1995): Temperature and reproductive metabolism in macrobenthic populations.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 125: 87-93.
- Brey, T., H. Rumohr, S. Ankar (1988): Energy content of macrobenthic invertebrates: general conversion factors from weight to energy.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 117: 271-278.
- Brey, T., S. Hain (1992): Growth, reproduction and production of *Lissarca notocardensis* (Bivalvia: Philobryidae) in the Weddell Sea, Antarctica.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 82(3): 219-226
- Brey, T., A. Clarke (1993): Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and subantarctic environments: are there unique adaptations.- Ant. Sci. 5 (3): 253-266.

- Brey, T., J. Pearse, L. Basch, J. McClintock, M. Slattery (1995a): Growth and production of *Sterechinus neumayeri* (Echinoidea: Echinodermata) in McMurdo Sound, Antarctica.- Mar. Biol. 124: 279-292.
- Brey, T., L.S. Peck, J. Gutt, S. Hain, W.E. Arntz (1995b): Population dynamics of *Magellania fragilis*, a brachiopod dominating a mixed-bottom macrobenthic assemblage on the antarctic shelf.- J. mar. biol. Ass. U.K. 75: 857-869.
- Brody, S. (1945): Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals.- Reinhold Publ., New York.
- Burky, A.J., A. Farmanfarmaian (1965): Effect of cold temperature acclimation and size on the respiration of ascidians.- Biol. Bull. mar. Lab., Woods Hole 129: 401.
- Chang, K.I., H.K. Jun, G.T. Park, Y.S. E (1990): Oceanographic conditions of Maxwell Bay, King George Island, Antarctica (Austral Summer 1989).-Korean J. Pol. Res. 1(1): 27-46.
- Chapelle, G., L.P. Peck, A. Clarke (1994): Effects of feeding and starvation on the metabolic rate of necrophagous Antarctic amphipod *Waldeckia obesa* (Chevreux 1905).- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 183: 63-76.
- Chapelle, G., L.P. Peck (1995): The influence of acclimation and substratum on the metabolism of the Antarctic amphipods *Waldeckia obesa* (Chevreux 1905) and *Bovallia gigantea* (Pfeffer 1888).- Polar Biol. 15: 225-232.
- Clarke, A. (1983): Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms.- Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 21: 341-453.
- Clarke, A. (1988): Seasonality in the Antarctic marine environment.- Comp. Biochem. Physiol. 90B: 461-473
- Clarke, A. (1991): What is cold adaptation and how should we measure it?.- Am. Zool. 31: 81-92.
- Clarke, A., R.J.G. Leahey (1996): The seasonal cycle of phytoplankton, macronutrients, and the microbial community in a nearshore Antarctic marine ecosystem.- Limnol. Oceanogr. 41(6): 1281-1294.
- Costa, S. (1960): Recherches sur les fonds à *Halarachnion spatula-tum* de la baie de Marseille.- Vie Milieu 11: 1-68.
- Crisp, D.J. (1984): Energy Flow Measurements.- in: Holme & McIntyre (Ed.), Methods for study of Marine Benthos 2. Auflage: 284-372.
- Curtis, J.T., R.P. McIntosh (1950): The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters.- Ecology 31: 434-455.

- Dahm, C. (1996): Ökologie antarktischer Ophiuriden.- Ber. Polarforsch. 194: 1-289.
- Davis, A.R., G.A. White (1994): Epibiosis in a guild of sessile subtidal invertebrates in south-eastern Australia: a quantitative survey.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 177:1-14.
- Dayton, P.K. (1989): Interdecadal variation in an Antarctic sponge and its predators from oceanographic climate shifts.- Science 245: 1484-1486.
- Dayton, P.K., G.A. Robilliard, A.L. DeVries (1969): Anchor ice formation in McMurdo Sound, Antarctica, and its biological effects.- Science, 163: 273-274.
- Dayton, P.K., G.A. Robilliard, R.T. Paine, L.B. Dayton (1974): Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica.- Ecol. Monogr. 44: 105-128.
- Dayton, P.K., J.S. Oliver (1977): Antarctic soft-bottom benthos in oligotrophic and eutrophic environments.- Science 197: 55-58.
- Dayton, P.K., D. Watson, A. Palmisano, J.P. Barry, J.S. Oliver, D. Rivera (1986): Distribution patterns of benthic microalgal standing stock at McMurdo Sound, Antarctica.- Polar Biol. 6: 207-213.
- Diehl, M. (1957): Die Ökologie der Ascidie *Styela coriacea* in der Kieler Bucht.- Kieler Meeresforsch. 13: 59-68.
- Domack, E.W., T.A. Mashiotta, L.A. Burkley, S.E. Ishman (1993): 300-Year cyclicity in organic matter preservation in Antarctic fjord sediments.- Ant. Res. Ser. (Am. Geophys. Union) 60: 265-272.
- Dorrien, C.F. von (1993): Ecology and respiration of selected Arctic fish.- Ber. Polarforsch. 125: 1-99.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, F. Smith (1953): Colorimetric method for determination of sugars and related substances.- Anal. Chem. 28(3): 350-356.
- Dybern, B.I. (1965): The life cycle of *Ciona intestinalis* (L.) f. *typica* in relation to the environmental temperature.- Oikos 16: 109-131.
- Elliott, J.M. (1977): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates.- FBA Scient. Publ. 25: 1-156.
- Fiala-Médioni, A. (1979): Effects of oxygen tension on pumping, filtration and oxygen uptake in the ascidian *Phallusia mammillata*.- Mar. Ecol. Prog. Ser.1: 49-53.
- Fisher, T.R. (1976): Oxygen uptake of the solitary tunicate *Styela plicata*.- Biol. Bull. 151: 297-305.

- Folch, J., M. Lees, G.H. Sloane-Stanley (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues.- J. Biol. Chem. 226: 497-509.
- Forstner, H. (1983): An automated multiple-chamber intermittent-flow respirometer.- in: Gnaiger, Forstner (Hrsg.), Polarographic Oxygen Sensors, Springer-Verlag: 111-126.
- Gage, J. D., G. G. Coghill (1977): Studies on the dispersion patterns of Scottish Sea Loch benthos from contiguous core transects.- in: Ecology in marine benthos, The Belle W. Baruch Library in Marine Science No. 6: 319-337.
- Gallardo, V.A. (1987): The sublittoral macrofaunal benthos of the Antarctic shelf.- Environ. Int. 13: 71-87.
- Gallardo, V.A., J. Castillo, M. Retamal, A. Yáñez, H. Moyano, J. Hermosilla (1977): Quantitative Studies on the soft-bottom macrobenthic animal communities of shallow Antarctic bays.- in: Llano (Hrsg.), Adaptation within Antarctic ecosystems, Proc. 3. SCAR on Ant. Biol.: 361-387.
- Gerdes, D., M. Klages, W. Arntz, W.E. Herman, R.L. Galéron, S. Hain (1992): Quantitative Investigations on macrobenthos communities of the southeastern Weddell Sea shelf based on multibox corer samples.- Polar Biol. 12: 291-301.
- Giese, A.C. (1967): Some methods for study of the biochemical constitution of marine invertebrates.- Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 5: 159-186.
- Goodboy, I. (1962): The biology of *Ascidia nigra* (Savigny). I. Survival and mortality in an adult population.- Biol. Bull. 122: 40-51.
- Goodboy, I. (1965): The biology of *Ascidia nigra* (Savigny). III. The annual pattern of colonization.- Biol. Bull. 129: 128-133.
- Gorny, M., T. Brey, W.E. Arntz, T.E. Bruns (1993): Growth development and productivity of *Chorismus antarcticus* (Pfeffer) (Crustacea: Decapoda: Natantia) in the eastern Weddell Sea, Antarctica.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 174: 261-275.
- Grant, A., P.J. Morgan, P.J.W. Olive (1987): Use made in marine ecology of methods for estimating demographic parameters from size/frequency data.- Mar. Biol. 95: 201-208.
- Gruzov, E.N. (1977): Seasonal alterations in coastal communities in the Davis Sea.- in Llano (Hrsg.): Adaptations within Antarctic ecosystems, Gulf Publishing Company, Houston: 263-278.
- Gulliksen, B. (1972): Spawning, larval settlement, growth, biomass, and distribution of *Ciona intestinalis* (L.), in Borgenfjorden, North-Trøndelag, Norway.- Sarsia 51: 83-96.

- Gulliksen, B. (1973): The vertical distribution of the ascidians in Borgenfjorden, North-Trøndelag, Norway.- *Sarsia*, 52: 21-28.
- Gutiérrez M., J.E. Lay M. (1965): Observaciones biológicas en la población de *Pyura chilensis* Molina, 1782, en Antofagasta. (Urochordata, Ascidiaceae, Pyuridae).- *Estudios oceanol.* 1: 1-31.
- Gutt, J., A. Starmans (1996): Macrobenthic structure and biodiversity in the Lazarev Sea (Antarctic): indications for the ecological role of physical parameters and biological interactions. *Deep Sea Res.* (in press)
- Gutt, J., A. Starmans, G. Dieckmann (1996): Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 137: 311-316.
- Hale, J.M. (1983): Chapter I.1 Factors influencing the stability of polarographic oxygen sensors.- in: Gnaiger, Forstner (Hrsg.), *Polarographic Oxygen Sensors*, Springer-Verlag: 3-17.
- Hamada, E., H. Numanami, Y. Naito, A. Tanigushi (1986): Observation of the marine benthic organisms at Syowa Station in Antarctica using a remotely operated vehicle.- *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spes. Issue* 40: 289-298.
- Hatcher, A. (1989): Variation in the components of benthic community structure in a coastal lagoon as a function of spatial scale.- *Aust. J. Freshwater Res.* 40: 79-96.
- Heine, J.N., McClintock, J.B., Slattery, M., Weston, J. (1991): Energetic composition, biomass, and chemical defense in the common antarctic nemertean *Parbolasia corrugatus* McIntosh.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 153: 15-25.
- Herdmann (1882): Report upon the Tunicata collected during the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873-76. Part 1. Ascidiæ simplices.- In: Thompson & Murray: Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873-76. *Zoology*, 6 (17): 1-296, Abb. 1-23, Tafeln 1-37.
- Hong, G.H., D.Y. Kim, H. Chung, S. Pae (1991): Coastal and inshore water interaction, mixing and primary productivity in the Bransfield Strait, Antarctica during austral summer 1989/90.- *Korean J. Pol. Res.* 2(1): 43-59.
- Holme, N.A. (1984): Photography and Television.- in: Holme & McIntyre, *Methods for the study of marine benthos*, 2nd ed., Blackwell Scient. Publ., Oxford: 66-98.
- Hopkinson, C.S., R.L. Wetzel (1982): In situ measurements of nutrient and oxygen fluxes in a coastal marine benthic community.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10: 29-35.

- Houlihan, D.F., D. Allan (1982): Oxygen consumption of some Antarctic and British gastropods: an evaluation of cold adaptation.- *Comp. Biochem. Physiol.* 73A: 383-387.
- Hoyle, G. (1953): Spontaneous squirting of an ascidian, *Phallusia mammillata* (Cuvier).- *J. mar. biol. Ass. U.K.* 31(3): 541-562.
- Humphreys, W.F. (1979): Production and respiration in animal populations.- *J. Anim. Ecol.* 48: 427-453.
- Ikeda, T. (1985): Metabolic rates of epipelagic marine zooplankton as a function of body mass and temperature.- *Mar. Biol.* 85: 1-11.
- Iken, K. (1996): Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King-George-Insel, Antarctica).- *Ber. Polarforsch.* 201: 1-206.
- Ivlev, V.S. (1935): Eine Mikromethode zur Bestimmung des Kaloriengehaltes von Nährstoffen.- *Biochemische Zeitschrift* 275: 49-55
- Ivleva, I.V. (1980): The dependence of crustacean respiration rate on the body mass and habitat temperature.- *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 65(1): 1-47.
- Jazdzewski, K., W. Jurasz, W. Kittel, E. Presler, P. Presler, J. Sicinski (1986): Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands.- *Pol. Biol.* 6: 5-16.
- Kaufmann, R., H. Forstner, W. Wieser (1988): Respirometry - methods and approaches.- in: Bridges, Butler (Hrsg.): *Techniques in comparative respiratory physiology: An experimental approach.*- *Soc. Exp. Biol. Sem. Ser.*, Cambridge: 51-76.
- Kirkwood, J.M., H.R. Burton (1988): Macrobenthic species assemblages in Ellis Fjord, Vestfold Hills, Antarctica. - *Mar. Biol.* 97: 445-457.
- Klekowski, R.Z., K.W. Opalinski, S. Rakusa-Suszczewski (1973): Respiration of antarctic amphipoda *Paramoera walkeri* Stebbing during winter season.- *Polskie Arch. Hydrobiol.* 20: 301-308.
- Klöser, H. (1994): Mikrophytobenthos as a food for filter feeding animals in Maxwell Bay.- in: SCAR 6th Biol. Symp. Ant. Committee: *Species, structure and survival, Abstracts, Venice*: 153.
- Klöser, H., W.E. Arntz (1994): RASCALS (Research on Antarctic Shallow Coastal and Litoral Systems) Untersuchungen zur Struktur und Dynamik eines antarktischen Küstenökosystems.- *Polarforsch.* 64 (1): 27-41.

- Klöser, H., G. Ferreyra, I. Schloss, G. Mercuri, F. Laturus, A. Curtosi (1994a): Hydrography of Potter Cove, a small fjord-like inlet on King George Island (South Shetlands).- *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 38: 523-537.
- Klöser, H., G. Mercuri, F. Laturus, M.L. Quartino, C. Wiencke (1994b): On the competitive balance of macroalgae at Potter Cove (King George Island, South Shetlands).- *Pol. Biol.* 14: 11-16.
- Klumpp, D.W. (1984): Nutritional ecology of the ascidian *Pyura stonolifera*: influence of body size, food quantity and quality on filter-feeding, respiration, assimilation efficiency and energy balance.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 269-284.
- Knox, G.A. (1994): 11 Benthic communities.- in: *The biology of the Southern Ocean*, Cambridge Univ. Press: 193-220.
- Koltun, V.M. (1970): Sponges of the Arctic and Antarctic: a faunistic review.- *Symp. zool. Soc. Lond.* 25: 285-297.
- Kott, P. (1969): Antarctic Ascidiacea.- *Ant. Res. Ser.*, Vol. 13: 1-239.
- Kott, P. (1971): Antarctic Ascidiacea II.- *Ant. Res. Ser.* Vol. 17: 11-82.
- Kühne, S. (1992): Die Fauna des Steingrundes in der Deutschen Bucht - unter besonderer Berücksichtigung der Epifauna.- Diplomarbeit, Univ. Bonn: 1-128.
- Kunzmann, K. (1996): Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna.- *Ber. Polarforsch.* 210: 1-93.
- Lambert, G. (1968): The general ecology and growth of a solitary ascidian, *Corella willmeriana*.- *Biol. Bull.* 135: 296-307.
- Lambert, C.C., I.M. Lambert, G. Lampert (1995): Brooding strategies in solitary ascidians: *Corella* species from north and south temperate waters.- *Can. J. Zool.* 73: 1666-1671.
- Lawrence, J.M. (1973): Level, content, and caloric equivalents of the lipid, carbohydrate, and protein in the body components of *Luidia clathrata* (Echinodermata: Asteroidea: Platysterida) in Tampa Bay.- *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 263-274.
- Littlepage, J.L. (1962): Seasonal variation in lipid content of two antarctic marine crustacea.- in: Carrick, Holdgate, Prévost: *Antarctic biology*, Herman, Paris: 463-470
- Lowry, J.K. (1977): Soft bottom macrobenthic community of Arthur Harbor, Antarctica.- *Ant. Science* 23: 1-19.
- Lundälv, T (1971): Quantitative studies on rocky bottom biocoenoses by underwater photogrammetry: a methodological study.- *Proc. Sixth Eur. Symp. Mar. Biol. Thalassia, Jugoslavia* 7: 205-213.

- Luxmoore, R.A. (1982): Moulting and growth in serolid isopods.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 56: 63-85.
- Luxmoore, R.A. (1984): A comparison of the respiration rate of some antarctic isopods with species from lower latitudes.- Br. Antarct. Bull. 62: 53-65.
- Luxmoore, R.A. (1985): The energy budget of a population of the Antarctic isopod *Serolis polita*.- in Siegfried, Condy, Laws (Hrsg.): Antarctic nutrient cycles and food webs, Proceedings of the 4th SCAR Symposium on Antarctic biology, Springer-Verlag, Berlin: 389-396.
- MacDonald, P.D.M., T.J. Pitcher (1979): Age-groups from sizefrequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures.- J. Fish. Res. Board Can. 36: 987-1001.
- Mackay, J., S.E. Shumway (1980): Factors affecting oxygen consumption in the scallop *Chlamys delicatula* (Hutton).- Ophelia 19(1): 19-26.
- Martos, A.R. , I. Yraola (1991): Análisis preliminar del macrobentos capturado en la campaña "Antártida 9101".- in: Castellvi (Hrsg.) Actas del cuarto español de estudios Antárticos, Comisión interministerial de Ciencia y tecnología: 141-153.
- 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: 479-487.
- McClintock, J.B. (1989): The biochemical and energetic composition of somatic tissues during growth in the sea star *Pycnopodia helianthoides*.- Comp. Biochem. Physiol. 93A: 695-698.
- McClintock, J.B., J. Heine, M. Slattery, J. Weston (1991): Biochemical and energetic composition, population biology and biochemical defense of the antarctic ascidian *Cnemidocarpa verrucosa* Lesson.- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 147: 163-175.
- McLachlan, A., Lombard, H.W. (1980): Seasonal variations in energy and biochemical components of an edible gastropod, *Turbo sarmaticus* (Turbinidae).- Aquaculture 19: 117-125.
- Millar, R.H. (1952): The annual growth and reproductive cycle in four ascidians. J. mar. biol. Ass. U.K. 30: 27-31.
- Millar, R.H. (1953): *Ciona*.- L.M.B.C. Mem. typ. Br. mar. Pl. Anim. 35: 1-123.
- Millar, R.H. (1954): The annual growth and reproductive cycle of the ascidian *Dendrodoa grossularia* (Van Beneden).- J. mar. biol. Ass. U.K. 33: 33-48
- Millar, R.H. (1960): Ascidiacea.- Discovery Rept. 30: 1-160.

- Millar, R.H. (1971): The biology of Ascidians.- *Adv. mar. Biol.* 9: 1 - 10.
- Mills, E.L., K. Pittman, B. Munroe (1982): Effect of preservation on the weight of benthic invertebrates.- *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 221-224.
- Monniot, C., F. Monniot (1972): Clé mondiale des genres D'Ascidies.- *Arch. Zool. exp. gén.* 113: 311-367.
- Moore, P.G. (1977): Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals.- *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 15: 225-363.
- Morris, R.J. (1972): The preservation of some oceanic animals for lipid analysis.- *J. Fish. Res. Board Can.* 29(9): 1303-1307.
- Nakajima, Y., K. Watanabe, Y. Naito (1982): Diving observations of the marine benthos at Syowa Station, Antarctica.- *Mem. Nat. Inst. Pol. Res.* 23: 44-54.
- Norrbin, F., U. Båmstedt (1984): Energy contents in benthic and planktonic invertebrates of Kosterfjorden, Sweden. A comparison of energetic strategies in marine organism groups.- *Ophelia* 23(1): 47-64.
- Odum, E.P. (1983): *Grundlagen der Ökologie*.- Thieme Verlag, Stuttgart.
- Paine, R.T. (1971): The measurement and application of the calorie to ecological problems.- *Rev. Ecol. Syst.* 2: 145-164.
- Pamatmat, M.M. (1978): Oxygen uptake and heat production in a metabolic conformer (*Littorina irrorata*) and a metabolic regulator (*Uca pugnax*).- *Mar. Biol.* 48: 317-325.
- Pande, S.V., R. Parvin Khan, T.A. Venkatasubramanian (1963): Microdetermination of lipids and serum total fatty acids.- *Anal. Biochem.* 6: 415-423.
- Pearse, J.S. (1965): Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* Koehler, a common Antarctic asteroid.- *Ant. Res. Ser. (Am. Geophys. Union)* 5: 39-85.
- Pearse, J.S., Giese, A.C. (1966): Food, reproduction and organic constitution of the common antarctic echinoid *Sterechinus neumayeri* (Meissner).- *Biol. Bull.* 130: 387-401.
- Peck L.S., A. Clarke, L.J. Holmes (1987): Summer metabolism and seasonal changes in biochemical composition of the Antarctic brachiopod *Liothyrella uva* (Broderip, 1833).- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 114: 85-97.
- Peddersen, O.B., C. Christiansen, M.B. Laursen (1995): Wind-induced long term increase and short term fluctuations of shallow water suspended matter and nutrient concentrations, Ringkøbing Fjord, Denmark.- *Ophelia* 41: 273-287.

- Percy, J.A. (1979): Seasonal changes in organic composition and caloric content of an Arctic marine amphipod, *Onisimus* (= *Boeckosimus*) *affinis* H.J. Hansen.- J. exp. mar. Biol. Ecol. 40: 183-192.
- Petersen, J.K., H.U. Riisgard (1992): Filtration capacity of the ascidian *Ciona intestinalis* and its grazing impact in a shallow fjord.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 88: 9-17.
- Petersen, J.K., O. Schou, P. Thor (1995): Growth and energetics in the ascidian *Ciona intestinalis*.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 120: 175-184.
- Picken, G.B. (1980): The distribution, growth and reproduction of the Antarctic limpet *Nacella* (*Patinigera*) *concinna* (Strebil, 1908).- J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 42: 71-85.
- Platt, H.M. (1979): Ecology of the King Edward Cove, South Georgia: macrobenthos and the benthic environment.- Br. Ant. Surv. Bull. 49: 231-238.
- Pörtner, H.O., M.K. Grieshaber (1993): Critical pO₂ (s) in oxyconforming and oxyregulating animals: gas exchange, metabolic rate and the mode of energy production.-in: Bicudo (Hrsg.), The vertebrate gastransport cascade: adaptations to environment and mode of life, CRC Press Inc.: 330-357.
- Prakasam, V.R., J. Azariah (1991): Respiration of *Ascidella aspersa* Muller (Tunicata) in relation to body size and tidal cycles.- J. Anim. Morphol. Physiol. 38(1/2): 67-72.
- Prus, T. (1975): 5A Measurement of calorific value using Phillipson microbomb calorimeter.- in: Grodzinski, Klekowski, Duncan, Methods for ecological bioenergetics, IBP Handbook No 24, Blackwell Scientific Publications: 149-160.
- Pudsey, C.J., P.F. Barker, R.D. Larter (1994): Ice sheet retreat from the Antarctic Peninsula shelf.- Cont. Shelf Res. 14(15): 1647-1675.
- Rakusa-Suszczewski, S. (1980): Hypostenothermic organisms.- Pol. Polar Res. 1(4): 231-241.
- Rakusa-Suszczewski, S. (1993): Mineral suspensions.- in: The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay: 34-35.
- Rakusa-Suszczewski, S., R.Z. Klekowski (1973): Biology and respiration of the antarctic amphipoda (*Paramoera walkeri* Stebbing) in the summer.- Polskie Archwm. Hydro-biol. 20: 475-488.
- Ralph, R., J.G.H. Maxwell (1977a): The oxygen consumption of the antarctic limpet *Nacella* (*Patinigera*) *concinna*.- Br. Anarct. Surv. Bull. 45: 19-23.

- Ralph, R., J.G.H. Maxwell (1977b): The oxygen consumption of the antarctic lamellibranch *Gaimardia trapesina trapesina* in relation to cold adaptation in polar invertebrates.- Br. Antarct. Surv. Bull. 45: 41-46.
- Ramos, A., I. Sobrino, L. Gilde Sola, C. Piñero (1987): Un examen general del macrobentos de los archipelagos del arco de escocia, encontrados durante la campaña "Antartida 8611".- in: Actas del segundo symposium español de estudios antarticos, Consejo superior de investigaciones cientificas, Madrid: 353-364.
- Rauschert, M. (1991): Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthos von King George Island (Südshetlandinseln, Antarktis).- Ber. Polarforsch. 76: 1-75.
- Reiswig, H.M. (1971): In situ pumping activities of tropical Demospongiae.- Mar. Biol. 9: 38-50.
- Richardson, M.G. (1979): The ecology and reproduction of the brooding Antarctic bivalve *Lissarca miliaris*.- Br. Antarct. Surv. Bull. 49: 91-115.
- Riisgard, H.U., P.B. Christensen, N.J. Olesen, J.K. Petersen, M.M. Møller, P. Andersen (1995): Biological structure in a shallow cove (Kertinge Nor, Denmark) - Control by benthic nutrient fluxes and suspension-feeding ascidians and jellyfish.- Ophelia 41: 345-360.
- Rubinshteyn, I.G. (1991): Some characteristics of the distribution of bottom fauna on the Northern Kerguelen Ridge.- Oceanology 31 (6): 729-732.
- Rumohr, H., T. Brey, S. Ankar (1987): A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea.- Balt. Mar. Biol. Publ., No.9: 1-56.
- Saito, N., S.A. Watts (1989): Activities of hexokinase, phospho-fructokinase, and pyruvate in the body wall, pyloric caeca and tube feet of *Asterias vulgaris*: evidence of body wall as a major source of glycolytic activity.- Comp. Biochem. Physiol. 94B: 263-267.
- Sáiz-Salinas, J.I., A. Ramos, F.J. García, J.S. Troncoso, G. San Martín, C. Sanz, C. Palacin (1997): Quantitative analysis of macrobenthic soft-bottom assemblages in South Shetland waters (Antarctica).- Pol. Biol. 17(4): 393-400.
- Salzwedel, H. (1980): Energy budgets for two populations of the bivalve *Tellina fabula* in the German Bight.- Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 18: 257-287

- Sanchez, A., C. Rosas, E. Escobar, L.A. Soto (1991): Skeleton weight-free oxygen consumption related to adaptations to environment and habits of six crustacean species.- *Comp. Biochem. Physiol.* 100A(1): 69-73.
- Sanders, H.L. (1960): Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft-bottom community.- *Limnol. Oceanogr.* 5: 138-153.
- Schickan, T. (1996): Epibiontische Vergesellschaftungen im Weddell- und Lazarevmeer, Antarktis.- Diplomarbeit, Univ. Bremen: 1-72.
- Schmid, M.K. (1996): Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis).- *Ber. Polarforsch.* 202: 1-92.
- Schmidt-Nielsen, K. (1983): *Animal physiology: Adaptation and environment.*- Cambridge Univ. Press, 3. Auflage.
- Schloss, I., H. Klöser, G. Ferreyra, A. Curtosi, G. Mercuri, E. Pinola (1994a): Factors governing phytoplankton and particulate matter variation in Potter Cove, King George Island, Antarctica.- SCAR Symposium, Venedig.
- Schloss, I., G. Ferreyra, E. Pinola, G. Mercuri, A. Curtosi (1994b): Variación de la biomasa fitoplanctónica y del material particulado en suspensión en relación a algunos parámetros ambientales en Caleta Potter.- *Contr. Inst. Antárt. Argent.* 419: 17-30.
- Shumway, S.E. (1978): Respiration, pumping activity and heart rate in *Ciona intestinalis* exposed to fluctuating salinities.- *Mar. Biol.* 48: 235-242.
- Slattery, M., J.B. McClintock (1995): Population structure and feeding deterrence in three shallow-water antarctic soft corals.- *Mar. Biol.* 122: 461-470.
- Smith Jr., K.L. (1978): Benthic community respiration in the N.W. Atlantic Ocean in situ measurements from 40 to 5200 m.- *Mar. Biol.* 47: 337-347.
- Smith, M.J., P.A. Dehnel (1970): The chemical and enzymatic analysis of the tunic of the ascidian *Halocynthia aurantium* (Pallas).- *Comp. Biochem. Physiol.* 35: 17-30.
- Starmans, A. (1997): Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Megaepibenthos der Arktis und Antarktis.- Doktorarbeit, Univ. Bremen: 1-140.
- Stiller, M. (1996): Verbreitung und Lebensweise der Aphroditiden und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis).- *Ber. Polarforsch.* 185: 1-200.

- Sundet, J.H., Vahl, O. (1981): Seasonal changes in dry weight and biochemical composition of the tissues of sexually mature and immature iceland scallops, *Chlamys islandica*.- J. mar. biol. Ass. U.K. 61: 1001-1010.
- Svane, I. (1983): Ascidian reproductive patterns to long-term population dynamics.- Sarsia 68: 249-255.
- Svane, I, T. Lundälv (1981): Reproductive patterns and population dynamics of *Ascidia mentula* O.F. Müller on the Swedish west coast.- J. exp. mar. Biol. Ecol. 50: 163-182
- Svane, I, T. Lundälv (1982): Persistence in ascidian populations: Long-term population dynamics and reproductive pattern of *Pyura tessellata* (Forbes) in Gullmarfjorden on the Swedish coast.- Sarsia 67 (4): 249-257.
- Svane, I., C.M. Young (1989): The ecology and behaviour of ascidian larvae.- Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 27: 45-90.
- Svoboda, A., J. Ott (1983): In Situ measurement of community metabolism in littoral marine systems.- in: Gnaiger, Forstner (Hrsg.), Polarographic Oxygen Sensors, Springer-Verlag: 285-297
- Tarasov, V.G. (1981): Respiration of soft bottom communities in Vostok Bay (Sea of Japan) in relation to environmental factors and density of macrobenthos.- Sov. J. Mar. Biol. 7(2): 102-108.
- Thiel, H., H.O. Pörtner, W.E. Arntz (1996): Marine life at low temperatures - a comparison of polar and deep-sea characteristics.- in: Uiblein, Ott, Stachowitsch (Eds.): Deep-sea and extreme shallow-water habitats: affinities and adaptations.- Biosystematics and Ecology Series 11: 183-219.
- Tillmann, U. (1987): Versuche zur Abhängigkeit des Fett- und Proteingehaltes arktischer Diatomeen von Temperatur und Licht in statischen Kulturen.- Diplomarbeit, Univ. Bremen: 1-100.
- Tracy, M.L. (1982): Comparative energy metabolism of polar and temperate climate ascidians.- Doktorarbeit, Univ. of California, Davis : 1-209.
- Tucker, M.J., Burton, H.R. (1988): The inshore marine ecosystem off the Vestfold Hills, Antarctica.- Hydrobiologia 165: 129-139.
- Turon, X. (1988): Distribución ecológica de las ascidias en las costas de Cataluña e Islas Baleares (Mediterráneo Occidental).- Misc. Zool. 12: 219-236.
- Vader, W., G. Krapp-Schickel (1996): Redescription and biology of *Stenothoe brevicornis* Sars (Amphipoda: Crustacea), an obligate associate of the sea anemone *Actinostola callosa* (Verrill).- J. Nat. Hist. 30(1): 51-66.

- Voß, J. (1988): Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis).- Ber. Polarforsch. 45: 1-145.
- Wacasey, J.W., E.G. Atkinson (1987): Energy values of marine benthic invertebrates from the Canadian Arctic.- Mar. Ecol. Prog. Ser. 39: 243-250.
- Wägele, J.W., T.A Britto (1990): Die sublitorale Fauna der maritimen Antarktis.- Natur und Museum 120(9): 269-282.
- Ward, P. (1989): The distribution of zooplankton in an Antarctic fjord at South Georgia during summer and winter.- Ant. Science 1(2): 141-150.
- Wells, R.M.G., V. Tetens, A.L. De Vries (1984): Recovery from stress following capture and anaesthesia of Antarctic fish: haematology and blood chemistry.- J. Fish Biol. 25: 567-576.
- Werner, E., B. Werner (1954): Über den Mechanismus des Nahrungserwerbs der Tunicaten, speziell der Ascidien.- Helgoländer wiss. Meeresunters. 5(1): 57-92.
- Wiederholm, T., L. Eriksson (1977): Effects of Alcohol-preservation on the weight of some benthic invertebrates.- Zoon 5: 29-31.
- White, M.G. (1975): Oxygen consumption and nitrogen excretion by the giant antarctic isopod *Glyptonotus antarcticus* Eights in relation to cold-adapted metabolism in marine polar poikilotherms.- in H. Barnes (Hrsg.), Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp., Aberdeen Univ. Press, Aberdeen: 707-724.
- Winkler, H. (1994): Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz.- Ber. Polarforsch. 139: 1-196.
- Yamaguchi, M. (1975): Growth and reproductive cycles of the marine fouling ascidians *Ciona intestinalis*, *Styela plicata*, *Botrylloides violaceus*, and *Leptoclinum mitsukurii* at Aburatsubo-Moroiso Inlet (Central Japan).- Mar. Biol. 29: 253-259.
- Zamorano, J. H. (1983): Zonación y biomasa de la macrofauna bentónica en Bahía South, Archipiélago de Palmer, Antártica.- INACH Ser. Cient. 30: 27-38.

10. Anhang

Der Anhang umfaßt folgende Abbildungen und Tabellen:

- Abb. 9-1 Der (eine Ascidie ?) fressende Asteroide *Diplasterias brucei*.
Abb. 9-2 Schnecken der Art *Neobuccinum undatum* (eine Ascidie ?) fressend.
Abb. 9-3 Der (eine Ascidie ?) fressende Ophistobranchier *Marsenopsis mollis*.
Tab. 9-1 Stationstabelle der Phototransekte
Tab. 9-2 Stationstabelle der Ascidiensammlungen
Tab. 9-3 Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Molgula pedunculata*
Tab. 9-4 Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Ascidia challengerii*
Tab. 9-5 Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Corella eumyota*
Tab. 9-6 Versuchsdaten der Sauerstoffverbrauchsmessungen
Tab. 9-7 Daten der Wachstumsexperimente
Tab. 9-8 Daten der Besiedlungsexperimente

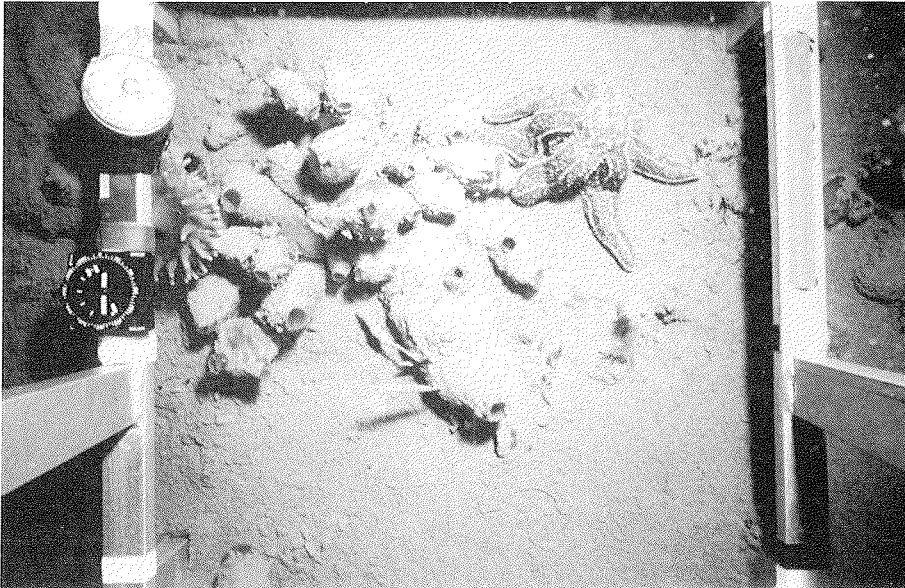


Abb. 9-1: Ein (eine Ascidie ?) fressender Seestern *Diplasterias brucei*. Ascidien: *Molgula pedunculata*, *Corella eumyota*, *Cnemidocarpa verrucosa*; Bryozoa, Anthozoa.

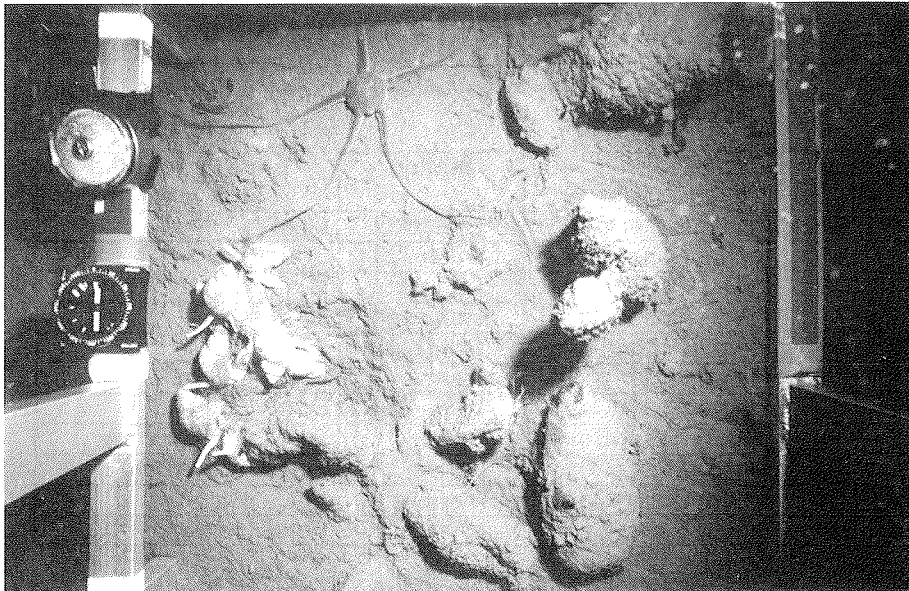


Abb. 9-2: Schnecken der Art *Neobuccinum undatum* (eine Ascidie ?) fressend. Ascidien: *Molgula pedunculata*, *Corella eumyota*, *Cnemidocarpa verrucosa*; Ophiuroidea: *Ophionotus victoriae*.

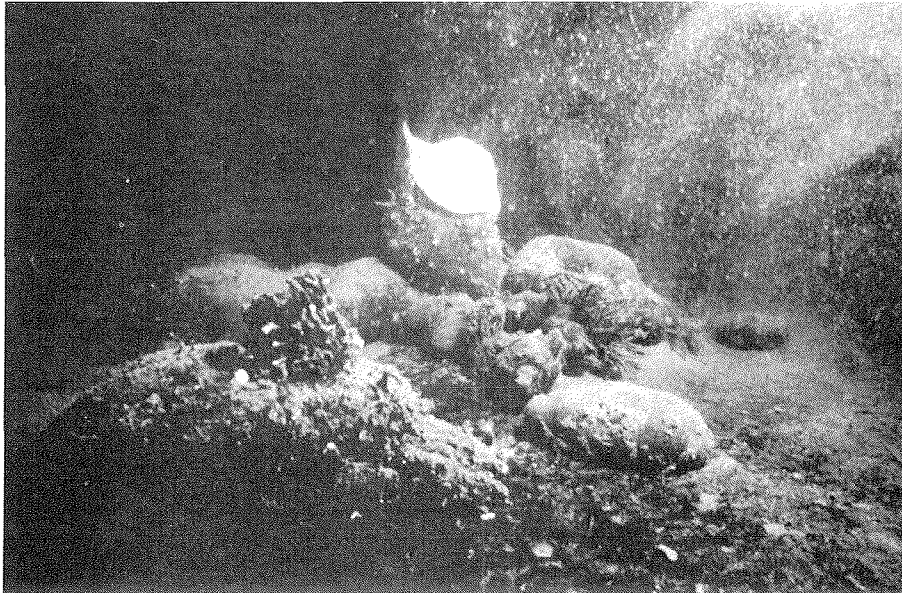


Abb. 9-3: Der Ophistobranchier *Marsenopsis mollis* (fressend ?) auf *Molgula pedunculata*. Der hohe Schwebstoffgehalt in der Wassersäule ist gut zu erkennen. (Foto: G. Mercuri)

Tab. 9-1: Stationstabelle der Phototransekte zur Bestimmung der Abundanz und der räumlichen Verteilung der Arten (Transekt I: vom Ufer aus nach Norden hin zu Station I ($62^{\circ}14'S$, $58^{\circ}40'W$), Transekt II: parallel zu Transekt I, um etwa 600 m nach Westen versetzt)

Datum	Gebiet	Station	photographierte Tiefenstufen
9/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	20 m
17/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	5 m, 10 m
18/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	10 m, 15 m
19/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	15 m
20/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	20 m, 25 m
21/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	Fotos (25 m, 30 m)
25/12/93	innere Potter Cove	Transekt I	Fotos (35 m)
24/1/94	innere Potter Cove	Transekt II	Fotos (25 m, 20 m)
24/1/94	innere Potter Cove	Transekt II	Fotos (5 m, 10 m)
27/1/94	innere Potter Cove	Transekt II	Fotos (35 m)
1/2/94	innere Potter Cove	Transekt II	Fotos (15 m, 20 m)

Tab. 9-2: Stationstabelle der Ascidiensammlungen an und in der Nähe von Station I (62° 14'S, 58° 40'W) und die Zahl der gesammelten Exemplare von *Molgula pedunculata* (M.p.), *Ascidia challengerii* (A.c.) und *Corella eumyota* (C.e.).

Datum	Gebiet	Tiefe [m]	M. p. [Ind.]	C. e. [Ind.]	A. c. [Ind.]
5/11/95	innere Potter Cove	21	23	0	12
6/11/95	innere Potter Cove	22	24	8	18
16/11/95	innere Potter Cove	20	12	6	17
17/11/95	innere Potter Cove	20	21	3	13
22/11/95	innere Potter Cove	20	16	8	9
26/11/95	innere Potter Cove	19	25	7	10
27/11/95	innere Potter Cove	15	32	9	25
29/11/95	innere Potter Cove	22	21	14	16
9/12/95	innere Potter Cove	21	24	0	10
15/12/95	innere Potter Cove	23	12	5	9
20/12/95	innere Potter Cove	22	20	13	19
23/12/95	innere Potter Cove	25	9	9	16
31/12/95	innere Potter Cove	24	0	7	21
31/12/95	innere Potter Cove	24	4	14	12
14/1/96	innere Potter Cove	28	0	5	9
19/1/96	innere Potter Cove	25	10	12	7

Tab. 9-3: Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Molgula pedunculata* (n = 253)

Größenklasse GK	Von: (≥) [cm]	Bis: (<) [cm]	Anzahl	mittlere Höhe der Individuen [cm]
1	0,6	1,656	16	1,10
2	1,656	2,712	10	2,28
3	2,712	3,768	19	3,32
4	3,768	4,824	23	4,34
5	4,824	5,88	27	5,26
6	5,88	6,936	22	6,35
7	6,936	7,992	24	7,21
8	7,992	9,048	29	8,40
9	9,048	10,104	18	9,56
10	10,104	11,16	23	10,65
11	11,16	12,216	8	11,83
12	12,216	13,272	10	12,78
13	13,272	14,328	6	13,70
14	14,328	15,384	7	14,8
15	15,384	16,44	6	15,73
16	16,44	17,496	2	16,65
17	17,496	18,552	1	18,4
18	18,552	19,608	1	19
19	19,608	20,664	0	0
20	20,664	21,72	0	0
21	21,72	22,776	0	0
22	22,776	23,832	0	0
23	23,832	24,888	0	0
24	24,888	25,944	0	0
25	25,944	27	1	26

Tab. 9-4: Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Ascidia challengeri* (n = 223)

Größenklasse GK	Von: (≥) [cm]	Bis: (<) [cm]	Anzahl	mittlere Höhe der Individuen [cm]
1	1,3	1,788	3	1,43
2	1,788	2,276	4	2,15
3	2,276	2,764	8	2,55
4	2,764	3,252	10	3,00
5	3,252	3,74	2	3,65
6	3,74	4,228	6	3,95
7	4,228	4,716	9	4,50
8	4,716	5,204	11	5,01
9	5,204	5,692	7	5,46
10	5,692	6,18	14	5,88
11	6,18	6,668	13	6,44
12	6,668	7,156	18	6,87
13	7,156	7,644	15	7,41
14	7,644	8,132	15	7,97
15	8,132	8,62	22	8,43
16	8,62	9,108	16	8,92
17	9,108	9,596	14	9,39
18	9,596	10,084	10	9,79
19	10,084	10,572	9	10,34
20	10,572	11,06	9	10,79
21	11,06	11,548	4	11,38
22	11,548	12,036	2	12,00
23	12,036	12,524	2	12,40
24	12,524	13,012	0	0
25	13,012	13,5	0	0

Tab. 9-5: Größenklassen der gesammelten Exemplare von *Corella eumyota* (n = 120)

Größenklasse GK	Von: (\geq) [cm]	Bis: ($<$) [cm]	Anzahl	mittlere Höhe der Individuen [cm]
1	2,5	3,26	1	2,50
2	3,26	4,02	3	3,60
3	4,02	4,78	0	0
4	4,78	5,54	2	5,10
5	5,54	6,3	1	6,10
6	6,3	7,06	0	0
7	7,06	7,82	1	7,80
8	7,82	8,58	4	8,33
9	8,58	9,34	4	9,08
10	9,34	10,1	7	9,77
11	10,1	10,86	8	10,54
12	10,86	11,62	14	11,18
13	11,62	12,38	17	11,96
14	12,38	13,14	13	12,72
15	13,14	13,9	10	13,42
16	13,9	14,66	10	14,25
17	14,66	15,42	4	14,93
18	15,42	16,18	6	15,77
19	16,18	16,94	6	16,52
20	16,94	17,7	2	17,05
21	17,7	18,46	1	17,70
22	18,46	19,22	3	18,90
23	19,22	19,98	2	19,70
24	19,98	20,74	1	20,5
25	20,74	21,5	0	0

Tab. 9-6 Versuchsdaten der Sauerstoffverbrauchsmessungen an den drei Arten *Molgula pedunculata* (Mp), *Ascidia challengerii* (Ac) und *Corella eumyota* (Ce). (Angabe sind die Versuchsdauer (t), Versuchstemperatur (T), Tiervolumen (V_T), Meßkammervolumen V_M), Volumen der Referenzkammer (V_R), Sauerstoffverbrauch (Q_i))

Datum	Art	Gewicht [g TG]	Ver-such	t [h]	T [°C]	V_T [l]	V_M [l]	V_R [l]	Q_i [mg O ₂ /l]
9.12.95	Mp	4,8519	H	20	1,5	0,049	3,198	3,245	0,328
11.12.95	Mp	4,8519	H	12	1,5	0,049	3,198	3,245	keine Daten
	Mp	4,8519	D	5	1,5	0,049	3,198	3,245	keine Daten
13.12.95	Ce	11,529	H	14	1,5	0,709	4,295	4,26	0,738
17.12.95	Mp	2,6449	H	13,8	1,5	0,011	4,295	4,26	0,204
20.12.95	Mp	4,02	H	18	1,5	0,039	3,198	3,245	0,28
22.12.95	Mp	4,02	H	4	1,4	0,039	3,198	3,245	0,291
	Mp	4,02	H	4	1,5	0,039	3,198	3,245	0,285
	Mp	4,02	H	3	2,8	0,039	3,198	3,245	0,328
	Mp	4,02	H	3	3,5	0,039	3,198	3,245	0,346
23.12.95	Mp	7,473	H	8	1,5	0,113	4,295	4,26	0,398
23.12.95	Ce	11,529	H	4	1,5	0,709	4,295	4,26	0,732
	Ce	11,529	D	4	1,5	0,709	4,295	4,26	0,733
24.12.95	Mp	7,473	H	4	1,5	0,113	4,295	4,26	0,398
	Mp	7,473	D	6	1,5	0,113	4,295	4,26	0,491
24.12.95	Ce	4,471	H	5	1,5	0,218	4,295	4,26	0,376
25.12.95	Ce	11,87	H	6	1,5	0,522	4,295	4,26	0,701
25.12.95	Ce	11,87	H	3	1,5	0,522	4,295	4,26	0,703
	Ce	11,87	D	2	1,5	0,522	4,295	4,26	0,702
25.12.95	Ac	7,0454	H	4,7	1,5	0,432	4,295	4,26	0,429
26.12.95	Ac	7,0454	H	4	1,5	0,432	4,295	4,26	keine Daten
	Ac	7,0454	D	7	1,5	0,432	4,295	4,26	keine Daten
27.12.95	Ac	7,0454	H	3	1,7	0,432	4,295	4,26	0,291
	Ac	8,0454	H	2	2,5	0,432	4,295	4,26	0,34
	Ac	9,0454	H	1	2,6	0,432	4,295	4,26	0,308
	Ac	10,045	H	1	3	0,432	4,295	4,26	0,346
29.12.95	Ce	4,0447	H	10	1,5	0,233	4,295	4,26	0,343
30.12.95	Ac	5,9049	H	6	1,5	1,24	4,295	4,26	0,389
31.12.95	Ce	4,0447	H	4	1,5	0,233	4,295	4,26	0,31
	Ce	4,0447	D	3	1,5	0,233	4,295	4,26	0,309
31.12.95	Ce	4,0447	H	3	1,5	0,233	4,295	4,26	0,314
	Ce	4,0447	H	3	1,8	0,233	4,295	4,26	0,314
	Ce	4,0447	H	2	2,5	0,233	4,295	4,26	0,341
31.12.95	Ac	5,9049	H	4	1,5	0,18	4,295	4,26	0,39
	Ac	5,9049	D	3,8		0,18	4,295	4,26	0,391
2.1.96	Mp	7,6289	H	7	1,5	0,124	3,198	3,245	0,397
4.1.96	Mp	7,6289	H	4	1,5	0,124	3,198	3,245	0,397
	Mp	7,6289	D	4	1,5	0,124	3,198	3,245	0,49
5.1.96	Ac	4,5345	H	9,2	1,5	0,214	3,198	3,245	0,34
9.1.96	Ac	7,9989	H	6,2	1,5	0,327	3,198	3,245	0,486
16.1.96	Mp	4,3139	H	12	1,5	0,031	3,198	3,245	0,285
17.1.96	Mp	2,5586	H	4	1,5	0,203	3,198	3,245	0,171
	Mp	2,5586	D	6	1,5	0,203	3,198	3,245	0,217

Tab. 9-7: Wachstumsexperimente: Angegeben sind die aschefreie Trockengewichte (AFTG) beim Einsetzen der Ascidien, nach einem Monat und nach drei Monaten. (Temperatur = 1 - 3°C, Salinität: 34 ‰)

Art	Eingesetzt am:	Gewicht beim Einsetzen [g AFTG]	Gewicht am 19.1.1996 [g AFTG]	Gewicht am 10.3.1996 [g AFTG]
<i>A. challengeri</i>	17.12.1995	0,226	0,292	0,265
<i>A. challengeri</i>	14.12.1995	0,907	0,938	0,948
<i>A. challengeri</i>	17.12.1995	0,925	0,957	0,966
<i>A. challengeri</i>	14.12.1995	0,806	0,865	0,870
<i>A. challengeri</i>	17.12.1995	1,412	1,462	1,478
<i>A. challengeri</i>	14.12.1995	0,459	0,503	0,536
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	1,965	1,981	1,991
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	1,684	1,740	1,753
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	1,712	-	-
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	2,862	2,829	2,843
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	2,069	2,109	2,133
<i>C. eumyota</i>	13.12.1995	2,344	2,358	2,358
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,401	-	-
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,418	0,422	0,429
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,342	-	-
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,164	0,165	0,169
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,409	-	-
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,420	-	-
<i>M. pedunculata</i>	13.12.1995	0,462	-	-

Tab. 9-8 Gewichte, Höhen und Breiten der auf den künstlichen Hartsubstraten von RAUSCHERT (1991) gefundenen Ascidien.

Art	Masse [g FG]	Höhe [cm]	Breite [cm]	Art	Masse [g FG]	Höhe [cm]	Breite [cm]
<i>M. pedunculata</i>	0,058	1	0,7	<i>C. eumyota</i>	32,64	11,5	6,5
<i>M. pedunculata</i>	0,872	2,2	1,4	<i>C. eumyota</i>	33,55	9,8	5,3
<i>M. pedunculata</i>	0,886	2,7	1,5	<i>C. eumyota</i>	33,59	11,3	5,2
<i>M. pedunculata</i>	1,237	2,5	1,3	<i>C. eumyota</i>	35,65	10,5	5
<i>M. pedunculata</i>	1,65	2,5	1,7	<i>C. eumyota</i>	40,09	12,4	5,6
<i>M. pedunculata</i>	1,682	4,2	2,4	<i>C. eumyota</i>	42,02	11,8	6
<i>M. pedunculata</i>	2,143	5,1	3,4	<i>C. eumyota</i>	43,39	11,3	6,1
<i>M. pedunculata</i>	2,441	6,1	3,4	<i>C. eumyota</i>	45,07	11,7	6,9
<i>M. pedunculata</i>	2,71	4,1	3,2	<i>C. eumyota</i>	45,45	12,8	6,8
<i>M. pedunculata</i>	2,974	4	2,5	<i>C. eumyota</i>	74,84	14,4	7,8
<i>M. pedunculata</i>	3,586	5,5	3,4	<i>A. challengerii</i>	0,386	1,5	1
<i>M. pedunculata</i>	4,105	5,5	2,9	<i>A. challengerii</i>	0,656	2,4	1,5
<i>M. pedunculata</i>	4,185	8,1	3,8	<i>A. challengerii</i>	0,791	1,5	1,2
<i>M. pedunculata</i>	4,351	6,6	4	<i>A. challengerii</i>	1,293	2,1	1,4
<i>M. pedunculata</i>	5,214	7,4	3,4	<i>A. challengerii</i>	1,434	2,1	1,5
<i>M. pedunculata</i>	5,747	5,5	2,6	<i>A. challengerii</i>	1,45	2,6	1,3
<i>M. pedunculata</i>	5,831	5	3,5	<i>A. challengerii</i>	1,485	2,2	1,5
<i>M. pedunculata</i>	7,183	8,5	3,5	<i>A. challengerii</i>	1,527	2,2	1,4
<i>M. pedunculata</i>	7,913	8,5	3,3	<i>A. challengerii</i>	1,611	2,6	1,9
<i>M. pedunculata</i>	8,584	6,9	3,8	<i>A. challengerii</i>	1,693	2,8	1,5
<i>M. pedunculata</i>	11,1	10,5	4,4	<i>A. challengerii</i>	1,699	2,3	1,6
<i>M. pedunculata</i>	13,04	10,5	6,7	<i>A. challengerii</i>	2,029	2,7	1,3
<i>M. pedunculata</i>	13,11	7,9	4,8	<i>A. challengerii</i>	2,137	2,5	1,6
<i>M. pedunculata</i>	13,79	15,7	7	<i>A. challengerii</i>	2,183	3	1,8
<i>M. pedunculata</i>	16,99	10,9	4,9	<i>A. challengerii</i>	2,778	2,7	1,8
<i>M. pedunculata</i>	23,83	21	7,1	<i>A. challengerii</i>	2,915	2,8	1,7
<i>M. pedunculata</i>	23,97	15,1	7,6	<i>A. challengerii</i>	2,917	3,6	2,2
<i>M. pedunculata</i>	26,96	11,5	6,2	<i>A. challengerii</i>	3,13	3,1	1,7
<i>M. pedunculata</i>	28,23	15,7	8,2	<i>A. challengerii</i>	3,295	3	1,9
<i>M. pedunculata</i>	29,71	22,8	7	<i>A. challengerii</i>	3,983	4,5	2,6
<i>M. pedunculata</i>	33,92	15,3	6,7	<i>A. challengerii</i>	4,294	3,8	2,1
<i>M. pedunculata</i>	34,4	14,3	7	<i>A. challengerii</i>	4,404	3,9	2,3
<i>M. pedunculata</i>	39,23	11,3	7,5	<i>A. challengerii</i>	4,792	4,5	2,3
<i>M. pedunculata</i>	39,33	13,9	7,3	<i>A. challengerii</i>	4,818	3	2,4
<i>M. pedunculata</i>	42,73	14		<i>A. challengerii</i>	5,144	3,9	2,3
<i>M. pedunculata</i>	43,19	11	6,8	<i>A. challengerii</i>	6,138	4,2	2,5
<i>M. pedunculata</i>	43,99	19	8,1	<i>A. challengerii</i>	6,418	5	3
<i>C. eumyota</i>	0,982	2,5	1,5	<i>A. challengerii</i>	6,847	4,9	2,7
<i>C. eumyota</i>	3,084	3,6	2,3	<i>A. challengerii</i>	7,223	4,3	2,4
<i>C. eumyota</i>	4,041	3,8	2,1	<i>A. challengerii</i>	7,575	5	3,5
<i>C. eumyota</i>	8,16	6,1	4	<i>A. challengerii</i>	8,104	4,5	2,9
<i>C. eumyota</i>	15,04	8,3	4,5	<i>A. challengerii</i>	8,504	5,2	3
<i>C. eumyota</i>	17,02	9,3	4,7	<i>A. challengerii</i>	8,541	5,2	3
<i>C. eumyota</i>	17,44	7,8	4,4	<i>A. challengerii</i>	8,978	4,8	3
<i>C. eumyota</i>	27,44	9,5	5,1	<i>A. challengerii</i>	9,136	5	2,9

Tab. 9-8: (Fortsetzung)

Art	Masse [g FG]	Höhe [cm]	Breite [cm]	Art	Masse [g FG]	Höhe [cm]	Breite [cm]
<i>A. challenger</i>	9,753	4,7	2,8	<i>A. challenger</i>	13,28	5,8	3,5
<i>A. challenger</i>	11,21	5	2,7	<i>A. challenger</i>	13,65	5,7	3,2
<i>A. challenger</i>	12,3	4,7	2,7	<i>A. challenger</i>	15,68	6,6	3,5
<i>A. challenger</i>	12,61	5,4	3,3	<i>A. challenger</i>	16,07	5,9	3,6
<i>A. challenger</i>	13,01	6,8	4,1	<i>A. challenger</i>	16,94	7,5	4
<i>A. challenger</i>	13,08	5,5	3,1	<i>A. challenger</i>	18,79	7	4,5

