

**Zur Verbreitung und Ökologie der See-
gurken (Holothuroidea, Echinodermata)
im Weddellmeer (Antarktis)**

**On the Distribution and Ecology of Sea
Cucumbers (Holothuroidea, Echinodermata)
in the Weddell Sea (Antarctica)**

Julian Gutt

Inhalt

Zusammenfassung	1
Summary	3
1. Einleitung	4
2. Untersuchungsgebiet	7
2.1 Bodentopographie und Eisbedeckung.....	7
2.2 Hydrographie	7
2.3 Sedimente	9
2.4 Primärproduktion und Sedimentation	9
3. Material und Methoden	10
3.1 Stationsübersicht	10
3.2 Fanggeräte	10
3.2.1 Agassiz-Trawl	10
3.2.2 Dredge	16
3.2.3 Grundsleppnetz	16
3.3 Auswertung der Artenzusammensetzungen.....	16
3.3.1 Clusteranalyse	16
3.3.2 Berechnung von Diversität und Gleichmäßigkeit	17
3.4 Unterwasserfotografie	18
3.4.1 Unterwasserkamera	18
3.4.2 Auswertung der Bilder vom Meeresboden.....	18
3.5 Konservierung der Proben	19
3.6 Präparation der Tiere	20
4. Artenliste	21
5. Ergebnisse	26
5.1 Geographische Verbreitung der Arten.....	26
5.2 Tiefenzonierung der Arten	32
5.3 Ergebnisse der Clusteranalysen	35
5.4 Analyse der aufgestellten Stationscluster	40
5.5 Analyse der Verteilung häufiger Arten	42
5.6 Auswertung der Unterwasserfotos.....	43
5.6.1 Verteilungsmuster von <i>Achlyonice</i> spec. I und <i>Elpidia glacialis</i>	44
5.6.2 Bewegungsrichtung von <i>Achlyonice</i> spec. I und <i>Elpidia glacialis</i>	46
5.6.3 Auswertung der Bodenbesiedlung auf den Unterwasserfotos	48
6. Diskussion	58
6.1 Artenzusammensetzungen.....	58
6.2 Verbreitung und Lebensweise der einzelnen Arten.....	60
6.3 UW- Fotografie als Methode für die tiergeographisch - ökologischen Untersuchungen	70
6.4 Vergleich der Artenzusammensetzungen im Weddellmeer mit benachbarten Gebieten.....	71
7. Literatur	79
8. Danksagung	87

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Artenzusammensetzung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer beschrieben und interpretiert. Dazu wurden die Holothurien aus 52 Stationen auf dem südlichen und östlichen Schelf aus Bodentierfängen quantitativ aussortiert und bestimmt. Das Probenmaterial stammt von den Expeditionen ANT I, ANT II und ANT III mit FS "Polarstern" aus den Jahren 1983, 1984 und 1985. Die verwendeten Fanggeräte waren Agassiz-Trawl, Grundschleppnetz und Kastendredge. Das Gesamtmaterial umfaßt 26833 Individuen. Sie gehören 34 Arten, 22 Gattungen und 7 Familien aus 5 Ordnungen an. Davon sind 9 Spezies und 2 Gattungen bisher in der Literatur nicht beschrieben. Die Wassertiefen der beprobten Stationen lagen zwischen 160 und 1180m.

Mit Hilfe der Clusteranalyse konnten zwei Artengruppen aufgrund unterschiedlicher Verbreitung voneinander abgegrenzt werden. Eine von ihnen faßt die meisten Spezies, die den Aspidochirotida und Elaspodida angehören, zusammen. Die häufigsten von ihnen sind: Scotoplanes globosa, Achlyonice spec. I und Bathyploetes moseleyi. Es kommen zwei zur Infauna zu rechnende dendrochirote Holothurien hinzu: Psolidium incertum und Trachythone parva. Diese alle sind durch ihre Lebensweise an Weichböden gebunden. Somit kommen sie überwiegend am Fuß der Antarktischen Halbinsel, in der Gould Bay und im Filchner-Graben vor.

Die andere Artengruppe besteht vornehmlich aus den übrigen Spezies der Dendrochirotida und einzelnen Vertretern der restlichen Ordnungen. Sie gehören in ihrer Mehrzahl zur Epifauna und sind im übrigen Untersuchungsgebiet außerhalb der Weichbodenareale vorherrschend. Diese Gebiete zeichnen sich durch höhere Diversitäten sowie höhere Artenzahlen aus und sind flacher als die Weichbodenbereiche. Als Substrat für die Seegurken kommen hier Sand- und Hartboden sowie biogene Strukturen (Schwämme, Bryozoen und Hydroidea) vor. In den Regionen mit Sand- und Hartboden gibt es außerdem eine Gruppe von Stationen, die in ihrer Artenzusammensetzung eine gewisse Ähnlichkeit mit den Weichbodengebieten zeigen. Es handelt sich dabei um die Regionen vor dem Filchner-Rönne-Schelfeis und südlich vom Vestkapp. Alle übrigen Bereiche (Atka-Bucht bis Vestkapp und Halley Bay bis Vahsel-Bucht) lassen sich deutlicher von den Weichbodenarealen abgrenzen.

Mit Hilfe der Unterwasserfotografie ließen sich für zwei Arten (Achlyonice spec. I und Elpidia glacialis) auf zwei Stationen in der Gould Bay kleinräumig absolute Abundanz ermitteln. Ihre maximalen Dichten betragen bei stark geklumpten Verteilungsmustern 26, bzw. 32 Individuen pro m². Auf insgesamt 21 Positionen wurden mit dieser Methode Informationen zur Lebensweise der identifizierbaren Arten gesammelt. Außerdem ließen sich aus den Aufnahmen Umweltparameter wie Bodenbedeckungsgrad mit Begleitfauna und Sedimentbeschaffenheit ermitteln.

Aufgrund morphologischer Merkmale und Informationen auf den Unterwasserfotos konnten für viele Arten erstmalig verschiedene ökologische Nischen beschrieben werden. Das verallgemeinernde Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Einteilung der antarktischen Seegurken in 6 Gruppen. Danach gibt es Arten mit verschiedenen eingegrabenen Lebensweisen, auf der Sedimentoberfläche lebende sessile und vagile Formen sowie epizoische Arten.

Die allgemein als Flachwasserbewohner bekannten Dendrochirotida kommen in allen Tiefenstufen des Schelfs (bis 600m) und teilweise auch tiefer vor. Die meisten erbeuteten Tiefseeformen sind im Weddellmeer auch auf dem Schelf vertreten, ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt jedoch jenseits der 600m-Tiefenlinie.

Ein Vergleich der bekannten Arten aus dem Weddellmeer mit denen aus der Ostantarktis und dem Gebiet um die Antarktische Halbinsel zeigt eine gute Übereinstimmung für den Tiefenbereich zwischen 160 und 700m. Um die Halbinsel gibt es zusätzlich

Arten, die dort bisher nur in Tiefen bis 100m gefunden wurden. Im Weddellmeer gibt es solche flachen Schelfgebiete nicht, so daß diese Spezies dort auch nicht zu erwarten sind.

Summary

The thesis describes species composition and ecology of holothurians in the Weddell Sea. Specimens were obtained from 52 stations along the shelf in the eastern and southern Weddell Sea. The samples were collected during the "Polarstern" cruises ANT I, ANT II and ANT III of 1983, 1984 and 1985 respectively, using an Agassiz trawl, bottom trawl and box dredge. A total of 26833 specimens, belonging to 34 species, 22 genera, 7 families and 5 orders were collected. Nine species and two genera will be newly described.

Two distinct species groups showing different distributions, were identified by cluster analysis. In the first group, the majority of species belongs to the Aspidochirotacea and Elaspodida. The most abundant are Scotoplanes globosa, Achlyonice spec. I and Bathypotes moselevi. Also included here are Psolidium incertum and Trachythyone parva which belong to the infauna and are dendrochirote holothurians. All the above are adapted to soft bottoms and are thus mainly found at the base of the Antarctic Peninsula, in the Gould Bay area and in the Filchner Trench.

The other group consists mainly of species belonging to the Dendrochirotida and individual representatives of the remaining orders. The majority belong to the epifauna and thus occupy habitats other than the soft bottoms. This group maintains a higher species diversity, has a preference for shallower depth and has more species than the soft bottom group. Substrates inhabited by the second group are sand, hard bottom and biogenic structures (Sponges, Bryozoans and Hydroidea). A group of stations in the region of the Filchner-Ronne Iceshelf and south of Vestkapp, of the hard bottom type, does however have a species composition similar to the soft bottom type. All remaining regions (Atka Bay to Vestkapp and Halley Bay to Vahsel Bay) are clearly distinguishable from the soft bottom regions.

By means of underwater photography it was possible to determine absolute abundance for two species (Achlyonice spec. I and Elpidia glacialis) at two stations in the Gould Bay. Maximum densities with clumped distribution patterns were 26 and 32 individuals per m², respectively. Furthermore, it was possible to observe the behaviour of identifiable species at 21 photographic stations. The photography was also useful to determine the presence of other faunistic elements as well as sediment type and texture.

A description of the different ecological niches of several holothurians was for the first time possible using morphological features together with information obtained from the underwater photographs. The general result of this investigation is the allocation of the Antarctic holothurians into six different groups. These include species with different burrowing habits, sessil species living on the sediment surface, vagile forms and some which have an epizoid habit.

The Dendrochirotida, commonly regarded as shallow water forms, were found on the shelf down to depth of 600m and more. Conversely, most of the deep sea species were also represented on the shallower shelf of the Weddell Sea, although the main area of their distribution was below 600m.

A comparison of the Weddell Sea species with those from East Antarctica and the area around the Antarctic Peninsula revealed close similarities for the depth range between 160 and 700m. Additional species occur in the vicinity of the Peninsula. These have only been found to depth of 100m. The Weddell Sea does not have such shallow water areas.

1. Einleitung

Erste umfangreiche Bodentieruntersuchungen im Weddellmeer brachten im Jahre 1983 einige reichhaltige Fänge an Bord, die zu mehr als der Hälfte aus Seegurken bestanden. Eine so hohe relative Abundanz von Holothurien in der Antarktis war bis dahin nicht bekannt. In allen anderen Fängen war diese Tiergruppe ebenfalls präsent und stellte unterschiedliche Anteile am erbeuteten biologischen Material. Ausgangspunkt für diese Arbeit ist die Frage, welche Artenzusammensetzung und Verbreitung die Seegurken im Weddellmeer aufweisen und ob sich Beziehungen zu den Umweltbedingungen nachweisen lassen. Die Untersuchungen beschränken sich im wesentlichen auf die Schelfgebiete mit Tiefen zwischen 160 und ca. 600m. Hier sind weitaus mehr benthische Organismen zu erwarten als im zentralen Weddellmeer, das zur Tiefsee gehört.

Dem Benthos, zu dem die antarktischen Holothurien ausschließlich gehören, gilt seit mehr als hundert Jahren das Interesse von Naturforschern, die sich mit der Biologie der Antarktis beschäftigten. Während vieler Expeditionen wurden Bodentiere mittels Dredgen, Netzen und Bodengreifern erbeutet. Alle wichtigen Aktivitäten solcher Art hat DELL (1972) zusammengestellt. Das Material diente in den meisten Fällen taxonomischen Studien auf der Grundlage der Morphologie. Spezialisten verfaßten umfangreiche taxonomische Werke oder einzelne Publikationen, die sich mit der Neubeschreibung von Arten aus regional begrenzten Gebieten beschäftigten. Diese Veröffentlichungen stehen aus heutiger Sicht auf qualitativ sehr unterschiedlichen Stufen. Einige von ihnen sind wertvolle Grundlage für weitere Untersuchungen, andere erzeugen ein hohes Maß an Verwirrung, nach manchen Expeditionen fand sich kein Interessent für eine bestimmte Tiergruppe. Dies gilt z.B. für den größten Teil der Seegurken, die während der Discovery-Expedition (1929-1931) gesammelt wurden und bis heute unbearbeitet blieben. Ökologische Untersuchungen, deren Schwerpunkt die Verteilung und Artenzusammensetzung antarktischer Seegurken ist, fehlen bisher.

Nach DELL (1972) sind die bisherigen Kenntnisse zur Tiergeographie der antarktischen Holothurien gering. Eine von PAWSON (1969 a) aus Literaturangaben zusammengestellte Verbreitungskarte zeigt im Weddellmeer und den meisten anderen Gebieten keine Eintragungen. Der Grund hierfür ist offensichtlich die Tatsache, daß nur sehr wenig Material bearbeitet wurde. Andere Tiergruppen, so z.B. die Seesterne, zeigen in gleichen Verbreitungskarten deutlich mehr Fundorte (FELL & DAWSEY 1969). Die Gebiete um die Antarktische Halbinsel, die Südspitze Südamerikas und die subantarktischen Inseln scheinen dagegen auch für Holothurien relativ gut untersucht zu sein.

Trotz dieses geringen Kenntnisstandes enthalten die bisherigen Untersuchungen einige vorläufige Informationen zur allgemeinen Verbreitung der Seegurken in der Antarktis:

1. EKMAN (1925) findet einen deutlichen Unterschied zwischen der Holothurienfauna im Gebiet um die Südspitze Südamerikas und dem Bereich der Antarktischen Halbinsel.
2. Der Prozentsatz für die Antarktis endemischer Seegurkenarten liegt zwischen 58 und 79% (DELL 1972). Ähnlich hohe Anteile sind auch innerhalb anderer benthischer Tiergruppen bekannt.
3. Die in der Antarktis vorkommenden Seegurken scheinen circumpolar verbreitet zu sein (DELL 1972).
4. Typische Tiefseeholothurien dringen in die Flachwassergebiete der Antarktis vor (BULLIVANT 1967, DAYTON & OLIVIER 1977, PICKEN 1985).
5. Untersuchungen aus anderen Gebieten der Antarktis, die das erbeutete benthische Material in höhere Taxa aufgliedern, zeigen für Seegurken nur einen geringen prozentualen Anteil (JAZDZEWSKI 1986).
6. Parallel zu der hier vorliegenden Arbeit wurde das gesamte Benthos des östlichen und südlichen Weddellmeeres (VOSS 1987) unter verbreitungsökologischen

Gesichtspunkten bearbeitet. Die Ergebnisse zeigen im Gegensatz zu den oben genannten, daß Seegurken in bestimmten hochantarktischen Schelfgebieten einen Anteil von bis zu 90% am gesamten erbeuteten Benthos darstellen.

7. Ergebnisse von Magenuntersuchungen an Robben und Fischen lassen erkennen, daß Seegurken als Nahrung für diese Tiere keine Rolle spielen (ORITSLAND 1974, ARNAUD 1977, SCHWARZBACH 1987).

Diese allgemeinen und teilweise unsicheren Erkenntnisse sind Ausgangspunkt für die hier vorgelegte Bearbeitung der Seegurken des südlichen und östlichen Weddellmeeres. Das Ergebnis der aufgestellten Frage nach der Artenzusammensetzung soll Aufschluß darüber geben, ob ein gleichmäßiges Artenspektrum innerhalb des Untersuchungsgebietes zu beobachten ist, oder ob für bestimmte Spezies Verbreitungsschwerpunkte vorliegen. Im Falle unregelmäßigen Vorkommens muß geprüft werden, inwieweit bekannte Faktoren ein Ausbleiben oder häufiges Auftreten bedingen können.

Eine Voraussetzung für das erfolgreiche Vorkommen einer Art ist das Vorhandensein einer bestimmten ökologischen Nische, die zu einem gewissen Zeitpunkt der Evolution nicht besetzt war. Diese Nische ist durch biologische Interaktionen und abiotische Parameter charakterisiert. Sie wird von TISCHLER (1979) als "Wirkungsfeld einer Art" und von HUTCHINSON (1965) als "funktioneller Status eines Organismus in seiner Gemeinschaft" beschrieben. Auch der Konkurrenzkampf um die bestmögliche Anpassung an die gegebenen Verhältnisse ist dabei zu berücksichtigen (ODUM 1980, REMMERT 1980). Für antarktische Seegurken ist zur Zeit nur eine begrenzte Menge der Faktoren bekannt, die ihr optimales Vorkommen bedingen. Trotzdem sollen, soweit wie möglich, anhand von bekannten Informationen und eigenen Beobachtungen die unterschiedlichen Nischen der Arten charakterisiert werden. Dadurch lassen sich sowohl Präsenzen, als auch das Fehlen von Arten unter den gegebenen Bedingungen erklären. Somit werden allgemeine Schlüsse zur Verbreitung der Seegurken in der Antarktis möglich. Zu folgenden Aspekten der Biologie der Holothurien liegen mir Informationen vor:

- geographische Verbreitung der Arten.
- Funktionsmorphologie
- Ernährung
- Lebensweise

Ferner stehen Informationen zu Wassertiefe, der Strömung, den Wassermassen, der jahreszeitlichen Eisbedeckung, dem Sediment und dem Substrat, auf dem die Tiere leben, zur Verfügung.

Interessant ist die Frage nach der Abundanz typischer Tiefseeformen. Innerhalb der Klasse der Holothurien gibt es nämlich sowohl Ordnungen, deren Vertreter in großen Tiefen besonders häufig sind, als auch solche, die sich weltweit auf den Schelfgebieten erfolgreich entwickelt haben (THEEL 1886, HYMAN 1955). Die Seegurken sind also eine Tiergruppe, an der sich das allgemeine Auftreten von Tiefseespezies in den Flachwasserbereichen der Antarktis besonders gut untersuchen läßt.

Es gilt auch festzustellen, bis in welche Wassertiefen die Arten vorkommen, die als typische Schelfbewohner bezeichnet werden. Der antarktische Schelf ist nämlich bis zu 600m tief (CARMACK & FORSTER 1977), worin er sich von den 200 - 300m tiefen Kontinentalsockeln fast aller übrigen Landmassen unterscheidet.

Unter den besonderen produktionsbiologischen und ozeanographischen Verhältnissen des Weddellmeeres stellt sich neben der Frage nach der relativen auch die nach der absoluten Häufigkeit der Seegurken. Eine befriedigende Antwort darauf können die konventionellen Fanggeräte wie das Agassiz-Trawl und das Grundschleppnetz nicht erbringen. Aus diesem Grund wurde versucht, die Unterwasserfotografie für eine kleinräumige Bestandsabschätzung der Holothurienfauna einzusetzen. Darüber hinaus können Fotos vom Meeresboden wertvolle Informationen zur Bodenbeschaffenheit, zur Biologie der zu untersuchenden Tiere selbst und zu ihrer belebten Umwelt erbringen.

Obwohl es in der Literatur keine umfassenden verbreitungsbiologischen Arbeiten zu antarktischen Seegurken gibt, soll trotzdem anhand von Literaturdaten auf der Basis von Artenpräsenzen versucht werden, die Theorie von der circumpolaren Verbreitung der Seegurken zu prüfen. Ein Vergleich zwischen den in dieser Arbeit erzielten Ergebnissen und Artenlisten, denen frühere Untersuchungen zugrunde liegen, soll zeigen, ob sich die oben genannten tiergeographischen Grundsätze aufrecht erhalten lassen. Es ist insbesondere zu prüfen, ob die Artenzusammensetzung im Weddellmeer mit der von EKMAN (1925) im Bereich der Antarktischen Halbinsel gefundenen übereinstimmt. HEMPEL (1985 a) gibt eine Zusammenfassung großräumiger Zonen in der Antarktis, die sich in ihrer Biologie voneinander unterscheiden. Danach gehört die Antarktische Halbinsel einer saisonalen Packeiszone an, die in diesem Gebiet von der Westwind- und der Ostwinddrift, sowie dem Weddell Wirbel beeinflusst wird. Sie zeichnet sich durch eine späte und sehr produktive Phytoplanktonblüte aus. Das Zooplankton ist deutlich beeinflusst von zwei sehr geklumpt verteilten Arten, dem Krill (Euphausia superba) und Salpa thompsoni. Das Weddellmeer hingegen ist zur Zone des permanenten Packeises im Bereich der Ostwinddrift und des Eisschelfwassers zu rechnen. Es ist die meiste Zeit des Jahres eisbedeckt, zeigt jedoch zeitlich und räumlich in unterschiedlichem Maß offene Wasserflächen. Die Primärproduktion kann hier sehr hoch sein und ist auf einen Zeitraum von wenigen Wochen begrenzt (v. BRÖCKEL 1985). BOYSEN-ENNEN (1987) und PIATKOWSKI (1987) beschreiben für das Weddellmeer drei voneinander zu trennende Zooplanktongemeinschaften. Deren Biomasse ist deutlich niedriger, als an der Antarktische Halbinsel. Der Krill spielt hier im freien Wasser nur eine geringe Rolle. Holothurien hängen hinsichtlich ihrer Ernährung direkt von dem in der Wassersäule oder im Meereis produziertem organischem Material ab. Daher ist zu prüfen, welchen Einfluß diese speziellen Umweltparameter im Weddellmeer auf sie haben.

2. Untersuchungsgebiet

Das Weddellmeer ist ein Nebenmeer im atlantischen Sektor des antarktischen Ringozeans. Seine Größe beträgt $2.3 \times 10^6 \text{ km}^2$ (CARMACK & FOSTER 1977). Bei dem Untersuchungsgebiet handelt es sich um einen schmalen, 2500 km langen Streifen entlang der Schelfeiskante von der Atka-Bucht über die Vahsel-Bucht bis zum Fuß der Halbinsel (Abb. 2.1).

2.1 Bodentopographie und Eisbedeckung

Die bis heute ausgewerteten Informationen zur Bodentopographie des Weddellmeeres sind in Abb. 2.1 wiedergegeben. Sie wurde nach VOSS (1987) angefertigt und beruht auf eigenen Daten, denen von KOHNEN (1981), KVINJE (1968) und der Admiralty chart No. 5011. Weitere Arbeiten zur Bathymetrie sind die von BEHREND (1962), JOHNSON *et al.* (1981) und WEGNER (1981). Entlang der nordöstlichen Küste hat der Kontinentalsockel eine Ausdehnung senkrecht zur Schelfeiskante von 0 - 100 Kilometer. Im Süden erstreckt er sich bis 500km nach Norden, wird jedoch durch den Filchner-Graben unterbrochen. Als Schelfkante wird die 600 Meter Tiefenlinie betrachtet (CARMACK & FOSTER 1977).

Während große Teile des Weddellmeeres über das ganze Jahr mit ein- oder mehrjährigem Packeis bedeckt sind, findet man an der östlichen und südlichen Küste offene Wasserflächen (Polynyen). Ihre Ausdehnung unterliegt starken jährlichen und saisonalen Schwankungen. Die Ausbreitung des Meereises ist in Karten von ZWALLY *et al.* (1979), MARTINSON *et al.* (1981) und STRÜBING (1982) dargestellt (siehe Abb. 2.1).

2.2 Hydrographie

HELLMER & BERSCH (1985) haben in einer umfassenden Publikation die Hydrographie des Weddellmeeres zusammengefaßt. Sie dient als wesentliche Grundlage für dieses Kapitel. Im folgenden gehe ich kurz auf die ozeanographischen Begebenheiten ein, die direkten oder indirekten Einfluß auf die Holothurienfauna haben können.

Das Untersuchungsgebiet ist durch drei unterschiedliche Wassermassen charakterisiert, von denen sich zwei für diese Arbeit zusammenfassen lassen:

1. Das Schelfwasser auf dem Schelf und das Eisschelfwasser zu beiden Seiten des Filchner-Grabens. Beide Wassermassen zeichnen sich durch niedrige Temperaturen (-1.6 bis -2.2°C) und hohen Sauerstoffgehalt aus.
2. Das Warme Tiefenwasser. Es handelt sich dabei um einen Bestandteil des großräumig in allen Ozeanen vorkommenden Tiefenwassers (DIETRICH *et al.* 1975). Es ist mit Temperaturen um 0.5°C relativ warm und sauerstoffarm. Im küstennahen Bereich des östlichen Weddellmeeres, wo dieses Warme Tiefenwasser an den Schelf heranreicht, liegt seine vertikale Begrenzung bei 800 bis 500m.

Die ozeanischen Strömungsverhältnisse im Weddellmeer werden wesentlich durch einen großen zyklonischen Wirbel bestimmt. Als Teil der Ostwinddrift setzt der Küstenstrom entlang des antarktischen Kontinents in südwestliche Richtung. Der südliche Schelf wird von einem zyklonischen System mit zwei Zentren beeinflusst (CARMACK & FORSTER 1977, ROBIN *et al.* 1983).

Die oben genannten Wassermassentransporte werden zusätzlich durch Gezeitenströme überlagert. Diese können z.B. vor der Filchner Station ($77^\circ\text{S } 50^\circ\text{W}$) mit bis zu 40cm s^{-1} teilweise erhebliche Geschwindigkeiten erreichen (ROBIN *et al.* 1983).

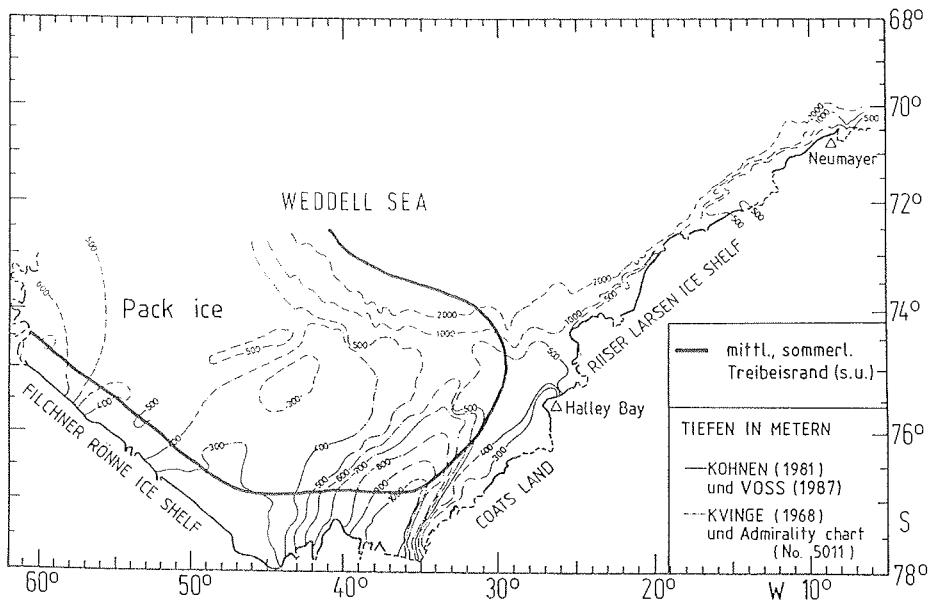


Abb. 2.1: Bathymetrie des Weddellmeeres mit mittlerem Treibeisrand. Tiefenlinien nach KVINGE (1968), Admiralty chart (No. 5011), Kohnen (1981) und VOSS (1987). Treibeisrand gemittelt aus den Jahren 1973-1982 nach STÜBING (1982).
Bathymetry of the Weddell Sea with mean pack ice edge. Depth lines according to authors above. Pack ice edge averaged from summer data 1973-1982.

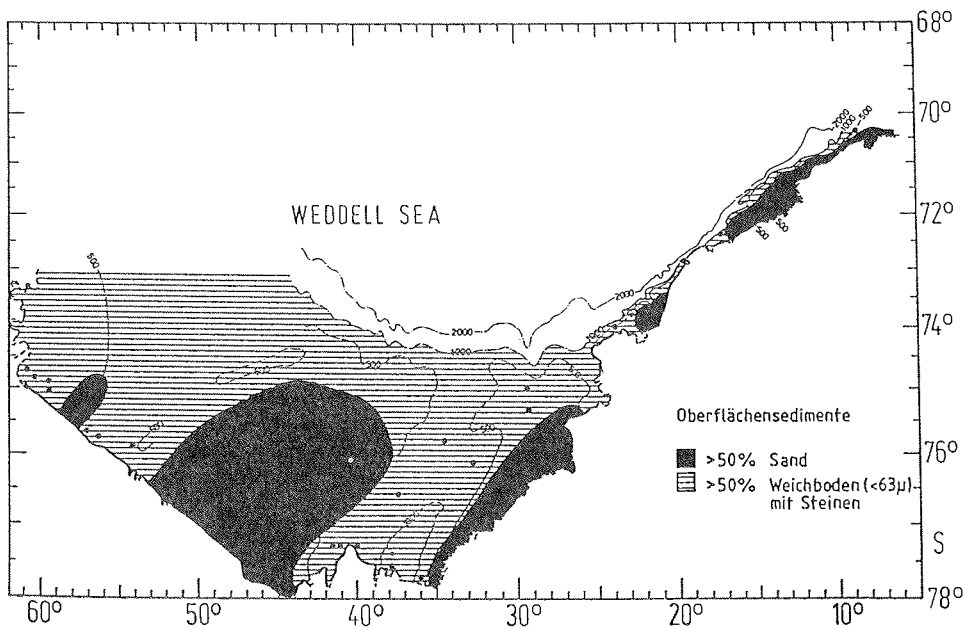


Abb. 2.2: Verteilung der Oberflächensedimente im Weddellmeer, Distribution of surface sediments in the Weddell Sea. aus/from VOSS (1982).

2.3 Sedimente

VOSS (1987) hat aus Arbeiten von ANDERSON (1972), ANDERSON *et al.* (1980), ANDERSON *et al.* (1983), ORHEIM & ELVERHOI (1980), ELVERHOI & ROALDSET (1983), HAASE (1986) und GROBE (1986) eine Übersichtskarte der Oberflächensedimente erstellt. Sie ist in Abb. 2.2 wiedergegeben.

Wesentliche Teile des Schelfs sind im Weddellmeer von Weichböden mit wechselnden Anteilen von Sand, Kies oder Steineinlagerungen bedeckt. Der Haupteintrag terrigener Sedimente erfolgt heute durch Gletschereisberge. Der Prozentsatz von Steinen am Sediment ist somit im Gebiet am Fuß der Antarktischen Halbinsel, sowie zwischen Halley Bay und der Vahsel-Bucht am größten.

Biogenes Substrat, wie Schwammnadelfilz und Bryozoenschill, findet sich hauptsächlich auf dem östlichen Schelf (VOSS 1987).

Eigene Beobachtungen mit Hilfe der Unterwasserfotografie bringen auf einigen Stationen direkte Informationen zur Beschaffenheit der Bodenoberfläche. Die Ergebnisse sind in Kapitel 5.6.3 beschrieben.

2.4 Primärproduktion und Sedimentation

Primärproduktion innerhalb der Wassersäule findet im Weddellmeer nur während einer kurzen Periode im Sommer statt. Sie ist begrenzt auf Gebiete, die zu dieser Zeit nicht vom Packeis bedeckt sind. Aus den von Jahr zu Jahr schwankenden Eisgrenzen muß sich daher eine unterschiedliche Gesamtproduktion ergeben.

Von BODUNGEN *et al.* (im Druck) beschreiben für küstennahe Stationen im Bereich Vestkapp sommerliche Primärproduktionsraten um $450 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Die Artenzusammensetzung im Phytoplankton änderte sich hier innerhalb von wenigen Wochen deutlich. Eine Übersicht weiterer Ergebnisse zur Primärproduktion hat von BRÖCKEL (1985) zusammengestellt.

Im Meereis findet eine ebenfalls stark schwankende Primärproduktion statt (HORNER 1985). Die Biomasse im Meereis ist im Winter im Weddellmeer ungefähr 10 mal so hoch wie in der darunterliegenden Wassersäule (DIECKMANN, BARTSCH pers. Mitt.). ACKLEY *et al.* (1979) schätzen, daß in diesem Seegebiet 21% der gesamten Produktion auf Eisalgen zurückzuführen sind.

Ein wesentlicher Teil des innerhalb der Wassersäule und im Eis produzierten Materials sinkt an den Meeresboden. Es handelt sich dabei um einen Teil der Eisalgen, die während des Abschmelzens des Meereises im Frühjahr freigesetzt werden (HORNER 1985), einen hohen Prozentsatz der während der Phytoplanktonblüte entstandenen Biomasse, absinkendes Zooplankton, sowie dessen Faeces. Auf seinem Weg aus den oberen Wasserschichten bis in Bodennähe ist dieses Material dem Wegfraß durch Sekundärproduzenten, der Wasserströmung und bakteriellem Abbau unterworfen.

Bereits sedimentierte Partikel werden von bodennaher Strömung erfaßt und auf diese Weise unabhängig von der Jahreszeit horizontal transportiert. Ein solcher Vorgang wurde von BERKMAN *et al.* (1986) in der Ross-See für flaches Wasser beschrieben.

Der Meeresboden ist stellenweise durch offensichtlich abgesunkenes Phytoplankton grün gefärbt (siehe Kapitel 5.6.3).

3. Material und Methoden

3.1 Stationsübersicht

Eine Übersicht aller Stationen ist in Abb. 3.1 und Tab. 3.1 gegeben. Das Probenmaterial stammt von den Expeditionen ANT I/2, ANT II/4 und ANT III/3 mit FS "Polarstern", aus den Jahren 1983, 1984 und 1985. Im folgenden werden die Stationsnummern ohne die Bezeichnung des Gerätes und ohne die Benennung des Fahrtabschnitts angegeben, jedoch immer mit der in römischen Ziffern dargestellten Nummer der Reise (z.B. III 290). Die Forschungsreisen fanden von Anfang Januar bis Anfang März statt. Fahrtberichte, sowie vollständige Stationslisten veröffentlichten DRESCHER *et al.* (1983), HEMPEL (1983), KOHNEN (1984) und HEMPEL (1985 b).

Die Tiefenangaben in Tab. 3.1 erfolgten auf 5m genau. Schwankten sie während des Holverlaufes um weniger als 50m, so ist ein mittlerer Wert angegeben. Abb. 3.1 zeigt, daß der größte Teil des Untersuchungsgebietes auf dem Schelf liegt. Wenige Positionen befinden sich im Filchner-Graben in Tiefen um 1000m und an seinen Rändern. Einige Stationen liegen, besonders im Bereich Vest-Kapp, am Kontinentalhang. Schwerpunkte liegen um das Vestkapp und in der Gould Bay. Im übrigen Bereich sind die Stationen ungefähr gleichmäßig verteilt.

Die in Abb. 3.1 eingetragene küstenparallele Linie ist Grundlage für die Anordnung der Stationen in Tab. 5.1. Von den einzelnen Stationen wurde das Lot auf diese Linie gefällt und die Stationen entsprechend der Reihenfolge der so entstandenen Schnittpunkte von NO nach SW aufgelistet.

Der Holverlauf der Stationen, zu denen in Tab. 3.1 die befischte Fläche angegeben ist, läßt eine quantitative Auswertung der Ergebnisse zu. Für die übrigen wird unter dem verbreitungsbioologischen Aspekt die Präsenz einiger Arten registriert.

Auf 11 Stationen konnte wegen der großen Menge des erbeuteten Materials nur ein mit dem Auge abgeschätzter Prozentsatz des Gesamtfanges aussortiert werden. Er ist in Tab. 5.1 aufgelistet. Aus den übrigen Fängen wurden alle Seegurken aussortiert und zur Weiterbearbeitung an Land konserviert (siehe Kapitel 3.5). Eine Ausnahme bilden die Stationen I 207, I 180a, I 180b und III 298, auf denen von den massenhaft auftretenden Spezies eine Stichprobe von mindestens 30 Individuen konserviert wurde.

3.2 Fanggeräte

3.2.1 Agassiz-Trawl

Das von uns verwendete Agassiz-Trawl (AGT) ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Agassiz- oder Blake-Trawls (AGASSIZ 1888) und wurde von VOSS (1987) genau beschrieben und abgebildet. Der den Schlitten bildende Stahlrahmen hat eine Breite von 3m und ist 1m hoch. Er wird auf zwei 30cm breiten Kufen über den Meeresboden gezogen. An diesem Schlitten hängt hinten ein 5m langes Netz mit einer Maschenweite von 20mm im vorderen Bereich und 10mm im Steert. Etwa 1m vor der Netzöffnung ist eine Scheuchkette angebracht. Ähnliche Geräte, die der hier verwendeten Konstruktion als Vorlage dienten, sind bei ALDRED *et al.* (1976) und THIEL (1980) beschrieben.

Die vom AGT befischten Flächen für die Stationen der Reisen ANT I und ANT II sind von VOSS (1987) übernommen worden und in Tab. 3.1 wiedergegeben. Diese Angaben erfolgen nur für die Fänge, die für quantitative Aspekte herangezogen werden.

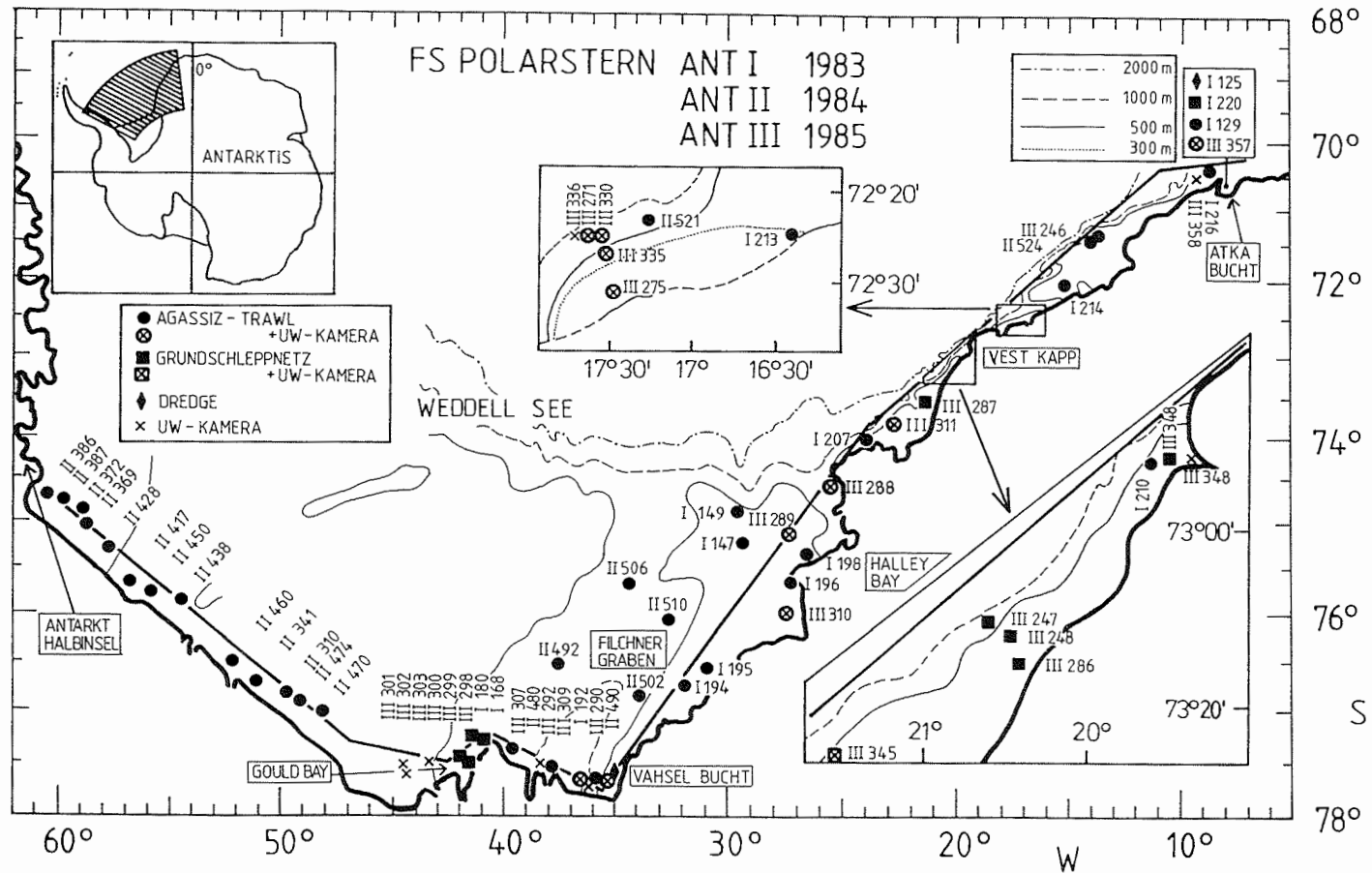


Abb. 3.1: Stationskarte. Bedeutung der küstenparallelen Linie siehe Kapitel 3.1.
Map of stations. For explanation of coast parallel line see chapter 3.1.

Tab 3.1: Stationsliste.
List of stations.

Reise	Datum	Station	Position	Gerät	befischte Fläche [m ²] für ANT I und II nach VOSS (1987)	Tiefe [m]
ANT I	02.02.83	125	70°35'15" S 8°05'15" W	DRG		125
ANT I	04.02.83	129	70°29'15" S 8°07'15" W	AGT		285
ANT I	11.02.83	147	75°22'25" S 29°22'15" W	AGT		430
ANT I	11.02.83	149	75°01'15" S 29°27'15" W	AGT		410
ANT I	15.02.83	168	77°18'15" S 40°03'15" W	AGT	1770	770
ANT I	18.02.83	180a	77°19'15" S 41°05'15" W	GSN	62440	690
ANT I	18.02.83	180b	77°20'15" S 40°04'15" W	GSN	124880	700
ANT I	21.02.83	192	77°44'15" S 36°08'15" W	AGT	1140	745-840
ANT I	22.02.83	194	76°45'15" S 31°59'15" W	AGT		270
ANT I	22.02.83	195	76°34'15" S 30°55'15" W	AGT	1890	365
ANT I	23.02.83	196	75°39'15" S 27°21'15" W	AGT	1620	290
ANT I	23.02.83	198	75°25'15" S 26°46'15" W	AGT	2775	230
ANT I	24.02.83	207	74°04'15" S 23°57'15" W	AGT	1770	260
ANT I	25.02.83	210	72°55'15" S 19°42'15" W	AGT	2910	445
ANT I	26.02.83	213	72°25'15" S 16°21'15" W	AGT	1770	220
ANT I	26.02.83	214	72°10'15" S 15°09'15" W	AGT		250-365
ANT I	01.03.83	216	70°27'15" S 08°40'15" W	AGT	2220	340
ANT I	01.03.83	220	70°30'15" S 08°04'15" W	GSN	62440	260
ANT II	20.01.84	310	76°52'15" S 50°40'15" W	AGT	1260	250
ANT II	26.01.84	341	76°39'15" S 52°09'15" W	AGT	1710	300
ANT II	30.01.84	369	75°09'15" S 59°38'15" W	AGT	3210	630
ANT II	30.01.84	372	75°00'15" S 59°38'15" W	AGT	1950	620
ANT II	31.01.84	378	74°57'15" S 60°31'15" W	AGT	3180	655
ANT II	31.01.84	386	74°50'15" S 61°08'15" W	AGT	3390	635
ANT II	05.02.84	417	75°46'15" S 56°51'15" W	AGT	2700	345
ANT II	06.02.84	428	75°31'15" S 57°52'15" W	AGT	2400	530
ANT II	07.02.84	438	76°10'15" S 54°21'15" W	AGT	2520	425
ANT II	08.02.84	450	75°49'15" S 56°15'15" W	AGT	3000	450
ANT II	12.02.84	460	76°37'15" S 52°18'15" W	AGT	2640	315
ANT II	14.02.84	470	77°08'15" S 48°36'15" W	AGT	2340	235
ANT II	14.02.84	474	76°57'15" S 49°44'15" W	AGT	2340	220
ANT II	17.02.84	480	77°37'15" S 37°56'15" W	AGT	4530	1180
ANT II	20.02.84	490	77°40'15" S 35°14'15" W	DRG	800	395
ANT II	21.02.84	492	76°37'15" S 37°03'15" W	AGT		870
ANT II	21.02.84	502	76°44'15" S 33°34'15" W	AGT		645
ANT II	22.02.84	506	75°51'15" S 34°25'15" W	AGT	1980	705
ANT II	22.02.84	510	76°08'15" S 32°38'15" W	AGT	1980	785
ANT II	24.02.84	521	72°24'15" S 17°17'15" W	AGT	3600	600-885
ANT II	25.02.84	524	71°24'15" S 13°59'15" W	AGT	2400	295-355

Fortsetzung von Tab. 3.1: Stationsliste.
 Tab. 3.1 continued.

Reise	Datum	Station	Position		Gerät	befischte Fläche [m ²]	Tiefe [m]
ANT III	21.01.85	246	71°24'S	13°25'W	AGT	1300	225
ANT III	22.01.85	247	73°09'S	20°32'W	GSN	83250	695
ANT III	22.01.85	248	73°10'S	20°27'W	GSN	80470	420
ANT III	27.01.85	271	72°26'S	17°41'W	AGT	3760	990
					UW-Kamera		960
ANT III	27.01.85	273	72°35'S	18°07'W	UW-Kamera		625
ANT III	29.01.85	275	72°32'S	17°22'W	AGT	1620	260
					UW-Kamera		260
ANT III	01.02.85	286	73°15'S	20°21'W	GSN	83250	405
ANT III	01.02.85	287	73°43'S	20°59'W	GSN	80470	200
ANT III	02.02.85	288	74°39'S	25°18'W	AGT	2270	610
					UW-Kamera		605
ANT III	02.02.85	289	75°10'S	27°20'W	AGT	2330	340
					UW-Kamera		345
ANT III	02.02.85	290	77°41'S	35°24'W	AGT	2010	430
					UW-Kamera		400
ANT III	04.02.85	292	77°42'S	36°42'W	AGT	3500	1130
					UW-Kamera		1095
ANT III	05.02.85	298	77°14'S	41°32'W	GSN	83250	650
ANT III	05.02.85	299	77°31'S	41°36'W	GSN	83250	690
ANT III	05.02.85	300	77°29'S	41°48'W	GSN	88800	640
ANT III	06.02.85	301	77°32'S	45°50'W	UW-Kamera		240
ANT III	06.02.85	302	77°39'S	44°53'W	UW-Kamera		255
ANT III	06.02.85	303	77°32'S	43°39'W	UW-Kamera		445
ANT III	08.02.85	307	77°34'S	38°31'W	UW-Kamera		1175
ANT III	09.02.85	309	77°44'S	36°24'W	UW-Kamera		840
ANT III	10.02.85	310	75°59'S	27°29'W	AGT	1750	340
					UW-Kamera		370
ANT III	11.02.85	311	73°53'S	22°46'W	AGT	1420	245
					UW-Kamera		245
ANT III	15.02.85	329	72°30'S	17°27'W	UW-Kamera		240
ANT III	15.02.85	330	72°26'S	17°38'W	AGT	2460	590
					UW-Kamera		555
ANT III	16.02.85	335	72°28'S	17°35'W	AGT	1940	465
					UW-Kamera		435
ANT III	16.02.85	336	72°26'S	17°39'W	UW-Kamera		760
ANT III	18.02.85	345	73°27'S	21°37'W	GSN	166500	470
					UW-Kamera		500
ANT III	20.02.85	348	72°50'S	19°23'W	GSN	163725	420
					UW-Kamera		420
ANT III	24.02.85	357	70°33'S	08°07'W	AGT	1420	160
					UW-Kamera		140
ANT III	24.02.85	358	70°35'S	09°23'W	UW-Kamera		445

Abkürzungen: DRG = Dredge

AGT = Agassiz-Trawl

GSN = Grundschleppnetz

UW-Kamera = Unterwasserkamera

Der Holverlauf der AGT-Fänge während der Expedition ANT III wird in Abb. 3.2 skizziert. Die Berechnung der befischten Fläche (Tab. 3.1) baut darauf auf.

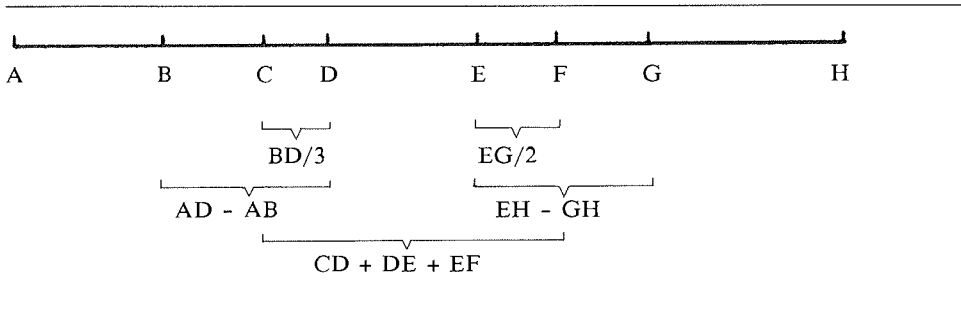


Abb. 3.2: Zeitlicher Verlauf eines AGT-Hols während ANT III.
Time recorded of an AGT-hol during ANT III.

- A: AGT wird ausgesetzt, Beginn des Fierens.
 B: Erste mögliche Grundberührung des AGTs (Definition s.u.).
 C: Errechneter Zeitpunkt der Grundberührung.
 D: Ende des Fierens = angenommener, spätestmöglicher Zeitpunkt der Grundberührung.
 E: Beginn des Hievens = erster möglicher Zeitpunkt des Abhebens vom Grund.
 F: Errechneter Zeitpunkt der letzten Grundberührung.
 G: Letzte mögliche Grundberührung des AGTs (Definition s.u.).
 H: AGT an Deck, Ende des Hievens.

Für die folgenden Berechnungen müssen einige allgemeine **Voraussetzungen** gelten:

1. Fier- und Hievgeschwindigkeiten liegen konstant bei $0,5 \text{ m s}^{-1}$.
2. Spätestens am Zeitpunkt D ist das Netz am Grund.
3. a) Die angezeigte Geschwindigkeit durch das Wasser ist konstant $0,7 \text{ m h}^{-1}$ von C bis F und ist gleich der Fahrt über Grund.
 b) Während der Zeitspanne CD erniedrigt sich die Geschwindigkeit des AGTs um die Fiergeschwindigkeit. Während der Phase EF addieren sich Schiffs- und Hievgeschwindigkeit. Diese beiden Faktoren gleichen sich gegenseitig aus.
 c) Die Schiffsgeschwindigkeit, die während der ersten Phase des Aussetzens noch ca. 2 m h^{-1} betrug, liegt bereits zum Zeitpunkt C bei $0,7 \text{ m h}^{-1}$.
4. Es vergehen $2/3$ der Zeit BD bis das AGT tatsächlich am Grund ist (Schätzwert).
5. Es vergeht $1/2$ der Zeit EG bis das AGT vom Grund abhebt (Schätzwert).
6. Die Zeit von D bis E, die maximal ausgesteckte Seillänge und die Wassertiefe sind bekannt.

Berechnung

$$AD = \frac{\text{ausgesteckte Seillänge [m]}}{\text{Fiergeschwindigkeit [m/s]}}$$

$$AB = \frac{\text{Wassertiefe [m]}}{\text{Fiergeschwindigkeit [m/s]}}$$

$$BD = AD - AB$$

$$CD = BD/3$$

$$EH = \frac{\text{ausgesteckte Seillänge [m]}}{\text{Hievgeschwindigkeit [m/s]}}$$

$$GH = \frac{\text{Wassertiefe [m]}}{\text{Hievgeschwindigkeit [m/s]}}$$

$$EG = EH - GH$$

$$EF = EG/2$$

$$CF = CD + DE + EF \quad (\text{Schleppzeit})$$

$$\text{befischte Fläche [m}^2\text{]} =$$

$$= \frac{\text{Netzöffnung[m]} \times \text{Schleppgeschw. [sm h}^{-1}\text{]} \times \text{Schleppzeit[min]} \times 1852}{60}$$

Die Faktoren 60 und 1852 dienen der Umrechnung von Stunden in Minuten, bzw. Seemeilen in Meter. Die berechneten Flächen wurden auf 5m^2 genau gerundet.

Fehler

Die oben genannten, vorausgesetzten Annahmen unterliegen erheblichen Fehlern. Die folgende Aufzählung bezieht sich auf die einzelnen Punkte der Voraussetzungen (s.o.).

- zu 1.: Hiev- und Fiergeschwindigkeit lagen tatsächlich auf jeder Station schwankend zwischen $0,4$ und $0,6\text{m s}^{-1}$. Das bedeutet, daß z.B. auf Station III 290 die Zeitspanne, während das AGT am Grund war, zwischen 27 und 33 Minuten liegen kann.
- zu 2.: Es ist denkbar, daß auch zum Zeitpunkt D das AGT noch nicht am Grund war und sich somit die Schleppzeit verringert.
- zu 3. a): Oberflächenströmungen und die im Untersuchungsgebiet teilweise starken Gezeitenströme können eine nicht bekannte Diskrepanz zwischen der Fahrt des Schiffes durchs Wasser und Fahrt über Grund erzeugen.
Die angezeigte Geschwindigkeit des Schiffes lag nicht immer exakt bei $0,7\text{sm h}^{-1}$, sondern schwankte zwischen $0,5$ und 1sm h^{-1} , innerhalb eines Fanges und von Hol zu Hol verschieden. Addiert man dazu den oben genannten Fehler, der sich aus der Schiffsgeschwindigkeit ergibt, so können die errechneten Werte alleine aus diesen Gründen um weit mehr als 50% schwanken.
- zu 3. c): Die Fahrt des Schiffes lag nicht in allen Fällen schon zum Zeitpunkt C bei angezeigten mittleren $0,7\text{sm h}^{-1}$. Dies bedeutet, daß die berechneten Flächen unterschätzt worden sind.
- zu 4. und 5.: Die Schätzfaktoren 2 und 3 können maximal zwischen 1 und unendlich liegen. Beispielsweise für Station III 290 bedeutet dies, daß das AGT zwischen 15 und 27 Minuten am Grund war.

Es ist zu beachten, daß sich bei einer derartigen Berechnung der größtmögliche Fehler aus der Summe der Einzelfehler zusammensetzt.

3.2.2 Dredge

Während ANT I und ANT II wurde eine Kastendredge verwendet. Sie hat eine Breite von 100cm und eine Höhe von 30cm. Die Maschenweite des Netzes beträgt 10mm. Die Berechnung der von ihr befischten Fläche erfolgte auf dieselbe Weise, wie für das AGT dieser Expeditionen.

3.2.3 Grundschieppnetz

Bei dem verwendeten Grundschieppnetz (GSN) handelt es sich um eine kommerzielle 140 Fuß-Version mit einer Maschenweite von 15mm im Steert und 100mm in seinen übrigen Teilen. Das Netz wurde bei 5-6sm h^{-1} ausgesetzt und während ANT I und II mit ca. 3, während ANT III mit ca. 4 sm h^{-1} geschleppt. Die Berechnung der von ihm befischten Fläche ergibt sich aus dieser Schleppegeschwindigkeit, der Zeit zwischen dem Ende des Fierens und dem Beginn des Hievens, sowie der Netzöffnung (22,5m). Diese Zeiten betragen auf den Stationen I 180b, III 345 und III 348 fast genau 60, auf allen anderen Grundschieppnetzstationen ca. 30 Minuten.

3.3 Auswertung der Artenzusammensetzungen

Zu den folgenden Berechnungen wurden nur Stationen herangezogen, auf denen der Fang ohne Störungen wie z.B. wesentlichen Netzbeschädigungen verlief, und Stationen, von denen mir quantitativ aussortiertes Material vorlag. Es handelt sich dabei um die Positionen, für die in Tab. 3.1 die befischte Fläche angegeben ist.

3.3.1 Clusteranalyse

Der Vergleich der einzelnen Fänge hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung erfolgte mittels der Clusteranalyse. Dieses multivariate Verfahren der beschreibenden Statistik wird z.B. von SNEATH & SOKAL (1973) und STEINHAUSEN & LANGER (1977) erläutert. Das in dieser Arbeit verwendete Computerprogramm ist von MEYER & BÖLTER (1981) veröffentlicht. Es wurde mir in einer für einen Personal-Computer (IBM-AT) geeigneten Version von Herrn Dr. Meyer zur Verfügung gestellt.

In der Clusteranalyse wird zunächst ein Maß für die Ähnlichkeit (Distanz) von Merkmalen, z.B. Präsenzen oder Häufigkeiten von Arten, zwischen allen Objekten, z.B. Stationen, berechnet. Als nächster Schritt wird der niedrigste Distanzwert gesucht und die beiden dazugehörigen Objekte zu einer Gruppe (in diesem Fall bestehend aus nur zwei Stationen) zusammengefaßt. Diese wird im weiteren als ein Einheit (ein Objekt) betrachtet und es wird aus den verbleibenden Distanzwerten nach dem complete-linkage-Verfahren der niedrigste gesucht und die dazugehörigen Objekte zusammengefaßt. Dieser Rechengang setzt sich fort, bis nur noch zwei Gruppen von Stationen durch ihr Distanzmaß beschrieben werden können. Das Ergebnis der Clusteranalyse läßt sich anschaulich in einem Dendrogramm darstellen. Dabei werden die verschiedenen Distanzmaße auf der Ordinate und die Objekte auf der Abszisse eingetragen. Die einzelnen Objekte oder Objektgruppen werden mittels eines waagerechten Striches auf der Höhe miteinander verbunden, die ihr Distanzmaß repräsentiert. Zu der sich so abzeichnenden Bildung von sich mehr oder weniger deutlich voneinander abgrenzenden Objektclustern können sowohl der Zufall als auch direkte oder indirekte Beziehungen der Merkmale zueinander geführt haben. Da es sich hierbei um ein Verfahren der beschreibenden Statistik handelt, bleibt die Beurteilung der erzielten Ergebnisse dem Bearbeiter überlassen. Seine wesentliche Aufgabe besteht darin, sich deutlich voneinander unterscheidende Gruppen zu erkennen und Gründe für die so entstandene Anord-

nung zu finden.

Die Distanzwerte nach dem **Jaccard-Index** (JACCARD 1902) sind durch folgende Formel definiert:

$$j_{ab} = 100 - (P_{ab} \times 100) / (P_{ab} + P_a)$$

j_{ab} = Distanzmaß zwischen Objekt a und b
 P_{ab} = Anzahl der Merkmale, die in beiden Objekten gleich sind
 P_a = Anzahl der Merkmale, die in nur einem Objekt auftreten

Der Algorithmus für das Distanzmaß der in dieser Arbeit verwendeten **Canberra-Metrik** (LANCE & WILLIAMS 1966) ist:

$$d_{ij} = 100/m \sum_{l=1}^m |x_{il} - x_{jl}| / (x_{il} + x_{jl})$$

d_{ij} = Distanzmaß zwischen Objekt i und j
 m = Anzahl der Merkmale
 x_{il} = Häufigkeit von Merkmal l in Objekt i
 x_{jl} = Häufigkeit von Merkmal l in Objekt j

3.3.2 Berechnung von Diversität und Äquität

Die Artendiversität wurde für jede Station einzeln mit Hilfe des Shannon-Wiener-Index berechnet. Um die Äquität zu beschreiben, habe ich den Evenness-Index ermittelt.

Shannon-Wiener-Index (Diversität)

Dieser Index wird nach SHANNON & WEAVER (1963) durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$H = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log(n_i/N)$$

H = Shannon-Wiener-Index
 N = Gesamtindividuenzahl
 n_i = Individuenzahl der Art i
 s = Artenzahl

Der Shannon-Wiener-Index erhält einen um so höheren Wert, je gleichmäßiger die Gesamtindividuenzahl auf die einzelnen Spezies verteilt und je höher die Artenzahl sind. Er kann zwischen 0 und dem log der Artenzahl liegen.

Evenness-Index (Äquität)

Diese Größe ist nach PIELOU (1977) wie folgt definiert:

$$E = H/\log S$$

E = Evenness-Index
 H = Shannon-Wiener-Index (s.o.)
 S = Anzahl der Arten

Der Evenness-Index stellt ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Artenzusammensetzung, unabhängig von der Artenzahl auf einer Station, dar. Kommen alle Spezies mit derselben Abundanz vor, so ist er gleich 1. Je mehr die Häufigkeiten der einzelnen Arten sich voneinander unterscheiden, um so mehr nähert er sich dem Wert 0 an.

3.4 Unterwasserfotografie

3.4.1 Unterwasserkamera

Bei dem für diese Arbeit verwendeten Gerät handelt es sich um eine Eigenkonstruktion (Abb. 3.3). Sie besteht aus zwei druckfesten Gehäusen für Kamera (Hasselblad 500 EL/M) und Blitzlichtgerät (Metz, mecablitz 40 CT4). Eine einfache zusätzliche elektrische Schaltung im Kameragehäuse sowie ein Bodenkontaktschalter bedingen das Auslösen von Kamera und Blitzlichtgerät, sobald das Vorlaufgewicht den Boden berührt. Dadurch mißt in diesem Moment der Abstand zwischen Kamera und Objekt stets ca. 1,4m. Die senkrecht fotografierte Fläche des Meeresbodens beträgt $1,2\text{m}^2$. Der Zeitpunkt des Auslösens läßt sich synchron auf dem Schiff beobachten, da das Gerät über ein Einleiterkabel mit einem an Bord stehenden Labornetzgerät verbunden ist. Dieses zeigt einen Spannungsabfall an, während das Vorlaufgewicht am Boden liegt. Nach jeder Aufnahme muß die UW-Kamera um wenige Meter gehievt und wieder gefiert werden, um ein weiteres Foto zu machen. Die Kamera war mit einem 60mm Distagon Weitwinkelobjektiv und einem 24- oder 70-Bilder Filmmagazin ausgerüstet.

Die Strecke, die die Unterwasserkamera während eines Einsatzes vom ersten bis zum letzten Foto zurücklegt, kann nur grob abgeschätzt werden. Da auf keinem der Filme zwischen aufeinanderfolgenden Aufnahmen Überschneidungen vorliegen und die Zeitspanne zwischen den Fotos zwischen 12 und 18 Sekunden schwankte, muß bei einer Filmlänge von ca. 60 Fotos diese Strecke mindestens 80m lang sein. Positionen, die ca. 250m auseinander liegen, wären mit der navigatorischen Ausrüstung des Schiffes zuverlässig bestimmbar gewesen. Diese Entfernung wurde jedoch deutlich unterschritten. Somit gehe ich bei einem Film mit 60 Aufnahmen von einer Strecke zwischen 100 und 200m, vom ersten bis zum letzten Foto, aus.

Bei dem eingesetzten Filmmaterial handelte es sich auf den Stationen III 271, III 273, III 275 und III 290 um den Kodak Plus-X Pan Professional Rollfilm. Auf allen anderen wurde der Kodak Ektachrome 64 Professional Film (Tageslicht) verwendet.

3.4.2 Auswertung der Bilder vom Meeresboden

Auf den Unterwasserfotos der Stationen III 301 und III 307 kam je eine Seegurkenart besonders häufig vor. Hier wurden die Einzelindividuen pro Bild ($= 1,2\text{m}^2$) ausgezählt. Der Quotient aus Varianz und mittlerer Abundanz pro Bild (Dispersionskoeffizient), berechnet aus den Häufigkeiten auf allen Fotos der Station, gibt Auskunft über das Verteilungsmuster der einzelnen Tiere für die gesamte beobachtete Fläche. Liegt er deutlich unter 1, so spricht man von einer gleichmäßigen oder uniformen Verteilung. Ist der Koeffizient ungefähr gleich 1, so ist das Grundmuster der Verbreitung zufällig, ist er größer als 1, liegt eine unregelmäßige Verteilung in Gruppen vor (ODUM 1980).

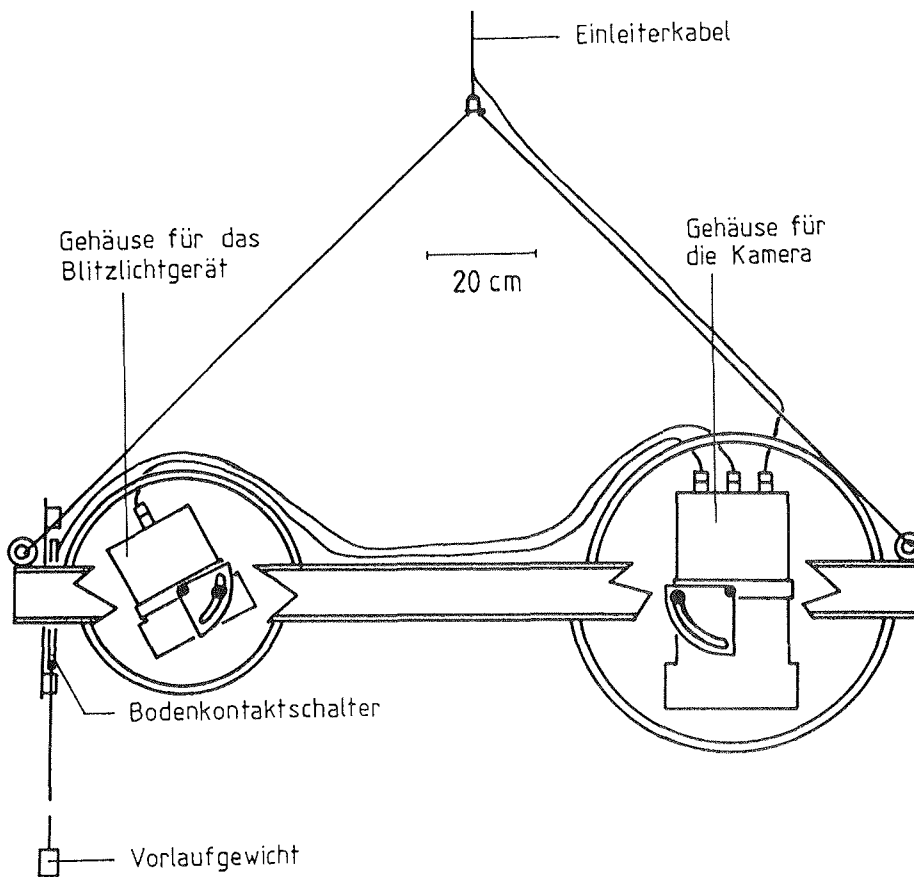


Abb. 3.3: Unterwasserkamera.
Underwater camera.

3.5 Konservierung der Proben

Die Individuen der Expeditionen ANT I und ANT II wurden an Bord in mit Seewasser auf 4% verdünntem Formol konserviert. Die Lösung war mit Borax auf einen pH von ca. 7,5 eingestellt, um eine Auflösung der für die Bestimmung der Tiere wichtigen Kalkbestandteile zu verhindern. Nach drei und nochmals nach ungefähr 20 Monaten wurde der pH-Wert überprüft und gegebenenfalls nachgepuffert. Einige wenige Exemplare wurden ebenso wie die von ANT III behandelt (s.u.). Aus taxonomischen Gründen besonders hervorzuheben sind dabei die Individuen von *Bathyploetes* spec. I. Die charakteristische Färbung dieser neu zu bestimmenden Art geht durch Formolfixierung verloren.

Die Tiere der Reise ANT III habe ich an Bord nach höheren systematischen Taxa geordnet und bei ca. -20°C tiefgefroren. Die Proben wurden im Institut aufgetaut, bestimmt und anschließend in 4%iger Formollösung (s.o.) konserviert.

3.6 Präparation der Tiere

Die meisten Seegurkenarten werden durch mikroskopisch kleine Kalkkörper (Sklerite) in der Haut charakterisiert. Diese müssen für die Bestimmungsarbeit aus verschiedenen Körperregionen freigelegt werden, um sie genau betrachten zu können. Die wichtigsten Bereiche sind die ventrale und dorsale Körperwand, die sich bei einigen Spezies hinsichtlich ihres Kalkkörperbesatzes deutlich voneinander unterscheiden. In einigen Fällen müssen auch die Sklerite der Tentakeln, der Füßchen und der Afterregion untersucht werden. Dazu wurden wenige mm² große Stücke von mehreren Individuen einer Art aus der Haut herausgeschnitten und für einige Minuten hypochloriger Säure (Chlorbleichlauge) ausgesetzt. Nachdem alle organischen Bestandteile aufgelöst waren, wurden die freigesetzten Kalkkörper mehrfach mit destilliertem Wasser gespült und auf einen Objektträger überführt. Von einigen Arten fertigte ich Dauerpräparate an. Hierzu wurden die Sklerite auf dem Objektträger getrocknet und in einem Tropfen Entellan (Fa. Merck) mit einem Deckglas eingeschlossen.

4. Artenliste

In der folgenden Liste sind alle im Zusammenhang mit dieser Arbeit gefundenen Arten systematisch geordnet aufgeführt. Die Literaturzitate zu jeder Spezies bestehen sowohl aus Publikationen, die zur Bestimmung herangezogen wurden, als auch aus solchen, die Angaben zu ihrer Biologie enthalten. Die allgemeinen Beschreibungen der Ordnungen und Familien gehen auf HYMAN (1955), SIEWING (1985), REMANE et al. (1976) und eigene Beobachtungen zurück. Die systematische Gliederung in Ordnungen erfolgte nach PAWSON & FELL (1965). Die Arten, deren Gattungs- bzw. Familiennamen die Bezeichnung spec. I oder spec. II tragen, sind in der Literatur bisher nicht erwähnt und damit auf dem Art- bzw. Gattungsniveau als neu anzunehmen. Ihre wissenschaftliche Erstbeschreibung wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Dendrochirotida GRUBE, 1840

Die Vertreter dieser Ordnung sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, typische Flachwasserbewohner. Es handelt sich bei ihnen um Suspensionsfresser. Sie spannen ihre fein gefiederten Tentakeln zum passiven Auffangen von Geschwebeteilchen nach oben auf und stecken diese zur Aufnahme der Nahrung von Zeit zu Zeit in die Mundöffnung (SCHALLER 1973). Ihre Lebensweise ist überwiegend sessil, wobei einige Arten eingegraben leben, andere auf festem Substrat sitzen. Eine dritte Gruppe bevorzugt von dem Meeresboden abgehobene, in das freie Wasser ragende Standorte (z.B. Schwämme, Bryozoen oder Steine).

Undet. I, Undet. II und Undet. III - V

Neben den bestimmbareren wurden auch fünf unbestimmbare Exemplare aus drei Arten gefunden, für die eine Zuordnung zu den bekannten Spezies nicht auszuschließen ist.

Cucumariidae LUDWIG, 1894

Die Cucumariidae repräsentieren eine ursprüngliche Gruppe von Seegurken, die die den Echinodermen eigene fünfstrahlige Symmetrie weitgehend beibehalten haben. Ihr Endoskelett ist auf mikroskopisch kleine Kalkkörper (Sklerite) beschränkt, die bei vielen Arten während der Ontogenese einer Umwandlung und teilweise erheblichen Reduktion unterworfen sind.

Cucumariinae PANNING, 1949

Cucumaria BLAINVILLE, 1834

Cucumaria georgiana LAMPERT, 1886

Literatur: LAMPERT (1886), LUDWIG (1898), EKMAN (1925), EKMAN (1927), GRIEG (1929 a), PANNING (1955), PAWSON (1969 a), CHERBONNIER (1973).

Die Literatur zu Cucumaria georgiana weist erhebliche Unterschiede in den Beschreibungen dieser Art auf. Eine umfassende Liste synonymen Namen wird von EKMAN (1927) gegeben. Skleritpräparate aus dem Zoologischen Museum Hamburg und dem National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C. habe ich in Augenschein genommen. Beide werden Tieren mit dem Namen C. georgiana zugeordnet, sind jedoch deutlich voneinander verschieden. Das mir von den eigenen Expeditionen vorliegende Material enthält offensichtlich ca. 3 verschiedene Spezies mit hohen

Variationsbreiten in taxonomisch relevanten Merkmalen, die mit den oben zitierten Beschreibungen teilweise, mit den Museumspräparaten jedoch gar nicht übereinstimmen. Aus diesen Tatsachen schließe ich, daß sich unter dem Namen C. georgiana mehrere Arten verbergen. Klarheit darüber kann nur eine Revision dieser Gruppe bringen, die nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist. Somit fasse ich alle Tiere zu der C. georgiana-Gruppe zusammen, die über Charakteristika verfügen, die von verschiedenen Autoren für diese Spezies beschrieben worden sind.

Psolidiella MORTENSEN, 1925

Psolidiella mollis LUDWIG & HEDING, 1935

Literatur: LUDWIG & HEDING (1935)

Stereoderma AYRES, 1851

Stereoderma spec. I

Cucumariidae spec. I

Colochirinae PANNING, 1949

Trachythyone STUDER, 1876

Trachythyone parva (LUDWIG, 1874)

Literatur: LUDWIG (1874), STUDER (1876), PERRIER (1905), EKMAN (1925), EKMAN (1927), LUDWIG & HEDING (1935), PANNING (1949), PAWSON (1964), PAWSON (1969 a), CHERBONNIER (1973) HERNANDEZ (1982).

Trachythyone bouvetensis (LUDWIG & HEDING, 1935) (?)

Literatur: LUDWIG & HEDING (1935).

Ob es sich bei der mir vorliegenden Art tatsächlich um Tr. bouvetensis handelt, ist unsicher. An ihren Namen ist daher stets ein Fragezeichen in Klammern angefügt.

Ypsilothuriinae HEDING, 1942

Abyssocucumis HEDING, 1942

Abyssocucumis liouvillei (VANEY, 1914)

Literatur: VANEY (1914), EKMAN (1925), EKMAN (1927), CHERBONNIER (1973).

Abyssocucumis turqueti (VANEY, 1906)

Literatur: VANEY (1906), VANEY (1909), EKMAN (1925), PANNING (1949)

Ekmocucumis HEDING, 1942

Ekmocucumis steineni (LUDWIG, 1898)

Literatur: LUDWIG (1898), EKMAN (1925), EKMAN (1927), CHERBONNIER (1973).

Ekmocucumis denticulata (EKMAN, 1927)

Literatur: EKMAN (1927), CHERBONNIER (1973).

Ypsilocucumis PANNING, 1949

Ypsilocucumis turricata (VANEY, 1906)

Literatur: VANEY (1906), EKMAN (1925), CHERBONNIER (1973).

Ypsilocucumis spec. I

Ypsilothuriinae spec. I

Psolidae PERRIER 1902

Bei dieser Familie handelt es sich um eine abgeleitete Gruppe der Seegurken. In ihr hat sich der Bauplan der Tiere sekundär zu einer bilateralen Symmetrie entwickelt. Mund

und After, die ursprünglich eine terminale Lage haben, wandern mehr oder weniger auf den funktionalen Rücken, dessen Skelett als fester Panzer ausgebildet ist. Die dem so entstandenen Rücken gegenüberliegende Seite bildet eine flache Laufsohle. Diese hat nach eigenen Aquarienbeobachtungen jedoch weniger die Aufgabe, eine gute Fortbewegung zu sichern, als vielmehr eine feste Anheftung an das Substrat zu ermöglichen.

Psolus OKEN 1815

Psolus dubiosus LUDWIG & HEDING, 1935

Literatur: LUDWIG & HEDING (1935),
CHERBONNIER (1973).

Psolus charcoti VANEY, 1906

Literatur: VANEY (1906), EKMAN (1925),
CHERBONNIER (1973).

Psolus antarcticus Philippi, 1957

Literatur: PHILIPPI (1857), BELL (1882), THEEL
(1886), LAMPERT (1889), LUDWIG (1898), PER-
RIER (1904), PERRIER (1905), VANEY (1906),
VANEY (1909), EKMAN (1925), DEICHMANN
(1947), PAWSON (1968), PAWSON (1969 a).

Psolidium LUDWIG, 1886

Psolidium navicula EKMAN, 1927

Literatur: EKMAN (1927).

Psolidium gaini VANEY, 1914

Literatur: VANEY (1914), EKMAN (1925),
EKMAN (1927), GRIEG (1929 a), GRIEG (1929 b),
PAWSON (1969 a), CHERBONNIER (1973).

Psolidium incertum (THEEL, 1886)

Ich stelle diese von THEEL ursprünglich als Ver-
treter der Gattung Psolus beschriebene Art in die
Gattung Psolidium, da sie deutliche dorsale Füßchen
aufweist. Sie ist ihrer Beschreibung nach mit der
von MORTENSEN (1925) beschriebenen Psolidium
tenu synonym.

Literatur: THEEL (1886), MORTENSEN (1925).

Psolidae spec. I

Aspidochirotida GRUBE, 1840

Die Arten aus dieser Ordnung sind überwiegend Flachwasserbewohner mit einem Verbreitungsschwerpunkt in tropischen und subtropischen Gewässern, sie werden zu den Substratfressern gezählt. Ihr Bauplan zeigt eine deutliche bilaterale Symmetrie. Die flache Bauchseite trägt in den Radien drei Reihen mit meist vielen Füßchen. Der gewölbte Rücken ist fußlos.

Synallactidae LUDWIG, 1894

Mesothuria LUDWIG, 1894

Mesothuria lactea THEEL, 1886

Literatur: HEROUARD (1902), HEROUARD
(1912), HEDING (1940), HEDING (1942),
PAWSON (1965).

Bathyploetes ÖSTERGREN, 1896

Bathyploetes moselevi (THEEL, 1886) (?)

Literatur: THEEL (1886), EKMAN (1925).

Ob es sich bei der mir vorliegenden Art tatsächlich um Bathyploetes moselevi handelt, ist unsicher. An

ihren Namen ist daher stets ein Fragezeichen in Klammern angefügt.

Bathyplores spec. I

Bathyplores spec. II

Gephyrothuriidae KOEHLER & VANEY, 1905

Pseudostichopus CUVIER, 1817

Pseudostichopus mollis THEEL, 1876

Literatur: THEEL (1886), LUDWIG (1898), CLARK (1920), EKMAN (1925).

Pseudostichopus villosus THEEL, 1886

Literatur: THEEL (1886), LUDWIG (1898), HEROUARD (1902), VANEY (1906), VANEY (1908), GRIEG (1932) HANSEN (1956).

Elasipodida THEEL, 1882

Die elasipoden Seegurken sind typische Tiefseetiere. Sie haben einen noch abgeleiteteren bilateralsymmetrischen Bauplan als die Aspidochirotida. Wenige Füßchen stehen in den äußeren ventralen Radien. Der Rücken trägt meist deutlich langgestreckte sensorische Fortsätze. Sie sind ebenfalls Substratfresser und ernähren sich als Weidegänger, deren Nahrung aus den organischen Bestandteilen der oberen Sedimentschicht besteht. Sie werden gelegentlich in hohe Dichten auf dem Tiefseeboden beobachtet (PAWSON 1976, BILLET & HANSEN 1982). Elasipodida und Aspidochirotida bilden aufgrund gemeinsamer Merkmale die Unterklasse der Aspidochirotacea GRUBE, 1840.

Elpidiidae THEEL, 1879

Achlyonice THEEL, 1879

Achlyonice spec. I

Peniagone THEEL, 1882

Peniagone vignioni HEROUARD, 1901

Literatur: HEROUARD (1901), HEROUARD (1906), EKMAN (1925), HANSEN (1975).

Scotoplanes THEEL, 1882

Scotoplanes globosa THEEL, 1879

Literatur: VANEY (1908), PAWSON (1965), AGATEP (1967), HANSEN (1975).

Elpidia THEEL, 1876

Elpidia glacialis THEEL, 1876

Literatur: HANSEN (1956), AGATEP (1967), HANSEN (1975).

Apodida BRANDT, 1835

Bei den Vertretern dieser Gruppe handelt es sich um völlig fußlose, wurmförmige Holothurien. Sie ernähren sich von den Detritusbestandteilen des Substrats. Unter ihnen gibt es sowohl die Tiefsee als auch Flachwasserbereiche bewohnende Arten.

Chirodotidae ÖSTERGREN, 1898

Taeniogyrus SEMPER, 1868

Taeniogyrus contortus (LUDWIG, 1874)

Literatur: LUDWIG (1874), PAWSON (1969 a), EKMAN (1925).

Paradota LUDWIG & HEDING, 1935

Paradota spec. I

Molpadida HAECKEL, 1896

Diese Ordnung besteht aus meist fußlosen Arten, die überwiegend im Substrat eingegraben leben. Apodida und Molpadida werden aufgrund gemeinsamer Merkmale zu der Unterklasse der Apodacea BRANDT, 1835 zusammengefaßt. Arten aus dieser Ordnung kommen überwiegend in tiefer gelegenen Meeresgebieten vor.

Molpadiidae MÜLLER, 1850**Molpadia THEEL, 1886****Molpadia musculus RISSO, 1826**

Literatur: PAWSON 1977.

Die erbeuteten Individuen weichen in einem Punkt von der Beschreibung bei PAWSON ab: Sie verfügen über eine nur sehr geringe Anzahl von Phosphatkörnern. Da jedoch alle übrigen Merkmale denen von Molpadia musculus entsprechen, komme ich zu der Überzeugung, daß es sich bei den vorliegenden Tieren nicht um eine neue Art handelt.

5. Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 26833 Seegurken erbeutet, aussortiert und bestimmt. Es handelt sich dabei um die Vertreter von 33 Arten aus 21 Gattungen, 7 Familien und 5 von insgesamt 6 Holothuriennordnungen. Eine weitere Art aus einer oben nicht berücksichtigten Gattung wurde nur auf UW-Fotos beobachtet und identifiziert.

5.1 Geographische Verbreitung der Arten

Tab. 5.1 ist gegliedert in 52 Stationen, die zu quantitativen Analysen herangezogen werden und in weitere 8, für die lediglich die Präsenzen bestimmter Arten angegeben sind. Bei letzteren erfolgte aus technischen Gründen kein quantitatives Aussortieren der Seegurken aus dem Fang, so daß das Fehlen von Eintragungen nicht die Absenz der Art auf der Station bedeuten muß. Auf die Ergebnisse dieser 8 Stationen gehe ich in diesem Kapitel nicht ein, sie können aber unter dem tiergeographischen Aspekt bedeutsam sein.

Die Reihenfolge der spaltenweisen Auflistung der Stationen in der Tabelle entspricht ihrer geographischen Lage entlang der in der Stationskarte eingetragenen Linie (siehe Kapitel 3.1). Es sind stets gemittelte Tiefen angegeben. Die Spezies sind, systematisch geordnet (vgl. Kapitel 4.), in den Zeilen aufgeführt. Die *Cucumaria georgiana*-Gruppe wird in den folgenden Berechnungen als eine Art betrachtet.

Die Analyse von Tiefen, absoluten Abundanzen, Diversität und Gleichmäßigkeit (Äquität) sind Gegenstand von Kapitel 5.4 .

In den Fällen, in denen die Holothurien nicht quantitativ aussortiert wurden, erfolgte die Abschätzung des durchgesehenen Prozentsatzes vom Fang mit dem Auge. Die Gesamtindividuenzahl pro Fang ergibt sich dann durch einfaches Hochrechnen auf 100 Prozent. Die in der folgenden Zeile angegebenen Individuen pro 1000m² sind mit dem erheblichen Fehler behaftet, der in Kapitel 3.2.1 beschrieben wird. Sie sind daher nur ein grobes Maß für einen Vergleich der Abundanzen auf den Stationen. Aus diesem Grund sind die Anteile der jeweiligen Arten pro Station als zentraler Grundlage der Auswertung im Mittelteil dieser Tabelle aufgelistet. Dabei entsprechen alle pro Hol erbeuteten Seegurken 100%.

Tab. 5.1 zeigt weiterhin, daß die Ordnung der Dendrochirotida am artenreichsten vertreten ist, gefolgt von den Aspidochirotida, Elasipodida, Apodida und Molpadida.

Die Summe der Häufigkeiten ist ein Maß dafür, welche Art bzw. Ordnung den größten Gesamtprozentsatz auf sich vereinigt. Die höchste derartige Zahl erreicht dabei eine dendrochirote Spezies: *Ekmocucumis steineni*, es folgt *Scotoplanes globosa*, eine elasipode Art. Unter den 8 weiteren häufigsten Spezies gehören 6 den Dendrochirotida und nur je eine den Elasipodida und Aspidochirotida an. Diese Tendenz läßt sich auch aus den für die Ordnungen zusammengefaßten Prozentzahlen deutlich ablesen.

Die Spalte der Präsenzen gibt prozentual an, auf wievielen der 52 Stationen die jeweilige Art vorhanden ist. In diesem Parameter zeigt sich eine noch deutlichere Dominanz der Dendrochirotida. 8 Spezies aus dieser Ordnung kommen auf mehr als 40% der Stationen vor. Nur 6 Arten sind in weniger als 10% der Hols vorhanden. Innerhalb der übrigen Ordnungen gibt es niedrige bis mittlere Präsenzen.

Ekmocucumis steineni

Aus Tab 5.1 geht hervor, daß diese Art im gesamten Untersuchungsgebiet vorkommt. Sie fehlt lediglich auf einigen tieferen Stationen, besonders an der Antarktischen

Halbinsel und im Filchner-Graben. Die relativen Abundanzen sind im Vergleich zu den anderen Arten hoch.

Scotoplanes globosa

Ihr Vorkommen konzentriert sich ganz wesentlich auf die Gould Bay und den Filchner-Graben. Sie repräsentiert hier nahezu den Gesamtfang an Seegurken.

Abysso Cucumis liouvillei

Diese Spezies kommt im gesamten Untersuchungsgebiet mit stark schwankenden relativen Häufigkeiten vor. Sie fehlt lediglich im Filchner-Graben und auf wenigen anderen Stationen.

Achlyonice spec. I

Nach Tab. 5.1 ist diese Art im gesamten Untersuchungsgebiet vorhanden, jedoch nur auf wenigen Stationen. Die relativen Abundanzen sind im Vergleich zu den meisten anderen Arten recht hoch.

Trachythyone bouvetensis (?)

Diese Spezies hat einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt östlich des Filchner-Grabens. In diesem Gebiet fehlt sie nur auf Stationen mit größerer Tiefe. Ihre Häufigkeit liegt meist über 10%.

Cucumaria georgiana-Gruppe

Diese Gruppe wird im gesamten Untersuchungsgebiet angetroffen, mit Ausnahme der Stationen vor der Antarktischen Halbinsel. Es fällt auf, daß sie z.B. im Bereich Vestkapp in einigen Fängen sehr häufig ist, auf benachbarten Positionen jedoch völlig fehlt.

Psolus dubiosus

Diese Art zeigt eine ähnliche Verbreitung, wie die vorher besprochene Gruppe, kommt jedoch in der Gould Bay überhaupt nicht vor. Im Bereich Vestkapp zeigt sie auf den nördlichen Stationen einen eindeutigen Schwerpunkt. Die Abundanzen schwanken meist um 10%.

Bathyplores moseleyi (?)

Diese Art kommt im gesamten untersuchten Gebiet nur sporadisch vor, eine leichte Konzentration läßt sich vor der Antarktischen Halbinsel ausmachen. Die relativen Häufigkeiten sind mit Werten um 40% teilweise recht hoch.

Psolidium navicula

Ihr Vorkommen konzentriert sich besonders in der Atka-Bucht und um das Vestkapp. Dort ist sie auf allen Stationen vertreten. Im übrigen Bereich kommt sie nur auf wenigen Positionen vor.

Psolidium incertum

Diese Spezies hat drei Verbreitungsschwerpunkte: südlich des Vestkapps, östlich und westlich des Filchner-Grabens und am Fuß der Antarktischen Halbinsel. Das Verbreitungsmuster im Bereich Vestkapp ist dem der ihr nahe verwandten Psolidium navicula genau entgegengesetzt. Die relativen Häufigkeiten schwanken zwischen sehr niedrigen Werten und 30%.

Tab. 5.1: Häufigkeiten, Präsenz, Diversität und Äquität der einzelnen Arten auf den Stationen.

Abundance, occurrence, diversity and evenness of collected species on stations indicated.														
Gebiet	Atka-Bucht								Vestkapp					
Expedition	I	III	I	III	II	I	II	III	III	III	III	III	I	III
Station	220	357	216	246	524	213	521	330	335	271	275	348	210	248
Gerät	GSN	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	GSN	AGT	GSN
Tiefe [m]	260	160	340	225	325	220	745	590	465	990	260	420	445	420
vom Gesamtfang aussortiert [%]	100	80	100	100	20	100	100	100	100	100	100	60	100	50
aussortierte Individuen	260	254	201	151	145	57	87	189	587	6	183	692	60	676
Individuen pro Fang	260	318	201	151	669	57	87	189	587	6	183	1153	60	1352
Individuen pro 1000m ²	3	224	91	116	279	32	24	77	303	2	113	7	21	17
Anteil am Gesamtfang [°/oo]														
DENDROCHIROTIDA														
Undet. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undet. II	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-
Undet. III - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cucumaria georgiana-Gruppe	8	106	20	27	7	-	-	413	651	-	6	1	-	-
Psolidiella mollis	8	4	15	86	14	35	-	37	-	167	180	-	-	3
Stereoderma spec. I	4	-	-	-	7	-	-	-	-	-	6	1	-	-
Cucumariidae spec. I	-	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachythone parva	-	-	-	-	-	-	12	5	-	-	27	49	-	24
Trachythone bouvetensis (?)	119	185	279	33	255	35	-	64	143	-	-	496	483	339
Abyssocucumis liouvillei	8	-	25	298	386	-	23	11	-	-	66	7	67	-
Abyssocucumis turqueti	15	-	5	13	-	-	-	-	-	167	-	4	50	-
Ekmocucumis steineni	677	327	209	99	110	614	-	32	24	-	465	56	83	308
Ekmocucumis denticulata	-	4	-	7	-	-	-	-	27	-	6	7	17	-
Ypsilocucumis turricata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ypsilocucumis spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ypsilothuriinae spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-	9
Psolus dubiosus	19	122	164	93	55	105	425	270	39	-	6	-	-	-
Psolus charcoti	65	79	60	86	-	-	-	95	87	-	-	-	-	-
Psolus antarcticus	-	-	-	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psolidium navicula	46	173	60	13	28	-	81	32	19	667	87	172	183	36
Psolidium gaini	-	-	-	-	-	-	-	27	2	-	-	1	-	-
Psolidium incertum	-	-	-	-	-	-	58	11	3	-	55	142	-	269
Psolidae spec. I	31	-	85	-	76	193	-	-	-	-	87	-	-	-
ASPIDOCHIROTIDA														
Bathyplores moseleyi (?)	-	-	-	13	-	-	172	-	-	-	-	-	-	2
Bathyplores spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bathyplores spec. II	-	-	5	-	-	-	-	-	2	-	11	4	-	3
Pseudostichopus mollis	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudostichopus villosus	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-
Mesothuria lactea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
ELASIPODIDA														
Laetmogone wyvillethompsoni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Achlyonice spec. I	-	-	-	152	-	-	218	-	-	-	-	-	-	-
Peniagone vignioni	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-
Scotoplanes globosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
APODIDA														
Taeniogyrus contortus	-	-	10	33	55	-	-	-	2	-	-	-	117	-
Paradota spec. I	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
MOLPADIDA														
Molpadia musculus	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	12	-	-
Arten pro Station	11	8	14	15	11	6	7	12	12	3	12	16	7	11
Shannon-Wiener-Index	1.22	1.72	2.11	2.21	1.74	1.16	1.51	1.71	1.22	0.68	1.69	1.60	1.52	1.42
Evenness-Index	.111	.215	.160	.147	.158	.193	.194	.142	.102	.289	.141	.100	.217	.129

Halley Bay													Vahsel-Bucht				Filchner-Graben			
III	III	III	III	III	I	III	III	I	I	III	II	II	I	II	III	I	III	II	I	
247	286	345	287	311	207	288	289	198	196	310	506	510	195	490	290	192	292	480	168	
GSN	GSN	GSN	GSN	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	DRG	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	
695	405	470	200	245	260	610	340	230	290	340	705	785	365	395	430	795	1130	1180	770	
100	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
98	304	1171	1230	101	620	76	99	79	74	79	19	188	27	129	213	23	50	21	114	
98	304	1464	1230	101	620	76	99	79	74	79	19	188	27	129	213	23	50	21	114	
1	4	9	15	71	350	33	42	28	46	45	10	95	14	198	106	20	14	5	64	

(1000⁰/oo entsprechen allen auf der Station gefangenen Holothurien)

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	8	502	50	-	-	-	114	54	76	-	-	222	163	66	-	-	48	-
-	3	15	-	-	-	-	10	51	27	114	-	-	37	16	14	-	-	-	-
-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
418	3	6	3	-	-	-	-	-	14	-	-	64	-	-	19	130	-	-	-
133	16	10	161	59	-	-	-	76	311	114	-	-	148	171	136	-	-	-	-
235	342	41	23	475	984	79	939	266	203	519	53	-	37	31	103	-	-	-	-
-	-	3	1	-	2	-	-	13	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
61	286	56	182	238	8	-	-	253	41	51	-	-	74	349	155	-	-	95	-
-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	706	-	59	3	-	-	139	149	25	-	-	111	70	66	-	-	-	-
-	-	3	42	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	3	22	67	10	-	-	-	89	-	89	-	-	185	101	108	-	-	-	18
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	283	82	-	-	-	-	-	-	-	-	158	16	-	47	19	46	-	-	-
-	-	9	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	452	-	-	-	261	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	49	21	-	20	2	-	10	-	108	13	-	-	37	8	9	-	-	-	-
-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210	80	-	8	5	174	160	714	26
-	-	-	-	69	-	13	-	-	-	-	53	154	-	-	-	-	40	-	9
-	-	-	-	-	-	908	-	-	-	-	53	223	-	-	178	-	-	-	-
-	7	-	-	-	-	-	40	-	-	-	53	-	-	-	61	391	-	-	-
-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	368	-	-	-	28	-	800	143	947
-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	148	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
6	11	17	11	9	6	3	4	8	9	8	8	7	9	12	17	5	3	4	4
1.53	1.43	1.25	1.47	1.57	0.10	0.34	0.28	1.84	1.88	1.55	1.76	1.43	2.02	1.92	2.39	1.42	0.60	0.88	0.25
.256	.130	.074	.134	.174	.017	.115	.070	.230	.209	.193	.220	.238	.224	.160	.141	.285	.200	.222	.065

Fortsetzung von Tab. 5.1

Tab. 5.1 continued

Gebiet	Gould Bay													
	I	I	III	III	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Expedition	180a	180b	298	299	300	470	474	310	341	460	438	450	417	428
Station	GSN	GSN	GSN	GSN	GSN	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT
Gerät	GSN	GSN	GSN	GSN	GSN	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT
Tiefe [m]	690	700	650	690	640	235	220	250	300	315	425	450	345	530
vom Gesamtfang aussortiert [%]	100	100	100	100	100	100	20	100	33	100	100	100	100	33
aussortierte Individuen	2796	2780	2636	171	348	152	771	1552	378	166	176	54	22	127
Individuen pro Fang	2796	2780	2636	171	348	152	3853	1552	1134	166	176	54	22	381
Individuen pro 1000m ²	34	17	32	2	4	65	1647	1232	663	63	70	18	8	159
Anteil am Gesamtfang [⁰ /oo]														
DENDROCHIROTIDA														
Undet. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undet. II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undet. III - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-
Cucumaria georgiana-Gruppe	-	-	11	-	-	414	92	21	156	343	-	-	-	-
Psolidiella mollis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stereoderma spec. I	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Cucumariidae spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachythone parva	-	-	4	59	12	7	-	-	-	-	23	111	-	-
Trachythone bouvetensis (?)	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abyssocucumis liouvillei	-	-	13	6	43	20	1	-	53	271	51	19	-	-
Abyssocucumis turqueti	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	6	-	-	-
Ekmocucumis steineni	-	-	76	6	3	13	628	967	537	48	74	611	-	-
Ekmocucumis denticulata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ypsilocucumis turricata	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ypsilocucumis spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ypsilothuriinae spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psolus dubiosus	-	-	-	-	-	33	261	6	106	157	-	-	-	-
Psolus charcoti	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psolus antarcticus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psolidium navicula	1	0	9	-	3	-	-	-	61	-	-	-	-	-
Psolidium gaini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psolidium incertum	1	0	13	41	14	-	-	-	-	6	-	37	500	-
Psolidae spec. I	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASPIDOCHIROTIDA														
Bathyplores moseleyi	-	-	-	6	3	-	9	-	3	115	11	-	136	-
Bathyplores spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Bathyplores spec. II	-	-	-	-	-	-	-	-	8	36	17	19	227	-
Pseudostichopus mollis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudostichopus villosus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mesothuria lactea	2	0	2	6	17	-	-	-	11	-	-	-	45	-
ELASIPODIDA														
Laetmogone wyvillethompsoni	-	0	1	6	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Achlyonice spec. I	8	5	-	-	-	507	-	-	-	-	818	93	-	992
Peniagone vignioni	-	-	16	47	-	-	3	-	-	-	-	-	-	8
Scotoplanes globosa	987	994	835	825	782	-	-	-	-	6	-	-	-	-
APODIDA														
Taeniogyrus contortus	-	-	-	-	-	-	5	5	61	-	-	-	-	-
Paradota spec. I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	91	-	-
MOLPADIDA														
Molpadia musculus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Artenzahl	6	6	14	9	9	7	8	5	10	8	7	7	5	8
Shannon-Wiener-Index	0.08	0.04	0.75	0.74	0.81	1.02	0.96	0.18	1.48	1.60	0.74	1.28	1.31	0.05
Evenness-Index	.014	.007	.054	.083	.091	.146	.121	.036	.149	.200	.106	.183	.263	.023

Antarkt. Halbinsel				Summe der	Summe der	Präsenz								
II	II	II	II	relativen	absoluten	[^o /o]	I	I	I	I	I	I	II	II
369	372	378	386	Häufigkeiten	Häufigkeiten		125	129	214	147	149	194	502	492
AGT	AGT	AGT	AGT	[^o /oo]			DRG	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT	AGT
630	620	655	635				125	285	310	430	410	270	645	870
100	100	100	100											
16	37	176	102		20724		Stationen ohne quantitative Auswertung							
16	37	176	102		26833									
5	19	56	30											

^o /oo vom Gesamtfang				32977	10954	96	X = Präsenz							
-	-	-	-	5	1	2								
-	-	-	-	12	1	2								
-	-	-	-	18	3	2								
-	-	-	-	3579	1503	48		X					X	
-	-	-	-	836	107	37								
-	-	-	-	50	19	19								
-	-	-	-	55	11	2								
125	108	50	10	1283	182	44	X		X				X	
-	-	-	10	3788	1235	46								
63	-	11	-	5772	1330	67								
-	-	-	-	291	24	25								
-	27	-	-	7843	3691	69							X	
-	-	-	-	71	29	13								
-	27	6	-	86	4	8								
-	-	-	-	3	4	2								
-	-	-	-	50	34	4								
-	-	-	-	3189	1375	46	X	X					X	
-	-	-	-	568	210	21	X						X	
-	-	-	-	14	2	4				X				
-	-	-	39	2494	503	58	X	X						
-	-	-	-	30	7	6								
313	243	28	-	2446	588	48					X		X	
-	-	-	-	494	91	15		X						
-	-	-	-	5413	566	73								
188	-	542	686	2610	326	31								
-	-	34	-	39	8	4								
-	-	-	-	609	84	38								
-	-	-	-	12	4	4								
-	-	-	-	7	3	6								
125	189	218	137	2136	141	40								
-	-	-	-	12611	9085	63								
-	-	-	10	479	90	21								
-	135	-	10	4300	586	27							X	
63	270	-	69	1046	100	25								
63	-	-	-	6786	8309	27								X
-	-	-	-	977	107	33								
-	-	-	-	530	69	19		X		X				
63	-	95	29	447	38	15								
-	-	-	-	22	10	6								
-	-	-	-	22	10	6								

8 7 8 9

1.89 1.72 1.34 1.13
.236 .246 .167 .125

Mesothuria lacea

Sie kommt, von geringen Einzelfängen abgesehen, nur im südlichen Weddellmeer vor, besonders auf den tiefer gelegenen Stationen. Ihre relativen Abundanzen schwanken stark.

Trachythone parva

Diese Art hat eine Verbreitung über das gesamte Untersuchungsgebiet, mit Ausnahme der Atka-Bucht. Leichte Schwerpunkte liegen am Vestkapp und an der Antarktischen Halbinsel. Die relativen Häufigkeiten liegen meist um oder deutlich unter 10%.

Peniagone vignioni

Sie kommt zwar, mit Ausnahme der Atka-Bucht, im gesamten untersuchten Gebiet vor, jedoch nur auf wenigen Stationen. Die relativen Abundanzen schwanken zwischen weniger als einem und 30%.

Psolidiella mollis

Diese Spezies ist ausschließlich östlich des Filchner-Grabens zu finden. Während ihre Verbreitung nördlich des Vestkapps einen leichten Schwerpunkt bildet, kommt sie südlich davon nur sehr selten vor.

Die übrigen, selteneren Arten lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen:

Psolus charcoti, **Ekmocucumis denticulata**, **Stereoderma spec. I**, **Psolidae spec. I**, **Cucumariidae spec. I**, **Ypsilocucumis spec. I**, **Ypsilothuriidae spec. I**, **Psolidium gaini**, **Psolus antarcticus**, **Pseudostichopus mollis**, **Pseudostichopus villosus** und **Molpadia musculus** kommen fast ausschließlich im nordöstlichen Bereich des Weddellmeeres vor.

Laetmogone wyvillethompsoni, **Abyssocucumis turqueti**, **Bathyploetes spec. II**, **Taenio-gyrus contortus** und **Ypsilocucumis turricata** kommen sporadisch im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Sie haben keine Verbreitungsschwerpunkte.

Paradota spec. I und **Bathyploetes spec. I** sind fast ausschließlich auf wenigen Stationen in der südlichen Weddell See vertreten.

5.2 Tiefenzonierung der Arten

Abb. 5.1 gibt die Tiefenzonierung der 23 Arten wieder, die in die weitere Auswertung (Clusteranalyse) eingehen. Ihre Reihenfolge entspricht dem Rang der Häufigkeitssummen über alle Stationen (Tab 5.1). Diese Spezies kommen auf mindestens 5 Stationen vor. Für die Darstellungen in Abb. 5.1 wurden die 52 Stationen in drei Tiefenstufen unterteilt und zwar so, daß einerseits die zwei flacheren den Schelf umfassen (bis 600m) und andererseits alle drei Stufen ungefähr gleichviele Stationen repräsentieren. Somit rekrutiert sich die erste Zone von 160 bis 330m aus 16, in die zweite von 330 bis 600m aus 17 und in die tiefste von 600 bis 1180m aus 19 Stationen. Es wurden stets die in Tab. 5.1 angegebenen gemittelten Tiefen verwendet. Die für jede Art eingezeichneten Flächen der Balken stellen zusammen die Prozentsätze aus Tab. 5.1 über alle Stationen der jeweiligen Tiefenstufe dar. Die Zahlen in Klammern geben die Präsenz in Prozent an. Diese Werte weisen in den meisten Fällen denselben Trend auf, wie die Häufigkeiten, für einige Arten ergeben sich jedoch deutliche Unterschiede. So ist z.B. **Achlyonice spec. I** in der mittleren Zone auf nur 24% der Stationen vorhanden, stellt dort jedoch gemessen an ihrer relativen Häufigkeit einen weit höheren Anteil, als in der tieferen Stufe von 600 bis 1180m, wo sie in 47% der Fänge vertreten war. **Psolus dubiosus** und **Ekmocucumis denticulata** weisen in der flachsten Zone relativ hohe Präsenzen auf, wobei die relativen Häufigkeitswerte in der mittleren Stufe die größten Werte erreichen. Das Verhältnis zwischen der Präsenz und der Häufigkeit ist außerdem

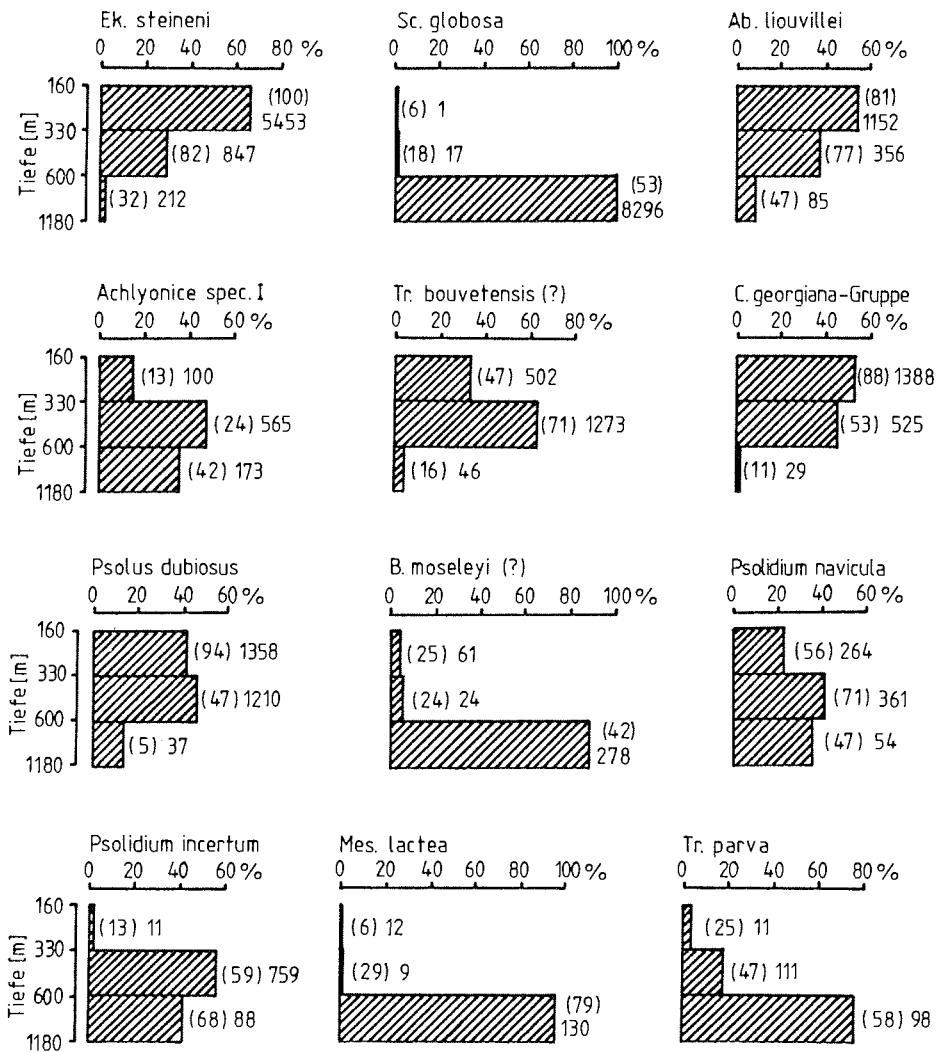
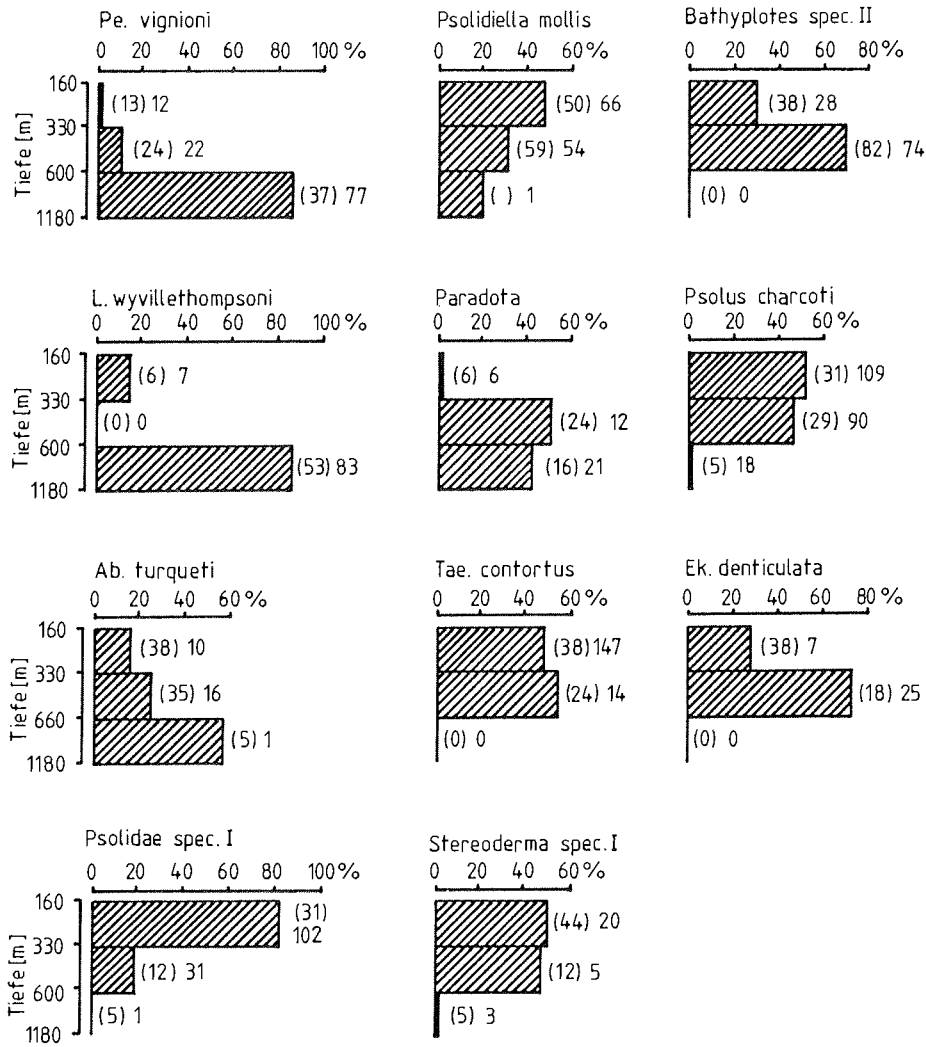


Abb. 5.1: Tiefenzonierung der 23 häufigsten Arten.
 Schraffierte Flächen: relative Häufigkeiten.
 Zahlen in Klammern: Präsenzen in Prozent.
 Zahlen ohne Klammern: absolute Individuenzahlen pro Tiefenstufe.
 Anzahl der Stationen: 160-330m: 16; 330-600m: 17; 600-1180: 19.
 The shaded areas: relative abundance.
 Depth distribution of the most abundant 23 specimens.
 Numbers in parenthesis: occurrences in percent.
 Additional numbers: absolute numbers of specimens per depth range.
 Number of stations: 160-330m: 16; 330-600m: 17; 600-1180m: 19.



Fortsetzung von Abb. 5.1.
Fig. 5.1 continued

Gegenstand von Kapitel 5.5. Die absoluten Häufigkeiten gefangener Individuen pro Tiefenstufe sind als Zahlen ohne Klammern wiedergegeben.

Die so erzielten Ergebnisse lassen die einzelnen Spezies in drei Gruppen einteilen:

1. Arten, deren Verbreitungsschwerpunkt in den beiden flacheren Zonen bis 600m liegt:

Ekmoecumis steineni
Abyssocucumis liouvillei
Trachythone bouvetensis (?)
Cucumaria georgiana-Gruppe
Psolus dubiosus
Psolidiella mollis
Bathyplores spec. II
Psolus charcoti
Taeniogyrus contortus
Ekmoecumis denticulata
Psolidae spec. I
Stereoderma spec. I

2. Arten, die überwiegend die Stationen der Tiefenstufe zwischen 600 und 1180m besiedeln:

Scotoplanes globosa
Bathyplores moselevi (?)
Mesothuria lactea
Trachythone parva
Peniagone vignioni
Laetmogone wyvillethompsoni.

3. Spezies, die sowohl auf dem Schelf (bis 600m Tiefe), als auch in der tieferen Zone vorkommen:

Achlyonice spec. I
Psolidium navicula
Psolidium incertum
Paradota spec. I
Abyssocucumis turqueti

Unter den seltenen Arten kommt Ypsilocucumis turricata auf vier Stationen vor, die unter 600m Tiefe liegen. Bathyplores spec. I ist im Bereich von 300 bis 840m vertreten. Psolus antarcticus wurde je einmal in den beiden flacheren Zonen erbeutet. Die Fänge der übrigen seltenen Spezies sind auf die mittlere Tiefenstufe begrenzt.

5.3 Ergebnisse der Clusteranalysen

In der Einleitung wurde die Frage aufgestellt, ob es in der südlichen und östlichen Weddell See Gebiete gibt, die sich in ihrer Holothurienbesiedlung ähneln oder voneinander abgrenzen. Um sie zu beantworten, wurden mit Hilfe der Clusteranalyse sowohl die einzelnen Stationen in ihrer Artenzusammensetzung, als auch die einzelnen Arten hinsichtlich gemeinsamen Auftretens miteinander verglichen. Hierzu verwendete ich die zwei in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Verfahren. Die erzielten Ergebnisse aus beiden Rechenarten erwiesen sich als ähnlich. Aufgrund der besseren Interpretierbarkeit der mit Hilfe des Jaccard-Index erzielten Resultate gehe ich im folgenden nur auf diese ein. Weitere Varianten, die das Affinitätsmaß der Euklidischen Distanz und des Bray-Curtis-Index berücksichtigt, erbrachten keine sinnvollen Resultate. Die Werte des AGTs, des GSN und der Dredge wurden gleich behandelt. Eine direkte Gegenüberstellung dieser verschiedenen Geräte war nicht möglich, da keine Vergleichsfänge auf

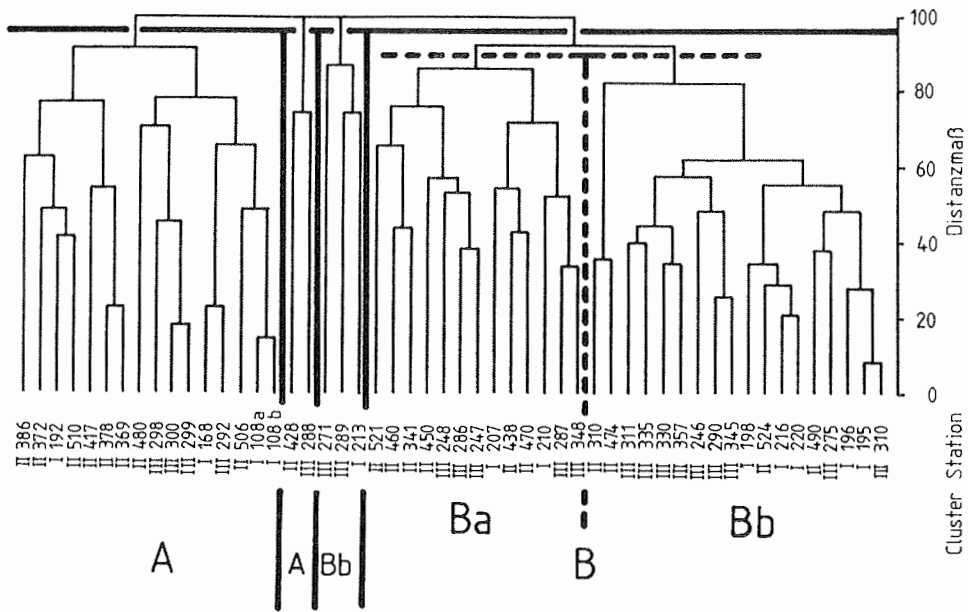


Abb. 5.2: Stationsdendrogramm, Jaccard-Index, complete-linkage.
Station dendrogram.

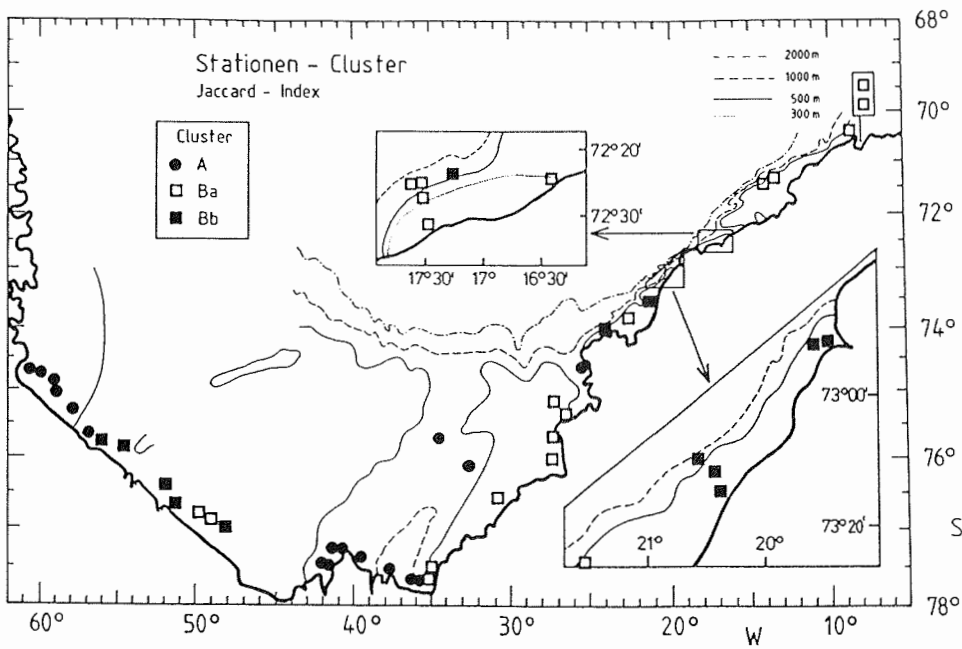


Abb. 5.3: Karte der Stationscluster, Jaccard-Index, complete-linkage.
Map of station clusters.

derselben, einer benachbarten oder ähnlich besiedelten Stationen vorliegen. Man kann jedoch davon ausgehen, daß sich die Fängigkeit der drei Geräte nicht wesentlich unterscheidet (siehe Tab. 5.1). In den Clusteranalysen fanden nur die Arten Berücksichtigung, die auf mehr als vier Stationen vorhanden sind. Eine solche Auswahl schließt aus, daß den Spezies, die aufgrund ihrer geringen Präsenz für die Beurteilung aller vorkommenden Seegurken nur eine geringe Rolle spielen, in der Clusteranalyse eine zu hohe Bedeutung zugemessen wird. Eine mögliche Verfälschung der Resultate durch zufällig gemeinsames Auftreten dieser seltenen Arten wird somit vermieden. Die als Dendrogramme dargestellten Ergebnisse der Clusteranalysen sind in Abb. 5.2 und 5.4 wiedergegeben. Die Stationscluster wurden mit Großbuchstaben, die Artencluster mit römischen Zahlen benannt. Untercluster wurden mit einem zusätzlichen Kleinbuchstaben belegt. Eine wesentliche Grundlage für die Interpretation der von der Clusteranalyse erzeugten Anordnung der Stationen in Gruppen (Clustern) ist das Aufstellen einer sogenannten "Gemeinschaftstabelle". Da es sich bei der Gesamtheit der Seegurken jedoch nur um einen kleinen Ausschnitt einer oder mehrerer möglicher Benthosgemeinschaften handelt, ist dieser Begriff in Anführungszeichen gesetzt. Eine derartige Tabelle kombiniert das Arten- mit dem Stationscluster, indem die aus der Clusteranalyse hervorgegangene Reihenfolge der Stationen spaltenweise und der Arten zeilenweise aufgetragen werden. Sie zeigt, aufgrund welchen gemeinsamen oder getrennten Auftretens der Arten die Stationen in eine bestimmte Reihenfolge gebracht wurden. Erst wenn innerhalb einer "Gemeinschaftstabelle" ein deutliches, interpretierbares Muster von Artengruppen innerhalb von Stationsclustern sichtbar wird, ist es sinnvoll, die einzelnen Stationen bzw. Arten zu Gruppen zusammenzufassen und zu diskutieren. Diese Aufspaltung ist in den Dendrogrammen durch einen dicken Strich gekennzeichnet. Das Distanzmaß, auf dessen Höhe sie vollzogen wird, wird durch die oben beschriebene Erklärbarkeit bestimmt.

Stationsdendrogramm (Abb. 5.2)

Dieses Dendrogramm zeigt ungefähr bei einem Distanzmaß von 95% zwei große Gruppen, A und B. Zwischen ihnen liegen zwei kleinere, die aus zwei bzw. drei Stationen bestehen. Sie wurden nach der ausführlichen Analyse, die sich aus Abb. 5.5 und Tab. 5.3 ergibt, den beiden großen Clustern zugeschlagen. Die Gruppe B läßt sich in die gut interpretierbaren Cluster zweiter Ordnung Ba und Bb untergliedern. Eine ähnliche Aufspaltung von A ist ebenfalls erkennbar, da sie sich jedoch nur durch unterschiedliche Diversitäten erklären läßt (s.u.), habe ich auf die Aufstellung weiterer Untergruppen verzichtet. Die Karte der Stationscluster (Abb. 5.3) zeigt, daß zur Gruppe A fast nur Stationen am Fuß der Antarktischen Halbinsel und im Filchner-Graben mit östlicher Gould Bay gehören. Es handelt sich überwiegend um Positionen mit Tiefen unterhalb der 500m Linie. Das Cluster Ba wird von Stationen vor dem Filchner-Rönne-Schelfeis und südlich des Vestkapps gebildet. Die Positionen von der Vahsel-Bucht bis Halley Bay und vom Gebiet nördlich des Vestkapps bis zur Atka-Bucht gehören zur Gruppe Bb. Hinzu kommen je zwei Stationen vor dem Filchner-Rönne-Schelfeis und südlich des Vestkapps.

Artendendrogramm (Abb. 5.4)

Dieses Dendrogramm läßt sich bei einer Distanz von 95% in zwei Gruppen aufgliedern. Cluster I umfaßt überwiegend Arten, die den Elaspodida, den Aspidochirotida und den Apodida angehören. Nur zwei Spezies aus den Dendrochirotida sind hier vertreten. Im Cluster II ist das Verhältnis umgekehrt. Es sind 12 Arten aus den Dendrochirotida vorhanden und nur je eine Art aus den Apodida und den Aspidochirotida. Eine weitergehende Aufspaltung dieses Dendrogrammes in Untercluster, die sinnvoll interpretiert werden können, ist nicht möglich.

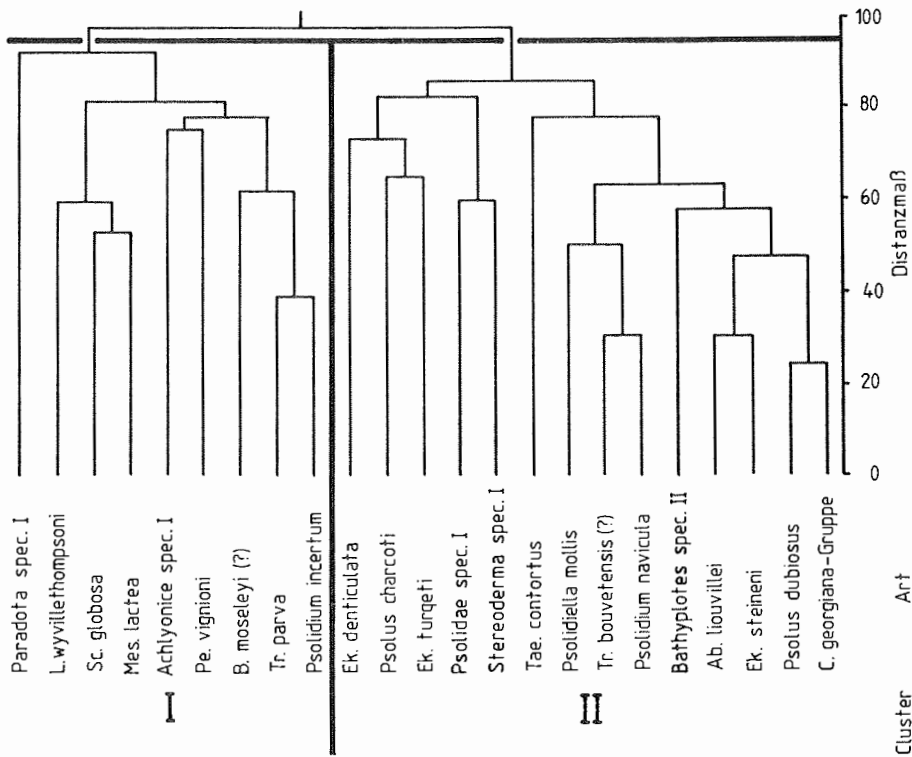


Abb. 5.4: Artendrogramm, Jaccard Index, complete-linkage.
Species dendrogram.

"Gemeinschaftstabelle" (Abb. 5.5)

Ein Blick auf Abb. 5.5 ("Gemeinschaftstabelle") und Tab. 5.2, die die Präsenzen innerhalb der Clusterkombinationen zusammenfaßt, ergibt eine Antwort auf die Frage, warum die Stationen und Arten durch die Clusteranalyse so angeordnet wurden:

Das Cluster A ist mit über 50% Präsenz deutlich von den Arten aus Gruppe I beherrscht. Die Spezies aus II sind nur zu 10% vorhanden. In dem Cluster Ba kommen beiden Artengruppen grob betrachtet gleich oft vor. In dem Cluster Bb überwiegen die Vertreter der Gruppe II mit 59% Präsenz deutlich gegenüber denen aus I. Aus Abb. 5.5 geht ebenfalls hervor, daß die Stationen II 428 und III 288 zum Stationscluster A sowie III 271, III 289 und I 213 zu Bb geordnet werden können.

Cluster	Art	Cluster			
		Station	A	Ba	Bb
I	<i>Paradota weddelli</i>	II 386			
	<i>L. wvillieholmsoni</i>	II 372			
	<i>Sc. globosa</i>	I 192			
	<i>Mes. lactea</i>	II 510			
	<i>Achlyonice spec. I</i>	II 417			
	<i>Pe. vignioni</i>	II 378			
	<i>B. moseleyi (?)</i>	II 369			
	<i>In. darva</i>	II 480			
	<i>Psolidium incertum</i>	III 298			
	<i>Ek. denticulata</i>	III 300			
	<i>Psolus charcofi</i>	III 299			
	<i>Ek. turqueti</i>	I 168			
	<i>Sporidae spec. I</i>	III 292			
	<i>Stereoderma spec. I</i>	II 506			
II	<i>Tae. contortus</i>	I 108a			
	<i>Psolidiella mollis</i>	I 108b			
	<i>Tr. bouvetensis (?)</i>	II 428			
	<i>Psolidium navicula</i>	III 288			
	<i>Bathyploetes spec. II</i>	II 521			
	<i>Ab. lioyvillei</i>	II 460			
	<i>Ek. steineri</i>	II 341			
	<i>Psolus dubiosus</i>	II 450			
	<i>C. georgiana-Gruppe</i>	III 248			
		III 286			
		III 247			
		I 207			
		II 438			
		II 470			
	I 210				
	III 287				
	III 348				
	II 310				
	II 474				
	III 311				
	III 335				
	III 330				
	III 357				
	III 246				
	III 290				
	III 345				
	I 198				
	II 524				
	I 216				
	I 220				
	II 490				
	III 275				
	I 196				
	II 195				
	III 310				
	III 271				
	III 289				
	I 213				

Abb. 5.5: "Gemeinschaftstabelle" aus Stations- und Artenclusteranalyse, Jaccard-Index, complete-linkage. Combined results from species and station cluster analysis.

Tab. 5.2: Summe der Präsenzen aus der "Gemeinschaftstabelle", Jaccard-Index (Abb. 5.5)

Die Zahlen in den Klammern geben die relativen Präsenzen der zu einem Artencluster gehörenden Spezies innerhalb einer Stationsgruppe an.

Total occurrences for station and species cluster. The numbers in parenthesis are relative occurrences. From Abb. 5.5.

Arten-Cluster	Stationscluster			Summe
	A	Ba	Bb	
I	84 (52)	33 (28)	27 (14)	139
II	27 (10)	75 (41)	172 (59)	273

5.4 Analyse der aufgestellten Stationscluster

Bisher wurden die Stationen hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung sortiert und zu Gruppen zusammengefaßt. Dabei habe ich bereits festgestellt, daß bei der Bildung von Artenclustern die Taxonomie der Seegurken und bei Stationsgruppen ihre geographische Lage bedingt eine Rolle spielen. In diesem Kapitel werden die einzelnen Stationscluster daraufhin untersucht, ob sie sich aufgrund von Unterschieden in weiteren charakteristischen Eigenschaften voneinander abgrenzen lassen. Hierfür stehen folgende Parameter zur Verfügung:

Tiefe

Diversität (Shannon-Wiener-Index)

Äquität (Evenness-Index)

absolute Häufigkeit der Individuen

Artenzahl.

Um die unterschiedlichen Cluster miteinander vergleichen zu können, habe ich zunächst den Median mit Vertrauensbereich für die oben genannten Parameter, außer für die Artenzahl, ermittelt. Bei diesen Berechnungen wurden alle Arten, außer den drei nicht näher bestimmten dendrochiroten, berücksichtigt. Um die Gruppen auf Unterschiede in einem dieser Faktoren zu testen, wurde der "multiple Vergleich unabhängiger Stichproben nach Nemenyi" (SACHS 1984) angewendet. Alle diese Ergebnisse sind in Tab. 5.3 aufgelistet.

Die Analyse der Tiefen ergibt, daß sich die drei Cluster voneinander unterscheiden, wobei die Stationen A signifikant tiefer liegen, als die beiden anderen. Vergleicht man das Dendrogramm in Abb. 5.4 mit den Tiefenzonierungen in Abb. 5.1, so ist deutlich zu erkennen, daß die im Cluster A vorkommenden Arten ihren Verbreitungsschwerpunkt in Gebieten haben, die tiefer als 600m gelegen sind. Die Spezies der Gruppe II kommen überwiegend auf den flacheren Stationen vor. Der Unterschied zwischen Ba und Bb ist zwar nicht signifikant, der Trend, daß dendrochirote Seegurken flacheres Wasser bevorzugen, wohingegen die übrigen vornehmlich im Tiefen vorkommen, setzt sich jedoch auch in diesen beiden Stationsclustern fort.

Die Berechnung der **Diversitäts- und Äquitätsindices** erfolgte anhand der relativen Abundanzen (siehe Tab. 5.1). Die Mediane der Shannon-Wiener-Indices nehmen von A über Ba nach Bb zu, ein signifikanter Unterschied ist jedoch nur zwischen den beiden am weitesten auseinander liegenden Werten von A und Bb festzustellen. Die Medianwerte für die Äquität (Evenness) sind untereinander sehr ähnlich, die Unterschiede sind nicht signifikant. Diversitäts- und Äquitätsmediane gemeinsam betrachtet ergeben,

Tab. 5.3: Mittlere Tiefen, Diversitäten, Gleichmäßigkeitswerte, absolute Häufigkeiten und Stationen mit mehr als 10 Arten der Stations-Cluster.

Average depths, diversity, evenness, absolute abundance and numbers of stations with more than 10 stations per station cluster.

	Stations-Cluster			signifikante Unterschiede
	A	Ba	Bb	
Median der Tiefen [m]	673	420	325	zwischen A und Ba
Vertrauensbereich [m]	620-770	260-450	245-395	zwischen A und Bb
Anzahl der Stationen	18	13	21	
Median des Shannon-Wiener-Index	0.84	1.47	1.69	zwischen A und Bb
Vertrauensbereich	0.34-1.42	1.02-1.53	1.22-1.88	
Anzahl der Stationen	18	13	21	
Median des Evenness-Index	0.146	0.146	0.158	keine
Vertrauensbereich	0.065-0.236	0.106-0.183	0.121-0.193	
Anzahl der Stationen	18	13	21	
Median der absoluten Häufigkeiten	20	63	84	zwischen A und Bb
Vertrauensbereich	10-64	18-350	42-224	
Anzahl der Stationen (nur AGTs)	15	9	18	
Prozentualer Anteil der Stationen mit mehr als 10 Arten	5	38	48	

daß die differierenden Diversitäten nicht auf unterschiedliche Verteilung der Individuen auf die Arten, sondern auf eine geringe Artenzahlen in Cluster A zurückzuführen sind. Studiert man diese Gruppe detaillierter, so ist zu erkennen, daß die Stationen II 386 bis II 369 in der Reihenfolge von Abb. 5.2 ebenso hohe Diversitäten und Äquitäten aufweisen, wie die übrigen Stationscluster. Sie liegen zwischen 1,13 und 1,89, bzw. zwischen 0,125 und 0,285. Die Stationen II 480 bis I 180b hingegen fallen durch besonders niedrige Diversitätswerte (zwischen 0,04 und 1,76) und ebenfalls niedrige Evenness-Indices (zwischen 0,007 und 0,220) auf (siehe auch Tab. 5.1). Weitergehende statistische Analysen sind hier nicht sinnvoll, da die Stichprobenumfänge zu gering sind, um signifikante Unterschiede aufzudecken. Trotzdem geht aus diesen Daten eindeutig hervor, daß innerhalb von Cluster A die Stationen II 480 bis I 180b von wenigen stark dominierenden Arten bestimmt sind. Ein Blick in Tab. 5.1 bestätigt das Resultat, da diese Stationen durch besonders hohe relative Häufigkeiten einer Art, nämlich Scor-

toplanes globosa, auffallen. Die beiden genauso wenig diversen und wenig gleichmäßigen, von mir der Gruppe A zugeschlagenen Stationen II 428 und III 288, sind ebenfalls durch die hohe relative Abundanz einer Spezies, Achlyonice spec. I charakterisiert.

Die Artenzahlen können wegen zu großer Schwankungen, auch innerhalb eines Stationsclusters, nicht einem statistischen Test unterzogen werden. Die in Tab. 5.3 angegebene relative Häufigkeit von Stationen mit über und unter 10 Arten zeigt jedoch deutlich den oben bereits beschriebenen Trend von wenigen Arten in A gegenüber den anderen Stationsclustern.

In dem Vergleich der absoluten Häufigkeiten können nur die mit dem AGT ermittelten Daten verwendet werden, da aus den Werten in Tab. 5.1 eindeutig hervorgeht, daß die verschiedenen Geräte auch über eine unterschiedliche Fängigkeit verfügen müssen. Die Einzelwerte der absoluten Häufigkeiten, errechnet aus den erbeuteten Individuen pro befishter Fläche, sind sehr starken Schwankungen unterlegen. Trotzdem läßt sich zwischen den niedrigen Werten von A und den deutlich höheren von Bb ein signifikanter Unterschied nachweisen. Die so gewonnene Schlußfolgerung, daß Seegurken in Tiefen unter 600m seltener sind, als in flacheren Gebieten, kann jedoch nur sehr grobe Gültigkeit besitzen. In Kapitel 5.6.1 gehe ich noch auf hohe Holothurienkonzentrationen in größeren Tiefen ein.

5.5 Analyse der Verteilung häufiger Arten

Um aus den Fangdaten grobe Verteilungsformen der häufigsten Arten beschreiben zu können, wurden in Abb. 5.6 ihre Präsenzen über der Summe der relativen Häufigkeiten aufgetragen. Dabei habe ich nur die Spezies berücksichtigt, deren Präsenz über 14% liegt. Die Ordnung der Apodida wurde in diese Betrachtung nicht aufgenommen, da sie nur mit zwei selteneren Arten vertreten ist.

In Abb. 5.6 ist ein Trend sichtbar, der mit steigender Präsenz eine vermehrte relative Häufigkeit aufweist. Davon heben sich die Eintragungen für Scotoplanes globosa und Achlyonice spec. I deutlich ab. Diese beiden Arten der Elasipodida zeichnen sich dadurch aus, daß sie auf nur relativ wenigen Stationen präsent sind, jedoch zu den vier häufigsten Arten zählen. Abyssocucumis liouvillei und Ekmocucumis steineni hingegen erreichen ähnlich hohe Summen relativer Abundanzen auf fast dreimal so vielen Stationen. Die beiden Arten Psolidium navicula und Psolidium incertum sind mit einer mittleren Häufigkeit auf den meisten Positionen vorhanden. Ihre Verteilung im Untersuchungsgebiet ist demzufolge am gleichmäßigsten. Psolus dubiosus, die Cucumaria georgiana-Gruppe und Trachythyone bouvetensis (?) kommen trotz höherer Abundanzen nur auf deutlich geringere Präsenzen, als die beiden zuvor genannten. Sie unterscheiden sich jedoch bei ungefähr gleicher Häufigkeit deutlich von Achlyonice spec. I. Bathyplotes moseleyi (?) aus den Aspidochirotida nimmt eine Mittelstellung zwischen den bisher erwähnten Arten der Dendrochirotida und Elasipodida ein. Die beiden elasipoden Arten Peniagone vignioni und Laetmogone wyvillethompsoni kommen auf fast ebenso vielen Stationen vor, wie die beiden anderen Spezies dieser Ordnung mit sehr hoher Abundanz. Sie sind jedoch nicht deutlich häufiger, als eine Gruppe von selteneren dendrochiroten Seegurken (Abyssocucumis turqueti, Psolus charcoti, Stereoderma spec. I und Psolidae spec. I). Je zwei Arten der Aspidochirotida, Bathyplotes spec. II und Mesothuria lactea, sowie der Dendrochirotida, Trachythyone parva und Psolidiella mollis erreichen bei mittleren Präsenzen auch mittlere Häufigkeiten.

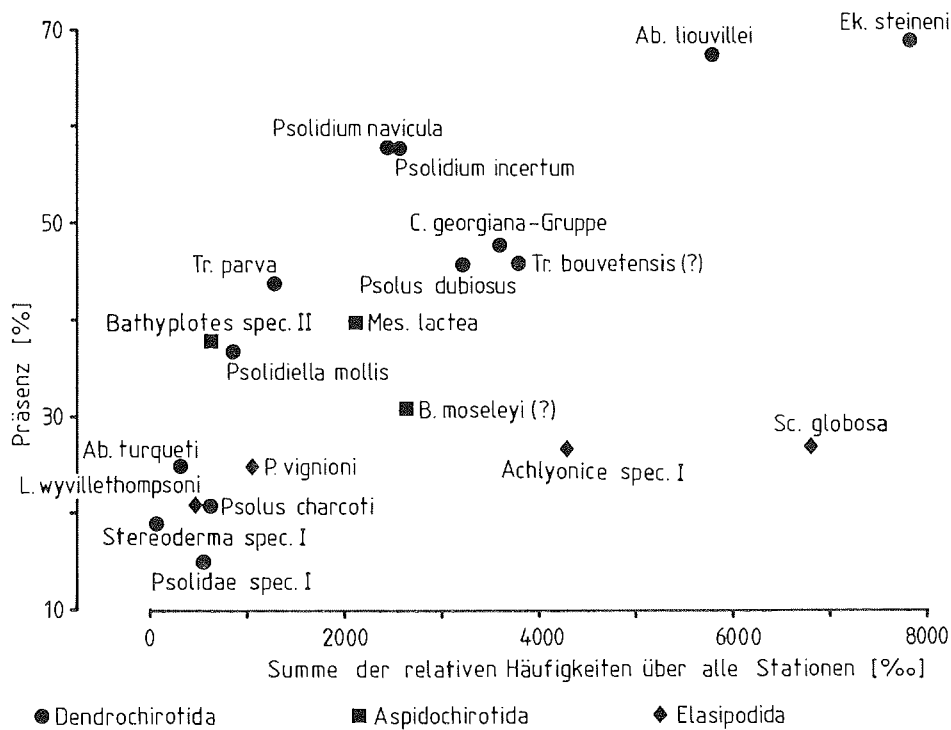


Abb. 5.6: Verhältnis der relativen Präsenzen zu den relativen Häufigkeiten der häufigsten Arten. (Apodida nicht berücksichtigt).
Ratio between relative occurrence and relative abundance of the most abundant species. (Apodida not considered).

5.6 Auswertung der Unterwasserfotos

Auf den Stationen III 301 in der Gould Bay und III 307 im Filchner-Graben sind auf den Unterwasserfotos hohe Konzentrationen von Seegurken zu erkennen, die eine detaillierte Analyse zulassen (siehe auch Abb. 5.12 und 5.13).

Auf den übrigen Positionen wurden die Fotos hinsichtlich der Zusammensetzung aller häufigen Tiergruppen, der Bodenbeschaffenheit und des Bodenbedeckungsgrades mit biologischem Material untersucht. Zusätzlich sind einzelne identifizierbare Seegurken aufgelistet. Diese Ergebnisse werden die Interpretation der Daten aus den Fängen in der Diskussion unterstützen.

Tab. 5.4: Häufigkeitsverteilung der Abundanzwerte von Achlyonice spec. I und Elpidia glacialis auf zwei ausgewählten Stationen, ermittelt mit Hilfe der Unterwasserfotografie.

Frequency of abundance of densities for Achlyonice spec. I and Elpidia glacialis on two stations, examined by underwater photography.

Anzahl der Individuen pro Foto (= 1,2m ²)	Station III 301	Station III 307
	<u>Achlyonice</u> spec. I	<u>Elpidia glacialis</u>
	Anzahl der Bilder	
0	36	1
1- 2	5	2
3- 4	8	2
5- 6	3	2
7- 8	3	1
9-10	3	1
11-12	4	4
13-14	1	4
15-16	1	5
17-18	0	3
19-20	0	6
21-22	1	7
23-24	0	6
25-26	0	4
27-28	0	1
29-30	0	0
31-32	1	0
33-34		2
35-36		1
37-38		1

5.6.1 Verteilungsmuster von Achlyonice spec. I und Elpidia glacialis

In Abb. 5.7 und 5.8 zur kleinräumigen Verbreitung dieser Arten ist auf der Abszisse die Strecke aufgetragen, die das Schiff vom Zeitpunkt der ersten bis zur letzten Aufnahme treibend zurückgelegt hat. Wie bereits im Kapitel 3.4.1 erwähnt wurde, handelt es sich dabei um eine Entfernung zwischen 100 und 200m für beide Stationen gleichermaßen. Die realen Entfernungen zwischen den Fotos sind in idealisierter Weise durch gleiche Abstände wiedergegeben. Jedes Foto, das zur Auswertung herangezogen wurde, ist mit einer laufenden Nummer versehen. Der Platz von nicht verwendbaren Fotos (z.B. nicht belichtet) wurde auf der Abszisse freigelassen. Die Ordinate stellt die absoluten Häufigkeiten pro Bild (=1,2m²) dar.

Achlyonice spec. I

Die Gesamtzahl der auf Station III 301 ausgewerteten Fotos beträgt 66. Insgesamt wurden 231 Individuen ausgezählt. Die Häufigkeitsverteilung der Abundanzwerte ist in Tab. 5.4 aufgelistet. Auf 36 Fotos war kein Tiere vorhanden. Es ergibt sich ein mittlerer Bereich (3 bis 8 Aufnahmen) mit 1 bis 12 Tieren pro Foto. Die absoluten Häufig-

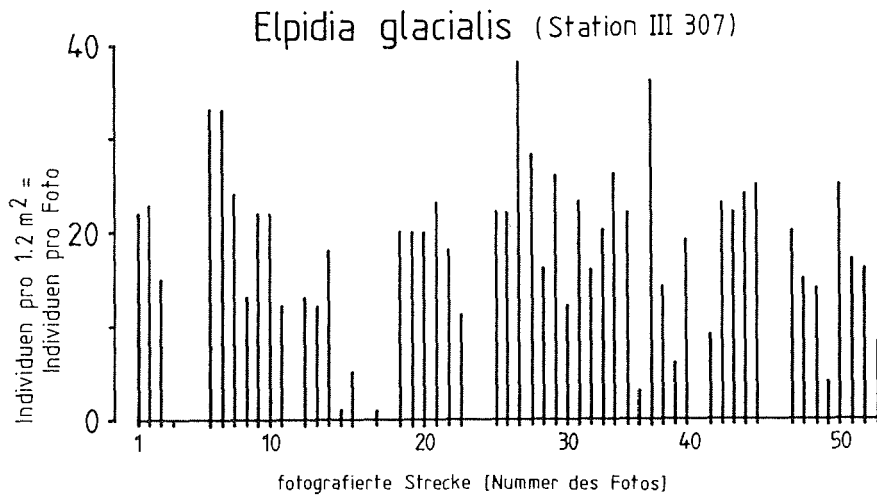


Abb. 5.7: *Achlyonice spec. I*,
kleinräumige Verteilung, analysiert mit Hilfe der Unterwasserfotografie.
Small-scale distribution, analyzed by underwater photography. n=231.

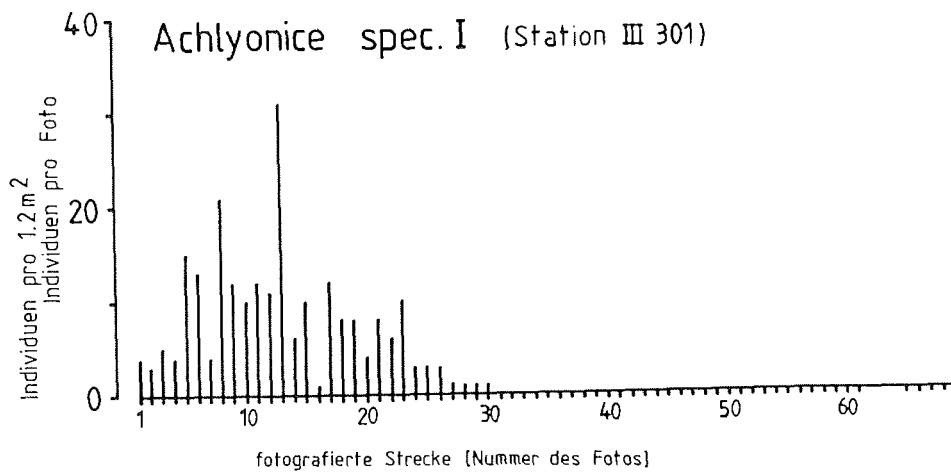


Abb. 5.8: *Elpidia glacialis*,
kleinräumige Verteilung, analysiert mit Hilfe der Unterwasserfotografie.
Small-scale distribution, analyzed by underwater photography. n=953.

keiten der Individuen pro Aufnahme sind in Abb. 5.7 wiedergegeben. Sie zeigt auf den ersten Fotos ansteigende Abundanzen, im mittleren Bereich überwiegend Häufigkeiten von über 10 Tieren pro Bild ($=1,2\text{m}^2$). Der Maximalwert liegt bei 31 Individuen pro Foto, das entspricht 26 Tieren pro m^2 . Ungefähr nach einem Drittel der fotografierten Strecke gehen die Abundanzen bis auf 0 zurück. Im weiteren Verlauf taucht Achlyonice spec. I nicht wieder auf. Die weitere Auswertung ergibt folgende Parameter:

Median: 0 (6)

Vertrauensbereich des Median: (4-10)

Mittelwert: 3,5 (7,7)

Varianz: 34,4 (43,6)

Dispersionskoeffizient: 9,8 (5,7).

Die in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich nur auf die Fotos, auf denen Achlyonice spec. I präsent ist. Der Wert für den Median ist nur so berechnet ein sinnvolles Maß für die mittlere Abundanz. Mittelwert und Varianz dienen ausschließlich der Berechnung des Dispersionskoeffizienten. Dieser zeigt für beide Berechnungsweisen eine geklumpfte Verteilung an. Betrachtet man jedoch nur die Fotos mit Individuen dieser Art, so ist das Maß für die Klumpung deutlich niedriger, als über die gesamte Strecke.

Elpidia glacialis

Auf der Station III 307 wurden insgesamt 53 Bilder ausgewertet. Die Anzahl aller ausgezählten Individuen beträgt 953. Die Häufigkeitsverteilung der Abundanzwerte ist in Tab. 5.4 wiedergegeben. Sie zeigt einen mittleren Bereich von 11 bis 26 Individuen pro Foto. Die größte Häufigkeit (7 Bilder) wird bei 22 Tieren pro Aufnahme ($= 18$ Individuen pro m^2) erreicht. Die absoluten Häufigkeiten pro Foto sind in Abb. 5.8 dargestellt. Die einzelnen Werte schwanken sehr stark zwischen 0 und maximal 38 Individuen pro Foto ($= 32$ pro m^2), von der ersten bis zur letzten Aufnahme dieser Station. Die weitere Auswertung ergibt folgende Werte:

Median: 20

Vertrauensbereich des Median: 15-22

Mittelwert: 18,0

Varianz: 74,6

Dispersionskoeffizient: 4,1

Der Dispersionskoeffizient weist deutlich auf eine geklumpfte Verteilung hin.

Für eine Berechnung der Verteilungsform innerhalb der einzelnen Bilder ist die Abundanz beider Arten zu gering. Je niedriger nämlich die Individuenzahl pro untersuchter Fläche ist, desto weniger läßt sich aus mathematischen Gründen anhand des Dispersionskoeffizienten ein deutlicher Unterschied von einer zufälligen Verteilung aufdecken.

5.6.2 Bewegungsrichtung von Achlyonice spec. I und Elpidia glacialis

Um zusätzliche Informationen zur Autökologie dieser beiden Arten zu bekommen, wurde die Richtung, in die sich die Einzelindividuen fortbewegen, ausgewertet. Hierzu habe ich den Winkel der Körperachse der einzelnen Individuen zur Bildsenkrechten im Uhrzeigersinn gemessen. Da die jeweilige Kompaßrichtung der UW-Kamera nicht bekannt war, kann aus der Kriechrichtung nicht der Kompaßkurs der Tiere abgelesen werden. Es ist aber eine Beziehung zur Stömungsrichtung festzustellen. Auf den Fotos der Station III 301 dienten über die gesamte fotografierte Strecke auftretende Aktinien zur Bestimmung der Stömungsrichtung. Ihre Tentakeln sind stets deutlich in die in der Grafik durch den Balken gekennzeichneten Richtung ausgelenkt. Diese umfaßt einen Bereich von 260° bis 320° . Da die Richtung, in die die Tentakeln wiesen, immer dieselbe war, kann man davon ausgehen, daß die Stellung der Unterwasserkamera zur Strömung während des Einsatzes konstant geblieben ist. Auf den Fotos der Station III

Achlyonice spec. I

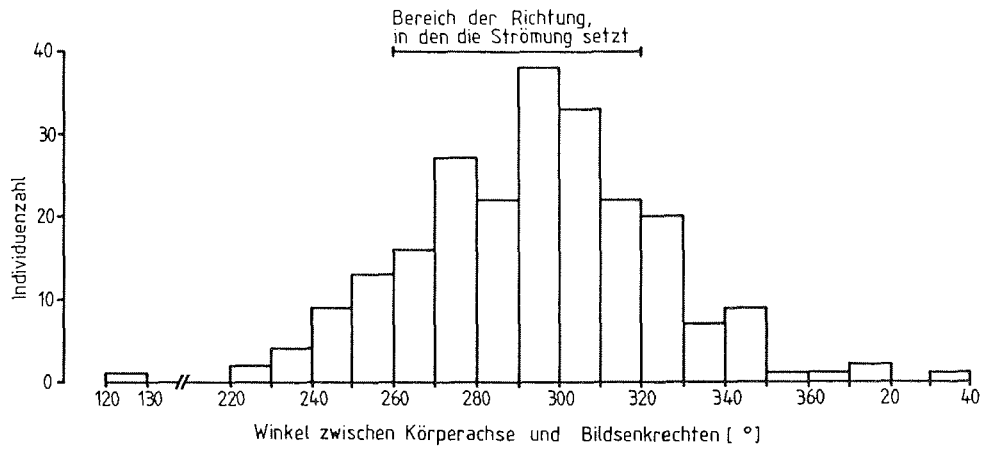


Abb. 5.9: Achlyonice spec. I,
Bewegungsrichtung, analysiert mit Hilfe der Unterwasserfotografie.
Direction of movement, analyzed by underwater photography.
 $n=229$, $\bar{x}=300^\circ$, $s=47.8$.

Elpidia glacialis

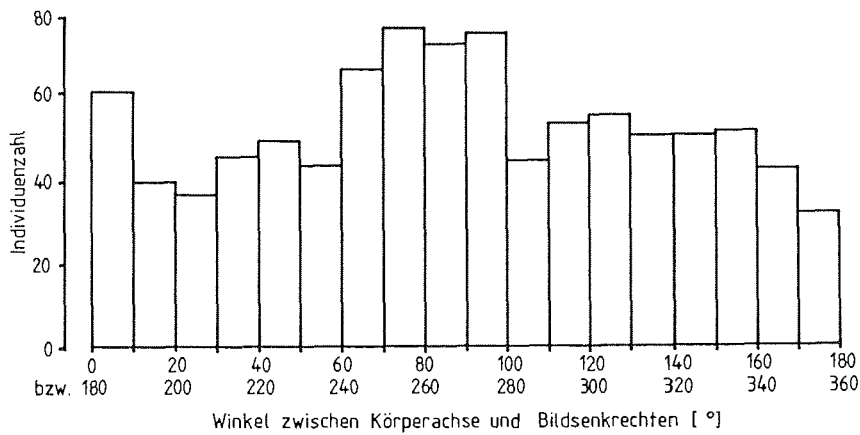


Abb. 5.10: Elpidia glacialis,
Bewegungsrichtung, ermittelt mit Hilfe der Unterwasserfotografie.
Direction of movement, analyzed by underwater photography.
 $n=953$.

307 konnte aufgrund fehlender Indikatoren keine Strömungsrichtung festgestellt werden.

Achlyonice spec. I

Die Häufigkeiten der Bewegungsrichtung sind in Abb. 5.9 dargestellt. Der Mittelwert ist 300° , mit einer Standardabweichung von 47.6. Es wurden 229 Individuen untersucht. Die Verteilungsform ist auf dem 95%-Niveau von einer Normalverteilung nicht signifikant verschieden. Bei diesem Test wurden zwei Ausreißer nicht berücksichtigt. Die Richtung, in die sich die Tiere bewegen, entspricht somit derjenigen, in die die Strömung setzt.

Elpidia glacialis

In vielen Fällen war es bei dieser Art nicht möglich, das Vorder- bzw. Hinterende der Individuen zu bestimmen. Aus diesem Grund wurde lediglich der Winkel der Körperachse zur Bildsenkrechten bestimmt. Somit reichen die Werte nur von 0° bis 180° . Die Häufigkeiten dieses Winkels sind in Abb. 5.10 dargestellt. Die Anzahl der Individuen beträgt 953. Abgesehen von einem Bereich zwischen 60° und 100° , bzw. 240° und 280° , mit leicht erhöhten Werten, läßt sich keine vorherrschende Bewegungsrichtung ausmachen. Bei 284 Tieren konnte das Vorderende der Individuen bestimmt werden und somit die tatsächliche Bewegungsrichtung festgestellt werden. Davon entfallen 44% auf den Bereich zwischen 0° und 180° und 56% auf den zwischen 180° und 360° . Diese Zahlen zeigen, daß sich die individuellen Winkel der Körperachsen, von der oben genannten Ausnahme abgesehen, gleichmäßig zwischen 0° und 360° verteilen. Zu demselben Ergebnis kommt man, wenn man die Werte für die einzelnen Fotos betrachtet. Somit kann man annehmen, daß die Unterwasserkamera auf dieser Station, wie für Station III 301 festgestellt, während des Einsatzes richtungsstabil zum Meeresboden geblieben ist. Eine Verfälschung der Werte durch einen derartigen methodischen Fehler ist also auszuschließen.

5.6.3 Auswertung der Bodenbesiedlung auf den Unterwasserfotos

Die folgende Auswertung der Unterwasserfotos soll der Interpretierbarkeit der aus den Fängen gewonnenen Daten dienen. Daher erfolgte nur eine grobe Analyse der häufigen Tiergruppen. Es wurden nur Taxa der Epifauna registriert, die eine absolute Häufigkeit von einem Individuum pro m^2 überschreiten und größer als 5mm sind. Bei den in Klammern stehenden Angaben zu den dominierenden Taxa handelt es sich um Vertreter, die eine leicht geringere Abundanz aufweisen. Diese stellen auf den jeweiligen Stationen jedoch ein wesentliches Faunenelement dar.

Station III 301 (siehe Abb. 5.12)

Tiefe: 240m

Anzahl der Fotos: 66

Bodenbeschaffenheit: Weichboden ohne Steine, von gleichmäßig gelblich grüner Farbe

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

1. Actinaria
2. Holothuroidea (s.u., vgl. Kapitel 5.6.1 und 5.6.2)
3. Bryozoa
4. Ophiuroidea

Holothuroidea:

- 231 Achlyonice spec. I
- 1 Mesothuria lactea
- 2 Dendrochirotida

Station III 302

Tiefe: 255m

Anzahl der Fotos: 53

Bodenbeschaffenheit: Weichboden ohne Steine, von fleckig gelblich grüner Färbung

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

- 1. Ophiuroidea
- 2. Bryozoa

Holothuroidea:

keine

Station III 303

Tiefe: 445m

Anzahl der Fotos: 63

Bodenbeschaffenheit: hellgrauer Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

- 1. Actinaria
- (2. Echinoidea)

Holothuroidea:

- 6 Psolidium incertum oder Trachythone parva
- 2 Mesothuria lactea

Station III 307 (siehe Abb. 5.13)

Tiefe: 1175m

Anzahl der Fotos: 53

Bodenbeschaffenheit: hellgrauer Weichboden mit wenigen großen Steinen (Kantenlänge bis 1m)

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

- 1. Holothuroidea (s.u., vgl. Kapitel 5.6.1 und 5.6.2)

Holothuroidea:

- 953 Elpidia glacialis
- 3 Pseudostichopus mollis
- 1 Psolidium incertum oder Trachythone parva

Station III 292

Tiefe: 1095m

Anzahl der Fotos: 30

Bodenbeschaffenheit: bis zu 100% verschieden großen Steinen (Durchmesser: 0,5 bis 10cm) bedeckt, dazwischen fleckhaft Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

- 1. Ophiuroidea
- 2. kleine Schwämme (Durchmesser kleiner als 10cm)

Holothuroidea:

keine

Station III 309

Tiefe: 840m

Anzahl der Fotos: 55

Bodenbeschaffenheit: Weichboden, zu ca. 50% mit Steinen durchsetzt (Durchmesser ca. 2cm)

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 1%

dominierend Taxa:

1. Echinoidea
2. Asteroidea

Holothuroidea:

- 1 Bathyplores spec. I
- 1 Psolidium incertum oder Trachythone parva

Station III 290

Tiefe: 400m

Anzahl der Fotos: 23 (schwarz-weiß)

Bodenbeschaffenheit: Weichboden

Bedeckungsgrad mit Tieren: 5-95%, durchschnittlich 70%

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ophiuroidea
3. Crinoidea
4. Porifera
5. Holothuroidea (Dendrochirotida)

Station III 310 (siehe HEMPEL 1986)

Tiefe: 380m

Anzahl der Fotos: 65

Bodenbeschaffenheit: teils Felsboden, teils Weichboden, durchsetzt mit Steinen. Der Boden ist fleckhaft zu ca. 50% mit einem graugrünen Belag bedeckt.

Bodenbedeckung mit Tieren: 40-60%

dominierende Taxa:

1. Porifera
2. Ophiuroidea
- (3. Ascidiæ)

Holothuroidea:

- 3 Taeniogyrus contortus
- 2 Mesothuria lactea
- 1 Bathyplores spec. I
- 1 Abyssoicumis liouvillei

Station III 289 (siehe Abb. 5.16 und HEMPEL 1986)

Tiefe: 345m

Anzahl der Fotos: 14

Bodenbeschaffenheit: Weichboden mit kleinen Hügeln (Durchmesser 5-10cm). Der Boden ist zwischen den Hügeln fleckhaft zu ca. 10% mit einer graugrünen Schicht bedeckt.

Bodenbedeckung mit Tieren: unter 5%

dominierende Taxa:

- (1. Holothuroidea)
- (2. Actiniaria)
- (3. Decapoda)
- (4. Ophiuroidea)

Holothuroidea:
16 Dendrochirotida (eingegraben)

Station III 311 (siehe Abb. 5.14 und HEMPEL 1986)

Tiefe: 245m

Anzahl der Fotos: 64

Bodenbeschaffenheit: Weichboden, zu ca. 15% mit einer graugrünen Schicht bedeckt

Bodenbedeckung mit Tieren: 0 bis 40%, durchschnittlich 10%

dominierende Taxa:

1. Ascidiace-Kolonien
2. Ophiuroidea
- (3. Porifera)

Holothuroidea:

- 4 Ekmocucumis steineni
- 4 Abyssocucumis liouvillei
- 2 Psolidae
- 5 Dendrochirotida (eingegraben)
- 6 übrige Dendrochirotida
- 1 Bathyploetes spec. II

Station III 345

Tiefe: 485m

Anzahl der Fotos: 68

Bodenbeschaffenheit: Sand- bis Weichboden mit wenigen Steinen

Bodenbedeckung mit Tieren: ca. 40% der Fotos zu 60 bis 100%, ca. 60% der Fotos zu

30 bis 60% bedeckt, überwiegend mit Bryozoa

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ophiuroidea
3. Crinoidea

Holothuroidea:

- 1 Psolus dubiosus

Station III 348

Tiefe: 420m

Anzahl der Fotos: 66

Bodenbeschaffenheit: Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: 10%, auf wenigen Fotos bis 30%

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ophiuroidea
- (3. Porifera)

Holothuroidea:

- 11 Achlyonice spec. I
- 1 Peniagone vignioni
- 1 Mesothuria lactea

Station III 273

Tiefe: 625m

Anzahl der Fotos: 23 (schwarz-weiß)

Bodenbeschaffenheit: Weichboden mit wenigen großen Steinen (Durchmesser ca. 20cm)

Bodenbedeckung mit Tieren: 40-95%

dominierende Taxa:

Bryozoa
Crinoidea
Ophiuroidea
(Porifera)

Holothuroidea:

13 Dendrochirotida

Station III 275 (siehe Abb. 5.11)

Tiefe: 265m

Anzahl der Fotos: 22 (schwarz-weiß)

Bodenbeschaffenheit: Weichboden mit wenigen Steinen

Bodenbedeckung mit Tieren: 5-20%

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ascidiae-Kolonien
3. Ophiuroidea
(4. Porifera)

Holothuroidea:

5 Dendrochirotida

Station III 271

Tiefe: 960m

Anzahl der Fotos: 8 (schwarz-weiß)

Bodenbeschaffenheit: Weichboden, zu ca. 50% mit Steinen durchsetzt

Bodenbedeckung: ca. 10%

dominierende Taxa:

1. Ophiuroidea
2. Crinoidea

Holothuroidea:

1 Dendrochirotida

Station III 329

Tiefe: 240m

Anzahl der Fotos: 48

Bodenbeschaffenheit: Sand- bis Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: ca. 15% der Fotos zu 70 bis 95%, übrige Fotos deutlich weniger als 15%

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ophiuroidea
3. Crinoidea

Holothuroidea:

keine

Station III 335

Tiefe: 435m

Anzahl der Fotos: 60

Bodenbeschaffenheit: grober Sand

Bodenbedeckung mit Tieren: auf 80% der Fotos 90 bis 100%, auf den restlichen Fotos 50 bis 90%, Bryozoa!

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Holothuroidea
3. Ophiuroidea
4. Crinoidea

Holothuroidea:

aufgrund technischer Mängel der Fotos nicht geauer auswertbar

Station III 336 (siehe Abb. 5.17)

Tiefe: 760m

Anzahl der Fotos: 69

Bodenbeschaffenheit: zu 70% mit Steinen unterschiedlicher Größe bedeckt, dazwischen

Sand- bis Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: ca.60%

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Ophiuroidea
3. Crinoidea
4. Ascidiae
5. Porifera

Holothuroidea:

- 19 Psolus dubiosus
- 26 sonstige Dendrochirotida
- 2 Peniagone vignioni
- 1 Pseudostichopus (?)

Station III 330

Tiefe: 555m

Anzahl der Fotos: 64

Bodenbeschaffenheit: Sand- bis Weichboden

Bodenbedeckung mit Tieren: ca. 80%, Bryozoa!

dominierende Taxa:

1. Bryozoa
2. Crinoidea
3. Holothuroidea

Holothuroidea:

- 7 Ekmcucumis steineni
- 9 Psolidae
- 12 Dendrochirotida (eingegraben)
- 28 sonstige Dendrochirotida
- 1 Taeniogyrus contortus

Station III 358

Tiefe: 445m

Anzahl der Fotos: 62

Bodenbeschaffenheit: Weichboden mit wenigen Steinen

Bodenbedeckung mit Tieren: 5-15%, Bryozoa

dominierende Taxa:

1. Bryozoa

Holothuroidea:

- 1 Peniagone vignioni

Station III 357

Tiefe: 140m

Anzahl der Fotos: 43

Bodenbeschaffenheit: unbekannt (s.u.)

Bodenbedeckung: 100% mit Bryozoen und wenigen großen Schwämmen

dominante Taxa:

s.o., übrige Taxa sind durch die technische Qualität der Fotos nicht erkennbar.



Abb. 5.11: Station III 275. Die Pfeile zeigen zwei Seegurken zwischen Bryozoenstöcken. Es handelt sich wahrscheinlich um Ekmocucumis steineni.
Arrows point to holothurians between bryozoan stocks. Both specimens presumably belong to Ekmocucumis steineni.

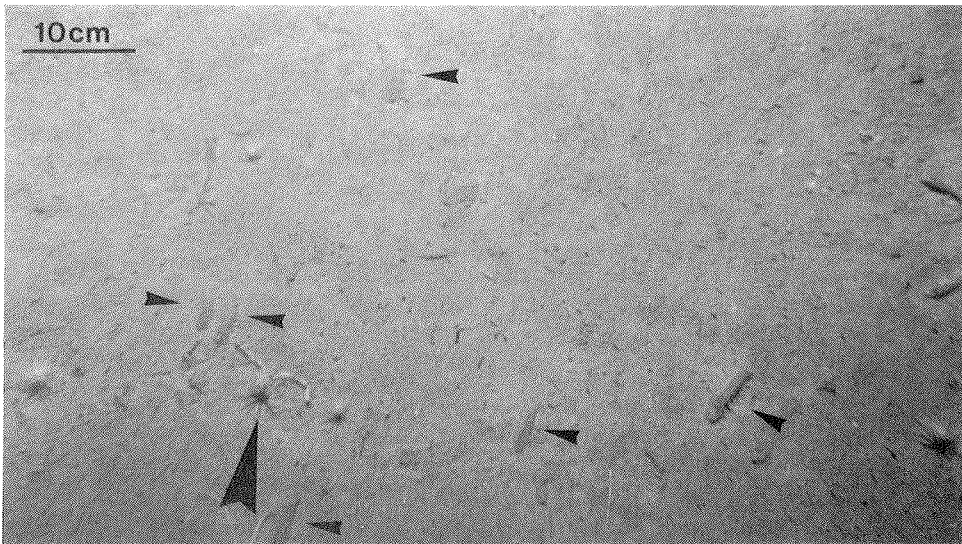


Abb. 5.12: Station III 301. Die kleinen Pfeile zeigen einige Individuen von Achlyonice spec. I. Der große Pfeil zeigt die Strömungsrichtung an, ermittelt durch die Krümmung der Aktiniententakeln.
The small arrows point to some specimens of Achlyonice spec. I. The large arrow indicates the direction of the current, which was analyzed by bending of the Actinian tentacles.



Abb. 5.13: Station III 307. Die kleinen Pfeile zeigen einige Individuen von Elpidia glacialis. Der große Pfeil deutet auf Pseudostichopus mollis.
The small arrows point to some specimens of Elpidia glacialis. The large arrow points to Pseudostichopus mollis.

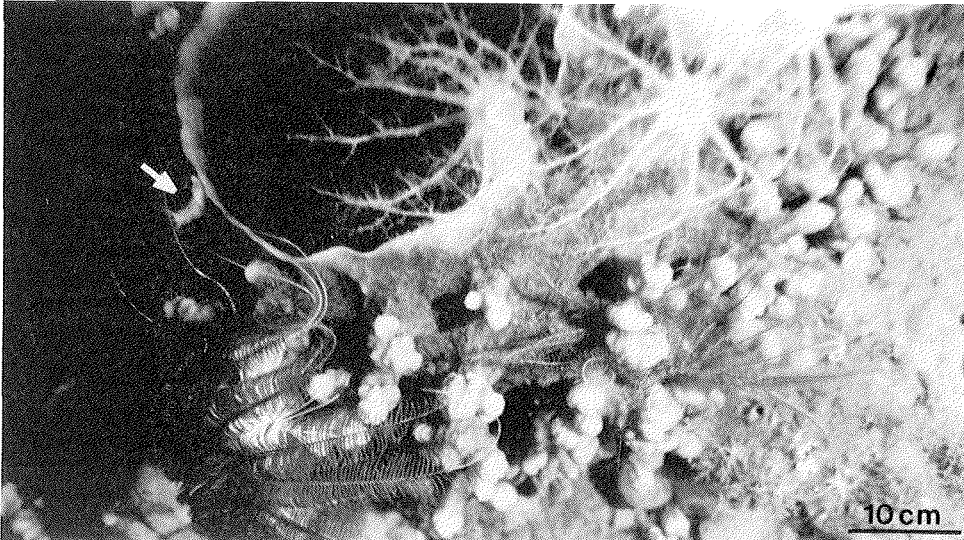


Abb. 5.14: Station III 311. Am oberen Bildrand sind 3 Individuen von Abyssocucumis liouvillei, auf dem Rand eines Schwammes sitzend, zu sehen. Der Pfeil zeigt eine nicht näher bestimmbar dendrochirote Seegurke.
 In the upper part three specimens of Abyssocucumis liouvillei sit at the rim of a sponge. The arrow points to a dendrochirote holothurian.

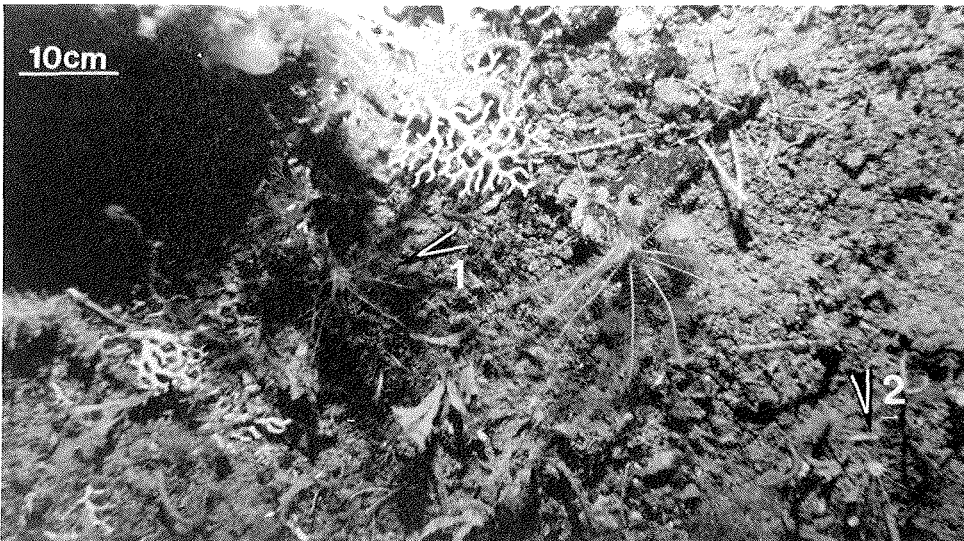


Abb 5.15: Station III 336. Die Pfeile zeigen zwei zwischen Bryozoen- und Hydroideastöcken lebende dendrochirote Seegurken.
 Arrows point to two dendrochirote holothurians, living between stocks of bryozoans and hydroids.
 1: Ekmocucumis steineni 2: nicht näher bestimmbar/unidentified.

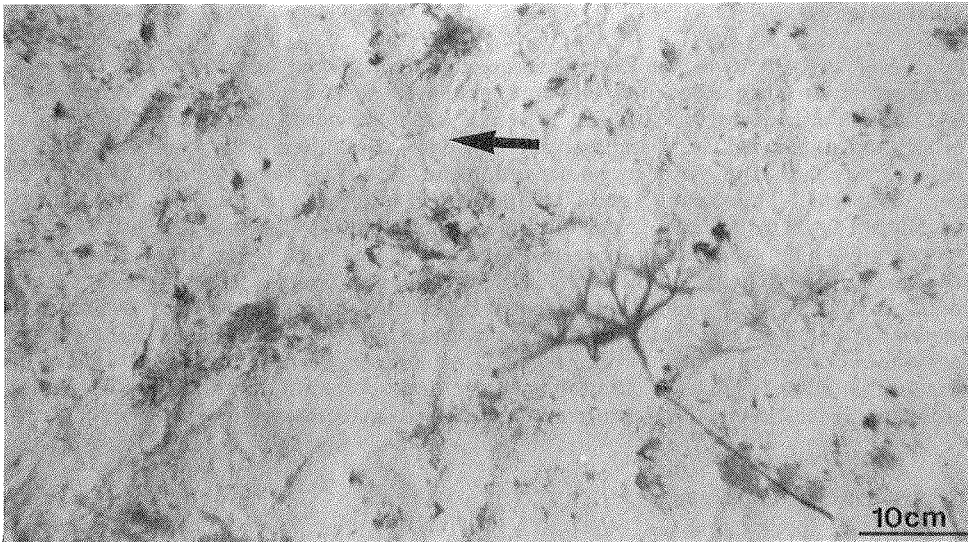


Abb. 5.16: Station III 289. Der Pfeil zeigt eine eingegrabene Holothurie.
 Arrow points to a holothurian, buried in the sediment
 (Psolidium incertum oder/or Trachythyone parva)

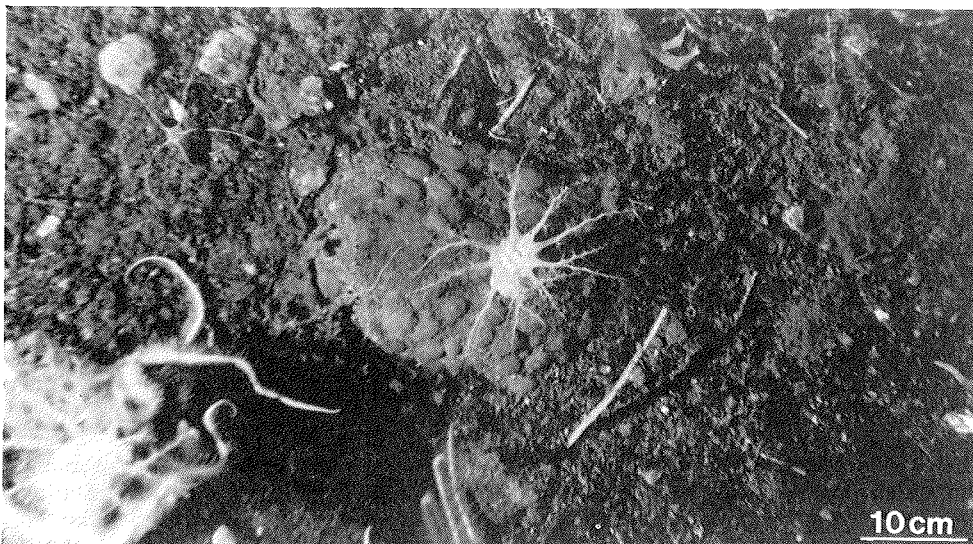


Abb. 5.17: Station III 336. Im Zentrum des Fotos ist ein Individuum von Psolus dubiosus, auf einem Stein sitzend, zu sehen.
 In the center a species of Psolus dubiosus has settled on a stone.

6. Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es, die Artenzusammensetzung der Seegurken im Untersuchungsgebiet zu beschreiben und ihr Vorkommen zu erklären. Ich gehe demzufolge in der Diskussion zunächst darauf ein, wie sich die einzelnen Spezies hinsichtlich ihrer Verbreitung unterscheiden. Daraus ergibt sich eine Zusammenfassung der Stationen in Gebiete mit ähnlichen Artenzusammensetzungen. Diese Gebiete werden hinsichtlich ihrer bekannten biotischen und abiotischen Parameter miteinander verglichen. Anschließend wird die Biologie der einzelnen Arten, soweit sie einen Einfluß auf ihre Verbreitung hat, diskutiert. Einen Absatz widme ich der Bewertung der Unterwasserfotografie als Methode für die vorliegenden tiergeographisch-ökologischen Untersuchungen. Ein Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen aus der Literatur zu anderen Gebieten in der Antarktis soll mehr Aufschluß darüber erbringen, inwieweit die Holothurien circumpolar verbreitet sind. Außerdem werden die für das Weddellmeer festgestellten vertikalen Zonierungen der Seegurken mit ihren bisher bekannten Bindungen an bestimmte Tiefenstufen anderer Meeresgebiete verglichen.

6.1 Artenzusammensetzungen

Die im Weddellmeer gefundenen Seegurkenarten lassen sich mit Hilfe der Clusteranalyse hinsichtlich ihres Auftretens sortieren. Als Ergebnis zeigt das Artendendrogramm zwei Gruppen, innerhalb derer die einzelnen Spezies oder Kombinationen aus ihnen untereinander durch niedrige Distanzmaße beschrieben werden (Abb. 5.4). Zwischen den Gruppen gibt es erhebliche Unterschiede. Bei dem Cluster I handelt es sich um die Weidegänger aus den Aspidochirotea (Elasipodida und Aspidochirotida) und die zwei zur Infauna gehörenden Dendrochirotida: *Trachythone parva* und *Psolidium incertum*. Diese Arten sind, wie im folgenden noch näher ausgeführt werden wird, an Weichböden gebunden, die keine dichte Bodenbedeckung durch Begleitfauna aufweisen. Es handelt sich dabei um die Gebiete am Fuß der Antarktischen Halbinsel, in der Gould Bay und im Filchner-Graben, einschließlich der beiden nördlichen Stationen II 506 und II 510. Abb. 2.2 zeigt, daß das Substrat hier tatsächlich überwiegend aus Weichboden besteht. In Cluster II werden alle übrigen Arten zusammengefaßt.

Bei der Beurteilung der Artenzusammensetzungen muß beachtet werden, daß die Spezies durch ihre verschiedene Lebensweise und Morphologie (z.B. Infauna oder Epifauna) von den Fanggeräten unterschiedlich erfaßt werden (MC INTYRE 1956). Eine Vergleichbarkeit der Daten, die in die Clusteranalyse eingehen, ist jedoch trotzdem gewährleistet, da man davon ausgehen kann, daß die Fängigkeit innerhalb einer Art unter dem Aspekt Präsenz - Abwesen von Hol zu Hol ungefähr gleich ist. Die mit dem Grundschleppnetz und der Dredge erbeuteten Seegurken gehören sowohl der Epifauna als auch teilweise mit einem recht hohen Anteil der Infauna an. Daraus läßt sich schließen, daß die Fängigkeit der Geräte hinsichtlich der Präsenz oder Abwesen einzelner Arten keine wesentliche Rolle spielt.

Die Stationscluster ergeben sich aus dem oben besprochenen gemeinsamen Vorkommen der Arten. Dieses ist in der "Gemeinschaftstabelle" (Abb. 5.5) dargestellt. Die Stationsgruppe A zeigt im wesentlichen Positionen an, auf denen Weichbodenbewohner vorkommen. In den durch das Cluster B repräsentierten Gebieten überwiegen deutlich die Spezies der Artengruppen II.

Die Verteilung der Stationen, die den Clustern Ba und Bb angehören, zeigt, daß die Verhältnisse im östlichen Weddellmeer von der Vahsel bis zur Atka-Bucht uneinheitlich sind. Dieses gilt besonders für den Bereich Vestkapp. Südlich davon tritt die Gruppe Ba auf, die deutliche Präsenzen in beiden Artenclustern, jedoch mit einem Schwerpunkt in II, aufweist. Es handelt sich dabei um eine Mischgruppe zwischen A und Bb. Hierzu gehört auch die Mehrzahl von Positionen vor dem Filchner-Rönne-Schelfeis zwischen 47° und 57° W. Eine deutlichere Dominanz der Artengruppe II liegt auf den

meisten übrigen Stationen von der Atka bis zur Vahsel-Bucht vor. Es kommen zwei Fänge vor dem Filchner-Rönne-Schelfeis hinzu. Gemäß Abb. 2.2 überwiegt auf den meisten dieser beiden Stationsuntercluster (Ba und Bb) Sandboden. Es gibt offensichtlich jedoch Ausnahmen. Ferner besteht ein Zusammenhang zwischen der Artenzusammensetzung und der die Struktur des Meeresbodens beeinflussenden Besiedlung durch Bryozoen, Schwämme und Hydroidea (VOSS 1987). Die beste Übereinstimmung liegt zwischen der Verbreitung von Schwämmen und der Gruppe Bb vor. Daß hohe Schwammbiomassen in der Antarktis das Auftreten von Filtrierern (hierzu werden allgemein auch die dendrochiroten Seegurken gezählt) fördern, beschreibt GEORGE (1977). Das Cluster Ba kommt vor dem Rönne-Filchner Schelfeis und mit Einschränkungen auch südlich vom Vestkapp gemeinsam mit den Bryozoen und teilweise den Hydroidea vor. Schwämme sind in diesen Bereichen selten. Auf die Bindung des Vorkommens der Holothurienspezies an die Begleitfauna gehe ich bei ihrer Einzelbesprechung detaillierter ein. Die Fänge, die zur Gruppe Bb zusammengefaßt werden, haben gegenüber den anderen im Mittel (Median) die höchste Diversität (Shannon-Wiener-Index), die höchste absolute Individuenhäufigkeit, sind offensichtlich am artenreichsten und liegen in der geringsten Tiefe (Tab. 5.3). Diese Angaben beziehen sich auf alle Seegurken. Die Unterschiede sind teilweise signifikant. Die sehr ähnlichen Medianwerte des Evenness-Index zeigen, daß die höheren Diversitätswerte auf höhere Artenzahlen zurückzuführen sind. Eine kleinere Gruppe von Stationen mit massenhaftem Auftreten von *Scotoplanes globosa* und *Achlyonice* spec. I, besonders in der Gould Bay, bildet eine Ausnahme. Hier sind die einzelnen evenness-Werte sehr niedrig und zeigen so eine viel ungleichmäßigere Verteilung der Individuen auf die Arten an. Die obige Feststellung, daß das Cluster Ba eine Stellung zwischen A und Bb einnimmt, wird in Tab. 5.3 deutlich bestätigt. In allen untersuchten Parametern liegt es zwischen den beiden anderen, jedoch mit einer größeren Ähnlichkeit zu Bb. Bei der Berechnung der absoluten Häufigkeiten wurden nur die AGT-Fänge berücksichtigt, da in diesem Punkt eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Fängigkeit zwischen den verschiedenen Geräten nicht möglich ist. Ich weise noch einmal darauf hin, daß es sich bei den dieser Berechnung zugrundeliegenden Werten um die Anzahl erbeuteter Individuen pro befischter Fläche handelt. Inwieweit diese die absolute Dichte widerspiegeln, kann nicht gesagt werden. Die Streuung dieser Werte ist unter anderem durch den in Kapitel 3.2.1 beschriebenen methodischen Fehler groß. Man kann jedoch aufgrund der vorliegenden Daten davon ausgehen, daß die Stationen am Fuß der Antarktischen Halbinsel und im Filchner-Graben weniger mit Holothuriern besiedelt sind als die übrigen. Die mit Hilfe des Grundschnepnetzes ermittelten Werte für die Gould Bay lassen eine höhere Individuendichte als für die übrigen Stationen des Clusters A vermuten. Sie sind jedoch mit ihnen nicht direkt zu vergleichen (s.o.). Die höchsten ermittelten Vergleichswerte zur absoluten Abundanz wurden innerhalb der Gruppe Bb und Ba vor dem Filchner-Rönne Schelfeis, nördlich des Vestkapps und nördlich von Halley Bay erreicht (Bb und Ba). Die Werte liegen hier um bis zu eineinhalb Größenordnungen über den Medianen. Somit kann man davon ausgehen, daß der Einfluß des methodischen Fehlers unter dem vergleichenden Aspekt relativ gering ist und in diesen Gebieten die tatsächliche Dichte der Seegurken am größten ist.

Das Vorkommen seltener Arten hält GRAY (1984) für ein besonders "faszinierendes Problem". Unter den im Weddellmeer erbeuteten Spezies kommt ein Drittel mit einer Summenhäufigkeit und gleichzeitig einer Präsenz unter 10% vor. Diese Arten müssen im Vergleich mit den übrigen als selten betrachtet werden (siehe Tab 5.1). *Stereoderma* spec. I habe ich wegen ihrer geringen relativen Abundanz miteinbezogen. Für das seltene Auftreten gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten:

1. Es handelt sich dabei um in anderen Gebieten häufige Arten, für die das Weddellmeer den Rand ihres Verbreitungsgebietes darstellt. Sie können dort auch unter suboptimalen Bedingungen mit geringerer Häufigkeit überleben.

2. Generell seltene Arten

Mehr als die Hälfte der seltenen Arten ist in der Literatur bisher nicht beschrieben. Es ist als unwahrscheinlich anzusehen, daß diese in anderen, noch nicht untersuchten Gebieten mit hohen Abundanzen vorkommen und an die dortigen Verhältnisse besser angepaßt sind. Sonst wären sie sicher schon irgendwo für die Antarktis beschrieben worden. Sie müssen in diese Kategorie eingeordnet werden.

- a) Sie sind an sehr spezielle und zugleich seltene Umweltbedingungen angepaßt, wie z.B. *Psolidia* spec. I (s.u.) und haben damit eine eigene ökologische Nische besetzt, die nicht nur räumlich definiert sein muß.
- b) Es handelt sich um Arten, die in einem rezenten Konkurrenzkampf anderen, dominierenden Spezies aufgrund sehr ähnlicher Lebensweise unterlegen sind.

3. Bestimmte Arten werden von den Fanggeräten nur unzureichend oder gar nicht erfaßt.

6.2 Verbreitung und Lebensweise der einzelnen Arten

Im Laufe der Evolution haben sich innerhalb der Seegurken im wesentlichen zwei verschiedene Ernährungstypen entwickelt: Suspensions- und Substratfresser. Erstere stellen mit 20 Arten den Hauptanteil der Holothurienspezies im Weddellmeer dar. Zu ihnen gehören ausschließlich Vertreter der Dendrochirotida. Teilweise unterscheiden sie sich in ihrer Tiefenzonierung (Abb. 5.1). *Psolidium incertum* und *Trachythone parva* sind in der oberen Tiefenstufe nur selten, wohingegen sie in der unteren einen Schwerpunkt bilden. Sie stehen einer Gruppe gegenüber, die überwiegend in der oberen Zone vorkommt: *Psolidiella mollis*, *Abyssocucumis liouvillei*, *Ekmocucumis steineni* und *Psolidia* spec. I. Betrachtet man nicht nur die Summe der relativen Häufigkeiten, sondern auch ihre relative Präsenz, so gehören dazu auch die *Cucumaria georgiana*-Gruppe, *Psolus dubiosus* und *Stereoderma* spec. I. Hervorzuheben ist noch *Psolidium navicula*, die über alle Stufen mit größeren Abundanzen und Präsenzen verteilt ist, und *Trachythone bouvetensis* (?), die besonders in der mittleren Zone vorkommt. Alle übrigen 9 Arten sind, gemessen an der Summe ihrer relativen Abundanzen und Präsenzen, von 160 bis 600 Meter Tiefe ungefähr gleich häufig. *Abyssocucumis turqueti*, für die eine hohe Summe der relativen Häufigkeiten aufgrund eines einzigen Individuums einen Verbreitungsschwerpunkt in der Tiefe vortäuscht, gehört auch zu dieser letztgenannten Gruppe. Die Arten, deren Tiefenzonierung nicht graphisch dargestellt wurde, sind zu selten, um allgemeine Aussagen darüber machen zu können. Zusammenfassend läßt sich hinsichtlich der Tiefe feststellen, daß die dendrochiroten Holothurien, mit Ausnahme von zwei Arten, überwiegend oberhalb von 600m vorkommen. Auf dem Schelf ist keine deutliche Tiefenzonierung festzustellen. Weltweit gehören dendrochirote Seegurken sowohl zur In-, als auch zur Epifauna des Flachwassers (HYMAN 1955, REMANE et al. 1980).

Die Substratfresser kommen überwiegend unterhalb 600m Tiefe vor. Auf Ausnahmen gehe ich bei der detaillierten Diskussion der einzelnen Arten ein.

Betrachtet man die Lebensweise der einzelnen Arten, kombiniert mit funktionsmorphologischen Merkmalen, so treten deutlichere Unterschiede als bei der Tiefenzonierung auf. Die dendrochiroten Seegurken der Antarktis lassen sich in solche mit pentamerer Symmetrie gliedern und in diejenigen, bei denen sich eine Körperseite zur funktional ventralen Sohle und die gegenüberliegende zu einem teilweise gepanzerten Rücken entwickelt haben (SIEWING 1985). Übergangsformen zwischen diesen morphologischen Bauplänen sind ebenfalls vorhanden. In beiden Gruppen gibt es Spezies, die dem Epibenthos zuzurechnen sind, und solche, die zur Infauna gehören. Ihnen allen ist die Ernährungsweise als Suspensionsfresser gemeinsam. Es liegen keine Indizien dafür vor, daß es unter ihnen Spezialisten für qualitativ unterschiedliche Nahrung gibt.

Tab. 6.1 zeigt die Stellung der einzelnen Arten unter dem Aspekt der Einnischung in einer zweidimensionalen Matrix. In welchem Maß Lebensweise und Funktionsmorphologie eine Anpassung innerhalb des Weddellmeeres an geographisch begrenzte Gebiete darstellen, soll im folgenden diskutiert werden. Es ist dabei jedoch zu beachten, daß es sich hier nur um eine Auswahl bekannter Parameter handelt. Weitere noch zu erforschende Faktoren, insbesondere zur Reproduktionsbiologie und zur Überwinterungsstrategie unter den besonderen antarktischen Verhältnissen können das vorliegende Bild noch verbessern.

Tab. 6.1: Einnischung der Dendrochirotida aufgrund von Funktionsmorphologie und Lebensweise
Niches occupied by the Dendrochirotida in relation to function morphology and behaviour

		deutlich ausge- bildete Sohle	mittelmäßig aus- gebildete Sohle	weitgehend pentamere Symmetrie
Epifauna	epizoisch auf			
	Schwämmen			<i>Abyssocucumis liouvillei</i> <i>Abyssocucumis turqueti</i> <i>Trachythyone bouvetensis</i>
	Bryozoen	<i>Psolus charcoti</i>		<i>Cucumaria georgiana</i> -Gruppe
	Hydroidea			<i>Ekmocucumis denticulata</i> <i>Ekmocucumis steineni</i> (<i>Cucumaria georgiana</i> -Gruppe)
	Seeigeln	<i>Psolidae spec. I</i>		
	allgemein	<i>Cucumariidae spec. I</i> <i>Psolidium gaini</i>	<i>Psolidium mollis</i> <i>Psolidium navicula</i>	
	Sandboden + Hartsubstrat	<i>Psolus dubiosus</i> <i>Psolus antarcticus</i> <i>Psolus charcoti</i>		
Infauna		<i>Psolidium incertum</i>	<i>Trachythyone parva</i>	<i>Stereoderma spec. I</i> <i>Ypsilocucumis spec. I</i> <i>Ypsilocucumis turricata</i> <i>Ypsilothuriidae spec. I</i>

Zwei UW-Fotos zeigen *Abyssocucumis liouvillei* auf dem Rand eines großen Schwammes. Aufgrund ihrer Größe (adult ungefähr 10cm lang) und der glasig weißlichen Farbe ist sie deutlich zu identifizieren. Sie unterscheidet sich darin von der ebenfalls sehr großen *Abyssocucumis turqueti*, deren gesamter Körper gleichmäßig bräunlich gefärbt ist. Ihre Verbreitung (Tab. 5.1) zeigt, daß *Abyssocucumis liouvillei* im gesamten Untersuchungsgebiet, mit Ausnahme des Filchner-Grabens und der östlichen Gould Bay, vorkommt. Sie kann also nicht ausschließlich auf das Vorhandensein von großen Schwämmen, die sie zu erklimmen versucht, angewiesen sein. Es fällt jedoch die relativ geringe Häufigkeit in der Atka-Bucht, nördlich vom Vestkapp und am Fuß der Antarktischen Halbinsel auf. Dort ist der Meeresboden (siehe Kapitel 5.6.3) bis zu

100% mit Bryozoen und Hydroidea besiedelt, die sicherlich durch ihre teilweise sehr feingliedrige Gestalt das Erreichen und Erklimmen der vereinzelt stehenden Schwämme für diese bis zu faustgroße Art wesentlich erschweren. Ähnliches gilt auch für die Stationen nördlich vom Vestkapp. Hier läßt sich ebenfalls mit Hilfe der UW-Fotografie ein hoher Bedeckungsgrad des Meeresbodens mit biologischem Material beobachten. In den übrigen von *Abyssocucumis liouvillei* nur wenig besiedelten Gebieten kommen Schwämme und Bryozoenstöcke fast gar nicht vor. Dort herrscht überwiegend Weichboden vor.

Ekmocucumis steineni läßt sich auf den UW-Aufnahmen wegen ihrer braunen Flecken auf der Mundscheibe erkennen, die in unterschiedlicher Farbintensität und Größe auftreten. Zu sehen ist diese Art auf den Fotos als Epifauna überwiegend auf Bryozoen- und Hydroideakolonien. Die Individuen sind im Mittel ca. 4cm lang. Im Aquarium erklimmen Exemplare dieser Art wenige Stunden, nachdem sie in ein Becken gesetzt wurden, die Scheiben bis zur Wasseroberfläche. Diese Verhaltensweise ermöglicht es *Ekmocucumis steineni* einen Standort, der möglichst weit in die freie Wassersäule hineinragt, zu besetzen und dort den Tentakelkranz in der für die Ernährung optimalen Stellung aufzuspannen. Die mittlere Länge von *Ekmocucumis steineni* beträgt ungefähr 5cm. Sie kommt fast im gesamten Untersuchungsgebiet mit mittleren bis hohen relativen Abundanzen vor (Tab. 5.1). Es fällt lediglich ihre geringe Präsenz in der östlichen Gould Bay und im Filchner-Graben auf. In diesen Gebieten sind nach VOSS (1987) alle für *Ekmocucumis steineni* in Frage kommenden biogenen Substrate wie Schwämme, Bryozoen und Hydroidea gar nicht oder nur selten vorhanden. Die hohe relative Abundanz auf Station II 480 im Filchner-Graben ist lediglich auf zwei Individuen zurückzuführen. Die beste Übereinstimmung hinsichtlich ihres Vorkommens läßt sich zwischen dieser Art und Bryozoen erzielen. Ergänzend zu den Verbreitungskarten von VOSS zeigen eigene UW-Fotos aus dem flacheren Bereich in der Vahsel-Bucht einen teilweise sehr hohen Bodenbedeckungsgrad mit Bryozoen. Das Vorkommen von *Ekmocucumis steineni* ist hier hoch, während beide Taxa auf den benachbarten tieferen Stationen völlig fehlen. Ebenso zeigen UW-Aufnahmen im Bereich Halley Bay (III 289 und III 288), sowie Station III 271 am Vestkapp kaum Bryozoen, gleichzeitig kommt diese Seegurkenart dort gar nicht vor.

Auch die *Cucumaria georgiana*-Gruppe ist im gesamten Untersuchungsgebiet anzutreffen, mit Ausnahme des Gebietes am Fuß der Antarktischen Halbinsel und dem Filchner-Graben (Tab. 5.1). Auffällig sind sowohl nördlich, als auch südlich des Vestkapps teils hohe relative Abundanzen und teils das völlige Fehlen dieser Artengruppe. Ich gehe davon aus, daß es sich bei den zwischen Bryozoen- und Hydroideakolonien auf den UW-Fotos (Station III 290, III 335, III 311 und III 330) beobachteten nicht näher bestimmten dendrochiroten Holothurien zu einem großen Teil um diese Spezies handelt. Auf den meisten dieser Stationen, auf denen auch AGT-Fänge erfolgten, gehörte die *Cucumaria georgiana*-Gruppe nämlich zu den am häufigsten erbeuteten Seegurken. Dieses Verbreitungsmuster deutet auf eine noch speziellere Anpassung an ein bestimmtes Substrat oder weitere Umweltbedingungen hin, als es für z.B. *Ekmocucumis steineni* gezeigt werden konnte. Die mittlere Länge von *Cucumaria georgiana* liegt ungefähr bei 2cm. In zwei Fällen saßen einzelne Individuen auf den Stacheln von Lanzenseegeln.

Bei den mit *Abyssocucumis liouvillei* und *Ekmocucumis steineni* verwandten und morphologisch, auch in ihrer Größe, sehr ähnlichen Arten *Abyssocucumis turqueti* und *Ekmocucumis denticulata* gehe ich ebenfalls von einer epizoischen Lebensweise aus. Beide gehören zu den selteneren Arten mit geringer Präsenz.

Trachythone bouvetensis (?) konnte in Einzelfällen in dem erbeuteten Material von Schwämmen mit vielen langen Silikatstacheln abgesammelt werden. Durch ihre besonders schlanke Körperform (bis ca. 4cm lang), die langen Füßchen und einen gegenüber

den zuletzt besprochenen Arten erheblich festeren Skleritpanzer ist sie an diesen Lebensraum besonders gut angepaßt. Ihre Verbreitung von der Atka bis zur Vahsel-Bucht deckt sich recht gut mit der der Porifera (VOSS 1987) und den eigenen Ergebnissen aus der UW-Fotografie, besonders auf Station III 290.

Alle bisher genannten Spezies lassen sich, wie aus Tab. 6.1 hervorgeht, zu einer Gruppe mit ähnlicher, epizoischer Lebensweise zusammenfassen. Die weitgehend gleiche Anzahl von Füßchen in den fünf Radialen wird allgemein als Beibehaltung eines ursprünglichen Merkmales bewertet. Diese pentamere Symmetrie der äußeren Morphologie sichert den verschiedenen Arten eine Anheftung mit jeder Körperseite an sich vom Meeresboden abhebendes biogenes Substrat. Zwischen mehr oder weniger fein verästelten oder bizarr gefalteten Bryozoen- oder Hydroideastöcken ist es für sie von Vorteil, sich beim Klettern gelegentlich mit verschiedenen Körperpartien gleichzeitig anzuheften und an einem optimalen Platz für längere Zeit zu verharren. Indizien für Unterschiede in der räumliche Einnischungen zwischen der großen Abyssocucumis liouvillei und den übrigen Arten konnte nachgewiesen werden. Ebenso ist es denkbar, daß die kleineren Arten, wie die Cucumaria georgiana-Gruppe und vielleicht auch Trachythone bouvetensis, (?) engräumigere Standorte zwischen den sehr vielgestaltigen Bryozoen- und Hydroideaskeletten bevorzugen als diejenigen, die der mittelgroßen Ekmocucumis steineni zur Verfügung stehen.

Psolus dubiosus und Psolus antarcticus leben aufgrund ihrer Morphologie ausschließlich in Gebieten mit Sandboden und Hartsubstrat. Sie werden bis zu 4cm lang. Die auf den gepanzerten Rücken verschobene Stellung von Mund- und Afteröffnung, sowie die breite, dünnhäutige Sohle lassen auf eine waagrecht auf dem Meeresboden sitzende Lebensweise schließen. Die Füßchen sind sehr kurz und weisen terminal eine deutliche Saugscheibe auf. Sie dienen somit im wesentlichen nicht der Fortbewegung, sondern einer festen Anheftung an Hartsubstrat oder Sedimentpartikel, die mindestens ebenso groß wie die Saugscheibe (größer als 1mm), sein müssen. Die Dünnhäutigkeit der Sohle belegt, daß sie in engem Kontakt mit dem Boden steht und nicht durch ein festes, funktionales Exoskelett vor äußeren Einflüssen geschützt werden muß, wie es offensichtlich für den Rücken der Fall ist. Diese Schlußfolgerungen werden durch UW-Fotos und die bereits bekannten Sedimentverteilungen im Weddellmeer belegt. Psolus dubiosus konnte auf den Stationen II 345, II 336 und III 330 fotografiert werden. Sie sitzt überwiegend auf Steinen, selten auf dem dort vorhandenen Sandboden und in je einem Fall auf einer größeren Ascidie und einer Ascidiolenkolonie. Ein Vergleich zwischen ihrer Verbreitung und der Sedimentkarte (Abb. 2.2) zeigt, daß Psolus dubiosus auf Weichböden fast gar nicht vorkommt, obwohl der Meeresboden dort teilweise erheblich mit Steinen angereichert ist. Es handelt sich dabei um die Gebiete am Fuß der Antarktischen Halbinsel, in der Gould Bay, im Filchner-Graben und dem Bereich südlich vom Vestkapp. Das Fehlen dieser Art auf solchem Sediment, ist damit zu erklären, daß sie im Fall der Fortbewegung von einem Standort (z.B. Stein) zu einem anderen auf die oben angesprochene Mindestpartikelgröße angewiesen ist. Allein das Vorhandensein von Inseln geeigneten Hartsubstrats genügt nicht, um diese Spezies in einem bestimmten Gebiet zu etablieren, wenn dazwischen Weichbodenbereiche liegen. Psolus antarcticus verfügt über eine sehr ähnliche Morphologie wie Psolus dubiosus, so daß man auf eine gleiche Lebensweise schließen kann. Ihr Vorkommen ist jedoch im Weddellmeer sehr selten.

Psolus charcoti ist in der Morphologie der Füßchen Psolus dubiosus ähnlich, so daß auch für sie Weichboden als Substrat nicht geeignet ist. Der Körper ist jedoch überall mit einer dicken, ledrigen Haut umgeben. Mund und After liegen fast terminal, sie sind viel weniger nach dorsad verlagert als bei der oben besprochenen Art. Diese Charakteristika lassen darauf schließen, daß sie ihren Körper an geeigneten Strukturen des Meeresbodens, wie z.B. Steinen, Bryozoen, Hydroidea oder Schwämmen aufrichtet, um den Tentakelkranz in der optimalen Fangposition für im Wasser schwebende

Detritusteilchen aufzuspannen. Durch diese Lebensweise ist jedoch zeitweilig auch die Sohle äußeren Einflüssen wie Feinden oder besonderen mechanischen Belastungen ausgesetzt und daher ebenso durch eine feste Haut geschützt, wie der übrige Körper. Das so beschriebene Verhalten wird durch eine Reihe von in situ fotografierten Individuen auf den Stationen II 335, II 289 und III 330 belegt. Diese Art wurde jedoch nie am oberen Rand eines Schwammes oder einer Bryozoenkolonie beobachtet, sondern saß stets in direkter Nähe zum Boden. Ein Individuum lag flach auf dem Boden. Die ausgefahrene Tentakelkrone zeigte nicht die für alle Dendrochirotida typische und wohl auch optimale Fangstellung. Die normale Lebensweise von Psolus charcoti kann nicht als eine besondere Spezialisierung auf ein bestimmtes Substrat gewertet werden. Trotzdem zeigt ihre Verbreitung ein sporadisches Auftreten von der Gould Bay bis zur Atka-Bucht. Ihr Ausbleiben auf vielen Stationen ist nur durch zur Zeit noch unbekannte Faktoren zu erklären. In ihrer Größe ist sie Psolus dubiosus sehr ähnlich.

Psolidae spec. I trat in den Fängen mehrfach an Stacheln von Lanzenseegeln sitzend auf. Sie wird bis 4cm lang. Ihre nur wenige Millimeter breite Sohle und die Anordnung der Füßchen zeigen, daß für sie nur sehr schmale, stabförmige Gebilde als Substrat in Frage kommen. Mund- und Afteröffnung liegen terminal, wie bei allen übrigen epizotisch lebenden Spezies. Es handelt sich somit um eine hochspezialisierte Lebensform. Die geringe Präsenz und die überwiegend niedrigen relativen Häufigkeiten unterstreichen die Feststellung, daß ihr Vorkommen an spezielle Umweltbedingungen (Substrat) gebunden ist. VOSS (1987) stellt für Lanzenseegel innerhalb des Untersuchungsgebietes einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt im nordöstlichen Weddellmeer fest, wie er auch in Tab. 5.1 für Psolidae spec. I sichtbar ist. Ihr gemeinsame Vorkommen ist ein Indiz mehr dafür, daß diese Seegurkenart weitgehend an das Vorhandensein von Lanzenseegeln gebunden ist.

Auf UW-Fotos sind von der Gould Bay bis nördlich vom Vestkapp eingegrabene Seegurken mit rosa bis rötlich gefärbten Tentakeln zu erkennen (siehe Kapitel 5.6.3). Die einzigen in den Fängen häufig vorkommenden Arten mit diesen gemeinsamen Charakteristika sind Trachythone parva und Psolidium incertum. Sie lassen sich jedoch auf den Aufnahmen nicht eindeutig voneinander unterscheiden. Die dorsad gebogene Körperform von Trachythone parva ermöglicht ihr die im Sediment eingegrabene Lebensweise. Dabei kann der Tentakelkranz dicht über der Bodenoberfläche ausgespannt werden und möglicherweise ragt auch die Afterregion aus dem Sediment. Psolidium incertum ist an das Leben als Infauna dadurch angepaßt, daß Mund und After auf kegelförmigen, dorsalen Fortsätzen liegen. Diese überragen den Rücken deutlich, so daß diese Morphologie ihnen den nötigen Kontakt zum freien Wasser ermöglicht. Es handelt sich dabei um eine parallele Entwicklung zu der oben beschriebenen Krümmung des Körpers nach dorsal, die dieselbe Funktion hat. Weiterhin verfügt Psolidium incertum über eine reichliche Anzahl dorsaler Füßchen auf dem mit kräftigen Skleriten gepanzerten Rücken. Sie spielen sicherlich eine wichtige Rolle beim Ein- und Ausgraben im Sediment. Die eindeutig auf Harts substrat lebenden Psolidae haben diese völlig reduziert. Die dünnhäutige Sohle dieser Spezies ist viel schmaler als die der Arten aus der Gattung Psolus und ist somit nicht an eine optimale Anhaftung an Harts substrat angepaßt. Vielmehr dient sie einem anderen, nicht bekannten Zweck. Als weiteres Indiz, daß diese Art zur Infauna gehört, war zu beobachten, daß bei den erbeuteten Individuen häufig eine dünne Schicht nicht näher identifizierbarer Sedimentpartikel dem Rücken anhaftete. Die drei Psolus-Arten waren demgegenüber stets frei von jeder Verunreinigung. Die Körperoberseite von Psolidium incertum muß also in engem Kontakt mit der Meeresbodenoberfläche gestanden haben. Aus den angeführten Gründen müssen die beiden oben genannten Arten eindeutig zur Infauna gerechnet werden. Sie ähneln sich in ihrer Verbreitung sehr, unterscheiden sich aber, wie bereits ausgeführt, von allen übrigen Dendrochirotida darin, daß der Schwerpunkt ihres Vorkommens tiefer als 600m liegt. Dabei handelt es sich um Gebiete mit Weichboden als Sediment: am Fuß der Antarktischen Halbinsel, östlich und westlich des

Filchner-Grabens und südlich vom Vestkapp. Das Sediment einiger weniger Stationen östlich von Halley Bay (II 506, II 510 und I 198), auf denen sie außerdem erbeutet wurden, wird von VOSS (1987) ebenfalls als Weichboden beschrieben. Für Trachythyone parva kommen noch einige Vorkommen mit geringen Abundanzen nördlich vom Vestkapp hinzu. Das gemeinsame Vorkommen dieser beiden Arten wird außerdem durch ein sehr niedriges Distanzmaß in der Clusteranalyse (Abb. 5.4) belegt. Sie gehören eindeutig nicht zu den Artenclustern, in die die übrigen dendrochiroten Holothurien zusammengefaßt sind. Beide Spezies erreichen ungefähr eine Maximallänge von 4cm.

Insbesondere die oben angesprochene gebogene Körperform, als Anpassung an eine eingegrabene Lebensweise, veranlaßt mich, weitere Arten zur Infauna zu zählen. Es handelt sich dabei um: Stereoderma spec. I, Ypsilocucumis turricata, Ypsilocucumis spec. I und Ypsilothuriidae spec. I. Die beiden zuerst genannten werden bis ca. 10cm lang, die beiden anderen werden nicht länger als 4cm. Ihre Füßchen sind meist sehr klein und nicht von der Gestalt, die auf epizoische Lebensweise schließen läßt, bei Ypsilocucumis turricata fehlen sie völlig. Ein waagrechtes Liegen auf dem Substrat ist ihnen aufgrund des Fehlens einer gut ausgebildeten Sohle und der gebogenen Körperform unmöglich: Sie würden umfallen und könnten so ihren Tentakelkranz nicht nach oben aufspannen um ihre Ernährung zu sichern. Bei Stereoderma spec. I ist eine Sohle nur andeutungsweise vorhanden. Die sehr geringe Präsenz dieser Arten auf weniger als je vier Stationen läßt keine weiteren, verallgemeinernden Schlüsse auf bevorzugte Umweltbedingungen zu.

Psolidium navicula zeigt keine deutlichen Merkmale, die sie einer bestimmten Lebensweise zuordnen läßt. Sie unterscheidet sich in ihrem starken Vorkommen sowohl nördlich als auch südlich vom Vestkapp von den meisten übrigen dendrochiroten Arten, die entweder die nördliche oder südliche Region bevorzugen. Für Psolidium navicula scheinen die unterschiedlichen Umweltbedingungen in diesem Gebiet, wie das massenhafte Auftreten oder Fehlen von Schwämmen oder Bryozoenkolonien, keine wesentliche Rolle zu spielen. Auf den Positionen westlich der Vahsel-Bucht herrschen jedoch offensichtlich Verhältnisse, die diese Art nur sporadisch vorkommen lassen. Ihre Morphologie, die eine wenig deutlich ausgeprägte Sohle und eine leichte dorsale Krümmung des Körpers zeigt, läßt nicht auf eine epizoische Lebensweise schließen. Andererseits bieten Gebiete, deren Böden reich mit biologischem Material bedeckt sind, für Infauna und direkt auf dem Meeresboden sitzende Tiere keine günstigen Voraussetzungen. Trotzdem ist Psolidium navicula auf solchen Positionen (III 335, III 330 und III 290) vertreten. Möglicherweise liegt die besondere Anpassung dieser Art darin, sich kleinräumig zwischen den beschriebenen dichten Besiedlungen mit Begleitfauna anzusiedeln. Ihre Verbreitung läßt sich somit auch nicht mit dem Vorkommen anderer Grobtaxa nach VOSS (1987) korrelieren. Die Individuen werden ca. 3cm lang.

Die übrigen dendrochiroten Holothurien, Psolidium gaini, Cucumariidae spec. I und Psolidiella mollis, haben einige Merkmale gemeinsam: Sie verfügen über eine gut bis mittelmäßig ausgebildete Sohle, ihre Mund- und Afteröffnungen liegen terminal. Aufgrund dieser Merkmale kommt für sie eine eingegrabene Lebensweise nicht in Frage, da Tentakeln und After so keinen Zugang zum freien Wasser haben würden. Ein waagrechtes Anheften an Hartsubstrat erscheint ebenfalls für sie nicht günstig, da der Tentakelkranz so nicht nach oben aufgespannt werden kann. Zur Verbreitung dieser seltenen Arten (Psolidium gaini und Cucumariidae spec. I) können wegen ihrer geringen Präsenz keine allgemeinen Schlußfolgerungen gemacht werden. Für die von der Vahsel bis zur Atka-Bucht häufige Psolidiella mollis muß ein häufiges und wenig spezielles Substrat angenommen werden. Psolidium gaini wird nur bis 3cm lang und ist deutlich schlanker als die beiden anderen Arten, die mit einer Länge von bis zu 4cm erbeutet wurden.

Bei einem Vergleich zwischen der Infauna und den Arten, die vom Boden abgehobene Standorte bevorzugen, fällt folgender Unterschied auf: Die epizoischen Spezies verlieren im Laufe ihrer Ontogenie ihre Kalkkörper. Zusätzlich ist die Körperwand der meisten dieser Spezies dünn und sehr wenig muskulös. Die dadurch erreichte Reduktion des spezifischen Gewichtes muß als Anpassung an diese spezielle Lebensweise gewertet werden. Sie erleichtert ihnen das Erklimmen von biogenem Substrat. Warum Trachythyone bouvetensis (?) darin eine Ausnahme bildet, wurde bereits diskutiert. Psolidae spec. I verfügt über eine an Seeigelstacheln so gut angepaßte Sohle mit kräftigen Füßchen, daß das zusätzliche Gewicht der Sklerite für sie keine Benachteiligung bedeutet. Möglicherweise sind diese Kalkkörper als Schutz nötig, weil Seeigel ihre Stacheln beim aktiven Bewegen gegenseitig, und somit auch die anhaftenden Seegurken, berühren können. Die im Sediment lebenden Spezies der Dendrochirotida verfügen über ein stabiles funktionales Exoskelett. Dieses schützt die Tiere vor dem von außen auf sie wirkenden Druck durch das Sediment. Lediglich Stereoderma spec. I zeigt einen leichten Kalkkörperschwund. Es scheint daher fraglich, ob sie sich eingräbt.

Der einzige erbeutete Vertreter der Molpadida, Mopadia musculus, gehört zur Infauna. Die Arten dieser Ordnung ernähren sich von den organischen Bestandteilen des Sediments ohne ihre Tentakeln aus dem Boden ins freie Wasser ragen zu lassen. Die Individuen sind im Mittel 10cm lang.

Bei Paradota spec. I muß es sich ebenfalls um eine im Sediment eingegrabene Art handeln. Sie wird über 15cm lang, hat eine wurmförmige Gestalt und einen kräftigen, muskulösen Hautmuskelschlauch, der sie gut vor dem mechanischen Druck im Substrat schützt. Ihr Vorkommen ist deutlich an Weichboden gebunden. Sie kommt daher überwiegend am Fuß der Antarktischen Halbinsel vor und zwar überwiegend in den beiden unteren Zonen (Abb. 5.1).

Die Lebensweise von Taeniogyrus contortus läßt sich auf den UW-Fotos gut beobachten. Sie ist aufgrund ihrer dunkelroten Färbung eindeutig zu identifizieren. Auf den Stationen III 335 und III 357 ist sie in dichten Anhäufungen von Bryozoenkolonien zu sehen, die in diesem Gebiet den Meeresboden kleinräumig bedecken. In denselben, einzeln stehenden Kolonien, z.B. auf Station III 290 und nördlich vom Vestkapp kommt sie gar nicht vor. Man kann somit davon ausgehen, daß ihr Lebensraum nicht direkt auf dem Meeresboden, sondern zwischen den Kalkskeletten von Bryozoen liegt. Deren Ausdehnung darf offensichtlich eine bestimmte Mindestgröße nicht unterschreiten, um für Taeniogyrus contortus als Habitat in Frage zu kommen. Mit der Bindung an diese speziellen Verhältnisse ist auch ihr nur sporadisches Auftreten zu erklären. Es ist begrenzt auf Gebiete mit weniger als 600m Wassertiefe. Im Gegensatz zu der ungefähr gleichlangen Paradota spec. I hat diese Art eine zarte, wenig muskulöse Haut, die als Anpassung an ihre Lebensweise zu werten ist. Da die meisten Arten der Apodida zur Infauna gehören (MARSHALL 1979), stellt diese Art hinsichtlich ihres oben beschriebenen Lebensraumes eine Ausnahme dar. Eine genaue Körperlänge ist nicht zu ermitteln, da die Individuen oft in Bruchstücke zerfallen. Die Tiere werden weniger als 1cm breit.

Alle erbeuteten Arten der Elaspodida und Aspidochirotida sind allgemein zu den Substratfressern zu zählen, die auch als Detritusfresser bezeichnet werden. Sie ernähren sich als Weidegänger von organischen Partikeln der obersten Sedimentschicht. Aufgrund dieses Verhaltens ist für sie ein Vorkommen besonders dort zu erwarten, wo der Boden arm an Hindernissen ist. Von wenigen Ausnahmen, die ich im folgenden diskutieren werde, abgesehen, kann diese Vermutung bestätigt werden. Die Mehrzahl dieser im Weddellmeer erbeuteten Spezies kommt unterhalb von 600m vor (siehe Abb. 5.1).

Eine besondere Auffälligkeit in ihrer Lebensweise, die mit Hilfe der UW-Fotografie deutlich erfaßt wurde, zeigen Elpidia glacialis und Achlyonice spec. I: Sie treten in

besonders ausgeprägten Anhäufung vieler Individuen auf engem Raum auf. Während Elpidia glacialis nur in 1175m Tiefe angetroffen wurde, kommt Achlyonice spec. I in allen Tiefenstufen vor, jedoch mit geringer Häufigkeit von 160-330m. Aggregationen von Elpidia glacialis wurden auch von ANDRYASHEV et al. (1974) im Südatlantik und von LEMECCHE et al. (1976) nördlich von Australien beobachtet. PAWSON (1976) beschreibt Häufungen von verschiedenen anderen elaspoden Holothurien. Achlyonice spec. I läßt sich auf den UW-Aufnahmen sehr gut aufgrund der violetten Tentakelspitzen identifizieren. Ihre mittlere Länge beträgt ungefähr 6cm. Ebenso kann die Bestimmung von Elpidia glacialis, die mir von Dr. B. HANSEN (Zoologisches Museum, Kopenhagen) bestätigt wurde, als sicher gelten. Sie wird nur ungefähr halb so lang wie Achlyonice spec. I, ihre Körperform ist jedoch mehr kugelig als langgestreckt. Für beide Arten konnten kleinräumige Verbreitungsmuster mit minimalen und maximalen absoluten Häufigkeiten innerhalb einer Aggregation ermittelt werden (Abb. 5.7, 5.8 und Tab. 5.4). Ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Arten wurde hinsichtlich ihrer Bewegungsrichtung festgestellt. Die Einzelindividuen von Achlyonice spec. I sind im Mittel in dieselbe Richtung, nämlich mit der Strömung, ausgerichtet (Abb. 5.9). Eine solches Phänomen ist für Elpidia glacialis nicht zu beobachten (Abb. 5.10). Damit stellt sich die Frage, wie der Zusammenhalt einer solchen Aggregation gewährleistet wird, da es sich bei diesem Verteilungsmuster keineswegs um eine zufällige Erscheinung handeln kann. Ähnliche Untersuchungen wurden im Nordostatlantik an der den beiden hier vorliegenden Arten nahe verwandten Kolga hyalina von BILLET & HANSEN (1982) durchgeführt. Sie zeigte nur auf einer von insgesamt sechs Stationen eine einheitliche Ausrichtung der Körperachsen gegen die Strömungsrichtung. Der Dispersionskoeffizient, der die Verteilungsform beschreibt, lag zwischen 1,1 (zufällig) und 11,9 (geklumpt). Dieses Verhalten wird als temporäre kleinräumige Aggregation gewertet und mit einer Synchronisation der Reproduktion sowie effizienter Ausnutzung von optimalen Nahrungsressourcen erklärt. Für die beiden im Weddellmeer vorkommenden Arten kann die Interpretation, daß es sich dabei um das Aufsuchen möglichst guter Ernährungsbedingungen handelt, nicht vollständig sein. Elpidia glacialis trat nämlich so stark geklumpt auf, daß sie im gesamten Untersuchungsgebiet nur auf Station III 307 nachgewiesen werden konnte. Man kann nicht davon ausgehen, daß nur dort für diese Art die geeignete Nahrung vorhanden ist. Achlyonice spec. I kommt zwar häufiger im Weddellmeer vor, so auch auf Station III 301, konnte jedoch auf der nur 8 Seemeilen entfernten III 303 gar nicht angetroffen werden. Die UW-Aufnahmen zeigen auf beiden Positionen dasselbe Sediment, dieselbe Begleitfauna (überwiegend Actinien) und dieselbe grüne Färbung des Sedimentes, die auf abgesunkenes Phytoplankton hinweist. Wesentliche hydrographische Unterschiede sind in diesem relativ einheitlichen Seegebiet, der Gould Bay, nicht zu erwarten. Für das Fortbestehen oder die Neubildung von "Herden" mit den beobachteten maximalen Individuendichten von 26 Tieren pro m² für Achlyonice spec. I und 18 Individuen m² bei Elpidia glacialis müssen also weitere Bedingungen gelten:

1. Die Bewegungsrichtung von Achlyonice spec. I stimmt über lange Strecken sehr exakt mit der Strömungsrichtung überein. Die auf den UW-Fotos beobachtete Streuung der Winkel zwischen Körperachsen und Strömungsrichtung muß dann bedeuten, daß die Individuen zu einem bestimmten Zeitpunkt ihr Voranschreiten unterbrechen und zum Zweck der Nahrungsaufnahme die Körperachse teilweise aus der Bewegungsrichtung auslenken. Ein solches Verhalten ermöglicht zwar den Zusammenhalt innerhalb einer Aggregation, kann aber nicht ihre Neuentstehung bewirken. Für das kleinräumige Auftreten von Elpidia glacialis, deren Individuen keine vorherrschende Bewegungsrichtung zeigen, ist das Herdenverhalten so nicht zu erklären.
2. Die Einzelindividuen beider Arten sind in der Lage, miteinander zu kommunizieren und somit die räumliche Nähe zu den Artgenossen zu erhalten oder wiederherzustellen.

Bisherige Untersuchungen ähnlicher Art an Tiefseeholothurien haben erbracht, daß die Tiere im Falle einer einheitlichen Ausrichtung der Körperachse immer gegen die Strö-

mung laufen (HEEZEN & HOLLISTER 1971, BARHAM *et al.* 1967, PAWSON 1976). Die Morphologie von Achlyonice spec. I zeigt jedoch eine Anpassung an das oben beschriebene Fortbewegungsverhalten mit dem Strom. Ihre Füßchen stehen nämlich am hinteren Körperende viel dichter, als in der vorderen Hälfte. Das ermöglicht eine besonders effiziente Festhaftung an das Substrat an dem Körperpol, der gegen den Strom zwingt. Das gesamte Tier verhält sich strömungstechnisch also etwa wie eine Fahne im Wind. Zusätzlich wird der Strömungswiderstand bei der beschriebenen Ausrichtung minimiert. Dieses spielt für Achlyonice spec. I eine wichtigere Rolle als für Elpidia glacialis, da bei ihr das Verhältnis von Körperlänge zu -breite viel größer ist, sie also der Strömung mit ihrer Körperlängsseite eine viel größere Angriffsfläche bieten würde. Außerdem muß sie im Gegensatz zu anderen Tiefseeseegurken keine zusätzliche Energie aufwenden, um den frontalen Strömungswiderstand bei der Fortbewegung zu überwinden. PAWSON (1976) geht davon aus, daß ca. 50% aller elasipoden Seegurken sich durch ondulierende Körperbewegung im freien Wasser bewegen können. Dr. W. WÄGELE (persönliche Mitteilung) hat solche Schwimmbewegungen an Achlyonice spec. I im Aquarium beobachtet. Zusätzlich sind die schlanke und flache Körperform sowie die völlige Reduktion der Sklerite in der gallertigen Haut Indizien dafür, daß sie sich auch auf diese Weise fortbewegen kann.

Achlyonice spec. I kommt nur auf wenigen Stationen vor, dort jedoch meist mit hohen relativen Abundanzen. Dieses gilt besonders für das Gebiet am Fuß der Antarktischen Halbinsel. Damit ist erwiesen, daß es sich bei der fotografischen Beobachtung einer deutlichen Aggregation nicht um eine zufällige Ansammlung handelt. Eine leichte Konzentration dieser Spezies wurde auch auf UW-Aufnahmen der Station III 348 im Drescher-Inlet festgestellt. Es handelt sich dabei um ein Gebiet, das im Vergleich zu den übrigen Positionen im Bereich Vestkapp für nur wesentlich kürzere Zeit im Jahr eisfrei ist. Darin und in dem niedrigen Prozentsatz der Bodenbedeckung mit biologischem Material, sowie dem Vorkommen von Achlyonice spec. I, ähnelt es mehr den Verhältnissen der Gould Bay als benachbarten Stationen.

Eine weitere elasipode Art, Scotoplanes globosa, repräsentiert in den Fängen der östlichen Gould Bay und des Filchner-Grabens bis zu 99% der dort erbeuteten Seegurken. Es wurden pro Hol bis zu knapp 2800 Individuen dieser etwa faustgroßen Spezies gefangen. Die absolute Häufigkeit im Filchner-Graben ist jedoch gering. Bei dem Substrat im Gebiet der östlichen Gould Bay handelt es sich um Weichboden, den es auch auf anderen Positionen im Untersuchungsgebiet ohne wesentliches Auftreten von Scotoplanes globosa gibt. Eine Sedimentbindung kann also nicht ausschließlich der Grund für das eng begrenzte Vorkommen mit hoher absoluter Abundanz sein. Entweder müssen dafür unbekannte Umweltparameter verantwortlich sein oder das beobachtete Auftreten ist als eine große Anhäufung von Individuen zu werten. Deren Zusammenhalt muß, ähnlich wie bei der nahverwandten Elpidia glacialis, durch das Verhalten der Einzelindividuen bedingt sein. Die Fortbewegungsweise von Scotoplanes spec. hat HANSEN (1972) detailliert beschrieben.

Peniagone vignioni und Laetmogone wyvillethompsoni aus der Ordnung der Elasipodida kommen von wenigen Ausnahmen (Station II 474, I 213 und III 286) abgesehen, nur auf Weichboden vor. Dabei fehlt Laetmogone wyvillethompsoni am Fuß der Antarktischen Halbinsel. Die relativen Häufigkeiten beider Arten liegen meist um 10%. Somit kommen sie weder in den oben beschriebenen dichten Ansammlungen, noch als Einzelgänger vor. Dieses Verteilungsmuster wird auch durch Abb. 5.6 belegt. Peniagone vignioni konnte außerdem durch die UW-Fotografie in Einzelexemplaren für die Stationen III 348 im Drescher-Inlet, III 336 nördlich vom Vestkapp und III 358 westlich der Atka-Bucht nachgewiesen werden. Beide Arten haben eine gestreckte Körperform und können deutlich über 20cm lang werden.

Bathyplores moselevi (?) und Bathyplores spec. II gehören den Aspidochirotrida an und ähneln sich in ihrer Morphologie, insbesondere hinsichtlich der Anordnung der ven-

tralen Füßchen, sehr stark. Ein Blick auf ihre Verbreitung (Tab. 5.1) zeigt jedoch, daß sie ein ganz unterschiedliches Vorkommen im Weddellmeer haben. Diese Tatsache findet auch in dem Artendendrogramm (Abb. 5.4) seinen Niederschlag. Bathyplotes spec. II hat als einziger Vertreter der Weidegänger einen Verbreitungsschwerpunkt in den teilweise sehr dicht mit Schwämmen, Bryozoen und Hydroidea besiedelten Gebieten. Dabei handelt es sich überwiegend um Stationen mit einer Tiefe zwischen 160 und 600m. Dieses Vorkommen erfordert eine besondere Anpassung an die für diese Holothuriengruppe (Aspidochirotea, Weidegänger) im Weddellmeer ungewöhnlichen Umweltbedingungen. Gegenüber den auf gleichmäßigem Weichboden vorkommenden Aspidochirotea muß die Laufsohle funktionsmorphologisch an wechselndes Substrat angepaßt sein. Es handelt sich dabei um Sand, Weichboden, Bryozoenschill und Schwammnadelfilz. Außerdem muß ihr Fortbewegungsverhalten auf den durch die übrige reichhaltige Epifauna eingeschränkten Lebensraum eingestellt sein. Die einzige zu beobachtende Anpassung an diese Verhältnisse ist ihre feste und dicke Haut, die sie vor spitzen Kalkskeletten oder Silikatstacheln schützt. Die meisten anderen erbeuteten elapoden und aspidochiroten Holothurien haben eine dünne oder sehr gelatinöse, leicht verletzbar Körperwand. Weiterhin muß sie sich aufgrund der Bodenbeschaffenheit in ihrem Verbreitungsgebiet in ihrer Nahrungsaufnahme und möglicherweise auch in der Qualität der Nahrung von den übrigen Arten der Aspidochirotea unterscheiden. Beide Arten haben eine gestreckte Körperform mit flacher Sohle, Bathyplotes moseleyi (?) wird bis ca. 15cm und Bathyplotes spec. II bis 20cm lang.

Bathyplotes moseleyi (?) zeigt einen Verbreitungsschwerpunkt am Fuß der Antarktischen Halbinsel und auf einigen Weichbodenstationen im übrigen Untersuchungsgebiet. In den meisten Fängen mit hohen relativen Anteilen von Bathyplotes moseleyi (?) waren die absoluten Häufigkeiten überdurchschnittlich groß. Damit kommt das Verhältnis zwischen ihrer relativen Abundanz und Präsenz (Abb. 5.6) unter dem Aspekt des Auftretens in Gruppen den beiden stark geklumpt vorkommenden Scotoplanes globosa und Achlyonice spec. I am nächsten.

Bathyplotes spec. I wurde auf zwei Positionen im südlichen Weddellmeer erbeutet und konnte fotografisch noch auf den Stationen III 311 und III 310 nachgewiesen werden. Wegen ihrer auffälligen Färbung kann sie nicht mit anderen Arten verwechselt werden. Rückschlüsse auf die Lebensweise sind aber nicht möglich. In Habitus und Körpergröße ist sie Bathyplotes spec. II recht ähnlich.

Mesothuria lactea ist das deutlichste Beispiel für die Bindung einer Art an Weichboden. Sie kommt fast ausschließlich im südlichen Weddellmeer auf den tieferen Stationen vor. Da sie nicht eingegraben im Sediment lebt, muß ihre Bindung an Weichboden auf die substratfressende Ernährungsweise zurückgeführt werden. Sie wird bis ca. 15cm lang.

Pseudostichopus mollis und Pseudostichopus villosus sind im Untersuchungsgebiet zwar selten, trotzdem kann eine morphologische Besonderheit festgestellt werden, die im Zusammenhang mit den Umweltbedingungen steht. Sie verfügen nämlich beide offensichtlich über die Fähigkeit, körperfremde Partikel an ihre Haut anzuheften oder sogar in sie einzulagern (MARSHALL 1979). Für Pseudostichopus mollis handelt es sich dabei überwiegend um Sandkörner, aber auch Foraminiferen, mit denen die gesamte Körperoberfläche bedeckt ist und die sich nur mit Mühe von der Haut entfernen lassen. Die Füßchen stehen in kleinen Lücken zwischen den Partikeln. In die gesamte Körperwand von Pseudostichopus villosus sind Schwammnadeln von überwiegend einheitlicher Größe parallel nebeneinander so dicht eingelagert, daß sie dieser Art äußerlich ein pelziges Aussehen verleihen. Die kleinen Füßchen scheinen eine sehr geringe Rolle zu spielen. Beide Spezies haben sich auf diese Weise ein künstliches Exoskelett geschaffen, das sowohl der Stabilität der Körperform, als auch dem Schutz vor äußeren Einflüssen dient. Vom Tier selber produzierte Kalksklerite habe ich nicht entdeckt, sie sind wohl durch die "Fremdkörper" ersetzt worden. Trotz des geringen Vorkommens beider Arten im Untersuchungsgebiet läßt sich die Begrenzung ihrer Verbreitung auf

das nordöstliche Weddellmeer durch die oben genannten Merkmale gut erklären. Erstens erfordern diese Charakteristika das Vorhandensein von Sand oder Schwammnadeln. Zweitens gewähren sie ihnen, besonders während der Fortbewegung, mechanischen Schutz in einem Verbreitungsgebiet, das sich durch eine bizarre Umwelt auszeichnet. Für Pseudostichopus villosus kann man vereinfachend sagen: sie schützt sich mittels Schwammnadeln vor Schwammnadeln! Beide Arten erreichen ungefähr eine Maximallänge von 10cm und haben einen nahezu runden Körperquerschnitt, der nur ein wenig dorsoventral abgeplattet ist.

Aus der Diskussion der einzelnen Arten läßt sich nicht nur eine verschiedene Horizontalverbreitung, die primär an Begleitfauna und Sediment gebunden ist, und eine daraus resultierende Tiefenverteilung feststellen. Es gibt auch eine kleinräumige Zonierung in Bodennähe, die zusammenfassend in folgende Kategorien eingeteilt werden kann. Bei den aufgeführten Arten handelt es sich um besonders gute Beispiele.

1. Völlig im Sediment lebend und sich davon ernährend (Molpadia musculus).
2. Mehr oder weniger tief im Sediment lebend, zum Zweck der Ernährung die Tentakeln über dem Meeresboden im freien Wasser ausbreitend (Trachythone parva).
3. Direkt auf dem Meeresboden lebend
 - a) sessil (Psolus dubiosus)
 - b) vagil (Scotoplanes globosa)
 - c) vagil und schwimmend (Achlyonice spec. I ?).
4. An bestimmte Strukturen des Meeresbodens, wie Steine und tierische Organismen oder Kolonien, mit direkter Nähe oder Kontakt zum Meeresboden, angelehnt (Psolus charcoti).
5. Epizoisch auf den Spitzen von mehr oder weniger fein verästelten Bryozoen- und Hydroideastöcken sitzend, bis ca. 30cm über dem Meeresboden (Ekmocucumis steineni).
6. Epizoisch auf den Rändern von großen, groben Strukturen, wie Schwämmen, bis ca. 150cm über dem Meeresboden sitzend (Abysso-cucumis liouvillei).

Für fast alle im Zusammenhang mit dieser Arbeit untersuchten Seegurkenarten ist das Substrat, das sie bewohnen, der entscheidende Faktor für ihre Verbreitung im Weddellmeer. Auch USHAKOV (1962) mißt der Sedimentbeschaffenheit als Umweltparameter in der Antarktis eine entscheidende Rolle zu. PARSONS *et al.* (1977) stellen eine allgemeine Abhängigkeit der Bodenbesiedlung von der Korngröße des Sedimentes fest. UW-Fotos bei BULLIVANT (1961) zeigen Seegurken, die an biogenen Strukturen, die in das freie Wasser ragen, haften. Auch DEARBORN *et al.* (1973) erwähnt für die Antarktis Organismen, die anderen Tieren (z.B. Echinodermen) als Substrat dienen, ohne auf eine nähere Bestimmung einzugehen.

Ein Einfluß des am Rand des nordöstlichen Schelfs auftretenden Warmen Tiefenwassers ist nicht nachzuweisen, obwohl diese Wassermasse wärmer und sauerstoffärmer ist, als die übrigen im Untersuchungsgebiet anzutreffenden. Auch geringe Präsenzen und niedrige absolute Häufigkeiten auf den tiefen Stationen am Vestkapp liefern dafür keinen Beweis, da diese Spezies auch im Filchner-Graben spärlich vorkommen. Dort gibt es nur kaltes Eisschelfwasser. Ebenso wenig kann z. Zt. eine Abhängigkeit des Vorkommens einzelner Arten von einer bestimmten Eisbedeckung und der daraus resultierenden, speziellen Ernährungsbedingung durch absinkendes Phytoplankton gefunden werden.

6.3 UW-Fotografie als Methode für die vorliegenden tiergeographisch-ökologische Untersuchungen

Mit der in Kapitel 3.4 beschriebenen fotografischen Methode wird ein wesentlicher Teil der Epifauna des Benthos quantitativ erfaßt. Tiere, die allgemein zur Infauna zäh-

len, von denen jedoch ein Körperteil über die Sedimentoberfläche hinausragt, sind auf den Aufnahmen ebenfalls zu erkennen und zu identifizieren. Für alle beobachteten Tiere kann durch einfaches Auszählen eine absolute Häufigkeit ermittelt werden. Wenn der Boden wenig oder gar nicht bewachsen ist, sind die ermittelten Abundanzen der am Boden sitzenden oder kriechenden Seegurken nur mit einem sehr geringen Fehler behaftet. Der Abstand zwischen Objekt und Kamera und damit die fotografierten Flächen sind nämlich fast immer gleichgroß und bekannt. Wenn die Umwelt durch bizarre, biogene Strukturen geprägt ist, ist eine Abundanzabschätzung schwieriger, da kleinräumige Standorte und die Sedimentoberfläche vielfach verdeckt sind. Wenn die optische Achse der Kamera senkrecht zum Meeresboden steht, können kleinere dendrochirote Arten nicht näher bestimmt werden, da von ihnen nur der Tentakelkranz zu sehen ist. In diesem Fall würde sich eine schräge Stellung der Kamera anbieten. Dieses ginge jedoch zulasten der Genauigkeit bei der Ermittlung absoluter Abundanzen. Eine wesentliche Hilfe für gutes Identifizieren der Arten ist der Gebrauch von Farbfilmen sowie einer Mittelformatkamera, die eine nahezu viermal bessere Auflösung als Kleinbildfotoapparate erzeugt. Unter Berücksichtigung der oben gemachten Vorgaben ist in vielen Fällen die Bestimmung der abgebildeten Arten für Holothurienspezialisten einfach. Je seltener die zu untersuchenden Objekte am Meeresboden sind, um so mehr Aufnahmen müssen gemacht werden, um eine ausreichende Genauigkeit von kleinräumigen Individuendichten zu erreichen.

Das häufige Erwähnen der UW-Fotografie in Kapitel 6.2 dokumentiert, wieviele wichtige Informationen zur Lebensweise die Bilder enthalten. Dieses gilt genauso für andere Tiergruppen.

Die Aufnahmen lassen außerdem auch Rückschlüsse zu abiotischen Umweltparametern, wie z.B. Substratbeschaffenheit, erkennen.

Allgemein ist festzustellen, daß die fotografische *in situ*-Betrachtung eines Lebensraumes, wie des antarktischen Benthos, ein besseres Grundverständnis für biologische Prozesse am Boden erzeugen kann, Erklärungsmöglichkeiten für bestimmte Beobachtungen liefert und eine wichtige Grundlage für weitere Fragestellungen ist.

6.4 Vergleich der Artenzusammensetzung im Weddellmeer mit benachbarten Gebieten

Ein Vergleich mehrerer verschiedener Gebiete führt nur dann zu befriedigenden Ergebnissen, wenn diese mit gleichguter Intensität und ähnlichen Methoden untersucht worden sind. Für die Seegurken in den verschiedenen Teilen der Antarktis ist diese Bedingung nur eingeschränkt erfüllt. Damit lassen sich aus den bisher vorliegenden Informationen und den eigenen Ergebnissen nur Tendenzen zur großräumigen Verbreitung feststellen. Alle in der zitierten Literatur erwähnten Funde von Seegurken in der Antarktis südlich der antarktischen Konvergenz sind in Tab. 6.2 zusammengefaßt. Die Angaben zu den subantarktischen und sonstigen Vorkommen beziehen sich nur auf die Spezies, die auch in der Antarktis gefunden wurden. Auf Unterarten wurde keine Rücksicht genommen. Die zusammengetragenen Informationen basieren teilweise auf Literaturzitaten, die taxonomisch überprüft werden müssen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 34 Spezies aus 22 Gattungen, 7 Familien und 5 von insgesamt 6 Ordnungen gefunden. Als typische Tiefseeformen sind 8 Arten anzusprechen, da sie in anderen Seegebieten ihren Verbreitungsschwerpunkt deutlich unterhalb von 1000m haben. Außer ihnen wurden je zwei Spezies aus den Elaspodida, Aspidochirotida und Apodida erbeutet. In der Taxonomie sind 4 von ihnen neu. Die übrigen 20 repräsentieren den weitaus größten Anteil. Von ihnen müssen 5 Arten zusammen mit 2 Gattungen neu beschrieben werden. PICKEN (1985) postuliert, daß es allgemein in der Antarktis innerhalb von taxonomischen Großgruppen zwar viele Arten gibt, diese sich allerdings auf relativ wenige Familien und Gattungen verteilen. Bei den Holothurien veranlaßt mich zwar die Zahl der Familien ihm zu folgen, jedoch auf dem

Tab 6.2: Verbreitung antarktischer Seegurken. Distribution of antarctic holothurians.

Art	Tiefe (bisher)	Verbreitung					Literatur
		hohe Antarktis	HI und ant- arkt. Inseln	subantarkt. Inseln	sonst.		
<u>Cucumaria psolidiiformis</u>	18- 385	OA	HI SO				VANEY 1908, EKMAN 1925, EKMAN 1927, PAWSON 1969a
<u>Cucumaria georgiana</u>	1- 230	WS OA	SO SG SS HI	B K FI			EKMAN 1925, EKMAN 1927, GRIEG 1929, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973, LAMPERT 1886, VANEY 1906, VANEY 1908, Autor
<u>Cucumaria perfida</u>	16- 18		SO				VANEY 1908, PAWSON 1969
<u>Cucumaria secunda</u>	16- 18		SO				VANEY 1908
<u>Cucumaria vanyi</u>	15- 210	OA	HI				CHERBONNIER 1949, CHERBONNIER 1973
<u>Cucumaria conspicua</u>	16- 18		SO				PAWSON 1969a
<u>Psolididella mollis</u>	439- 567	WS		B			PAWSON 1969a, Autor
<u>Stereoderma spec. I</u>		WS					Autor
<u>Cucumariidae spec. I</u>		WS					Autor
<u>Cladodactyla crocea</u>	0-4300	RS	SO SG	K FI			SA LAMPERT 1886, VANEY 1908, BELL 1908, EKMAN 1925, PAWSON 1964, PAWSON 1969a, PAWSON 1969b
<u>Pseudocnus perrieri</u>	0- 197		SG	FI			SA PAWSON 1969a
<u>Pseudocnus dubiosus leonina</u>	1- 110	WA	SO	FI			SA HEROUARD 1901, PERRIER 1904, PERRIER 1905, HEROUARD 1906, VANEY 1908, EKMAN 1925, PAWSON 1964, PAWSON 1969a, PAWSON 1969b
<u>Pseudocnus laevigatus</u>	12- 272	RS		M C K Ma H			EKMAN 1925, PAWSON 1969a
<u>Trachythyone parva</u>	0- 385	WS OA	SG HI	K FI			SA STUDER 1876, PERRIER 1905, EKMAN 1925, PAWSON 1969a, PAWSON 1969b, PERRIER 1904, EKMAN 1927, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Trachythyone bouvetensis</u>	567	WS		B			LUDWIG & HEDING 1935, Autor
<u>Abyssocucumis liouvillei</u>	98- 385	WS OA	SG HI				EKMAN 1925, EKMAN 1927, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Abyssocucumis turqueti</u>	16- 385	WS OA	SO HI				VANEY 1906, EKMAN 1925, EKMAN 1927, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973 VANEY 1908, PANNING 1949, Autor
<u>Abyssocucumis abyssorum</u>	Tiefsee	OA		WW			EKMAN 1927, PAWSON 1969a
<u>Ekmocucumis steineni</u>	6- 400	WS OA	SO SG HI	FI			LUDWIG 1898, VANEY 1906, VANEY 1908, EKMAN 1925, EKMAN 1927, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Ekmocucumis denticulata</u>	350- 385	WS OA					EKMAN 1927, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Ekmocucumis irregularis</u>	40		HI				VANEY 1906, PAWSON 1969a
<u>Paracucumis antarctica</u>	550- 640	RS					MORTENSEN 1925, HEDING & PANNING 1954, PAWSON 1969a
<u>Ypsilocucumis spec. I</u>		WS					Autor

<u>Ypsilocucumis turricata</u>	2- 125	WS OA	SO HI		VANEY 1906, EKMAN 1925, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Ypsilocucumis scotiae</u>	5- 125		SO HI		VANEY 1906, EKMAN 1925
Ypsilothuriinae spec. I		WS			Autor
<u>Psolus antarcticus</u>	35-1087	WS	HI	FI K M	SA STUDER 1876, PERRIER 1904, VANEY 1906, VANEY 1908, PAWSON 1969a, PAWSON 1969b, Autor
<u>Psolus figulus</u>	12- 15		SG		EKMAN 1925
<u>Psolus granulatus</u>	Litoral		HI		VANEY 1906, EKMAN 1925
<u>Psolus belgicae</u>	300- 600	WA			HEROUARD 1901, HEROUARD 1906
<u>Psolus arnaudi</u>	56- 140	OA			CHERBONNIER 1973
<u>Psolus dubiosus</u>	40- 140	WS OA			LUDWIG & HEDING 1935, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Psolus parvulus</u>	15- 120	OA			CHERBONNIER 1973
<u>Psolus charcoti</u>	5- 230	WS	SG HI	M	VANEY 1906, EKMAN 1925, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Psolus koehleri</u>	70- 150	OA	HI		EKMAN 1925, EKMAN 1927, GRIEG 1929a, PAWSON 1969a
<u>Psolus punctatus</u>	75- 200		SG HI		EKMAN 1925, PAWSON 1969a
<u>Psolidium gaini</u>	19- 385	WS OA	SG HI		EKMAN 1925, EKMAN 1927, GRIEG 1929b, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973, Autor
<u>Psolidium incubans</u>	Litoral		SG		EKMAN 1925
<u>Psolidium incertum</u>	550- 640	RS WS		FI B	MORTENSEN 1925, PAWSON 1969a, Autor
<u>Psolidium navicula</u>	350- 385	WS OA			EKMAN 1927, Autor
<u>Psolidium coatsi</u>	16- 75	OA	SO SG	FI	VANEY 1908, EKMAN 1925, PAWSON 1969a, CHERBONNIER 1973
<u>Neopsolidium convergens</u>	0- 15	WA	SG	FI	SA HEROUARD 1901, PERRIER 1904, PERRIER 1905, HEROUARD 1906, VANEY 1908, EKMAN 1925, PAWSON 1964, PAWSON 1969a, PAWSON 1969b
Psolidae spec. I		WS			Autor
<u>Ekkentropelma brychia</u>	Tiefsee		HI		PAWSON 1971a
<u>Pseudopsolus ferrari</u>	37	RS		B	BELL 1908, PAWSON 1969a
<u>Mesothuria bifurcata</u>	300-Tiefsee	WA			NA HEROUARD 1901, HEROUARD 1906
<u>Mesothuria lactea</u>	700-5100	WS			ww MORTENSEN 1925, HEDING 1940, HEDING 1942, PAWSON 1965, Autor
<u>Bathyplores moseleyi</u>	127-5600	WS OA	HI		SA LUDWIG 1898, PERRIER 1904, PERRIER 1905, EKMAN 1925, EKMAN 1927, Autor
<u>Bathyplores spec. I</u>		WS			Autor
<u>Bathyplores spec. II</u>		WS			Autor
<u>Bathyplores spuma</u>	4800	OA			VANEY 1908
<u>Bathyplores recta</u>	4600	OA			VANEY 1908
<u>Synallactes robertsoni</u>	4800	OA			VANEY 1908
<u>Synallactes carthagei</u>	40		HI		VANEY 1906, VANEY 1908, EKMAN 1925
<u>Benthothuria valdiviae</u>	Tiefsee	OA			HEDING 1940, HANSEN 1975
<u>Pseudostichopus mollis</u>	90-3334	WS	HI	M	NS THEEL 1886, LUDWIG 1898, PERRIER 1905, CLARK 1920, PAWSON 1971b, Autor

<u>Pseudostichopus villosus</u>	896-7000	WS	OA			ww	VANEY 1908, HANSEN 1956, Autor
<u>Oneirophanta mutabilis</u>	Tiefsee	OA				ww	HANSEN 1975
<u>Laetmogone wyvillethompsoni</u>	1150-4000	WS		HI		SA NS ww	AGATEP 1967, HANSEN 1975
<u>Apodogaster alcocki</u>	385-1026	OA				ww	CHERBONNIER 1973, HANSEN 1975
<u>Rhipidothuria racowitzai</u>	300-Tiefsee	WA					HEROUARD 1901, HEROUARD 1906, HANSEN 1975
<u>Peniagone piriei</u>	4400	OA					VANEY 1908
<u>Peniagone mossmani</u>	4800	OA					VANEY 1908, HANSEN 1975
<u>Peniagone wiltoni</u>	4800	OA					VANEY 1908, HANSEN 1975
<u>Peniagone vitrea</u>	Tiefsee	OA				ww	HANSEN 1975
<u>Peniagone incondita</u>	Tiefsee	WS					AGATEP 1967, HANSEN 1975
<u>Peniagone vignioni</u>	400- 520	WS	WA	RS			HANSEN 1975
<u>Peniagone purpurea</u>	Tiefsee	WS	WA	HI		SA NS	AGATEP 1967, HANSEN 1975
<u>Peniagone willemoesi</u>	Tiefsee	OA					HANSEN 1975
<u>Achlyonice spec. I</u>		WS					Autor
<u>Amperima insignis</u>	Tiefsee						HANSEN 1975
<u>Amperima robusta</u>	Tiefsee			HI			HANSEN 1975
<u>Amperima naeresi</u>	Tiefsee			HI			HANSEN 1975
<u>Amperima velacula</u>	131-Tiefsee			HI	SS		HANSEN 1975
<u>Ellipinion facetum</u>	Tiefsee	WA					HANSEN 1975
<u>Scotoplanes globosa</u>	Tiefsee	WA	OA	WS	HI	ww	HANSEN 1975
<u>Scotoplanes angelicus</u>	Tiefsee	WA					AGATEP 1967, HANSEN 1975
<u>Scotoplanes mutabilis</u>	Tiefsee	WA	OA	HI			EKMAN 1927, AGATEP 1967, HANSEN 1975
<u>Elpidia glacialis</u>	Tiefsee	WA	WS	HI		ww	HANSEN 1956, HANSEN 1975
<u>Taeniogyrus contortus</u>	0- 560	WA	OA	WS	SG	FI M K	SA PAWSON 1969a, Autor
<u>Paradota spec. I</u>		WS					Autor
<u>Anapta fallax</u>	0- 350				SG		SA PAWSON 1969b
<u>Trochodota purpurea</u>	0- 36				SG	FI K	SA PAWSON 1969b
<u>Molpadia antarctica</u>	85-1218	WA		HI		SA NS J	PAWSON 1969a, PAWSON 1969b
<u>Molpadia musculus</u>	35-5205	WS	SG	SS	HI	FI K	SA ww PAWSON 1969b
<u>Molpadia discors</u>	4264-4465				SO		SA PAWSON 1977
<u>Molpadia liska</u>	2827-4698				SO	A NS SA	PAWSON 1977
<u>Molpadia abyssicola</u>	2090-5045	WA					SA PAWSON 1977

Abkürzungen aus Tab 6.2

WA = Westantarktis
 OA = Ostantarktis
 WS = Weddell See
 RS = Ross See
 HI = Antarktische Halbinsel
 SS = South Shetland Islands
 SO = South Orkney Islands
 SG = South Georgia
 FI = Falkland Islands/Las Malvinas
 B = Bouvet Island
 M = Marion Island
 K = Kerguelen
 Ma = Macquarie Islands
 C = Crozet Island
 SA = Südamerika
 NS = Neuseeland
 NA = Nordatlantik
 J = Japan
 A = Australien
 WW = weltweit

Niveau der Genera, insbesondere im Verhältnis zur Artenzahl, von einer Vielfalt auszugehen. Diese muß als Ergebnis der oben beschriebenen Anpassung an verschiedenen Lebensräume gewertet werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß das taxonomische System ein weitgehend künstliches ist, das für die jeweiligen höheren Taxa von den Bearbeitern nach unterschiedlichen Kriterien aufgestellt wurde. Die Tatsache, daß die meisten Ordnungen vertreten sind, ist auf ein Breites Spektrum der Umweltbedingungen im Weddellmeer zurückzuführen, an die sie allgemein angepaßt sind.

Der Schwerpunkt aller zu besprechenden Untersuchungen liegt auf dem antarktischen Schelf, so daß sich die folgende Diskussion auch im wesentlichen auf diesen Bereich konzentrieren wird. Allgemein kann man zur Qualität des Kenntnisstandes über das Vorkommen antarktischer Seegurken feststellen, daß die Gewässer um die Antarktische Halbinsel einschließlich der ihr vorgelagerten Inseln, die Süd Orkneys und Süd Georgien taxonomisch recht gut erfaßt sind. Aus der Ostantarktis liegen teilweise genaue Informationen aus sehr wenigen, engbegrenzten Gebieten vor. Die Holothurienfauna des Weddellmeeres war bisher, abgesehen vom Nachweis zweier Tiefseearten, völlig unerforscht. Sie ist jetzt durch die vorliegende Arbeit am umfassendsten untersucht. Bei einem Vergleich mit den anderen antarktischen Gebieten läßt sich folgendes feststellen:

47% der 19 Seegurkenarten aus Gewässern mit vergleichbarer Tiefe vor der Antarktischen Halbinsel sind auch im Weddellmeer gefunden worden. Für die Ostantarktis liegt diese Zahl bei 61% von 18 Spezies. Da es sich bei den neuen Weddellmeer-Arten in der Mehrzahl um seltene Spezies handelt, ist es nicht ausgeschlossen, daß diese bei genaueren Untersuchungen auch in den Vergleichsgebieten gefunden werden. Damit würde sich der Prozentsatz der Artgleichheit mit dem Weddellmeer deutlich erhöhen. Somit kann man für Seegurken von einer hohen Ähnlichkeit in der Fauna des tieferen Schelfs der drei Gebiete ausgehen. Aus diesen Zahlen läßt sich ein ungefähr gleichhoher Ähnlichkeitsgrad zwischen Weddellmeer und Ostantarktis bzw. Halbinselbereich ablesen. Zu beiden Gebieten kommen bisher nicht berücksichtigte 14 bzw. 16 Tief-

seespezies hinzu, die sich in ihrer Artenzusammensetzung jedoch deutlich voneinander unterscheiden. Das Gebiet um die Halbinsel zeichnet sich durch zusätzliche 12 Arten aus, die bisher nur aus dem Flachwasser (weniger als 100m Tiefe) bekannt sind. Solche Gebiete gibt es im Weddellmeer nicht. Innerhalb der Seegurken ist durch das Vorkommen dieser Flachwasserarten das Gebiet um die Halbinsel als gesonderte Faunenprovinz anzusehen. In der Ostantarktis ist nur eine Flachwasserspezies bekannt. Daß die Ähnlichkeit der zu vergleichenden Regionen nicht höher ist, als durch die beiden obigen Prozentzahlen (47 und 61%) ausgedrückt, ist in erster Linie auf 9 bisher nicht beschriebene Spezies im Weddellmeer zurückzuführen, während aus den Vergleichsgebieten nur 2 bzw. 1 endemische Arten bekannt sind.

Die in Kapitel 6.2 gezeigten unterschiedlichen Einnischungen der einzelnen Arten fordern allerdings auch das Vorhandensein ganz bestimmter Umweltbedingungen, die bei kleinräumiger Betrachtung ein gleichzeitiges Vorkommen aller Arten ausschließt. Viele Autoren, die sich mit dem antarktischen Benthos beschäftigt haben, beschreiben in ihren Untersuchungsgebieten Weich-, Sand- und Hartbodengemeinschaften. DELL (1972) gibt eine Zusammenfassung aller bisher gefundenen Biozönosen in der Antarktis. In abgewandelter Form sind diese auch im Weddellmeer vertreten (VOSS 1987). RICHARDSON & HEDGEPEETH (1977) gehen von einer circumpolaren Tiefenzonierung aus. Damit müßte auch eine gleichmäßige Verbreitung der Seegurken auf dem antarktischen Schelf zu erwarten sein. Auffällig ist jedoch, daß bei den Beschreibungen dieser Gemeinschaften in keinem Fall Holothurien als Charakterarten genannt werden. Ob dieses Fehlen tatsächlich nur auf die unzureichende Bearbeitung der Tiergruppe oder auf deutlich geringere Abundanzen als im Weddellmeer zurückzuführen ist, kann zur Zeit nicht gesagt werden.

Die oben beschriebenen Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzungen des Weddellmeeres mit der Ostantarktis und dem Halbinselgebiet stimmen recht gut mit biogeographischen Ergebnissen (EKMAN 1953, ANDRIASHEV 1965 und HEDGEPEETH 1969) überein.

Alle genannten Autoren stellen, basierend auf verschiedenen taxonomischen Gruppen, einen Unterschied zwischen der benthischen Tierzusammensetzung des Halbinselgebietes und den restlichen, den antarktischen Kontinent umgebenden Gewässern fest. HEDGEPEETH bezieht Bouvet Island in die kontinentale Region mit ein. Die eigenen Untersuchungen zeigen, daß im Weddellmeer besonders häufige Arten, wie Cucumaria georgiana, Psolidium incertum, Psolidiella mollis und Trachythyone bouvetensis (?) auch um Bouvet Island vorkommen. Die beiden letzteren waren bisher nur von dort bekannt. Psolidium incertum gibt es im Bereich der Halbinsel offenbar nicht. Damit liegt ein weiteres Indiz für eine meridionale Ausbreitung von benthischen Organismen entlang der Längenmeridiane vor, wie sie WHITE (1984) beschreibt. Da es sich bei diesen Arten jedoch nicht um wandernde Tiere handelt, muß man im Gegensatz zu WHITE eher von einer durch Bodenströmung bedingten Ausbreitung von Süden nach Norden ausgehen.

Für die Westantarktis sind bisher 15 Spezies beschrieben. Von ihnen gehören 10 zur Tiefseegruppe, von denen 3 auch im Weddellmeer gefunden wurden. Zwei Arten sind nur aus dem Flachwasser und nur zwei weitere gemeinsam für das Untersuchungsgebiet und die Westantarktis bekannt. Diese niedrige Anzahl von zwei bzw. fünf gemeinsamen Spezies repräsentiert jedoch nicht die tatsächlichen Verhältnisse, da die meisten Stationen in der Tiefsee liegen. Der Schelf hingegen ist dort nur schlecht untersucht.

Ein Gegenüberstellung der eigenen Ergebnisse mit Informationen aus der Ross See kann nicht erfolgen. Hier sind nur 6 Arten bekannt. BULLIVANT (1967) registriert jedoch dort auf mehr als 50% von benthologisch untersuchten Stationen das Vorkommen von Seegurken, ohne daß diese näher bestimmt wurden.

Tab. 6.2 zeigt weiterhin, daß es gegenüber einer bisherigen Zusammenstellung von PAWSON (1969 a) nicht 38, sondern nach dem neuesten Kenntnisstand 88 Seegurkenarten mit antarktischer Verbreitung gibt.

Tab. 6.3: Tiefenbereiche der im Weddellmeer vorkommenden Arten.
Depth ranges of species occurring in the Weddell Sea.

Art	bisher bekannter Tiefenbereich [m]	Tiefenbereich im Weddellmeer [m]
<u>Cucumaria georgiana</u>	1 - 230	160 - 1180
<u>Psolidiella mollis</u>	439 - 567	160 - 1180
<u>Stereoderma spec. I</u>		200 - 650
Cucumariidae spec. I		340
<u>Trachythyone parva</u>	0 - 385	125 - 795
<u>Trachythyone bouvetensis</u>	567	160 - 695
<u>Abysso cucumis liouvillei</u>	98 - 385	160 - 745
<u>Abysso cucumis turqueti</u>	16 - 385	160 - 990
<u>Ekmocucumis steineri</u>	6 - 400	160 - 1180
<u>Ekmocucumis denticulata</u>	350 - 385	160 - 465
<u>Ypsilocucumis spec. I</u>		470
<u>Ypsilocucumis turricata</u>	8 - 125	620 - 705
Ypsilothuriinae spec. I		420
<u>Psolus antarcticus</u>	35 - 1087	225 - 325
<u>Psolus dubiosus</u>	40 - 140	125 - 760
<u>Psolus charcoti</u>	5 - 230	125 - 650
<u>Psolidium gaini</u>	19 - 385	260 - 795
<u>Psolidium incertum</u>	550 - 640	260 - 795
<u>Psolidium navicula</u>	350 - 385	125 - 990
Psolidiae spec. I		200 - 650
<u>Mesothuria lactea</u>	700 - 5100	240 - 1180
<u>Bathyplores moseleyi</u>	127 - 5600	225 - 795
<u>Bathyplores spec. I</u>		300 - 840
<u>Bathyplores spec. II</u>		245 - 465
<u>Pseudostichopus mollis</u>	90 - 3334	340 - 470
<u>Pseudostichopus villosus</u>	896 - 7000	405 - 465
<u>Laetmogone wyvillethompsoni</u>	1150 - 4000	245 - 1130
<u>Peniagone vignioni</u>	400 - 460	220 - 795
<u>Achlyonice spec. I</u>		225 - 785
<u>Scotoplanes globosa</u>	500 - 10000	315 - 1180
<u>Elpidia glacialis</u>	70 - 8940	1175
<u>Taeniogyrus contortus</u>	0 - 560	225 - 555
<u>Paradota spec. I</u>		225 - 655
<u>Molpadia musculus</u>	35 - 5205	420 - 590

Die Literatur zu diesen Daten ist in Tab. 6.2 aufgelistet.

Für die im Weddellmeer gefundenen Arten sind in Tab. 6.3 die bisher beschriebenen Tiefenbereiche ihres Vorkommens denen im Untersuchungsgebiet gegenübergestellt. Die eigenen Ergebnisse zeigen, daß fast alle Spezies in allen Tiefen des Schelfs (definitionsgemäß bis 600m) und teilweise tiefer vorkommen können. ARNAUD (1977) und PICKEN (1985) stellen allgemein für antarktische Benthosorganismen Eury bathie fest. Auch die meisten Tiefseearten kommen im Weddellmeer auch auf dem Schelf vor. Es handelt sich dabei um Mesothuria lactea, Bathyploetes moseleyi, Pseudostichopus mollis, Pseudostichopus villosus, Laetmogone wyvillethompsoni, Scotoplanes globosa und Molpadia musculus. Lediglich Elpidia glacialis konnte nur einmal bei 1175m nachgewiesen werden. Obwohl sie in der Arktis auf den Schelf bis 70m Tiefe vorrückt ist sie in der Antarktis bisher nur zwischen 1153 und 4840m gefunden worden. Für Mesothuria lactea, Pseudostichopus villosus, Laetmogone wyvillethompsoni und Scotoplanes globosa konnte erstmalig ein eindeutiges Auftreten auf dem Schelf nachgewiesen werden. Bemerkenswert ist außerdem, daß innerhalb der typischen Tiefseeordnung der Elaspodida, die im Weddellmeer mit 7 Spezies vertreten ist, 2 Arten auch auf dem Schelf vorkommen. Peniagone vignioni und Achlyonice spec. I sind nur aus der Antarktis und dort ausschließlich in Tiefen bekannt, die für die Elaspodida als sehr flach anzusehen sind. Aus der Literatur ist das Auftreten von Tiefseeformen in flachen Gebieten der Antarktis bereits mehrfach beschrieben worden.

Abschließend kann festgestellt werden, daß Seegurken die verschiedenen Lebensräume im Weddellmeer durch Anpassung an viele spezielle ökologische Nischen oder durch Präadaptation für sich erschlossen haben.

7. Literatur

- ACKLEY S.F., BUCK K.R., & TAGUSHI S. (1979): Standing crop of algae in the sea ice of the Weddell Sea region. *Deep Sea Res.* 26a, 269-281.
- AGASSIZ A. (1888): Three cruises of the United States coast and geodetic survey steamer "Blake". Vol. 1. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, in Cambridge, 14, 1-314.
- AGATEP C.P. (1967): Some elasipodid holothurians of antarctic and subantarctic seas. In: *Biology of the Antarctic Seas III*. A. Llano & W. L. Schmitt (Hg.), Baltimore, Md., Amer. Geophys. Union, Antarctic Res. Ser., Vol. 11, (Natl. Res. Council Publ. No. 1579), 49-71.
- ALDRED R.G., THURSTON M.H., RICE A.L. & MORLEY D.R. (1976): An acoustically monitored opening and closing epibenthic sledge. *Deep Sea Res.* 23, 167-174.
- ANDERSON J.B. (1972): The marine geology of the Weddell Sea. Dissertation Florida State University Contribution No. 35. 222 S.
- ANDERSON J.B., KURTZ D.D., DOMACK E.W. & BALSHAW K.M. (1980): Glacial and glacial marine sediments of the antarctic continental shelf. *J. Geol.* 88, 399-414.
- ANDERSON J.B., BRAKE C., DOMACK E., MYERS N.C. & SINGER J. (1983): Sedimentary dynamics of the antarctic continental shelf. In: *Proc. Antarctic Earth Science*, Australian Academy of Science, R.L. Oliver, P.R. James & J.B. Jago (Hg.), 387-389.
- ANDRIASHEV A.P. (1965): A general review of the antarctic fish fauna. Biogeography and ecology in Antarctica. *Monographiae biol.* 15, 491-550.
- ANDRIASHEV A.P., VINOGRADOVA N.G., VORONINA N.M., PARIN N.V. & FILATOVA Z.A. (1974): Pelagic and bottom fauna of the South Atlantic (Results of the eleventh cruise of R/V Akademik Kurchatov). *Oceanology*, 13 (1), 26-36, translated from *Okeanologiya*, 13 (1) 1973.
- ARNAUD P.M. (1977): Adaptations within the Antarctic marine benthic ecosystem. In: *Adaptations within Antarctic Ecosystems*. Proceedings of the third SCAR Symposium on Antarctic Biology, Washington, D.C., August 26-30, 1974, G.A. Llano (Hg.), Washington, D.C. Smithsonian Institution, 135-157.
- BARHAM E.G., AYER N.J. & BOYCE R.E. (1967): Macrobenthos of the San Diego Trough: photographic census and observations from the bathyscaphe, Trieste. *Deep Sea Res.* 14, 773-784.
- BEHREND J.C. (1962): Geophysical and glaciological studies in the Filchner Ice Shelf area of Antarctica. *J. Geophys. Res.*, 67, 221-234.
- BELL J. (1908): Echinoderma. National antarctic expedition 1901-04. *Nat. Hist.* IV, Zoology, London, 1-16.

- BERKMAN P.A., MARKS P.S. & SHREVE G.P. (1986): Winter sediment resuspension in McMurdo Sound, Antarctica, and its ecological implications. *Polar Biol.* 6 (1), 1-3.
- BILLET D.S.M. & HANSEN B. (1982): Abyssal aggregations of *Kolga hyalina* Danielssen and Koren (Echinodermata: Holothuroidea) in the northeast Atlantic Ocean: a preliminary report. *Deep Sea Res.* 29 (7A), 799-818.
- BODUNGEN B. von, NÖTHIG E.-M. & SUI Q. (im Druck): New production of phytoplankton and sedimentation during summer 1985 in the southeastern Weddell Sea. Proceedings of the International Congress on Marine Biology of Antarctica. *J. comp. Biochemistry and Physiology.*
- BOYSEN-ENNEN E. (1987): Zur Verbreitung des Meso- und Makroplanktons im Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis). *Ber. Polarforsch.* 35, 126 S.
- BRÖCKEL K. von (1985): Primary production data from the south-eastern Weddell Sea. *Polar Biol.* 4, 75-80.
- BULLIVANT J.S. (1961): Photographs of antarctic bottom. *Pol. Rec.* 68, 505-508.
- BULLIVANT J.S. (1967): The fauna of the Ross Sea. Part 5. Ecology of the Ross Sea Benthos. N.Z. Dept. Scient. Industr. Res., Bull. 176 (N.Z. Oceanogr. Inst., Mem. No. 32), 49-75.
- CARMACK E.C. & FOSTER T.D. (1977): Water masses and circulation in the Weddell Sea. In: *Polar Oceans. Proceedings of the SCAR/SCOR Polar Oceans Conference, Montreal.* M. J. Dunbar (Hg.), 167-177.
- CHERBONNIER G. (1949): Primera expedición antártica Chilena, una nueva holothuria incubadora. *Revista Biol. Marine Univ. Chile* 1, 229-234.
- CHERBONNIER G. (1973): Marine invertebrates collected from Adélie Coast by the 12th and 15th French Antarctic Expeditions. 15. Holothuroidea. *Téthys*, 5(4), 601-610
- CLARK H.L. (1920): Holothuroidea. *Rep. scient. Res. Exped. to the tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U. S. fish commission steamer "Albatross", August, 1899 to March, 1900.* Mem. Mus. Comp. Zoölogy at Harvard College, Vol. 39, No. 4, 154 S.
- DAYTON P.K. & OLIVER J.S. (1977): Antarctic soft-bottom benthos in oligotrophic and eutrophic environments. *Science*, 197 (4298), 55-58.
- DEARBORN J.H., JORDAN A.J., FRIED S.M., KING H.T. & MILLER J.E. (1973): Ecological studies of Echinoderms and general marine collecting along the Antarctic Peninsula. *Ant. J. U.S.* 8 (4), 206-208.
- DEICHMANN E. (1947): Shallow water holothurians from the Cabo de Hornos and adjoined waters. *An. Mus. argent. Cienc. nat.* 42, 325-351.
- DELL R.K. (1972): Antarctic Benthos. In: *Advances in marine biology*, Vol. 10, F. Russel & M. Yonge (Hg.), Academic Press, London and New York, 172-216.
- DIETRICH G., KALLE K., KRAUSS W. & SIEDLER G. (1975): *Allgemeine Meereskunde*, 3. Aufl., Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 593 S.

- DRESCHER H.E., HUBOLD G., PIATKOWSKI U., PLÖTZ J. & VOSS J. (1983): Das biologische Programm der Antarktis-I-Expedition mit FS "Polarstern". Ber. Polarforsch. 12, 1-34.
- EKMAN S. (1925): Holothurien. Furth. zool. Res. Swed. Ant. Exp. 1901-1903, 1 (6), 1-194.
- EKMAN S. (1927): Holothurien aus der Ostantarktis und von den Kerguelen. Deutsche Südpolar-Expedition 1901-03, Bd. XIX, Zoologie XI, Berlin und Leipzig, 359-419.
- EKMAN S. (1953): Zoogeography of the sea. Sidwick and Jackson Ltd., 417 S.
- ELVERHOI A. & ROALDSET E. (1983): Glaciomarine sediments and suspended particulate matter, Weddell Sea shelf, Antarctica. Polar Res. 1 n.s., 1-21.
- FELL H.B. & DAWSEY S. (1969): Asteroidea. In: Antarctic Map Folio Series 11, Am. Geogr. Soc., Washington, V. C. Bushnel & J.W. Hedgpeth (Hg.), 41, pl. 24-25.
- GEORGE R.Y. (1977): Eco-physical adaptations of antarctic marine benthos. In: Adaptations within antarctic ecosystems. G.A. Llano (Hg.), Proceedings of the third SCAR Symposium on Antarctic Biology. Washington D.C.
- GRAY J.S. (1984): Ökologie mariner Sedimente. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 193 S.
- GRIEG J.A. (1929 a): Echinodermata from the Palmer Archipelago, South Shetlands, South Georgia and the Bouvet Island. Scient. Results Norwegian Antarctic Exped. 1927-1928, Vol.1, No. 2, 16 S.
- GRIEG J.A. (1929 b): Some echinoderm from the South Shetlands. Bergens Mus. Aarbok, no. 3, 1-10.
- GRIEG J.A. (1932): Echinodermata. Repts. Scient. Results "Michael Sars" North Atlantic Deep-See Exped., 1910 III, 47 S.
- GROBE H. (1986): Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell See. Ber. Polarforsch. 27, 1-121.
- HAASE G. (1986): Glaciomarine sediments along the Filchner/Ronne Ice Shelf, southern Weddell Sea - first results of the 1983/84 Antarktis II/4 Expedition. Marine Geology 72, 241-258.
- HANSEN B. (1956): Holothuroidea from depths exceeding 6000 meters. Galathea Rept. 2, 33-54.
- HANSEN B. (1975): Systematics and biology of the deep-sea holothurians, Part 1. Elaspoda. Galathea Rep. 13, 262 S.
- HEDGPETH J.W. (1969): Introduction to antarctic zoogeography. In: Antarctic Map Folio Series 11, Am. Geogr. Soc., Washington, V.C. Bushnell & J.W. Hedgpeth (Hgs.), 1-9.

- HEDING S.G. (1940): Die Holothurien der deutschen Tiefsee-Expedition. II. Aspidochirote und Elaspode Formen. *Wissensch. Ergebn. Dtsch. Tiefsee-Exped.* 24 (3), 105-161.
- HEDING S.G. (1942): 13. Holothurioidea Part II. Aspidochirotata-Elasipoda-Dendrochirotata. *The Danish Ingolf-Expedition Vol. IV*, 1-39.
- HEEZEN B.C. & HOLLISTER C.D. (1971): *Face of the deep*. Oxford University Press, New York, London, Toronto, 659 S.
- HELLMER H.H. & BERSCH M. (1985): The Southern Ocean. *Ber. Polarforsch.* 26, 115 S.
- HEMPEL G. (1983): Die Expedition Antarktis-I mit FS "Polarstern". *Ber. Polarforsch.* 14, 141 S.
- HEMPEL G. (1985 a): On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms. Proceedings of the 18th European Marine Biology Symposium, University of Oslo, Norway, 14-20 August 1983.* J. S. Gray & M.E. Christiansen (Hg.), 3-33.
- HEMPEL G. (1985 b): Die Expedition Antarktis III mit FS "Polarstern" 1984/85. *Rep. Polar Res.* 25, 223 S.
- HEMPEL G. (1986): Fünf Jahre Schwerpunktprogramm "Antarktisforschung" der Deutschen Forschungsgemeinschaft Rückblick und Ausblick. *Ber. Polarforsch.* 29, 150 S.
- HERNANDEZ D.A. (1982): Holothuroidea des Südwestatlantiks I. Die Trachythyone-Arten. *Mitt. hamb. zool. Mus. Inst.* 79, 251-261.
- HEROUARD E. (1901): Note préliminaire sur les holothuries rapportées par l'expédition antarctique Belge. *Arch. Zoo. exp. gén.* 3 (9), 39-48.
- HEROUARD E. (1902): Holothuries provenant des campagnes de la Princesse-Alice (1892-1897). *Résultats Campagnes Scient. Monaco* 66, 161 S.
- HEROUARD E. (1906): Holothuries. Résultats du voyage de la "Belgica". *Rap. sc. Zoologie. Pl. Anvers*, J.-E. Buschmann, 16 S.
- HEROUARD E. (1912): Holothuries nouvelles des campagnes du yacht Princesse-Alice (note préliminaire) *Bulletin de l'Institut Océanographique No. 239*, 1-9.
- HORNER P.A. (1985): *Sea ice biota*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 215 S.
- HUTCHINSON G.E. (1965): The niche: an abstract inhabited hypervolume. In: *The ecological theatre and the evolutionary play*. Yale University Press, New Haven Conn.
- HYMAN L.H. (1955): *The invertebrates: Echinodermata The coelomate Bilateria, Volume IV*. McGrawhill Book Company, Inc., New York, Toronto, London, 763 S.
- JACCARD P. (1902): Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bull. Soc. Vandoise des Sciences naturelles* 38, 69-130.

- JAZDZEWSKI K., JURASZ W., KITTEL W., PRESLER E., PRESLER P. & SICINSKI J. (1986): Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King Georg Island, South Shetland Islands. *Polar Biol.* 6, 5-16.
- JOHNSON G.L., VANNEY J.R., ELVERHOI A. & LA BERQUE J.L. (1981): Morphology of the Weddell Sea and the southwest Indian Ocean. *Dtsch. hydrogr. Z.* 34, 263-272.
- KOHNEN, H. (1981): Bathymetrical Measurements in the Southern Weddell Sea during the German Antarctic Expedition 1979/80 to the Filchner/Ronne Ice Shelf. *Polarfor.* 51 (1), 39-42.
- KOHNEN H. (1984): Die Expedition Antarktis-II mit FS "Polarstern" 1983/84. Bericht von Fahrtabschnitt 4 Punta Arenas-Kapstadt (ANT-II/4). *Ber. Polarforsch.* 19, 185 S.
- KVINGE T. (1968): Technical report on project to measure currents related to formation of Antarctic Bottom Water in the Weddell Sea. *Geof. Inst. Univ. of Bergen.*
- LAMPERT K. (1886): Die Holothurien von Süd-Georgien, nach der Ausbeute der deutschen Polarstation in 1882 und 1883. *Jahrb. d. Hamburger Wissensch. Anstalten*, Jg. 3, 21 S.
- LAMPERT K. (1889): Die während der Expedition S.M.S. "Gazelle", 1874-1876, von Prof. Dr. Th Studer gesammelten Holothurien. *Zool. Jb. Abt. System.* 4 (2), 806-856.
- LANCE G.N. & WILLIAMS W.T. (1966): A general theorie of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical System. *Comp. J.* 9, 373-380.
- LEMECHE H., HANSEN B., MADSEN J., TENDAL O.S. & WOLFF T. (1976): Hadal life as analyzed from photographs. *Vidensk. Meddr. dansk naturh. Foren.* 139, 263-336.
- LUDWIG H. (1874): Beiträge zur Kenntnis der Holothurien. *Arb. Zool.-Zoot. Inst. Würzburg* 2, 77-80.
- LUDWIG H. (1898): Holothurien. Ergebnisse der Hamburger Magalhaenischen Sammelreise 1892/93, I. Band, 98 S.
- LUDWIG H. & HEDING S.G. (1935): Die Holotrurien der Deutschen Tiefsee-Expedition. 1. Fußlose und dendrochirote Formen. *Wiss Ergebn. dt. Tiefsee-Exped.* 24 (2), 123-214.
- MARSHALL N.B. (1979): *Developments in deep-sea biology.* Blandford Press, Poole dorset, 566 S.
- MARTINSON D.G., KILLWORTH P.D. & GORDON A.L. (1981): A convective model for the Weddell Polynya. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 466-488.
- MCINTYRE A.D. (1956): The use of trawl, grab and camera in estimating marine benthos. *J. mar. Ass. U.K.* 35, 419-429.

- MEYER M. & BÖLTER M. (1981): Programmblock zur Strukturanalyse von Ökosystemen. Rep. Sonderforschungsbereich 95 (Wechselwirkung Meere-Meeressboden) der Universität Kiel 58, 1-47.
- MORTENSEN T.H. (1925): On a small collection of echinoderms from the Antarctic Sea. *Arktiv Zool.* 17A, no. 31, 1-12.
- ODUM E.P. (1980): Grundlagen der Ökologie. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 836 S.
- ORHEIM O. & ELVERHOI A. (1980): Model for submarine glacial deposition. *Ann. of Glaciology* 2, 123-128.
- ORITSLAND T. (1974): Food consumption of seals in the antarctic pack ice. In: Adaptations within Antarctic ecosystems, Proc. third SCAR Symp. Antarct. Biol., G. A. Llano (Hg.), Smithsonian Institution Washington D.C., 749-768.
- PANNING A. (1949): Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothuroidea, Dendrochirota). *Zool. Jb. Abt. System.* (2) 78 (4), 404-470.
- PANNING A. (1955): Bemerkungen über die Holothurien-Familie Cucumariidae (Ordnung Dendrochirota). *Mitt. hamb. zool. Inst.* 53, 33-47.
- PARSONS T.R., TAKAHASHI M. & HARGRAVE B. (1977): Biological oceanographic processes. 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford New York Toronto Sydney Paris Frankfurt, 332 S.
- PAWSON D.L. (1964): The Holothuroidea collected by the Royal Society Expedition to Southern Chile, 1958-1959. *Pacific Sci.* 18 (4) 453-470.
- PAWSON D.L. (1965): The bathyal holothurians of the New Zealand region. *Vict. Univ. Wellington/Zool. Publ.* 39, 1-33.
- PAWSON D.L. (1968): Some holothurians from Macquarie Islands. *Royal Society of New Zealand, (Wellington) Transactions of the Zoology.* 10 (15), 141-150.
- PAWSON D.L. (1969 a): Holothuroidea. *Am. Geogr. Soc., Washington, Antarctic Map Folio Series* 11, V.C. Bushnell & J.W. Hedgpeth, Hg., 36-41, pl. 22.
- PAWSON D.L. (1969 b): Holothuroidea from Chile. Report No. 46 of the Lund University Chile Expedition 1948-1949. *Sarsia* 38, 121-145.
- PAWSON D.L. (1971 a): *Ekkentropelma brychia* n.g., n.sp., an antarctic psolid holothurian with a functionally lateral sole. *Proc. biol. Soc. Wash.*, 84, 113-118.
- PAWSON D.L. (1971 b): 19. Holothuroidea. Marion and Prince Edward Islands; report on the South African Biological and Geographical Expedition, 1965-1966, Cape Town, Balkema, 288-290.
- PAWSON D.L. (1976): Some aspects of the biology of deep-sea echinoderms. *Thalassia Jugoslavica* 12 (1), 287-293.
- PAWSON D.L. (1977): Molpadiid Sea Cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) of the South Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. In: *Biology of the Antarctic Seas VI*. D. L. PAWSON, Hg., Amer. Geophys. Union. Antarctic Res. Ser. Vol. 26 (3)

- PAWSON D.L. & FELL H.B. (1965): A revised of the dendrochirote holothurians. *Breviora* 214, 1-7.
- PERRIER R. (1904): Holothuries du Cap Horn. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris* 10, 13-17.
- PERRIER R. (1905): Holothuries antarctiques du Muséum d'Histoire Naturell de Paris. *Anns. Sci. nat. (Zool.)* 9 (1), 1-146.
- PHILIPPI R.A. (1857): Vier neue Echinodermen des Chilenischen Meeres. *Arch. Naturges.* 23. Jahrgang, 1. Band, 130-134.
- PIATKOWSKI U. (1987): Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton. *Ber. Polarforsch.* 34, 150 S.
- PICKEN G.B. (1985): Benthic research in Antarctica: Past, present and future. In: *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms. Proceedings of the 18th European Marine Biology Symposium, University of Oslo, Norway, 14-20 August 1983, J.S. Gray & M.E. Christiansen (Hg.), 167-184.*
- PILOU E.C. (1977): *Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons, New York, 385 S.
- REMANE A. STORCH V. & WELSCH, U. (1976): *Systematische Zoologie*, 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 682 S.
- REMMERT H. (1980): *Ökologie*. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 304 S.
- RICHARDSON M.D. & HEDGPETH J.W. (1977): Antarctic soft bottom macrobenthic community adaptations to a cold, stable, high productive, glacially affected environment. In: *Adaptations within antarctic ecosystems, Proc. third SCAR Symp. on Antarctic Biology, Washington, D.C., 181-196.*
- ROBIN G. de Q., DOAKE C.S.M., KOHNEN H., CRABTREE R.D., JORDAN S. R. & MÖLLER D. (1983): Regime of the Filchner-Ronne ice shelves, Antarctica. *Nature*, 302, 582-586.
- SACHS L. (1984): *Angewandte Statistik*, 6.Aufl., Springer Verlag, Berlin, 552 S.
- SCHALLER F. (1973): Über die Tentakelbewegung der dendrochiroten Holothurien *Cucumaria lefevrei* und *Cucumaria saxicola*. *Zool. Anz., Leipzig* 191 3/4, 162-170.
- SCHWARZBACH W. (1987): *Die Fischfauna der östlichen und südlichen Weddell-See: Geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten. Dissertation, Univ. Kiel, 137 S.*
- SHANNON C.E. & WEAVER W. (1963): *The mathematical theorie of communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 S.
- SIEWING R. (Hrsg., 1985): *Lehrbuch der Zoologie*, 3. Auflage, Band 2 Systematik, Gustav Fischer, Stuttgart New York, 1107 S..
- SNEATH P.H.A. & SOKAL R.R. (1973): *Numerical taxonomy*, Freeman & Co., San Francisco, 573 S.

- STEINHAUSEN P. & LANGER K. (1977): Clusteranalyse. Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation. Walter de Gruyter, Berlin New York, 206 S.
- STRÜBING K. (1982): Die Zugänglichkeit von Forschungsstationen am Rande der Weddellsee in Abhängigkeit von den Meereisverhältnissen. In: Proceedings of the Intermaritec '82, Hamburg 29.-30. Sept. 1982, 431-443.
- STUDER T. (1876): Über neue Seethiere aus dem antarktischen Meere. Mittheil. d. naturforsch. Gesellsch. in Bern, 75-83.
- THEEL H. (1886): Report on the Holothuroidea Part 2. "Challenger" Sci. Results - Zoology 14, pt. 39, 1-290.
- THIEL H. (1980): Benthic investigations of the deep Red Sea. Cruise reports: R.V. "Sonne"-Meseda I R.V. "Valdivia"-Meseda II (1979), Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 40, 1-35.
- TISCHLER W. (1979): Einführung in die Ökologie. 2. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart New York, 306 S.
- USHAKOV P.V. (1962): Some characteristics of the distribution of the bottom fauna off the coast of East Antarctica. Soviet Antarctic Expedition Inform. Bull. 4, 287-292.
- VANEY C. (1906): Holothuries. Expéd. Antarct. Franc. 1903-1950, Sci. Nat. Doc. Sci., 30 S.
- VANEY C. (1908): 2. Les holothuries recuilles par l'Expedition Antarctique Ecosaise. Zool. Anz. 33, 290-299.
- VANEY C. (1909): Les holothuries de l'Expédition Antarctique National Ecosaise. Trans. R. Soc. Edinb. 46 (II.) No. 18, 405-441.
- VANEY C. (1914): Holothuries. Deuxième Expédition Antarctique Francaise (1908-1910), 54 S.
- VOSS J. (1987): Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos der Weddell See (Antarktis) Dissertation, Univ. Kiel.
- WEGNER G. (1981): Bathymetric chart of Atka Ice Port. Dt. hydrogr. Z.34, 162-166.
- WHITE M.G. (1984): Marine Benthos. In: Antarctic ecology, Vol. 2, R.M. Laws (Hg.), Academic Press, London, 421-461.
- ZWALLY H.J., PARKINSON C., CARSEY F., GLOERSEN P., CAMPBELL W.J. & RAMSEIER R.O. (1979): Antarctic sea ice variations 1973-75. Ant. J. of the U.S., 14 (5), 102-103.

8. Danksagung

Herr Prof. Dr. G. Hempel war der Antragsteller des DFG-Projektes He 89/49 zur finanziellen Unterstützung dieser Arbeit, die wesentliche Teile meiner Dissertation wiedergibt. Er gab mir zahlreiche Anregungen und sah das Manuskript kritisch durch.

Dr. D. L. Pawson (National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C.) und Dr. B. Hansen (Zoologisches Museum, Kopenhagen) unterstützten mich in freundschaftlich kollegialer Weise bei der Einarbeitung in die Holothurientaxonomie.

Die Seegurken der Expeditionen ANT I und ANT II überließ mir Herr Dr. J. Voß (Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven), aus dem von ihm selbst gesammelten Material.

Herr Dr. U. Kils (Institut für Meereskunde, Kiel) gab mir wesentliche Ratschläge zum Konstruktionskonzept der Unterwasserkamera und half bei auftretenden Detailproblemen.

Herr Dr. M. Meyer (Institut für Polarökologie, Kiel) stellte mir das Computerprogramm für die Clusteranalyse zur Verfügung.

Die Kolleginnen und Kollegen H. Wägele, Dr. W. Wägele, P. Lorenzen (alle Universität Oldenburg) und S. Kühl (Institut für Polarökologie, Kiel) halfen beim Aussortieren der Seegurken an Bord von FS "Polarstern".

Die Mitarbeiter am Institut für Polarökologie waren stets zu inhaltlichen Diskussionen bereit und gaben mir sinnvolle Anregungen.

Ihnen allen gilt mein besonderer Dank!

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

Verkaufspreis

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