

**Zur Zusammensetzung der Bodenfauna
in der westlichen Fram-Straße**

**On the Composition of the Benthic Fauna
of the Western Fram Strait**

Dieter Piepenburg

Dieter Piepenburg

Institut für Polarökologie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstraße 40-60, D-2300 Kiel 1, Bundesrepublik Deutschland

Druckfassung einer Dissertation für die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Printed Version of a Ph.D. Thesis of the Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät of the
University of Kiel

INHALT

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG	1
SUMMARY	3
1 EINLEITUNG	5
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	
2.1 Topographie und Bathymetrie	8
2.2 Wassermassen und Meeresströmungen	8
2.3 Eis	12
2.4 Biologische Produktion und Sedimentation	13
2.5 Meeresboden	13
3 MATERIAL UND METHODEN	
3.1 Probennahme	
3.1.1 Stationsübersicht	15
3.1.2 Agassiz-Trawl (AGT)	19
3.1.3 Unterwasser-Photographie (UWP)	22
3.2 Auswertung	
3.2.1 Bestimmen, Zählen und Wägen	23
3.2.2 Abgrenzung von Gemeinschaften	26
3.2.3 Beschreibung struktureller Merkmale	28
3.3 Methodendiskussion	32
4 ERGEBNISSE	
4.1 Arten in den AGT-Fängen und auf den UW-Photos	40
4.2 Abgrenzung der Stationsgruppen	46
4.3 Artenzahlen und Bestandsgrößen	52
4.4 Dominanzmuster	56
4.5 Räumliche Verteilungsmuster ausgewählter Stachelhäuter	60
4.6 Faunenzusammensetzung	
4.6.1 Dominante Faunenelemente und Charakterarten	64
4.6.2 Höhere Taxa	74
4.6.3 Zoogeographische Verbreitungstypen	76
4.7 Lebensformtypen	
4.7.1 Verhältnis Epi-/Endobenthos	78
4.7.2 Suspensionsfresser	80
4.7.3 Reproduktionsökologische Typen	82
5 DISKUSSION	
5.1 Zoogeographische Aspekte	84
5.2 Ökologische Aspekte	92
5.3 Vergleich mit der Bodenfauna des Weddellmeeres	102
6 ZITIERTE LITERATUR	107
Abkürzungen	117
Danksagung	118

ZUSAMMENFASSUNG

Die **Bodentierbesiedlung** der Belgica-Bank, einer Schelfbank etwa 45 sm vor der nordostgrönländischen Küste in der westlichen Fram-Straße, sowie des angrenzenden Kontinentalabhanges wird beschreibend-ökologisch untersucht. Das Untersuchungsgebiet mit einer Ausdehnung von 175 km x 150 km (= 26250 km²) liegt zwischen 78° N und 80° N bzw. 4°30' E und 14° W. Der Schelf wird hydrographisch durch den polaren, ganzjährig eisbedeckten Ostgrönlandstrom geprägt. In größeren Tiefen sind die Temperaturen aufgrund des Zustroms atlantischer Wassermassen etwas höher. Während des Sommers bildet sich eine Küstenpolynya. Die "Marginal Ice Zone" (MIZ) des Ostgrönlandstroms liegt nur etwa 30 sm östlich des Untersuchungsgebiets.

Während der "Polarstern"-Expedition ARK III im Juli und August 1985 wurden auf insgesamt 22 Stationen in einem Tiefenbereich von 80 bis über 800 m zwei verschiedene Methoden eingesetzt, um die Bodenfauna mit unterschiedlichen Zielrichtungen zu beproben: ein 3 m breites Agassiz-Trawl (AGT) auf 17 Stationen und eine UW-Photosonde (UWP) auf 19 Stationen. Die Trawlfänge ermöglichen eine Bestandsaufnahme eines möglichst großen Spektrums der Fauna, die UW-Photos die Ermittlung genauer Abundanzwerte epibenthischer Arten und die Erfassung von kleinräumigen Verteilungsmustern und Habitatstrukturen. Mit Hilfe der Clusteranalyse werden verschiedene Bodentiergemeinschaften abgegrenzt. Ihre strukturellen Merkmale hinsichtlich Faunenzusammensetzung, Artenzahlen, Dominanzmuster, Abundanzen und Lebensformtypen werden vergleichend beschrieben.

Insgesamt über **220 Arten** von Hydrozoen bis zu Fischen wurden bestimmt. Die Artenzahlen in den einzelnen Fängen sind auf dem Schelf deutlich höher als am Kontinentalabhang. Nur etwa ein Drittel der Arten sind in ihrer **zoogeographischen Verbreitung** auf die Arktis beschränkt, die anderen kommen auch in subarktischen oder borealen Gebieten vor. Viele dieser boreoarktischen Arten haben ihre Verbreitungsschwerpunkte in arktischen Regionen. Nur ein Drittel wird auch im Nordpazifik gefunden. Besiedlungsgeschichtlich wird die Bodenfauna vor allem von Einwanderern aus dem Nordatlantik geprägt.

Auf der Grundlage der Artenzusammensetzungen in den Fängen wird das Untersuchungsgebiet in drei Bereiche eingeteilt, deren Lage auf eine **Tiefenzonierung** in der Bodentierbesiedlung schließen lassen. Klar abzugrenzen ist die Fauna auf der weniger als 100 m tiefen **Belgica-Bank** von der des **Kontinentalabhanges** in Tiefen von mehr als 300 m. Zwischen diesen beiden Gebieten liegt eine **Übergangszone**, in der die Fänge und Proben sehr unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen. Die Bodentierbesiedlung in diesem Bereich ist heterogener als in den anderen beiden Zonen und läßt sich nicht eindeutig charakterisieren, wahrscheinlich besteht sie aus einem Mosaik verschiedener, kleinräumiger Gemeinschaften.

Hinsichtlich der **Faunenzusammensetzung** sind Stachelhäuter, vor allem Schlangensterne, die wichtigsten Elemente, gefolgt von Polychäten und Muscheln. Auf der Belgica-Bank dominiert der Schlangensterne *Ophiocten sericeum* die Fauna in hohem Maße. Filtrierende Muscheln der Arten *Arctinula greenlandica* und *Bathyarca glacialis* sind weitere bedeutende Faunenelemente. Der Lebensraum ist im Vergleich zu den tiefer gelegenen Zonen stärker durch Steine und Felsen unterschiedlicher Größe in eine Vielzahl von Mikrohabitaten gegliedert. In der arten- und individuenarmen Fauna des Kontinentalabhanges dominieren der weit verbreitete Schlangensterne *Ophiacantha bidentata*, die großen Schlangensterne *Ophiopleura borealis* und *Ophiosclex glacialis* sowie der Polychät *Thelepus cincinnatus*. Wichtige Faunenelemente sind dort auch Arten, die den flachen Schelf meiden wie der Seestern *Bathyiaster vexillifer* und die Garnele *Pandalus borealis*. Der Lebensraum wird einheitlich durch Weichböden mit nur wenigen Steinen gebildet. In der Übergangszone TRANS kommen Polychäten der Arten *T. cincinnatus* und *Onuphis conchylega* zum

Teil in erheblichen Anzahlen vor. Die Schlangensterne *O. borealis* und *O. glacialis* sind auch dort wichtige Arten. Die Faunenzusammensetzungen der verschiedenen Tiefenzonen werden mit anderen arktischen Gebieten verglichen. Wahrscheinlich ist die von großen Stachelhäutern geprägte Weichbodengemeinschaft im Bereich des tiefen Schelfs und des Kontinentalabhangs circumpolar verbreitet.

Mit Hilfe der UW-Photographie werden für 16 ausgewählte Arten, vor allem die dominierenden Stachelhäuter, Mittelwerte der **Besiedlungsdichte** ermittelt. Diese Werte stellen die minimalen Abundanzen der Bodenfauna dar, sie liegen im Bereich von 0.4 bis 335 N m⁻². Aufbauend auf den Besiedlungsdichten werden mittlere **Biomassen** für den photographisch erfaßten Faunenausschnitt geschätzt, diese Werte liegen in einem Bereich von 0.09 bis knapp über 5 g m⁻² "organisches" Gewicht. Besiedlungsdichten und Biomassen sind wie die Artenzahlen auf dem Schelf am größten und nehmen zum Kontinentalabhang hin deutlich ab. Die relativ hohen Abundanzen der Bodenfauna auf der Belgica-Bank werden unter Berücksichtigung der Eis- und Strömungsverhältnisse auf regional günstige Produktions- und Sedi-mentationsbedingungen zurückgeführt.

Die **kleinräumigen Verteilungsmuster**, bezogen auf 1 m², können für zehn ausgewählte Stachelhäuterarten mit Hilfe der photographisch ermittelten Abundanzmittelwerte und ihrer Varianzen dargestellt werden. Abundante Schlangensterne sind geklumpt, die selteneren Seesterne scheinen zufällig verteilt. Allgemein nimmt die Fleckenhaftigkeit in der Verteilung (patchiness) mit der Siedlungsdichte zu.

Zur Beschreibung der Zusammensetzung der Bodenfauna unter ökologischen Aspekten werden die Anteile verschiedener Lebensformtypen dargestellt. Auf der Belgica-Bank dominieren eindeutig **epibenthische Arten**, die dort aufgrund der kleinräumigen Gliederung des Lebensraumes durch Steine und Felsen zahlreiche Habitate finden. **Endobenthische Arten** sind zwar grundsätzlich in den Fängen des Agassiz-Trawls unterrepräsentiert, auf Weichböden der Übergangszone und des Kontinentalabhangs stellen sie aber dennoch bedeutende Faunenanteile.

Suspensionsfresser haben im Untersuchungsgebiet eine weit geringere Bedeutung als die unselektiv-omnivoren Schlangensterne. Die vergleichsweise höchsten Dichten dieses Ernährungstyps werden auf der Belgica-Bank gefunden, wo wahrscheinlich relativ starke Bodenströmungen für lokal günstige Ernährungsbedingungen sorgen und Steine adäquate Besiedlungsgrundlagen bieten.

Nur etwa ein Zehntel der gefangenen Arten pflanzt sich mit **pelagischen, planktotropen Larven** fort. Dies steht im Einklang mit "THORSON's rule", wonach der Artenanteil des planktotropen Reproduktionstyps in polaren Ökosystemen sehr gering ist. Auf der Belgica-Bank stellen Arten mit pelagischen Larven aber einen Großteil der Biomasse der Bodenfauna. Dieses Faktum wird im Zusammenhang mit dem konvergenten Strömungsmuster und den wahrscheinlich relativ günstigen Produktionsbedingungen im Untersuchungsgebiet diskutiert.

Die Bodenfauna wird hinsichtlich verschiedener Aspekte mit jener des **antarktischen Weddellmeeres** verglichen. Die Schelfgemeinschaften des Weddellmeeres werden von suspensionsfressenden Schwämmen oder Bryozoen geprägt, auf der Belgica-Bank dominieren dagegen ernährungsökologisch unspezialisierte Stachelhäuter. Aber selbst für See- und Schlangensterne zeigt sich, daß im Weddellmeer groß- und kleinräumig mehr Arten gefunden werden als in den arktischen Gewässern des nordostgrönländischen Untersuchungsgebiets. Der Unterschied in der trophischen Struktur wird im Zusammenhang mit dem erdgeschichtlichen Alter arktischer und antarktischer Ökosysteme, den Produktionsbedingungen und den Bodenströmungen diskutiert.

SUMMARY

This thesis describes the structure of the **benthic communities** of Belgica Bank, a shelf bank in the western Fram Strait, ca. 45 nm off the Northeast Greenland coast, and of the bordering continental slope. The area covers 175 km x 150 km (= 26250 km²), and is situated between 78° N and 80° N, and 4°30' E and 14° W respectively. The hydrography of the shelf bottom-water is strongly influenced by the polar, permanently ice-covered East Greenland Current where temperatures are generally < 0 °C. At greater depths the temperature is slightly higher, indicating an influx of Atlantic water masses. During summer there is a coastal polynya off East Greenland. The marginal ice zone (MIZ) of the East Greenland Current is situated ca. 30 nm to the east of the study area.

During the "Polarstern" cruise ARK III in July and August 1985 two kinds of sampling gear were used at a total of 22 stations, with depths ranging from 80 m to more than 800 m: an **Agassiz trawl** (AGT) with 3 m net-opening was used at 17 stations, and an **underwater camera** (UWP) was used at 19 stations. The trawl catches allow an estimation of the faunal composition including the scarcer megabenthos species. On the other hand, information about absolute abundances of certain epibenthic species, their small-scale distribution patterns and their physical habitats can be obtained by photography. Different benthic communities are identified by means of cluster analysis and characterized in terms of species composition, species richness, dominance patterns, abundances, and percentages of feeding and reproduction types respectively.

A total of more than 220 species were identified, ranging from hydrozoans to fishes. Species numbers in the trawl catches were distinctly higher on the shelf than on the slope. In terms of **zoogeography**, only one third of the species are restricted to the Arctic proper (sensu ZENKEVITCH 1963); the remainder have a wider range, from arctic to subarctic or to even boreal regions. However, the centre of the distribution of many of those boreoarctic species, especially of the abundant ones, is situated in the arctic regions. One third of the species are also found in the boreal waters of the North Pacific. In terms of the colonization history of the study area, the benthic fauna is dominated by Atlantic immigrants.

Three benthic faunal zones are identified in the study area, indicative of a **depth zonation**. The bottom species assemblage of **Belgica Bank proper** at depths of less than 100 m can be clearly distinguished from that of the **continental slope** at depths of more than 300 m. A **transitional zone** with a heterogeneous bottom fauna is situated in between, probably consisting of a mosaic of various communities with small spatial extension.

Echinoderms, especially brittle stars, are the most important elements of the benthic fauna, followed by polychaetes and bivalves. The benthos of Belgica Bank proper is strongly dominated by the ophiurid *Ophiocten sericeum*. Subdominant elements are the bivalves *Arctinula greenlandica* and *Bathyarca glacialis*. The benthic biotopes of the bank are characterized by stones and rocks of various sizes offering microhabitats for many epibenthic species. The fauna of the continental slope is poor, both with regard to species and individuals. Dominant elements are the widespread brittle star *Ophiacantha bidentata*, the large brittle stars *Ophiopleura borealis* and *Ophiocoelix glacialis* and the polychaete *Thelepus cincinnatus*. Of some importance are also species like the sea star *Bathybiaster vexillifer* and the prawn *Pandalus borealis* which tend to avoid the shelf region proper. The benthic biotope consists nearly exclusively of soft bottom, hard substrates like stones are rare. In the transitional zone the polychaetes *T. cincinnatus* and *Onuphis conchylega* and the sea star *Ctenodiscus crispatus* occur in relatively large numbers. *O. borealis* and *O. glacialis* are also important elements in this zone. The various species assemblages are com-

pared to those of other arctic areas. There is some evidence that the soft-bottom community dominated by large echinoderm species is found circumpolar at the deep shelf and the upper continental slope.

By means of underwater photography mean **abundances** of 16 epibenthic species, mainly dominant echinoderms, were calculated. Regarding these species, rough estimates of benthic **biomass** can be obtained by multiplying the abundances with weight factors. Numbers of individuals ranged from 0.4 to 335 N m⁻², biomass values from 0.09 to 5 g m⁻² of "organic" matter. Abundance, biomass and species numbers decreased from the shelf towards the slope stations. The relatively high epibenthic abundances on Belgica Bank are attributed to the local current and ice pattern which presumably favours biological production and sedimentation.

The **small-scale spatial distribution pattern** (per 1 m²) is described for 10 echinoderm species using the abundance means and variances. At this scale, the very abundant brittle stars were aggregated while the less abundant sea stars were randomly dispersed. In general, patchiness seems to be positively correlated to abundance.

Ecological aspects of the faunal composition are described in terms of percentages of various ecotypes. **Epibenthic** species clearly dominated the fauna of the Belgica Bank where there are many suitable habitats consisting of stones and rocks. Though generally under-represented in trawl catches, **endobenthic** species still comprised considerable percentages at soft-bottom stations in the transitional zone and on the slope.

In the study area **suspension feeders** were far less important than unselective omnivorous brittle stars. Their abundances were relatively high on the Belgica Bank where bottom currents and stones provide favourable conditions in terms of feeding and settlement respectively.

Only one tenth of the species have a life cycle with a **pelagic planktotrophic larval stage**. This result is in accordance with "Thorson's law", indicating that the species percentage of this reproduction type is very low in marine polar ecosystems. Nevertheless, these few species have the highest share of the benthic abundance and biomass on the Belgica Bank. This fact is discussed in relation to the convergent current pattern and the relatively good production conditions in that area.

Various features of the benthic communities in the arctic study area are compared to the benthos of the **antarctic Weddell Sea**. The shelf communities of the Weddell Sea are dominated by suspension feeding sponges and bryozoans, whereas echinoderms with a unspecialized feeding ecology are the most important elements of the benthos of Belgica Bank. But even with regard to brittle and sea stars, more species are found in the southern Weddell Sea than in the waters off Northeast Greenland, both respective to cumulative species numbers and means per station. The differences in trophic structure are discussed in relation to the relative age of arctic and antarctic ecosystems, as well as production conditions and bottom-current patterns.

1 EINLEITUNG

Die Fram-Straße zwischen Grönland und Spitzbergen verbindet das Europäische Nordmeer mit dem Arktischen Ozean. Hydrographisch sind zwei Regionen zu unterscheiden: Östlich einer meridional verlaufenden Polarfront bleiben die Gewässer unter dem Einfluß des warmen, atlantischen Golfstromsystems oft auch im Winter eisfrei, westlich davon werden sie vom südsetzenden Ostgrönlandstrom aus dem Arktischen Ozean geprägt und sind ganzjährig vom Meereis bedeckt. Die Unterschiede in der Zugänglichkeit für Forschungsschiffe sind verantwortlich für den unterschiedlichen Kenntnisstand über die Zusammensetzung der Bodenfauna.

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts waren die Gewässer westlich und südlich von Svalbard (Spitzbergen-Archipel) Ziel zahlreicher Expeditionen (CURTIS 1975). Das umfangreiche Probenmaterial ist vornehmlich unter taxonomischen und zoogeographischen Gesichtspunkten aufgearbeitet worden. Es zeigte sich, daß die Bodenfauna im allgemeinen aus einer Mischung eurythermer arktischer und subarktischer Arten besteht (BLACKER 1957). Das Gebiet ist trotz seiner polnahen Lage hinsichtlich der Faunenzusammensetzung nicht hocharktisch, sondern wird zoogeographisch zusammen mit dem südlichen Teil des Barentsmeeres zur "lower-arctic subregion" (ZENKEVITCH 1963) gerechnet.

Die westliche Fram-Straße dagegen wird wegen ihrer polar beeinflussten Hydrographie und ganzjährigen Eisbedeckung zu den hocharktischen Randgebieten des Arktischen Ozeans gerechnet (EKMAN 1953, ZENKEVITCH 1963). Ihre Bodenfauna ist kaum erforscht. Die Erfassung der ostgrönländischen Bodentierbesiedlung konzentrierte sich vor allem auf die südlich gelegenen Fjorde und küstennächsten Gewässer (CURTIS 1975). In den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts führten dänische Forscher in den ausgedehnten Fjordkomplexen südlich von 75° N umfangreiche Untersuchungen durch (SPÄRCK 1933, THORSON 1934, BERTELSEN 1937). Die vor allem auf diesen Studien basierenden faunistischen und zoogeographischen Kenntnisse sind in den Jahren 1937-1958 in der neunzehnteiligen Reihe "The Zoology of East Greenland" (Meddr. Grönland 121, 122) zusammengefaßt worden. Erst in jüngerer Vergangenheit wurden benthologische Arbeiten auch weiter im Nordosten Grönlands durchgeführt (83° N). Sie blieben allerdings geographisch auf den Jörgen-Brönlund-Fjord beschränkt (JUST 1970). Die Kenntnisse über die Bodenfauna der küstenferneren Meeresgebiete beruhen auf wenigen, von driftenden Eisstationen aus durchgeführten Dredgefängen (STENDELL 1967, JUST 1980) und auf Proben der russischen "OB"-Expedition (KOLTUNA & BALAKSCHINA 1964). Die veröffentlichten Ergebnisse sind faunistischer und zoogeographischer Natur. Eine ökologisch ausgerichtete Untersuchung der Zusammensetzung des Benthos mit dem Ziel der Beschreibung von Gemeinschaften, wie sie vor über 50 Jahren in ostgrönländischen Fjorden durchgeführt wurde (SPÄRCK 1933, THORSON 1934), ist mit dem bisher gewonnenen Probenmaterial nicht möglich gewesen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beschreibung der Bodenfauna in dem kaum erforschten, hocharktischen Meeresgebiet der westlichen Fram-Straße. Zu diesem Zweck wurden während der Expedition des deutschen Forschungseisbrechers "Polarstern" im Sommer 1985 (GERSONDE 1986) benthologische Proben zum ersten Mal in einem relativ dichten Stationsnetz genommen. Das Untersuchungsgebiet umfaßte das der ostgrönländischen Küste vorgelagerte Schelfgebiet der Belgica-Bank und den östlich anschließenden Kontinentalabhang. Zur adäquaten Bearbeitung der verschiedenen Teilaspekte Verbreitung, Zusammensetzung, Bestandsgröße und kleinräumige Verteilung wurden zwei Probennahmemethoden eingesetzt: Agassiz-trawl-Fänge und Unterwasser-Photographie des Meeresbodens.

Die Beschreibung der Bodenfauna erfolgt auf der Grundlage des Konzepts der "Lebensgemeinschaft". Dieser Begriff ist eng verknüpft mit der Begründung der Ökolo-

gie als biologischer Forschungsrichtung vor über 100 Jahren (REISE 1980). Seitdem gehört er zu den wichtigsten und meistdiskutierten ökologischen Prinzipien (ODUM 1980) und ist Grundlage jeder synökologischen Forschung. Kontrovers jedoch ist die ökologische Interpretation des Konzepts, d.h. die Beantwortung der Fragen hinsichtlich des Ausmaßes der Integration einer Gemeinschaft und der Rolle der biologischen Selbstregulation (GRAY 1984). Unter Umgehung dieser theoretischen Schwierigkeiten definiert MILLS (1969) den Gemeinschaftsbegriff in einem pragmatischen, an der Probennahme orientierten Ansatz:

«Community means a group of organisms occurring in a particular environment, presumably interacting with each other and with the environment, and separable by means of ecological survey from other groups.»

Danach wird eine Gemeinschaft als die Menge aller Individuen verschiedener Arten verstanden, die in einem Lebensraum zusammen vorkommen und dort vermutlich in Wechselbeziehungen zueinander stehen. Gekennzeichnet ist eine Gemeinschaft vor allem dadurch, daß sie sich durch gezielte Probennahme von anderen abgrenzen läßt. In diesem Sinne wird der Begriff auch in dieser Arbeit verwendet. Entscheidend ist, ob mehrere Gruppen von Probennahmestationen aufgrund ihrer jeweils charakteristischen Fangzusammensetzung voneinander unterschieden werden können. Das Arteninventar einer Stationsgruppe repräsentiert eine "Gemeinschaft von Bodentieren" als eine Gruppe von zusammen vorkommenden Arten. Im Rahmen dieses deskriptiven Ansatzes ist die kausalanalytische Bearbeitung der Fragen nach Ausmaß und Mechanismen der internen Gemeinschaftsorganisation nicht möglich. Hierzu wäre eine genaue Erforschung der Biologie wichtiger Arten und ihrer ökologischen Ansprüche notwendig.

Die abgegrenzten Bodentiergemeinschaften werden hinsichtlich verschiedener Aspekte vergleichend beschrieben. Im einzelnen können im Rahmen der beschreibenden Auswertung des Proben- und Datenmaterials folgende Teilprobleme bearbeitet werden:

- **Welche Bodentierarten kommen in dem Untersuchungsgebiet vor?**

Aufgrund der Probennahmemethoden bezieht sich die Bestandsaufnahme nur auf die Makro- und Megafauna, insbesondere das Epibenthos. Die Erfassung des Artenspektrums erlaubt eine zoogeographische Einordnung der Fauna und Aussagen zur Besiedlungsgeschichte des Untersuchungsgebiets.

- **Lassen sich unterschiedliche Bodentiergemeinschaften abgrenzen?**

Mit Hilfe der Clusteranalyse werden Stationsgruppen gegeneinander abgegrenzt. Ihr Arteninventar kennzeichnet die jeweilige Gemeinschaft.

- **Welches sind die Charakteristika der verschiedenen Gemeinschaften?**

Die abgegrenzten Gemeinschaften werden durch strukturelle Merkmale wie Charakterarten, dominierende Faunenelemente, Artenreichtum, Dominanzmuster, Besiedlungsdichte sowie Anteile verschiedener Lebensformtypen hinsichtlich Bodenbesiedlung, Ernährungsweise und Reproduktionsstrategien beschrieben.

- **In welchen Mengen kommen die Bodentiere vor?**

Die Agassiz-Trawlfänge erlauben zwar einen Vergleich einzelner Stationen hinsichtlich der relativen Zusammensetzung, aber keine Abschätzung der absoluten Besiedlungsdichte. Dieser Parameter kann für einige Arten mit Hilfe der Unterwasser-Photographie ermittelt werden. Darauf aufbauend ist anhand von artspezifischen mittleren Individualgewichten eine Abschätzung der Biomassen möglich.

- **Wie ist das Muster der kleinräumigen Verteilung?**

Mit Hilfe der UW-Photographie ist es auch möglich, über die Variation der Dichte auf einer Station Aussagen zur kleinräumigen Verteilung zu machen.

Die strukturellen Merkmale der Bodentiergemeinschaften werden in Beziehung zu bestimmten ökologischen Rahmenbedingungen wie Tiefe, Bodenbeschaffenheit, Strömungsmuster, Eisbedeckung, pelagische Primärproduktion und Sedimentation diskutiert. Abschließend wird die Bodenfauna des nordostgrönländischen Untersuchungsgebiets mit jener des antarktischen Weddellmeeres verglichen, wo dieselben Probenahmegeräte eingesetzt worden sind (GUTT 1988, VOß 1988).

2 UNTERSUCHUNGSGBIET

2.1 Topographie und Bathymetrie

Als **Fram-Straße** wird das ungefähr 180000 km² große Seegebiet zwischen 77° N und 80° N sowie 20° W und 10° E bezeichnet. Die etwa 600 km breite Meerenge zwischen Nordost-Grönland und Spitzbergen verbindet den Arktischen Ozean mit dem Atlantik. Ihr Name erinnert an das Schiff des norwegischen Polarforschers Fridtjof Nansen, der auf seiner Expedition in den Arktischen Ozean 1893-96 durch sie in den Atlantik zurück gelangte.

Im Gegensatz zu den anderen Verbindungen des Arktischen Ozeans zum Weltmeer (Bering-Straße, Barentsmeer) ist die Fram-Straße mit bis zu 5600 m sehr tief. Die Kontinentalschelfe von Grönland und Spitzbergen sind auf einer Breite von 400 km durch steil abfallende Kontinentalabhänge und durchschnittlich 3000 m tiefe Tiefseebenen voneinander getrennt. Sie sind recht schmal, vor allem vor Spitzbergen, und werden durch tief eingeschnittene Gräben, die von den Fjorden der beiden Inseln ausgehen, in einzelne Bänke gegliedert.

Das Schwergewicht der Untersuchung lag auf dem grönländischen Schelf, insbesondere der **Belgica-Bank**. "Belgica" war der Name des Forschungsschiffs einer belgischen Polarexpedition, die 1905 den Südrand des Gebiets erreichte. Die etwa 155 x 150 km große Bank liegt zwischen 78° N und 80° N ungefähr 45 km vor der Küste Nordost-Grönlands (Abb. 2.4 auf S. 11). Die Wassertiefen sind dort an einigen Stellen geringer als 80 m. Die Bank ist durch einen über 300 m tiefen Graben ("Norske Trough") vom Festland, durch den "Westwind Trough" im Norden und dem "Belgica Dyb" im Süden von anderen Schelfbänken getrennt. Angemerkt sei, daß die Bathymetrie des Grönlandschelfs in der Fram-Straße nur bruchstückweise bekannt ist, da eine flächendeckende Vermessung wegen des ganzjährigen Eisgangs bislang nicht möglich war. Die Tiefenlinien in Abb. 2.4 wurden nach BOURKE et al. (1987) sowie nach Lotungen während der "Polarstern"-Expedition "ARK III" im Sommer 1985 gezeichnet. Soweit bisherige Vermessungen diese Aussage zulassen, ist die Belgica-Bank ein schmaler Schelfrücken in Form eines nach Osten offenen C und umschließt von drei Seiten eine wahrscheinlich über 300 m tiefe Senke.

2.2 Wassermassen und Meeresströmungen

Die geographische Lage der Fram-Straße und ihre großen Wassertiefen sind für die komplexen hydrographischen Verhältnisse verantwortlich. Fast der gesamte Wassermassenaustausch zwischen dem Arktischen Ozean und dem Weltmeer findet über diese einzige Tiefseeverbindung statt. Es kommt zu einem engen Miteinander kalter polarer und warmer atlantischer Wassermassen, deren Verteilung in ein den gesamten Nordatlantik und den Arktischen Ozean umfassendes Stromsystem eingebunden ist (AAGAARD et al. 1985).

Vereinfachend läßt sich für die Oberflächenströmungen folgendes sagen (KILLERICH 1945, QUADFASEL et al. 1987): Der östliche Teil der Fram-Straße wird von dem nach Norden setzenden **Westspitzbergenstrom**, dem nördlichsten Ausläufer des nordatlantischen Stromsystems, beeinflusst (Abb. 2.1). Relativ hohe Temperaturen (> 2 °C) und hohe Salzgehalte (> 34.9 ppt) charakterisieren diese atlantische Wassermasse (AW). Der **Ostgrönlandstrom** auf der westlichen Seite der Fram-Straße transportiert sehr kaltes (< 0 °C) und durch sommerliche Eisschmelze ausgedühtes, relativ salzarmes (< 34.4 ppt) polares Wasser (PW) aus dem Arktischen Ozean nach Süden. Die Grenze zwischen kaltem und warmem Oberflächenwasser, die **Polarfront**, verläuft im Bereich der Fram-Straße zwischen 5° W und 0° nahezu meridional und unterliegt nur relativ geringen jahreszeitlichen Verschiebungen in Ost-West-Richtung.

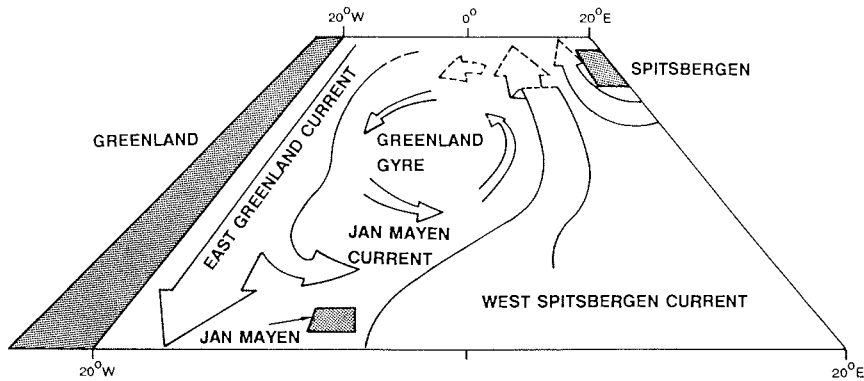


Abb. 2.1: Großräumige oberflächennahe Zirkulation in der Grönlandsee (Quelle: Anon. 1987)

Nur die 150-200 m tiefe Oberflächenschicht des Ostgrönlandstroms besteht allerdings aus dieser arktischen Wassermasse (Abb. 2.2). Darunter findet man deutlich höhere Temperaturen und Salzgehalte (PIW und AIW), zurückzuführen auf die Zumischung von Wasser atlantischen Ursprungs (PAQUETTE et al. 1985). Nur ein Teil des atlantischen Wassers sinkt nämlich nordwestlich von Spitzbergen aufgrund der höheren Dichte ab und dringt in mittleren Tiefen in den Arktischen Ozean ein, ein anderer Teil wird im Bereich der Fram-Straße nach Westen abgelenkt und fließt dann parallel zum polaren Wasser nach Süden (Abb. 2.1). Dabei kommt es zu intensiven Vermischungsprozessen, die zu einer Abkühlung des räumlich und zeitlich sehr variablen Atlantischen Rückstroms (Return Atlantic Current RAC) und dem Absinken des so entstandenen, dichteren Mischwassers (AIW) führen. Dieser Wassermassentransport ist Teil eines großen zyklonischen Wirbels in der Grönlandsee, dem Meeresgebiet südlich der Fram-Straße.

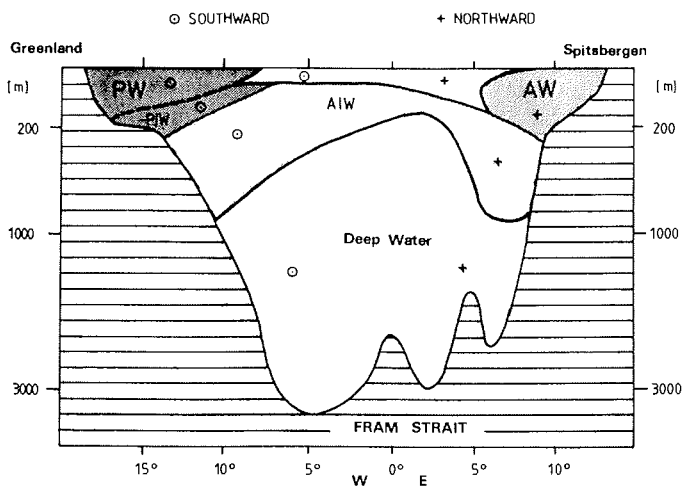


Abb. 2.2: Schema der vertikalen Verteilung der Wassermassen in der Fram-Straße (Quelle: Anon. 1987)

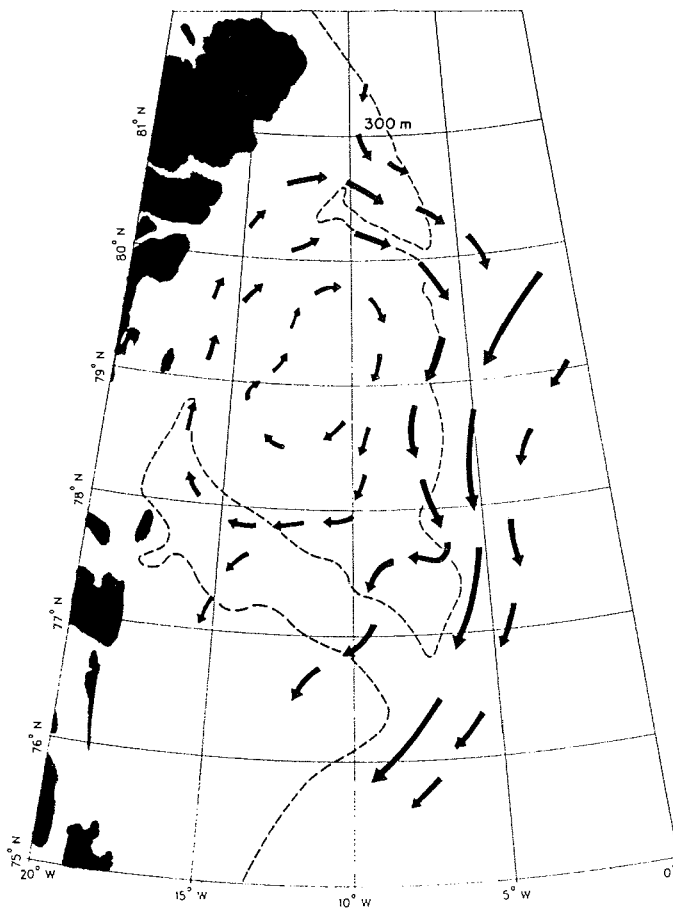


Abb. 2.3: Baroklinische Zirkulation der oberflächennahen Wassermassen über der Belgica-Bank
(nach BOURKE et al. 1987)

Mit höherer räumlicher Auflösung betrachtet wird das oben skizzierte, relativ klare Bild wesentlich komplizierter. Als Folge intensiver Mischungsprozesse zwischen den unterschiedlichen Wassermassen kommt es im Bereich der Polarfront zu dynamischen Phänomenen wie dem Rücktransport atlantischen Wassers in gebündelten, schnellen und teilweise mäandrierenden Freistrah-Strömen (PAQUETTE et al. 1985). Die spezielle hydrographische Situation in der Fram-Straße fördert in Verbindung mit der Topographie des grönländischen Schelfs und des vorgelagerten Kontinentalabhanges auch die Bildung von mesoskaligen Wirbeln mit Ausdehnungen von 20-60 km, die sich in Drehsinn und Lebensdauer unterscheiden können (SMITH et al. 1984). Für den Bereich der Belgica-Bank beschrieben BOURKE et al. (1987) eine baroklinische Zirkulation der oberflächennahen Wassermassen, ein Indiz für die Existenz eines solchen Wirbels, dessen Lage von dem die Bank umgebenden Grabensystem bestimmt wird (Abb. 2.3).

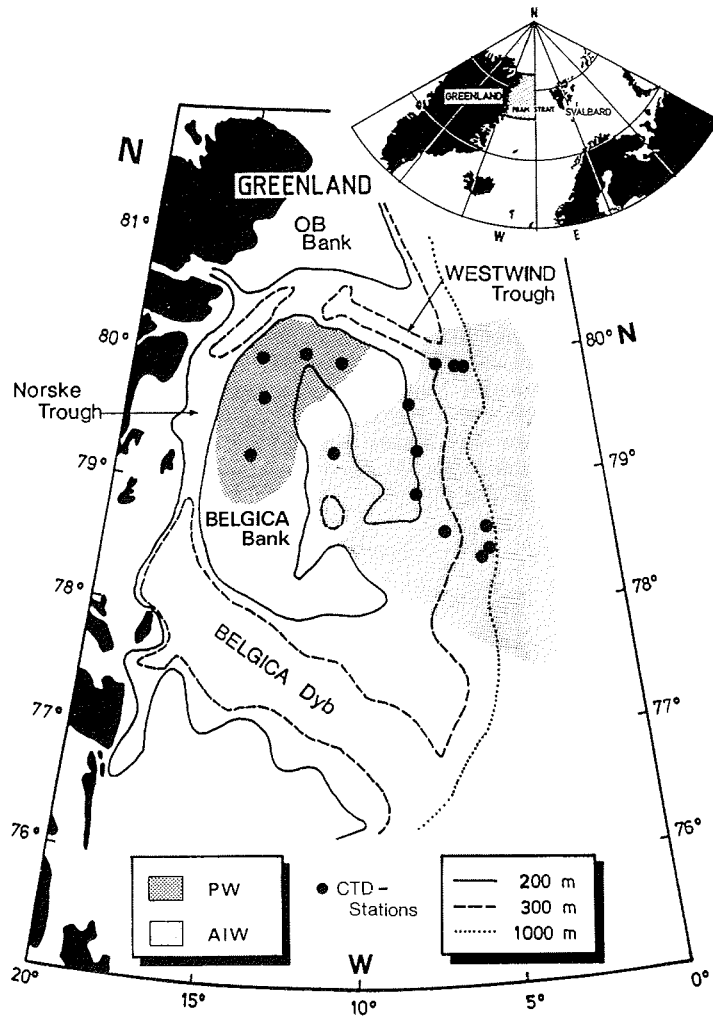


Abb. 2.4: Bathymetrie und Verteilung der Bodenwassermassen im Untersuchungsgebiet

Ein solcher Wirbel sollte zu einem nach Westen und Norden setzenden Einstrom atlantischen Mischwassers (AIW) in die grönländischen Gebiete der Fram-Straße führen. Hydrographische Profilmessungen während der "POLARSTERN"-Expedition ARK III 1985 bestätigen dies: Während auf dem flachen Schelfrücken der Belgica-Bank der polare Ostgrönlandstrom bis auf den Meeresboden reicht, findet man im Osten des Untersuchungsgebiets auf dem tiefen Schelf und am Kontinentalabhang unter einer 120 - 180 m mächtigen, kalten Deckschicht Bodenwasser mit positiven Temperaturen (Abb. 2.4). Das Untersuchungsgebiet ist demnach in diesem Bereich hydrographisch nicht von atlantischen Einflüssen isoliert.

2.3 Eis

Eng gekoppelt an die Verteilung der hydrographischen Parameter ist die Ausdehnung des Eises in der Fram-Straße: Während die Gewässer westlich Spitzbergens oft auch im Winter eisfrei bleiben, sind die Seegebiete westlich der Polarfront ganzjährig mit Eis bedeckt. Dabei handelt es sich um ein- oder mehrjähriges Meereis, das durch den Ostgrönlandstrom aus dem Arktischen Ozean entlang der grönländischen Küste nach Süden transportiert wird (KOCH 1945). VINJE (1977) hat mit Hilfe von Wettersatellitenphotos monatliche Veränderungen in der Ausdehnung des Meereises während des Zeitraums von 1966-75 sowie die Geschwindigkeit der Eisdrift beschrieben. Im Gegensatz zu anderen polaren Gebieten wie zum Beispiel dem Beringmeer oder dem antarktischen Weddellmeer unterliegt die Lage der Eiskante ähnlich wie die der Polarfront nur relativ geringen jahreszeitlichen Verschiebungen. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen sind im Vergleich zur saisonalen Variation bedeutender. Die von VINJE (1977) bestimmten Geschwindigkeiten der Eisdrift zeigen ein ähnliches Muster wie die der Meeresströmung: Sie nehmen nach Süden hin zu (von durchschnittlich 8 cm s^{-1} auf über 17 cm s^{-1}), die höchsten Werte (37 cm s^{-1}) treten am Ostrand des Ostgrönlandstroms über dem Kontinentalabhang auf.

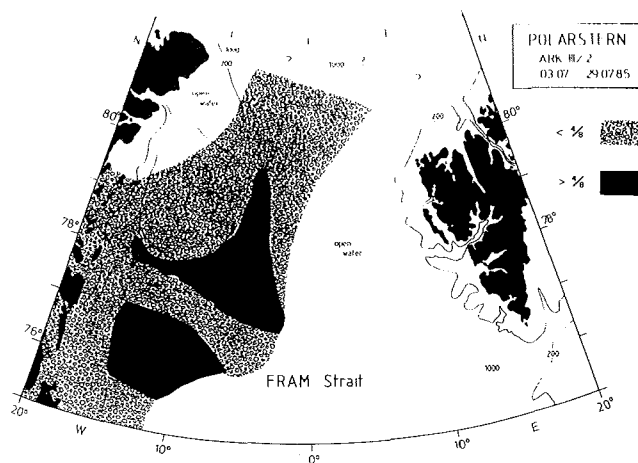


Abb. 2.5: Verteilung des Meereises in der Fram-Straße am 11. Juli 1985 (nach einem Satellitenphoto gezeichnet)

Die Flächen offenen Wassers innerhalb des Treib- bzw. Packeisgebiets können im Sommer recht groß werden. Der Bedeckungsgrad betrug während der "Polarstern"-Expedition ARK III/2 1985 im Bereich der Fram-Straße etwa $4/8$, darin eingelagert waren jedoch auch ausgedehnte Gebiete mit dichteren Eispackungen (Abb. 2.5, angefertigt nach einem Satellitenphoto vom 11.07.85). Westlich der Treib- und Packeiszone existierte eine breite Polynya. Sie bildet sich regelmäßig während des Spätfrühlings vor der Küste Nordost-Grönlands nördlich von 80° N , dehnt sich während des Sommers nach Süden und Osten aus und kann eine Fläche von bis zu 44000 km^2 erreichen (WADHAMS 1981). Dann treten im Ostgrönlandstrom zwei großräumig ausgeprägte Eisrandzonen auf, eine östliche in der Nähe der Polarfront und eine westliche an der Küstenpolynya. Der nördliche Teil der Belgica-Bank lag während des Untersuchungszeitraums im Bereich der Küstenpolynya.

2.4 Biologische Produktion und Sedimentation

Charakteristisch für das Produktionsgeschehen in polaren Meeresgebieten wie der Fram-Straße ist der besondere Einfluß zweier Faktoren: ausgeprägte **Saisonalität** des Lichtangebots sowie die langdauernde und großräumige **Eisbedeckung**. Während des langen Winters ist aufgrund des fehlenden Sonnenlichts überhaupt keine photosynthetische Primärproduktion möglich, während der allerdings kürzeren sommerlichen Phase kann pflanzliches Wachstum aber sogar ganztägig, d.h. über 24 h stattfinden (SMITH et al. 1987). Das Meereis wirkt ambivalent auf Größe und Verteilung der biologischen Produktion: Zum einen wirkt es hindernd durch die Abdeckung des Sonnenlichts, zum anderen aber fördernd durch die Schaffung besonderer hydrographischer Verhältnisse im Eisrandbereich (ALEXANDER & NIEBAUER 1981) sowie als Substrat für Eisalgen (HORNER 1985).

Während der sommerlichen Blüten im Eisrandbereich der Fram-Straße werden recht hohe Werte für Produktion und Biomasse gefunden. SMITH et al. (1987) geben Raten von maximal $1700 \text{ mg C m}^{-2}\text{d}^{-1}$ mit einem Mittelwert von $426 \text{ mg C m}^{-2}\text{d}^{-1}$ an. Bei diesen wie auch bei den meisten anderen Produktivitätsdaten handelt es sich allerdings nicht um "in situ" gemessene Werte, sondern um potentielle Maximalraten, die in Inkubationsversuchen bei optimalen Lichtbedingungen ermittelt worden sind. Die Phyto- und Zooplanktonbiomassen in der "marginal ice zone" der Fram-Straße sind trotz geringerer Nährstoffgehalte vergleichbar mit Werten aus dem antarktischen Rossmeer oder Weddellmeer (SMITH et al. 1985). Besonders hohe Phytoplanktonbiomassen werden von SPIES (1987) aus dem Eisrandbereich der nordostgrönländischen Polynya berichtet.

Kennzeichnend für polare, eisbedeckte Meeresgebiete ist die ausgeprägte **Heterogenität** in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der biologischen Produktion: Gleichzeitig und nur durch geringe Entfernungen getrennt findet SPIES (1987) in der Fram-Straße mehrere Planktongemeinschaften, die sich in Artenspektrum, Entwicklungsstadium, Biomasse und Produktivität deutlich unterscheiden. Zahlen, die die Produktion großräumig und über längere Zeiträume bilanzieren, sind deshalb nur sehr schwierig abzuschätzen und liegen bislang nicht vor.

Für das Untersuchungsgebiet liegen keine Daten über Menge, Zusammensetzung und jahreszeitliches Muster der **Sedimentation** vor. Wie schnell das Absinken der unterschiedlichen Partikel erfolgt, wieviel organische Substanz den Meeresboden erreicht und wo dies geschieht, ist von vielen Faktoren abhängig (GRAY 1984). In subpolaren und polaren Gebieten sedimentiert ein relativ großer Anteil der im Pelagial produzierten Biomasse ins Benthal und steht somit den Bodentieren als Nahrungsquelle zur Verfügung (PETERSEN & CURTIS 1980). Bereits sedimentiertes Material kann durch bodennahe Strömungen resuspendiert werden und sich dann in einem anderen Gebiet erneut ablagern. Aufgrund dieser Vorgänge weist das Nahrungsangebot für benthische Organismen wahrscheinlich geringere jahreszeitliche Unterschiede auf als die Primärproduktion.

2.5 Meeresboden

Einer der wichtigsten Umweltfaktoren für benthische Organismen ist die Beschaffenheit des **Meeresbodens**, vor allem seine Konsistenz (Hart- oder Weichboden), Korngrößenverteilung und Gehalt an organischer Substanz (GRAY 1984). Sie werden durch einen Komplex unterschiedlicher Faktoren bestimmt. Dazu gehören u.a. die Aktivität der Bodentiere (Bioturbation), in flachen, polaren Gewässen auch die direkte Eiseinwirkung, vor allem aber das Muster der bodennahen Meeresströmung: Sind die mittleren Geschwindigkeiten relativ hoch, so dominieren grobkörnige Partikel (Sande und Kies) im Sediment, da die feineren Anteile (Tone und Silte) resus-

pendiert und mit der Strömung horizontal verfrachtet werden. Sie sedimentieren bevorzugt in Gebieten mit ruhigerem Wasser, in denen deshalb weiche Böden vorherrschen.

Seit 1983 findet von der "Polarstern" aus eine intensive geologische Probennahme mit Kastengreifern und Loten in den tiefen Teilen der Fram-Straße und den angrenzenden Teilen des Europäischen Nordmeers statt, um über eine Analyse der Sedimentationsgeschichte das Paläoklima und die Paläozeanographie dieser Meeresgebiete zu beschreiben. Für die Belgica-Bank und die benachbarten Schelfgebiete gibt es aber noch keine flächendeckende Sedimentkarte. Die Inhalte der Agassiz-Trawlfänge und der wenigen Kastengreifer, die auf der Belgica-Bank und dem davor liegenden Kontinentalabhang im Sommer 1985 gewonnen wurden, lassen folgende allgemeine Aussagen zu: Der Meeresboden besteht hier aus vornehmlich tonigen Sedimenten, ist also zu den Weichböden zu rechnen. Dies gilt besonders für die größeren Wassertiefen des Kontinentalabhangs und der zentralen Senke auf der Belgica-Bank. Auf dem Schelf selbst sind unterschiedlich große Zumischungen von sandigem Sediment zu finden. Entscheidender Unterschied ist aber das hier deutlich häufigere Auftreten von "dropstones" (vom Eis verfrachtete Steine) mit Ausmaßen von faustgroßen Steinen bis zu Findlingen mit 1 m Durchmesser und mehr. Außerdem ergab die Analyse der Unterwasserphotos, daß die Beschaffenheit des Meeresbodens auf der Bank kleinräumig und scharf abgegrenzt von feinem zu sehr grobem Sediment wechseln kann. Auf den tiefergelegenen Stationen dagegen zeigen die Bodenablagerungen nicht diese kleinskalige Fleckenhaftigkeit, sie erscheinen auf den Photos immer als einheitlich weich und arm an Oberflächenstrukturen.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Probennahme

Das Material zur Beantwortung der verschiedenen Fragestellungen dieser Untersuchung wurde mit zwei unterschiedlichen Methoden gewonnen. Um auf jeder Station einen möglichst großen Anteil der bodenlebenden Makrofauna einschließlich der selteneren Arten zu erfassen, durften die beprobten Flächen nicht zu klein sein. Deshalb wurde als Standardfänger ein **Agassiz-Trawl (AGT)** gewählt, das auch auf den Antarktisexpeditionen der "Polarstern" in den Jahren 1983, 1984 und 1985 zur Aufsammlung benthischer Tiere diente (GUTT 1988, VOß 1988). Die **Unterwasser-Photographie (UWP)** wurde verwendet, um Angaben über Besiedlungsdichten und kleinräumige Verteilung bestimmter Arten der epibenthischen Makro- oder Megafauna zu machen. Zusätzlich lieferte das so gewonnene Datenmaterial wertvolle Informationen über die Struktur des Lebensraums der mit dem AGT gefangenen Bodentiere. Diese wiederum ermöglichten die sichere Bestimmung der auf den Photos zu erkennenden Organismen. UWP und AGT wurden möglichst kurz hintereinander auf der gleichen Station eingesetzt, um mit beiden Methoden den gleichen Biotop untersuchen zu können.

3.1.1 Stationsübersicht

Das Material für diese Arbeit wurde im Sommer 1985 auf dem zweiten und dritten Fahrtabschnitt der ARK III - Expedition der "Polarstern" gesammelt. GERSONDE (1986) hat einen Bericht mit Stationslisten und -karten veröffentlicht. Im Untersuchungsgebiet der westlichen Fram-Straße wurden auf 17 Stationen Fänge mit dem Agassiz-Trawl AGT gemacht, auf 19 wurde die UW-Photosonde UWP eingesetzt. Insgesamt wurden auf 22 Stationen Proben gewonnen, auf 14 Stationen mit beiden Geräten, auf drei nur mit dem AGT und auf fünf nur mit der UWP (Tab. 3.1).

Die Stationen sind über ein $175 \times 150 \text{ km}$ ($= 26250 \text{ km}^2$) großes Meeresgebiet verteilt, das die Belgica-Bank und den östlich anschließenden Kontinentalabhang umfaßt (Abb. 3.1). Die durchschnittlichen Entfernungen zwischen ihnen betragen latitudinal etwa 60 km und longitudinal etwa 40 km, sind zum Teil aber auch erheblich kürzer. Die Stationen 534 und 596 bzw. 541 und 597 liegen beinahe am gleichen Ort.

Für das AGT sind die Probeflächen grobe, mit Hilfe eines "swept-area"-Ansatzes berechnete Schätzungen (Kap. 3.1.2). Sie wachsen mit der Wassertiefe von 2500 auf 10000 m^2 . Die vom AGT beprobte Gesamtfläche liegt in der Größenordnung von 71000 m^2 , das ist etwa $1/300000$ der Fläche des Untersuchungsgebiets. Für die UWP (Kap. 3.1.3) entspricht die Probenfläche der Anzahl der auswertbaren Photos eines Einsatzes, wobei jedes Bild 1 m^2 Meeresboden abbildet, ohne daß sich die Bilder überlappen. Mit einer Ausnahme (Station 539) liegen die Werte bei etwa 60 m^2 , über alle Stationen betrachtet wurden 1108 m^2 Meeresboden fotografiert. Die Wassertiefen, auf 5 m genau angegeben, differieren bei einigen AGT-Hols bis zu 180 m zwischen Stationsbeginn und -ende.

16 Material und Methoden

Tab. 3.1: Liste der benthologischen Stationen in der FRAM-Straße mit FS "Polarstern" im Juli/August 1985:
 UWP Unterwasser-Photographie
 AGT AGASSIZ-Trawl

Station #	Datum 1985	Position		Tiefe (m)	Gerät	beprobte Fläche (m ²)
		Anfang	Ende			
525	16-07	78°43.5' N 04°54.0' W	78°44.2' N 05°03.7' W	870 - 780	AGT	6000
526	17-07	78°30.5' N 04°55.9' W	78°32.1' N 04°57.4' W	490 - 530	AGT	5600
528	17-07	78°29.4' N 05°03.6' W	78°28.9' N 05°02.7' W	420 - 420	UWP	52
		78°28.7' N 05°02.2' W	78°29.9' N 05°02.8' W	420 - 420	AGT	4550
531	18-07	78°46.0' N 06°26.4' W	78°46.0' N 06°26.5' W	270 - 270	UWP	57
		78°46.2' N 06°26.7' W	78°47.2' N 06°28.2' W	270 - 270	AGT	2500
532	18-07	79°02.6' N 07°44.3' W	79°02.7' N 07°44.6' W	190 - 190	UWP	61
		79°02.5' N 07°43.5' W	79°01.5' N 07°45.0' W	180 - 180	AGT	2500
533	19-07	79°02.0' N 12°57.7' W	79°01.9' N 12°57.7' W	160 - 160	UWP	65
		79°02.3' N 12°54.8' W	79°01.4' N 12°55.7' W	110 - 140	AGT	3200
534	19-07	79°20.0' N 14°00.4' W	79°20.2' N 14°02.0' W	90 - 90	UWP	64
		79°20.5' N 14°02.8' W	79°20.3' N 14°07.1' W	90 - 90	AGT	3500
535	19-07	79°20.1' N 10°57.8' W	79°20.1' N 10°59.9' W	240 - 240	UWP	72
		79°20.0' N 10°58.9' W	79°18.9' N 10°56.0' W	240 - 230	AGT	4500
536	20-07	79°20.6' N 07°45.9' W	79°20.5' N 07°45.7' W	190 - 190	UWP	71
		79°20.5' N 07°46.6' W	79°20.6' N 07°51.6' W	180 - 190	AGT	5400
537	20-07	79°40.1' N 08°04.0' W	79°40.2' N 08°09.2' W	200 - 190	AGT	4700
539	20-07	79°40.0' N 11°00.4' W	79°39.6' N 10°59.0' W	230 - 230	UWP	16
		79°39.5' N 10°58.8' W	79°39.9' N 11°01.7' W	230 - 230	AGT	3800

Fortsetzung

Tab. 3.1: Liste der benthologischen Stationen in der FRAM-Straße mit FS "Polarstern" im Juli/August
 1985: UWP Unterwasser-Photographie
 AGT AGASSIZ-Trawl

Station #	Datum 1985	Position		Tiefe (m)	Gerät	beprobte Fläche (m ²)
		Anfang	Ende			
540	21-07	79°41.5' N	79°41.5' N	100 - 100	UWP	68
		13°46.8' W	13°46.3' W			
		79°42.6' N	79°42.2' N	160 - 180	AGT	3200
		13°36.9' W	13°32.9' W			
541	21-07	79°59.8' N	79°59.9' N	80 - 80	UWP	40
		14°01.0' W	14°01.1' W			
		79°59.9' N	80°00.4' N	80 - 90	AGT	2700
		14°00.4' W	13°57.4' W			
542	21-07	80°00.2' N	80°00.3' N	100 - 100	UWP	52
		11°00.6' W	10°59.8' W			
		80°00.4' N	80°00.6' N	100 - 100	AGT	3000
		10°58.9' W	10°53.7' W			
544	22-07	79°59.0' N	79°58.8' N	300 - 300	UWP	71
		06°26.3' W	06°27.2' W			
		79°58.1' N	79°58.7' N	300 - 300	AGT	4100
		06°25.7' W	06°31.3' W			
545	22-07	79°59.8' N	79°59.4' N	410 - 400	UWP	65
		05°40.6' W	05°45.3' W			
		79°59.3' N	79°57.9' N	370 - 400	AGT	5700
		05°45.3' W	05°42.0' W			
546	22-07	79°57.5' N	79°57.6' N	770 - 770	UWP	65
		05°29.2' W	05°29.5' W			
		79°57.6' N	79°58.5' N	710 - 890	AGT	10200
		05°30.0' W	05°21.4' W			
594	03-08	78°37.3' N	78°37.1' N	170 - 160	UWP	55
		11°02.0' W	11°02.0' W			
596	03-08	79°25.8' N	79°25.8' N	80 - 80	UWP	50
		13°57.7' W	13°58.0' W			
597	04-08	80°00.0' N	79°59.9' N	80 - 80	UWP	64
		13°59.2' W	13°59.7' W			
598	04-08	79°58.7' N	79°58.6' N	80 - 80	UWP	55
		11°32.9' W	11°32.8' W			
599	04-08	79°58.7' N	79°58.6' N	190 - 200	UWP	65
		07°58.7' W	07°58.0' W			

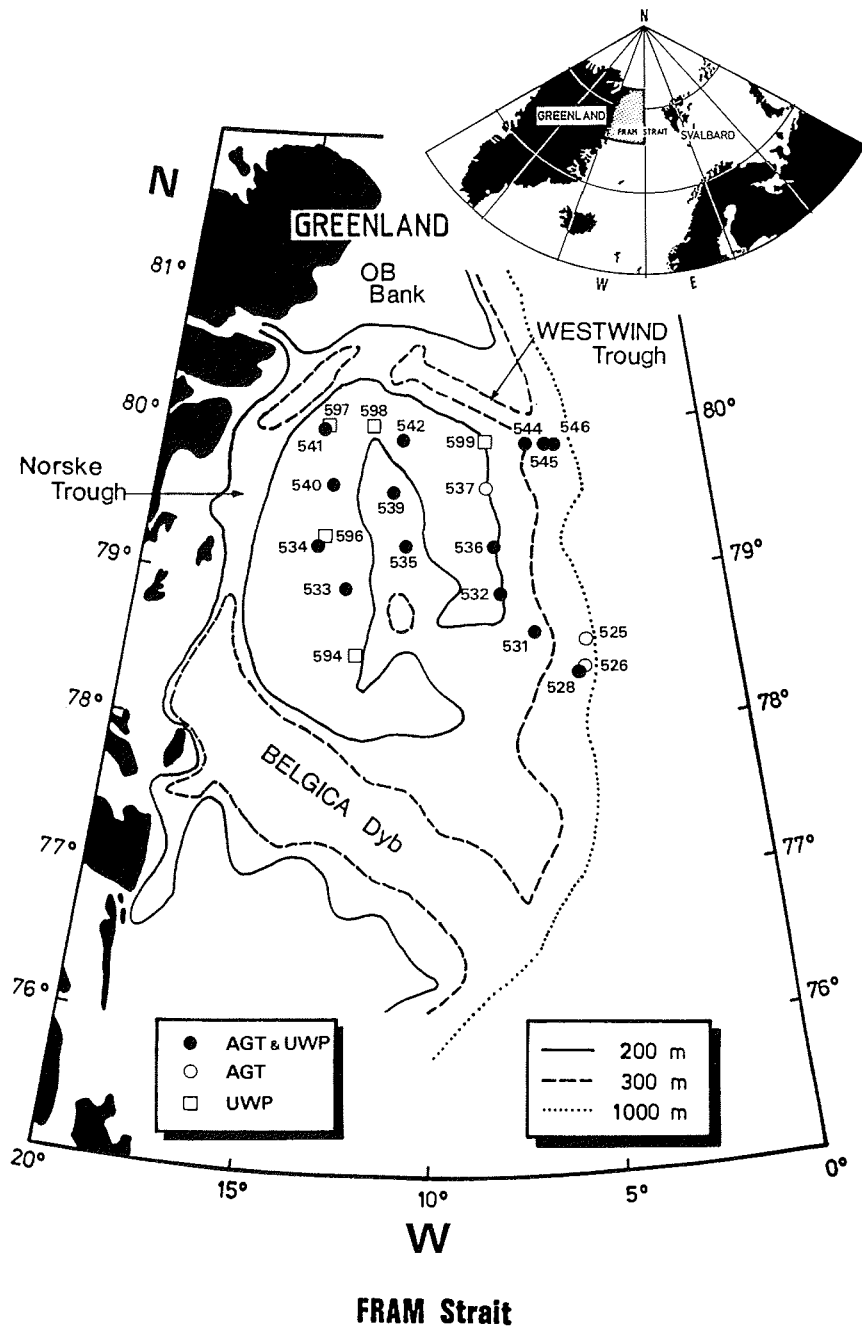


Abb. 3.1: Stationskarte der benthologischen Probenahmen im Untersuchungsgebiet der westlichen Fram-Straße während der "Polarstern"-Expedition ARK III im Sommer 1985

AGT Agassiz-Trawl, UWP Unterwasser-Photographie

Die Angabe der Positionen von Beginn und Ende des Einsatzes von AGT und UWP erfolgt auf die Zehntelminute genau, obwohl es sich um Koppelorte und somit nicht um absolut genaue Ortskoordinaten handelt. Auf ihrer Grundlage läßt sich aber die Distanz zwischen den Einsatzorten von UWP und AGT auf einer Station abschätzen, wenn man davon ausgeht, daß die relativen Entfernungen zwischen zwei kurz hintereinander gekoppelten Orten den wahren Werten recht nahe kommen (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Einsätze der UWP und der AGT auf einer Station:
Zeiten, geschätzte Entfernungen und Unterschiede in den Wassertiefen zwischen den Einsätzen

Stat #	Zeit min	Entfernung m	Tiefenunterschied m
525	8	400	0
531	7	400	0
532	8	550	10
533	31	1250	50
534	7	600	0
535	9	400	0
536	10	300	10
539	8	200	0
540	46	3700	60
541	9	250	0
542	10	350	0
544	29	1400	0
545	14	200	30
546	11	150	60

In den meisten Fällen verstrichen nur wenige Minuten zwischen den Einsätzen von AGT und UWP. Die geschätzten Entfernungen zwischen den Einsatzorten waren mit 150 bis 600 m relativ gering. Auf drei Stationen (533, 540 und 544) betrug der zeitliche Unterschied zwischen den Einsätzen jedoch über eine halbe Stunde, die Einsatzorte lagen mehr als 1 km, auf Station 540 sogar 3.7 km auseinander.

3.1.2 Agassiz-Trawl (AGT)

Das Agassiz-Trawl (AGT) ist in Bau und Funktion einer Baumkurre ähnlich. VOß (1988) gibt eine genaue Beschreibung und Zeichnung des von uns verwendeten AGT. Die wesentlichen **Konstruktionsmerkmale** sind: Schlittenöffnung 3 m breit und 1 m hoch, Kufenbreite ca. 30 cm, Netzbeutel etwa 5 m lang. Die Maschenweiten betragen im vorderen Teil 20 mm, im Bereich des Steerts 10 mm. Etwa 1 m vor der Netzöffnung liegt zwischen den Schlittenkufen eine Scheuchkette.

Das AGT wurde über einen 18 mm starken Draht gefahren, dessen ausgesteckte Länge bei den verschiedenen Einsätzen das 2- bis 2½-fache der Echolottiefen betrug. In den Fangprotokollen wurden u.a. die Zeitpunkte vom Aufsetzen des AGT auf Grund, Schleppbeginn und -ende, Abheben des AGT von Grund sowie die Geschwindigkeiten des Fierens, Hievens und des Schiffs während der unterschiedlichen Holphasen festgehalten. Die Fänge erlauben aus einer Anzahl von Gründen (Kap. 3.3) nicht die Abschätzung von Besiedlungsdichten oder Biomassen der Bodenfauna.

Unter der Annahme bestimmter Voraussetzungen läßt sich aber ein **Einheitsfang EF** definieren, der ein grobes Maß für die o.g. Größen darstellt und den Vergleich verschiedener Stationen bezüglich der Fangmenge ermöglicht. Die Standardisierung erfolgt durch die Umrechnung der Fangmengen auf eine einheitliche Bezugsgröße, d.h. der Einheitsfang wird über die "Schleppstrecke am Grund" (S) bzw., nach dem "swept-area"-Ansatz, über die "befischte Fläche" (F) berechnet. Der kritische Punkt dabei ist in dieser Untersuchung die Abschätzung von S, da die Schleppstrecke nicht direkt gemessen wurde, sondern aus mehreren Angaben in den Fangprotokollen nach folgendem Rechenschema geschätzt werden muß:

Der Aufenthalt des AGT am Grund setzt sich aus drei unterschiedlichen Phasen zusammen: Vom Zeitpunkt des Aufsetzens, der über einen Seilzugschreiber an Bord mit guter Genauigkeit bestimmt werden konnte, bis zum Erreichen der vorher festgelegten Drahtlänge wurde weiter gefiert (T1). Dann folgte der eigentliche Schleppvorgang (T2). Anschließend wurde gehievt, ein Vorgang, während dessen erster Phase (T3) das AGT weiter über den Boden gezogen wurde. Erreichte der Schleppdraht eine in Abhängigkeit von der Wassertiefe unterschiedlich große kritische Länge, hob es vom Boden ab. Aus den stark schwankenden Werten des Seilzugschreibers läßt sich schließen, daß das Abheben vom Grund kein abrupter Vorgang war, sondern sich über eine gewisse Zeit hinzog, während der das AGT über den Boden sprang. In diesen Zeiten bewegt sich das AGT mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (V1, V2, V3). Die gesamte Schleppstrecke S am Grund besteht demnach aus drei Teilstücken:

$$\begin{array}{lll} & T = T1 + T2 + T3 & [s] \\ \text{und} & V = V1 + V2 + V3 & [m s^{-1}] \\ \\ \text{Also:} & S = T1 \cdot V1 + T2 \cdot V2 + T3 \cdot V3 & [m] \\ & = S1 + S2 + S3 & [m] \end{array}$$

Die Größe von T1 kann dem Protokoll mit relativ hoher Genauigkeit entnommen werden (hier: Werte von 3 - 23 min), T2 ist mit 15 min vorgegeben und auch T3 ist abschätzbar, wenn auch mit geringerer Genauigkeit als T1 (hier: Werte von 4 - 37 min). Der Wert von V2 entspricht der Schiffsgeschwindigkeit VS, V1 berechnet sich als Differenz von VS und der Fiergeschwindigkeit VF, und V3 ist die Summe von VS und der Hievgeschwindigkeit VH:

$$\begin{array}{ll} V1 = VS - VF \\ V2 = VS \\ V3 = VS + VH \end{array} \quad [m s^{-1}]$$

Von diesen Geschwindigkeiten sind VF und VH mit relativ geringen Fehlern ($0.5 - 1 m s^{-1}$) bekannt. Anders die Schiffsgeschwindigkeit VS: Sie wurde vom bordeigenen Log als "Geschwindigkeit durch das Wasser" gemessen und war während eines Hols nicht konstant, sondern konnte zwischen 0.5 und 2.5 kn (etwa 0.25 und $1.25 m s^{-1}$) schwanken. Die Abschätzung der "Geschwindigkeit über Grund", als die VS in die o.a. Formeln eingehen muß, ist also nur mit einem Fehler unbekannter Größe möglich, d.h. VS ist bei der Berechnung der Schleppstrecke S neben T3 der zweite kritische Parameter. Im weiteren wird davon ausgegangen, daß in der Zeitspanne T1 Fier- und Schiffsgeschwindigkeit einander ungefähr aufheben und somit das AGT in dieser Phase nicht fängt:

$V_F = V_S$, daraus folgt:
 $V_1 = 0$ [m s⁻¹]
 und $S_1 = 0$ [m]

Unter dieser Voraussetzung setzt sich die Schleppstrecke nur noch aus den Teilstücken S2 und S3 zusammen, die nach den o.a. Formeln berechnet werden. Die vom AGT bestrichene Fläche F des Meeresbodens ergibt sich dann als Multiplikation von S mit der konstanten Öffnungsbreite des AGT (3 m). Mit Hilfe der so geschätzten Werte von F lassen sich für jeden Hol Umrechnungsfaktoren k zur Standardisierung der Fänge auf eine einheitliche Bezugsgröße, z.B. eine "befischte Fläche" von 1000 m², berechnen. Die Fangmengen werden durch Multiplikation mit den stationsspezifischen Umrechnungsfaktoren k in Einheitsfänge (EFI auf der Basis von Individuenzahlen, EFG auf der Basis von Gewichten) umgerechnet.

Die Annahme, daß Fier- und Schiffsgeschwindigkeit einander während der Phase T1 aufheben, ist unbewiesen. Die vom AGT während dieser Zeit zurückgelegten Strecken sind aber vernachlässigbar gering, obwohl T1 in Abhängigkeit von der Einsatztiefe mit maximal 23 min länger sein konnte als der eigentliche Hol mit 15 min. Die Unterschätzung der Fangstrecke aufgrund dieser Annahme beträgt unter Berücksichtigung der protokollierten Werte von VF und VS maximal 10%. Weit schwerer wiegen Unsicherheiten in der Bestimmung anderer Faktoren: Der Zeitpunkt des Abhebens des AGT vom Grund, vor allem aber die Schiffsgeschwindigkeiten während der unterschiedlichen Fangphasen waren nur ungenau zu schätzen, gehen jedoch als wichtige Faktoren in die Berechnung der Teilstrecken ein. Aufgrund der unbekannt, aber sicherlich sehr großen Vertrauensbereiche der kalkulierten Werte von S sind reale Unterschiede zwischen den Stationen nur schwer von den scheinbaren zu unterscheiden. Trotzdem ist eine Tendenz deutlich erkennbar: Die Schleppstrecken werden mit steigender Einsatztiefe größer (Tab. 3.1), weil die Teilstrecken S3 überproportional zunehmen. Sind sie bei Tiefen von etwa 200 m noch deutlich kürzer als S2, können sie auf einer Station mit 800 m Tiefe bis zu dreimal länger sein, so daß die Gesamtstrecke des AGT am Grund gegenüber flacheren Stationen mehr als doppelt so lang ist. Bei einem Vergleich der Fangmengen muß diese Tiefenabhängigkeit durch eine Standardisierung der Fänge kompensiert werden.

An Bord wurden die im Fang enthaltenen Tiere aussortiert. Da neben einer faunistischen Bestandsaufnahme auch ein Vergleich der Fänge hinsichtlich ihrer Zusammensetzung vorgesehen war, mußten alle Tiere mit möglichst immer gleicher Effizienz herausgesammelt werden. Ziel war es, reproduzierbare, möglichst unverzerrte Schätzungen der relativen Anteile der Arten in den Fängen zu erhalten. Ein einheitliches Vorgehen auf jeder Station sollte dies gewährleisten:

Zunächst wurden alle großwüchsigen Tiere aus dem Gesamtfang aussortiert. Bestand der Inhalt des AGT - wie auf fast allen Stationen - im wesentlichen aus großen Mengen weichen Sediments, wurden möglichst repräsentative Unterproben genommen. Hierzu wurde zunächst das Fangvolumen bestimmt und dann ein Anteil von 20 bis 50% durch große Siebe mit 1 mm Maschenweite gespült. Waren im Fang sehr viele kleine Individuen vorhanden, wurden Unterproben zweiter Ordnung von 5 bis 10% des Gesamtfangs als kompletter Siebrückstand aufbewahrt. Ansonsten wurden die Tiere aus den Sieben herausortiert und nach Grobtaxa getrennt in 4%-iger, mit Borax gepufferter Seewasser-Formalinlösung konserviert. Fische, Tintenfische sowie bestimmte Seesterne und -gurken wurden bei -18 °C tiefgefrosten.

3.1.3 Unterwasser-Photographie (UWP)

Die Photos vom Meeresboden wurden mit Hilfe einer am Institut für Polarökologie in Kiel entwickelten Photosonde gemacht, die auch auf der Antarktisexpedition der "Polarstern" Anfang 1985 zur Anwendung kam. In der Arbeit von GUTT (1988) werden Aufbau und technische Details des Geräts genau beschrieben und abgebildet. Deshalb werden im folgenden nur die wichtigen Aspekte bezüglich Konstruktion und Einsatz erläutert:

Die Sonde besteht im wesentlichen aus einem rechteckigen Stahlrahmen, in dem etwa 1 m voneinander entfernt zwei druckfeste Gehäuse montiert sind. Diese enthalten die Kamera (HASSELBLAD 500 EL/M mit dem Weitwinkelobjektiv ZEISS Distagon 60 mm), deren optische Achse senkrecht zum Meeresboden orientiert ist, bzw. den Blitz (zwei METZ Mecablitz CT 40), der das Blickfeld der Kamera schräg von der Seite ausleuchtet. Die Sonde wird vom frei driftenden Schiff aus über ein Einleiterkabel auf den Meeresboden abgefiert. Die synchronisierte Auslösung von Kamera und Blitz erfolgt über einen speziell konstruierten Schalter, sobald ein Vorlaufgewicht den Grund berührt. Durch die fest vorgegebene Länge der Vorlaufkette wurde der Abstand Filmebene-Meeresboden bei jeder Aufnahme auf konstant 1.70 m eingestellt, so daß ein 6 x 6 cm-Mittelformatphoto theoretisch genau 1 m² Boden abbildet. Auch die festen Einstellungen von Blende, Belichtungszeit und Entfernung an der Kamera sowie der Lichtmenge des Blitzes sind auf die diese konstante Distanz abgestimmt. Ausgelöst durch die Bodenberührung wird zusätzlich ein Signal über das Einleiterkabel zum Schiff gesendet. Dort wird daraufhin das Fieren gestoppt und die Sonde um einige Meter gehievt. Nach einer Spanne von mehreren Sekunden, während der Schiff und Sonde horizontal verdriften, wird das Gerät erneut gefiert und die nächste Aufnahme gemacht. Mit dem gewählten Filmmaterial (4.6 m langer Diarolfilm KODAK EPR-64 ASA) können maximal 75 Bilder pro Einsatz belichtet werden.

Die Entfernungen zwischen den einzelnen Aufnahmen sind nicht bekannt, ihre Größenordnung läßt sich aber unter der Annahme einer konstanten Drift während des etwa 20 Minuten dauernden Einsatzes abschätzen: Ausgehend von Geschwindigkeiten der horizontalen Schiffsversetzung über Grund zwischen 0.25 und 0.50 m s⁻¹ (etwa 0.5 - 1 kn) und einer Zeitspanne von 20 Sekunden zwischen zwei Aufnahmen liegen die abgebildeten Flächen 5 bis 10 m voneinander entfernt und sind im Idealfall von 70 auswertbaren Bildern über einen 350 bis 700 m langen Streifen verteilt.

Die Festlegung der Größe der abgebildeten Bodenfläche erfolgt theoretisch durch die Wahl der Länge der Vorlaufkette mit hoher Genauigkeit. In der Realität ist auch diese Abschätzung der beprobten Fläche nicht ganz fehlerfrei, da der Abstand Kamera-Boden in Abhängigkeit von der Struktur der Meeresböden nicht immer gleich war. Ein starkes Abweichen fällt jedoch durch die Unschärfe des Bilds sofort auf.

3.2 Auswertung

3.2.1 Bestimmen, Zählen und Wägen

Im Labor des Instituts für Polarökologie in Kiel wurden die aus den Fängen des AGT aussortierten Tiere **bestimmt, gezählt und gewogen**. Das Spektrum der Arten reichte von Schwämmen bis zu Fischen. Wegen der großen Formenvielfalt konnten nicht alle systematischen Gruppen gleichartig behandelt werden. Unter Berücksichtigung der faunistischen und gemeinschaftsanalytischen Fragestellungen wäre eine Bestimmung aller Tiere bis auf die Art wünschenswert gewesen. Für einige systematische Gruppen wurde eine so weitgehende Identifikation mit Hilfe der verfügbaren Bestimmungsliteratur oder auch taxonomischer Experten durchgeführt, für andere wiederum erwies sich dies innerhalb eines vernünftigen zeitlichen Rahmens als nicht möglich. Im folgenden wird kurz das Vorgehen für jedes gefundene Grobtaxon (Stamm oder Klasse) geschildert. Unter anderem werden die Literaturquellen angegeben, die zur Bestimmung der Arten benutzt wurden oder die deren Verbreitung in arktischen bzw. subarktischen Meeren, speziell aber vor Ostgrönland beschreiben.

PORIFERA, HYDROZOA, BRYOZOA

Die Bestimmung der Schwämme, Hydrozoen und Moostierchen ist im allgemeinen sehr schwierig und wurde von taxonomischen Experten übernommen (Porifera: O. Tendal (Zoologisches Museum der Universität Kopenhagen, im folgenden ZMUK abgekürzt); Hydrozoa: K.W. Petersen (ZMUK); Bryozoa: K.B. Hansen (ZMUK)).

Literatur: Porifera: BRÖNDSTED 1933, TENDAL 1970.
Hydrozoa: KRAMP 1943.
Bryozoa: KLUGE 1962, LEVINSEN 1914.

ANTHOZOA

Die Lederkorallen (ALCYONARIA), Seefedern (PENNATULARIA), Seerosen (ACTINARIA), Zylinderrosen (CERIANTHARIA) und Krustenanemonen (ZOANTHARIA) konnten nur zum Teil bis zur Art bestimmt werden.

Literatur: CARLGREN 1928, JUNGENSEN 1915, MADSEN 1948.

BRACHIOPODA

In den meisten Fällen wurden nur leere Schalen gefunden.

Literatur: ARNDT & GRIEG 1933, WESENBERG-LUND 1940.

SIPUNCULIDA, PRIAPULIDA, ECHIURIDA

Literatur: FISCHER 1928, WESENBERG-LUND 1934 und 1937.

MOLLUSCA

Die gefangenen Arten der Weichtiere stammen aus den Klassen der Wurmollusken (SOLENOGASTRES), der Schnecken (GASTROPODA), der Muscheln (BIVALVIA oder PELECYPODA), der Kahnfüßer (SCAPHOPODA) und der Kopffüßer (CEPHALOPODA).

Die Bestimmung einiger schwieriger Arten überprüfte T. Schiötte (ZMUK).

Literatur: ANON. 1984, BERNARD 1979, CLARKE 1974, LEMCHE 1941, LUBINSKY 1980, MacPHERSON 1971, OCKELMANN 1958, SARS 1878, THORSON 1944.

POLYCHAETA

Die gefangenen Borstenwürmer waren meist sehr klein, und ihre Taxonomie ist zum Teil noch nicht sicher. Die Bestimmung einiger Organismen wurde zusätzlich erschwert, wenn nur ein Körperteil aus den Fängen aussortiert worden war. Deshalb wurde der Rat der Experten M.E. Petersen (ZMUK) und G. Hartmann-Schröder (Zoologisches Museum der Universität Hamburg, ZMUH) eingeholt.

Literatur: BILYARD & CAREY 1980, FAUVEL 1923 und 1927, HARTMANN-SCHRÖDER 1971, HOLTHE 1986, PETTIBONE 1963, WESENBERG-LUND 1953.

PANTOPODA (PYCNOGONIDA)

Literatur: JUST 1972, SARS 1891, STEPHENSEN 1943.

CRUSTACEA

Folgende Krebsgruppen wurden gefangen: Rankenfüßer (CIRRIPEDIA), CUMACEA, Flohkrebse (AMPHIPODA), Asseln (ISOPODA) und Schwimmgarnelen (NATANTIA). Ein Teil des Probenmaterials wurde von G. Schulz im Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven bearbeitet. Die Artbestimmungen in der taxonomisch schwierigen Gruppe der Flohkrebse wurden von H.G. Andres (ZMUH) überprüft und ggf. korrigiert.

Literatur: ALLEN 1967, BROCH 1924, GURJANOVA 1951, HEEGARD 1941, SARS 1885, 1899 und 1900, STEPHENSEN 1943 und 1944.

ECHINODERMATA

Aus der Gruppe der Stachelhäuter waren Arten der Haarsterne (CRINOIDEA), der Seesterne (ASTEROIDEA), der Schlangensterne (OPHIUROIDEA), der Seeigel (ECHINOIDEA) und der Seegurken (HOLOTHUROIDEA) in den Fängen vertreten. Die Bestimmung mit Hilfe der vorhandenen Literatur bereitete in den meisten Fällen relativ wenig Schwierigkeiten. Seegurken wurden von B. Hansen (ZMUK), Seeigel von M. Jensen (ZMUK) überprüft.

Literatur: GRAINGER 1966, HEDING 1935, JENSEN 1974, KOEHLER 1924, MORTENSEN 1913, 1927 und 1932, PATERSON et al. 1982, RASMUSSEN 1965.

ASCIDIACEA

Die Arten wurden von J. Lützen (ZMUK) bestimmt.

Literatur: LÜTZEN 1959, MILLAR 1966.

PISCES

Die Fische kamen mit mehreren Familien vor. Ihre Bestimmung mit Hilfe der vorhandenen Literatur war meist relativ einfach. Eine Ausnahme bildeten die Arten der Unterfamilie LYCODINAE (Wolfsfische), die vor allem als Jungfische nur schwer voneinander zu unterscheiden sind.

Literatur: ABLE & McALLISTER 1980, BIGELOW et al. 1953, JENSEN 1952, McALLISTER et al. 1981, MUUS 1981, WHEELER 1978.

Wenn die Tiere einer Probe nach Arten sortiert und gezählt waren, wurde das den Organismen anhaftende Wasser mit einem Papiertuch entfernt und das Gesamtfeuchtgewicht jeder Art mit einer Genauigkeit von 0.1 g bestimmt. Sofern nötig, wurden die Individuenzahlen und Gewichte in den jeweiligen Unterproben auf den Gesamtfang hochgerechnet. War das Gewicht bei kleinwüchsigen Arten mit geringer Individuenzahl geringer als 0.1 g, so wurden einheitlich 0.05 g angenommen. Für diese Arten war die Wägemethode zu grob. Eine genauere und wesentlich zeitaufwendigere Wägung war aber nicht angemessen, da Gewichte ebenso wie Anzahlen in der weiteren Auswertung vor allem als Bedeutungsmaße der einzelnen Arten verwendet wurden. Die Genauigkeit der absoluten Werte ist dabei nicht entscheidend. Wichtig ist, daß die Größenordnungen von Fängen und Rangfolgen von Arten möglichst realitätsnah geschätzt werden.

Die Verwendung der Feuchtgewichte FG führt zu Verzerrungen der Biomassenverhältnisse zwischen Arten unterschiedlicher Taxa. Der organische Gewichtsanteil ist zum Beispiel bei Polychäten deutlich höher als bei schalentragenden Mollusken oder bei Stachelhäutern mit ihren Kalkeinlagerungen. Ein besseres, weil verzerrungsfreies Maß stellt das aschefreie Trockengewicht AFTG dar. Seine genaue Bestimmung ist

jedoch nur mit einem großen Zeitaufwand möglich, der, wie oben bereits erläutert, nicht erforderlich ist. Im Rahmen dieser Untersuchung genügte es, die Feuchtgewichte so zu korrigieren, daß die o.g. Unterschiede annähernd ausgeglichen werden. Zahlreiche Untersuchungen anderer Autoren haben gezeigt, daß sich die AFTG/FG-Verhältnisse innerhalb eines Grobtaxons von Art zu Art erstaunlich wenig unterscheiden (THORSON 1957). Daher wurden die Werte der Wägungen mit vorgegebenen, taxonspezifischen Umrechnungsfaktoren multipliziert, um das "organische" Gewicht der Tiere zu schätzen (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Taxonspezifische Umrechnungsfaktoren UF: Abschätzung des "organischen" Gewichts aus den Feuchtgewichten (gerundet nach THORSON 1957 und RUMOHR et al. 1987)

Taxon	UF
Sipunculida	0.2
Priapulida	0.2
Echiurida	0.2
Mollusca excl. Octopoda	0.07
Octopoda	0.2
Polychaeta	0.2
Pantopoda	0.2
Crustacea	0.2
Echinodermata	0.07
Pisces	0.15

Die Individuen- und Gewichtswerte wurden in je einer Arten-Stations-Matrix zusammengefaßt. Dabei wurden nicht alle bestimmten Arten berücksichtigt, es fand eine Auswahl nach bestimmten Kriterien statt. Bei einigen Taxa wurde auf Zählung und Wägung der gefangenen Tiere verzichtet, da sie nicht mit vergleichbarer Effizienz aus den Fängen aussortiert worden sind und ihre relativen Anteile deshalb nicht unverzerrt geschätzt werden konnten und/oder weil sie in Kolonien leben und eine Zählung der Individuen nicht sinnvoll ist (Porifera, Hydrozoa, Anthozoa, Bryozoa, Brachiopoda und Ascidiacea). Seltene Arten, d.h. solche, die nur auf einer Station und dort nur mit geringer Individuenzahl bzw. mit geringem Anteil am Fanggewicht vorkamen, wurden ebenfalls nicht in die beiden Datensätze aufgenommen. Ihre Präsenz wird als Zufallsereignis gewertet, das bei einem Vergleich verschiedener Fänge keine Aussagekraft besitzt. Alle nicht berücksichtigten Arten gehören nicht zu den zahlen- oder gewichtsmäßig bedeutenden Elementen der Fauna in den Fängen. Ihr Weglassen aus der weiteren Auswertung hat nur bei der Ermittlung von Artenzahlen einen Effekt auf die Ergebnisse (Kap. 3.3).

Die auf den UW-Photos sichtbaren Bodentiere wurden gezählt. Dabei wurden nicht alle Organismen berücksichtigt, sondern nur diejenigen Arten, die auf den Bildern dank ihrer Körpergröße und eindeutiger Bestimmungsmerkmale sicher angesprochen werden konnten. Letzteres wurde durch einen Vergleich mit Exemplaren aus den AGT-Fängen sichergestellt. Die Individuenzahlen aller Bilder einer Station wurden für jede der ausgewählten Arten aufsummiert und ebenfalls in einer Arten-Stations-Matrix zusammengefaßt.

3.2.2 Abgrenzung von Gemeinschaften

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Abgrenzung benthischer Gemeinschaften. Dazu werden die Stationen hinsichtlich der Artenzusammensetzung der AGT-Fänge oder UWP-Proben verglichen und dann auf der Grundlage der ermittelten Ähnlichkeiten klassifiziert. Die verwendete Clusteranalyse (SNEATH & SOKAL 1973, BACKHAUS et al. 1985, PIELOU 1984) wird im folgenden kurz hinsichtlich der Vorgehensweise beschrieben:

Grundlage der Analyse ist eine zweidimensionale Datenmatrix mit i Zeilen und j Spalten. Die in ihr enthaltenen Werte kennzeichnen die zu gruppierenden Objekte (j) hinsichtlich ihrer Attribute (i). In Abhängigkeit von dem Typ der Daten und dem weiteren Vorgehen kann eine **Transformation** der Werte erfolgen. Die eigentliche Clusteranalyse erfolgt in zwei Schritten:

- (1) Ermittlung der **Ähnlichkeiten** bzw. **Distanzen** zwischen allen möglichen Objektpaaren durch Berechnung von bestimmten Maßzahlen und Aufbau einer Ähnlichkeits- bzw. Distanzmatrix aus den berechneten Werten
- (2) Einteilung (**Klassifikation**) der Objekte auf der Grundlage der Ähnlichkeitsmatrix in möglichst homogene Gruppen (Cluster), d.h. in einer Art und Weise, daß die Ähnlichkeit innerhalb der Cluster möglichst groß und zwischen den Clustern möglichst klein ist

Die Ähnlichkeiten bzw. Distanzen zwischen den Objekten können durch eine Vielzahl verschiedener Maßzahlen ausgedrückt werden (LEGENDRE & LEGENDRE 1983). Für alle gilt, daß sie bei einem Vergleich zweier Objekte gleichzeitig alle Attribute einbeziehen, es findet also ein multivariater Vergleich statt. Man unterscheidet binäre oder qualitative Koeffizienten, die auf der Basis von Präsenz oder Absenz der Attribute verglichen, und quantitative Koeffizienten, die relative Anteile, Ränge oder absolute Werte bei den Attributen berücksichtigen.

Die Distanzmatrix ist die Grundlage der anschließenden Klassifikation der Objekte. Dabei können unterschiedliche Verfahren verwendet werden. Am gebräuchlichsten sind agglomerativ-hierarchische Methoden, die von allen j Objekten ausgehend in $j-1$ Schritten die Objekte sukzessiv in Clustern höherer Ordnung anordnen. Dabei werden zwischen den Clustern und damit auch zwischen den in ihnen enthaltenen Objekten neue Ähnlichkeitswerte berechnet, die in einer sog. "kophenetischen Matrix" gespeichert werden (ROMESBURG 1984). Das Ergebnis der Klassifikation ist eine umsortierte Anordnung der Objekte, die die Struktur in der Verteilung der Ähnlichkeiten zwischen ihnen widerspiegelt. Dieses Muster ist in der kophenetischen Matrix enthalten, es kann aber auch als Dendrogramm dargestellt werden, das die Informationen über die Größe und Homogenität der Cluster sowie den Grad der Isolation voneinander graphisch repräsentiert. Ein Vergleich der originalen Ähnlichkeitsmatrix mit der während der Klassifikation entstandenen kophenetischen Matrix ist mit Hilfe der Matrizenregression möglich. Es läßt sich analog zum Korrelationskoeffizienten ein "kophenetischer Index" berechnen, der ein Maß für die Güte der verwendeten Klassifikationsstrategie ist (ROMESBURG 1984). Er kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und gibt an, wie weit die in der kophenetischen Matrix

enthaltenen und im Dendrogramm dargestellten Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Objekten von denen in der originalen Matrix abweichen.

In der vorliegenden Arbeit sind Arten-Stations-Matrizen (AGT-Einheitsfänge und UWP-Proben) die Grundlage der Clusteranalysen. Das Vorkommen der Arten auf einer Station wird durch verschiedene **Bedeutungsmaße**, d.h. Maßzahlen unterschiedlichen Typs und Informationsgehalts ausgedrückt, die alle aus den Abundanzwerten in den Matrizen durch entsprechende Transformationen abgeleitet werden können. Die geringste Information ist in den sogenannten binären Werten (vorhanden - nicht vorhanden) enthalten. Eine grobe Angabe der Relationen zwischen den Arten ist Dominanzklassen (selten (< 1%) - verbreitet (1 - 10%) - häufig (10 - 50%) - sehr häufig (> 50%)) zu entnehmen. Einen ähnlichen Informationsgehalt haben Abundanzklassen (1 - 10, 10 - 250, über 250 Tiere pro Einheit), in ihnen steckt aber zusätzlich implizit die Größe der Gesamtprobe bzw. des Fangs. Rangzahlen geben ebenfalls Unterschiede zwischen einzelnen Arten wieder. Prozentuale Anteile ähneln Dominanzklassen, haben aber eine höhere Auflösung in der Angabe von Unterschieden. Den höchsten Informationsgehalt haben die Abundanzwerte selbst. Sie sind aber auch am anfälligsten gegenüber dem Einfluß methodisch bedingter Fehler. Allgemein gilt als Grundregel: Je geringer der Informationsgehalt eines Werts, desto geringer seine Empfindlichkeit gegenüber systematischen Fehlern. Zwei weitere verwendete Transformationen der "rohen" Abundanzdaten sind Radizierung oder Logarithmierung, um den Unterschied zwischen den größten und kleinsten Werten und somit den Einfluß dominanter Arten zu verringern.

Die Ermittlung der Ähnlichkeiten bzw. **Distanzen** zwischen zwei Stationen wird sowohl mit qualitativen als auch quantitativen Koeffizienten durchgeführt. In beiden Fällen werden Indizes gewählt, die bei der Ermittlung von Ähnlichkeiten diejenigen Attribute nicht berücksichtigen, die für beide Objekte Null sind ("0-0-matches", ROMESBURG 1984). Dies bedeutet für die Klassifikation von Stationen, daß das Nichtvorhandensein einer Art in beiden Proben nicht zur Ähnlichkeit beiträgt. Die in der Arbeit verwendeten Koeffizienten sind der qualitative **Jaccard-Index** (JACCARD 1902) und die beiden quantitativen Distanzmaße **Canberra-Metrik** (LANCE & WILLIAMS 1967) und **Bray-Curtis-Index** (BRAY & CURTIS 1957). Die Canberra-Metrik gibt im Gegensatz zum Bray-Curtis-Index allen Arten unabhängig von ihren relativen Anteilen das gleiche Gewicht.

Als **Klassifikationsverfahren** werden aus der Anzahl der möglichen Strategien diejenigen mit einem möglichst hohen kophenetischen Index gewählt: das "**complete-linkage**"-Verfahren (LANCE & WILLIAMS 1967) und das Verfahren der "**Flexible Strategy**" nach LANCE & WILLIAMS (1966). Beide Methoden führen auch bei einem relativ homogenen Datensatz zu kompakten, deutlich abgegrenzten Clustern.

Aus der grundsätzlichen Darstellung wird deutlich, daß ein Datensatz mit einem Kaleidoskop möglicher Transformationen, Distanzmaße und Klassifikationsverfahren analysiert werden kann. Der Gebrauch verschiedener Methoden kann zu unterschiedlichen Gruppierungen der Objekte führen, eine Eigenschaft, die eine vergleichende Interpretation der Ergebnisse erschwert (CARNEY et al. 1983). Die Clusteranalyse wird deshalb nur als ein **Mittel der beschreibenden Statistik** verwendet, als eine Art automatisiertes Sortierverfahren, das mehrere Merkmale der Objekte simultan berücksichtigt.

Ziel dieser Arbeit ist eine Abgrenzung von Stationsgruppen, die die realen Ähnlichkeiten widerspiegelt und möglichst wenig von methodisch bedingten Verzerrungen überlagert ist. Um dies zumindest angenähert zu erreichen, werden auf der Grundlage verschiedener Bedeutungsmaße (AGT-Einheitsfänge bezüglich Individuenzahlen und Gewicht, UWP-Besiedlungsdichten), verschiedener Transformationen und ver-

schiedener Distanzmaße (Jaccard-Index JA, Canberra-Metrik CM und Bray-Curtis-Index BC) mehrere Analysen durchgeführt. Dabei werden einige Stationen immer zusammen gruppiert, bilden also offensichtlich reale Einheiten, die als "Kern"-Cluster bezeichnet werden können. Andere Stationen dagegen werden in den verschiedenen Läufen unterschiedlich sortiert. In diesen Fällen ist die clusteranalytische Gruppierung offensichtlich von der verwendeten Transformation oder dem verwendeten Distanzmaß abhängig.

In welche der "Kern"-Cluster sollen diese Stationen einsortiert werden? Folgendes Verfahren wird angewandt, um eine von den Methoden unabhängige Lösung zu finden: Für die beiden quantitativen Koeffizienten CM und BC werden auf der Grundlage sieben verschiedener Transformationen (Einteilung in Dominanz- und Abundanzklassen, Rangnormierung, Prozentnormierung, Radizierung, Logarithmierung und keine Transformation) insgesamt 14 Distanzmatrizen berechnet. Die Werte jeder Matrix werden zwischen dem jeweiligen Minimum und Maximum normiert, d.h. das jeweilige Minimum erhält den Wert 0, das jeweilige Maximum den Wert 100, und die anderen Distanzen liegen in Relation zu Minimum und Maximum dazwischen. Diese Normierung macht die Distanzwerte skalenunabhängig und somit untereinander vergleichbar. Die 14 für jede Stationspaarung berechneten Normdistanzen werden anschließend gemittelt. Die Matrix mit den gemittelten Normdistanzen ist eine Art Quintessenz aller 14 mit unterschiedlichen Methoden berechneten Distanzmatrizen. In diesem Sinn faßt die abschließend auf der Grundlage der mittleren Normdistanzen stattfindende Klassifikation die Ergebnisse der einzelnen Clusteranalysen zusammen. Die notwendigen Berechnungen wurden auf einem PC-Rechner des Instituts für Polarökologie durchgeführt.

Eine clusteranalytische **Gruppierung von Arten** auf der Grundlage ihres Auftretens auf verschiedenen Stationen wird nicht durchgeführt. Sie hat kein interpretierbares Ergebnis, da die relativ große Anzahl der Arten mit hohen Präsenzen im Untersuchungsgebiet ein Abgrenzen charakteristischer Artengruppen verhindert. Stattdessen wird davon ausgegangen, daß das spezifische Arteninventar der verschiedenen Stationsgruppen die gesuchten Gemeinschaften repräsentiert.

3.2.3 Beschreibung struktureller Merkmale

Die Bodenfauna des Untersuchungsgebiets wird auf der Grundlage der AGT-Fänge und UWP-Proben beschrieben. Dabei werden verschiedene Aspekte hinsichtlich **Menge** und **Zusammensetzung** berücksichtigt. Es sollen Unterschiede zwischen den clusteranalytisch abgegrenzten Stationsgruppen herausgearbeitet werden.

Die Bestandsgröße der Bodenfauna und das kleinräumige Verteilungsmuster der Bodentiere sind wichtige quantitative Gesichtspunkte bei der Charakterisierung von Gemeinschaften:

- In welcher Menge (Anzahl und Gewicht) kommen die Bodentiere vor?
- Wie sind die Tiere kleinräumig verteilt?

Zur Schätzung der Bestandsgröße wird die Größe der AGT-Fänge und UWP-Proben verwendet. Erstere wird durch den **Einheitsfang**, d.h. die auf 1000 m² standardisierte Summe der Individuen bzw. Gewichte aller in ihm vorkommenden Arten ausgedrückt, letztere durch die auf 1 m² (ein Bild) bzw. 100 m² bezogene Anzahl der Individuen ausgewählter Arten. Die Einheitsfänge des AGT sind grobe Maße der Besiedlungsdichten und Biomassen der Bodenfauna. Die Zählung der Individuen auf den UW-Photos erlaubt eine weit genauere Ermittlung der **Besiedlungsdichten**. Für die berücksichtigten Arten können auch **Biomassen** geschätzt werden, und zwar durch Verknüpfung der mit den UW-Photos ermittelten Besiedlungsdichten und der

spezifischen mittleren Individualgewichte, die als Quotienten des Gewichts und der Anzahl aller mit dem AGT gefangenen Individuen der jeweiligen Art zu berechnen sind.

Die UW-Photos werden auch für die Schätzung der **kleinräumigen Verteilungsform (Dispersion)** verwendet. Wenn man die einzelnen Bilder einer Station als wiederholte Stichproben einer Grundgesamtheit betrachtet, können Aussagen zur Variation der Besiedlungsdichte (bezogen auf ein Bild, d.h. eine Probenfläche von etwa 1 m^2) über die während des Einsatzes beprobte Gesamtfläche gemacht werden. Es läßt sich ein Dispersionskoeffizient DK als Quotient von Varianz und Mittelwert der Dichtewerte auf einer Station berechnen. Drei unterschiedliche Dispersionstypen sind zu unterscheiden: Ist DK nicht signifikant von 1 verschieden, so spricht man von einer "zufälligen" Verteilung. Ist DK signifikant größer bzw. kleiner als 1, so nennt man die Dispersion "geklumpt" bzw. "gleichmäßig". Ein zweiseitiger Chi-Quadrat-Test prüft die Signifikanz ($P < 0.05$) der Abweichung von der erwarteten "zufälligen" Poisson-Verteilung (ELLIOTT 1977).

Die **Zusammensetzung** der Fauna wird unter verschiedenen Aspekten beschrieben. Die Art ist dabei die grundlegende Kategorie:

- Wieviel Arten wurden gefunden?
- Wie groß ist die Diversität der Fauna, d.h. wie ist ihr Dominanzmuster?
- Welche Arten wurden gefunden, welches sind die bedeutenden Arten?
- Welches sind die Charakterarten der abgegrenzten Gemeinschaften?

Die **Anzahl der Arten** ist im Rahmen dieser Untersuchung kritisch zu bewerten, da die quantitative Auswertung sowohl der AGT-Fänge als auch der UW-Photos auf eine Auswahl der vorhandenen Arten beschränkt wurde (Kap. 3.2.1). Auch generell ist dieser Parameter bei der Schätzung der realen Verhältnisse empfindlich gegenüber dem Einfluß systematischer Fehler (Kap. 3.3).

Mehr Information als die Artenzahl allein enthält das **Dominanzmuster**, d.h. die Verteilung der Anteile der Arten an der Gesamtindividuenzahl oder dem Gesamtgewicht, üblicherweise ausgedrückt durch Diversitätsindizes und davon abgeleiteter "evenness"-Indizes. Aus verschiedenen Gründen werden diese Parameter aber nicht angegeben (Kap. 3.3). Stattdessen wird das Dominanzmuster in seiner Gesamtheit durch Dominanzkurven (LAMBSHEAD et al. 1983) dargestellt. Dazu werden die in einer Probe enthaltenen Arten nach ihren prozentualen Anteilen am Fang (Dominanzen) sortiert und diese als kumulative Dominanzen $D(k)$ (= prozentuale Summenhäufigkeiten) über den Rängen k aufgetragen. Es gilt dann: Eine Probe zeigt einen geringeren Grad an Dominanz bzw. sie ist diverser als eine andere, wenn sie für alle k einen geringeren Wert für $D(k)$ hat, d.h. wenn ihre Dominanzkurve für alle k unter der Dominanzkurve der Vergleichsprobe liegt. Schneiden sich beide Kurven, so sind die beiden Proben hinsichtlich ihrer Dominanzstruktur und damit auch ihrer Diversität grundsätzlich nicht vergleichbar (LAMBSHEAD et al. 1983). Den Dominanzkurven sind zwei Maßzahlen zu entnehmen, die gegenüber anderen Indizes den Vorteil der unmittelbaren Interpretierbarkeit haben: der Anteil der dominantesten Art $D(1)$ und die Anzahl der Arten bei 90% der kumulativen Dominanz $A(90\%)$, also die Anzahl der Arten, die 90% der Individuen bzw. des Gewichts stellen.

Qualitativ ist die Zusammensetzung durch das **Artenspektrum** gekennzeichnet. Eine Methode zur Darstellung dieses Aspekts ist die Angabe der bedeutenden Arten, wobei Bedeutung einer Art nach unterschiedlichen Kriterien gemessen werden kann. Der Anteil an der Individuenzahl oder dem Gewicht, die **Dominanz**, ist eine mögliche Maßzahl. Bei der Betrachtung mehrerer Proben kommt die **Präsenz** oder Konstanz hinzu, die Häufigkeit des Auftretens in den Einzelproben. In diesem Fall wird außerdem als Maß der durchschnittlichen Bedeutung einer Art der **Biologische**

Index BI nach McCLOSKEY (1970) verwendet. Er berechnet sich aus den Rängen R, den die jeweilige Art i nach ihren Anteilen in den einzelnen Proben j einnimmt. Für die Ränge werden Punkte X von 10 bis 1 vergeben. Der BI einer Art ist die Summe der Punkte über alle k Proben:

$$BI(i) = \sum_{j=1}^k X(R(i, j))$$

Als Modifikation des Verfahrens werden Punkte nur dann vergeben, wenn die Art i auf der Station j mehr als einen bestimmten Minimalanteil stellt, z.B. mindestens 10% oder 5%. Dann werden nur dominante oder subdominante Arten berücksichtigt. Im Verhältnis zur relativen Dominanz einer Art in einer aus allen Einzelproben bestehenden Gesamtprobe wird durch den BI der große Einfluß von nur vereinzelt auftretenden sehr hohen Werten ausgeglichen und die Konstanz höher bewertet.

Die Bodentiergemeinschaften lassen sich durch **Charakterarten** kennzeichnen. Dies müssen nicht unbedingt die dominanten Arten sein. Entscheidender ist, inwieweit sie in ihrem Vorkommen auf die Gemeinschaft, d.h. auf die Stationen einer Gruppe beschränkt sind. Um diesen Aspekt zu quantifizieren, werden drei Maßzahlen definiert (SALZWEDEL et al. 1985):

- GAI Grad der Assoziation bezüglich Individuen
Anzahl der Individuen einer Art in einer Stationsgruppe geteilt durch die Gesamtindividuenzahl der Art auf allen Stationen
- GAG Grad der Assoziation bezüglich Gewicht
Gewicht einer Art in einer Stationsgruppe geteilt durch das Gesamtgewicht der Art auf allen Stationen
- GAS Grad der Assoziation bezüglich Stationen
Anzahl der Stationen in einer Stationsgruppe, auf denen die Art vorhanden ist, geteilt durch die Anzahl aller Stationen im Untersuchungsgebiet, auf denen sie vorkommt

Der Index GAI gibt an, welcher Anteil der Individuen einer Art nur in den Proben der Stationsgruppe vorkommt. GAG tut das gleiche bezüglich der Gewichte. GAS drückt den Grad der Beschränkung einer Art auf eine Stationsgruppe über die Verteilung ihrer Präsenzen aus. Bei der Findung von Charakterarten richtete ich mich nach folgenden Leitlinien:

- Dominanz innerhalb der Stationsgruppe mindestens 5%
- Präsenz innerhalb der Stationsgruppe mindestens 75%
- GAI oder GAG mindestens 66%
- GAS mindestens 66%

Jede Art läßt sich aufgrund ihrer systematischen Stellung, ihrer zoogeographischen Verbreitung und ihres Lebensformtyps hinsichtlich Bodenbesiedlung, Ernährung und Reproduktion in bestimmte Kategorien einordnen. Deren Anteile an den Artenzahlen, Individuenzahlen und Gewichten der Fänge charakterisieren die Faunenzusammensetzung unter verschiedenen Aspekten:

- Wie groß sind die Anteile höherer systematischer Gruppen?
- Wie groß sind die Anteile arktischer oder borealer Arten?
- Wie groß sind die Anteile von Epi- und Endofauna?
- Wie groß sind die Anteile verschiedener Ernährungstypen?
- Wie groß sind die Anteile verschiedener Reproduktionstypen?

Zur Beschreibung der Zusammensetzung der Fauna unter einem **systematischen Aspekt** werden die Anteile der Mollusca, Polychaeta, Crustacea und Echinodermata dargestellt.

Zur Beschreibung des **zoogeographischen Charakters** der Fauna werden folgende Meeresgebiete an der Peripherie des zentralen Arktischen Ozeans als "arktisch" definiert (ZENKEVITCH 1963): die circumpolaren Randmeere vor den Küsten Alaskas und Sibiriens, das Archipel der kanadischen Arktis, Nordwestgrönland, Ostgrönland, westliche Fram-Straße, Nord- und Ostspitzbergen sowie nördliches Barentsmeer. Die Grenze zur Subarktis verläuft auf der pazifischen Seite in der Bering-Straße, im Atlantik wird sie durch die Polarfront gebildet. Für das Bathyal wird das Europäische Nordmeer bis zum Island-Faröer-Rücken zwischen Grönland und Schottland ebenfalls zur arktischen Faunenregion gerechnet (ZENKEVITCH 1963). Hydrographisch sind die "arktischen" Meeresgebiete durch ganzjährig konstant niedrige Temperaturen sowie mehrmonatige oder ganzjährige Eisbedeckung gekennzeichnet. Aufgrund ihrer großräumigen Verbreitung im Verhältnis zu dem so definierten Gebiet werden die Arten in folgende zoogeographische Kategorien eingeteilt (HOLTHE 1978, BILYARD & CAREY 1980):

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) arktisch | Die Art ist in ihrer Verbreitung auf die oben definierten "arktischen" Meeresgebiete beschränkt. |
| (2) atlantoboreal-arktisch | Die Art kommt sowohl in der oben definierten arktischen Region, aber auch in südlich gelegenen Gebieten des Atlantiks, <u>nicht</u> aber des Pazifiks vor. |
| (3) amphiboreal-arktisch | Die Art kommt sowohl in der oben definierten arktischen Region, aber auch in den südlich gelegenen Gebieten des Atlantiks <u>und</u> Pazifiks vor. |

Die Einteilung der Arten in eine der drei Kategorien erfolgt nach zoogeographischen Informationen aus den in Kap. 3.2.1 angegebenen Literaturquellen.

Ein ökologischer Aspekt der Zusammensetzung ist das Spektrum der **Lebensformtypen** und ihrer Anteile an der Fauna. Hinsichtlich der Bodenbesiedlung werden **Epi- und Endofauna** unterschieden. Die Einteilung der Arten in eine dieser Kategorien erfolgte nach Informationen aus den in Kap. 3.2.1 angegebenen Literaturquellen oder aus zusammenfassenden Werken der systematischen Zoologie (KAESTNER 1967, 1982).

Die Anteile verschiedener Ernährungstypen kennzeichnen die **trophische Struktur** der Fauna. Aus prinzipiellen Gründen (Kap. 3.3) werden die Arten zu diesem Zweck in nur zwei Kategorien eingeteilt, "Suspensionsfresser" und "sonstige". Die Zuordnung basierte auf Informationen aus verschiedenen Literaturquellen (SAVILOV 1957, TURPAEVA 1957, KAESTNER 1967 und 1982, FAUCHALD & JUMARS 1979, FEDER & MATHEKE 1980).

Als dritter ökologischer Aspekt wird die Bedeutung unterschiedlicher **Reproduktionsstrategien** in der Fauna des Untersuchungsgebiets dargestellt. Dazu werden die Arten in zwei fortpflanzungsökologische Kategorien eingeteilt (JABLONSKI & LUTZ 1983):

- (1) **planktotroph** Die Art vermehrt sich durch zahlreiche, relativ kleine und dotterarme Eier, aus denen Larven schlüpfen, die sich für einen relativ langen Zeitraum freilebend im Pelagial von Plankton ernähren.

- (2) **nonplanktotroph** Die Art vermehrt sich durch relativ wenige, große und dotterreiche Eier. Während des meist nur kurzen freien Stadiums im Pelagial oder den bodennächsten Wasserschichten ernährt sich die Larve ausschließlich von ihrem Dottervorrat (Lecithotrophie) oder aber ein freies Larvenstadium fehlt völlig (Brutpflege bis hin zur Viviparie bzw. direkte Entwicklung).

Die für eine Einteilung notwendigen Informationen zur Reproduktions- und Larvalökologie wurden verschiedenen Literaturquellen entnommen (THORSON 1936 und 1946, OCKELMANN 1958 und 1965, TYLER & GAGE 1982, TYLER et al. 1982, WESLAWSKI 1987).

3.3 Methodendiskussion

Ein Ziel beschreibend-ökologischer Forschung ist das Auffinden von real vorhandenen räumlichen und/oder zeitlichen Verteilungsmustern in der Natur. Dieses Vorhaben erfolgt immer über die gezielte Entnahme von Stichproben und deren Auswertung. Ein Rückschluß auf die "wahren Muster" ("true patterns") ist grundsätzlich nur möglich über die aus den Proben abgeleiteten "beobachteten Muster" ("observed patterns" nach HAURY et al. 1978). Der Schritt der Probennahme wirkt wie ein Filter in der Informationsübertragung zwischen Natur und Beobachter. Ein Komplex von miteinander in Wechselwirkung stehenden Faktoren beeinflusst die Güte dieses Prozesses im Sinne einer rauscharmen, also möglichst unverzerrten Wiedergabe der real vorhandenen "wahren Muster" durch die letztlich wahrgenommenen "beobachteten Muster". Hierzu gehören sowohl Einflußgrößen, die in der Natur der zu erforschenden Muster liegen, als auch davon abhängige methodische Faktoren. Erstere beruhen zum Beispiel auf Struktur und Skala der räumlichen Verteilung der Arten (Fleckenhaftigkeit im Vorkommen) oder auf deren Lebensweise, zu letzteren gehört vor allem die Effizienz der eingesetzten Probennahmegeräte. Diese grundsätzlichen Überlegungen veranschaulichen die große Bedeutung der verwendeten Methoden, da sie die Ergebnisse in ihrer Interpretierbarkeit wesentlich beeinflussen. Deshalb werden im folgenden verschiedene Aspekte der Datengewinnung und -auswertung diskutiert.

Zeitpunkt der Probennahme

Das Tier- und Datenmaterial dieser Arbeit ist im Juli und August 1985 gesammelt worden. In einer Momentaufnahme wurde eine **Sommersituation** erfaßt. Aussagen über eventuelle saisonale Unterschiede können deshalb grundsätzlich nicht gemacht

werden. In polaren Bodentiergemeinschaften sollen jedoch Fluktuationen dieser Art nur von geringer Bedeutung sein. Der Zeitpunkt der Probennahme im Jahreszyklus und der berücksichtigte Zeitraum sind dann nicht so wichtig (THORSON 1957, ELLIS 1960). Wegen des blitzlichtartigen Charakters einer nur einmaligen Probennahme ist allerdings schwer zu beurteilen, inwieweit das ermittelte Bild der Bodentierbesiedlung von zufälligen Verteilungen überlagert ist ("stochastic blanket" nach HAURY et al. 1978).

Agassiz-Trawl

Als Gerät der benthologischen Probennahme hat das Agassiz-Trawl Vor- und Nachteile. Seine einfache Handhabung an Bord, seine robuste Bauweise, die damit verbundene hohe Erfolgsrate bei den Einsätzen und die Erfassung von relativ großen Probenflächen im Verhältnis zur benötigten Schiffszeit sind positive Eigenschaften. Sie sind ausschlaggebend für die Wahl des AGT als Standardfangergerät der Benthosuntersuchungen im Weddellmeer und in der Fram-Straße. Nachteilig sind jedoch zwei andere Aspekte, die die Auswertbarkeit der Fänge grundsätzlich einschränken:

- (1) Die Größe der beprobten Fläche ist nicht genau zu bestimmen.
- (2) Die verschiedenen Elemente der Bodenfauna werden in Abhängigkeit von ihrer Größe und Lebensweise mit unterschiedlichen und nicht bekannten Effizienzen gefangen.

Die AGT-Fänge sind deshalb strenggenommen nur qualitativ auf der Basis der Präsenzen oder Absenzen der Arten auszuwerten. Ein Vergleich der Stationen über das Arteninventar hinaus macht aber trotzdem Sinn, sofern man von folgender Voraussetzung ausgeht:

Die Fangeffizienzen des AGT sind zwar von Art zu Art unterschiedlich groß, aber sie verändern sich nicht von Station zu Station, d.h. das AGT fängt die verschiedenen Elemente des Benthos unterschiedlich, aber es fängt sie auf allen Stationen jeweils gleich gut oder schlecht.

Auch unter dieser Voraussetzung ist eine quantitative Auswertung der Fänge im Sinne einer Berechnung von absoluten Werten der Besiedlungsdichte oder Biomasse nicht möglich. Es läßt sich aber ein Einheitsfang definieren, auf dessen Basis verschiedene Stationen bezüglich der Fangmenge verglichen werden können (Kap. 3.1.2). Die notwendige Ermittlung der Schleppstrecke des AGT am Grund erfolgt mit Hilfe verschiedener Angaben in den Fangprotokollen. Diese Abschätzung beruht auf mehreren unbewiesenen Annahmen und ist mit Fehlern unbekannter Größe belastet. Die Einheitsfänge geben aber als grobe Maße der Abundanz des Megabenthos Unterschiede zwischen den Stationen im wesentlichen unverzerrt wieder, wie ein Vergleich mit dem Trend in den photographisch ermittelten Werten der Besiedlungsdichte beweist (Kap. 4.3).

Die Fänge werden jedoch nicht nur hinsichtlich ihrer Größe ausgewertet. Auf der Grundlage ihrer Artenzusammensetzung werden die einzelnen Stationen mit Hilfe der Clusteranalyse in Gruppen geordnet. Das Arteninventar der zusammengefaßten Fänge einer Stationsgruppe wird als "Bodentiergemeinschaft" interpretiert (Kap. 3.2.2). Die verschiedenen Arten werden aber in Abhängigkeit von Faktoren wie Größe, Lebensweise usw. mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten vom AGT erfaßt. Deshalb spiegeln ihre relativen Anteile in den Fängen nicht unverzerrt die wahren Verhältnisse wider. Mit anderen Worten, die Fänge liefern grundsätzlich kein unverzerrtes Bild der benthischen Lebensgemeinschaften. Allgemein sollte die Selektivität des AGT unter der Berücksichtigung praktischer Erfahrungen aber nicht

überschätzt werden. Wahrscheinlich werden nahezu alle vorkommenden Bodentierarten des Makro- und Mega-Größenbereichs vom AGT erfaßt, die Fänge stellen also hinsichtlich des Arteninventars eine gute Stichprobe der Gemeinschaftsstruktur dar. Auch Infaunaarten werden durch das tiefpflügende Agassiz-Trawl gefangen (Kap. 4.7.1). Eine Maschenselektion kleiner Organismen ist ebenfalls nicht vollkommen, da das Netz im Steert schnell mit Schlamm gefüllt ist und die Maschen dann verstopft sind. Das Sieben und Sortieren der Fänge an Deck stellt wahrscheinlich einen Schritt in der Gewinnung der Proben dar, der wesentlich empfindlicher gegenüber methodischen Fehlern ist als der Fang selbst. Die relativen Häufigkeiten der Arten aber werden in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Fängigkeiten des AGT über- oder unterschätzt. Unterrepräsentiert sind sicherlich besonders tiefgrabende und besonders kleine Arten der Infauna sowie hyperbenthische Formen.

Unterwasser-Photographie

Im Gegensatz zu den AGT-Fängen liefert die Zählung der auf den UW-Photos sichtbaren Individuen für bestimmte Arten absolute Besiedlungsdichten (s.u.). Solche Werte sind auch durch quantitative Probennahmegeräte wie z.B. Backen- oder Kastengreifer zu erhalten. Bei einem Vergleich der photographisch ermittelten Abundanzwerte mit solchen aus Bodengreiferproben ist zu berücksichtigen, daß durch die beiden Probennahmemethoden grundsätzlich unterschiedliche Ausschnitte benthischer Lebensgemeinschaften erfaßt werden. Die Auswertung von UW-Photos ist auf relativ große, epibenthische Arten beschränkt. In den Greiferproben sind aber gerade diese selten zu finden, die makrobenthische Infauna wird mit höherer Effizienz erfaßt. Der Grund liegt in den kleineren Probenflächen (maximal 0.25 m^2), die in einem ungünstigen Verhältnis zu der räumlichen Skala der Verteilung und Aktionsradien großer, epibenthischer Arten steht. Deren Dichten werden unterschätzt, für diese Bodentiere ist die UWP die adäquate Methode zur Ermittlung absoluter Abundanzwerte. Ein Nachteil der UWP gegenüber Greifern ist, daß man nicht die Organismen selbst erbeuten kann, um die Artbestimmungen zu verifizieren und die Biomasse zu bestimmen. Eine Verzerrung der mit der UWP ermittelten Ergebnisse durch eine Flucht der Bodentiere, ausgelöst z.B. durch die Serie von Blitzen, ist bei der wenig aktiven Lebensweise der berücksichtigten Arten (Kap. 4.1) nicht zu erwarten.

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Ergebnisse, die auf der Auswertung der AGT-Fänge bzw. UWP-Proben beruhen, sind die Unterschiede in den räumlichen Skalen der erfaßten Meeresbodenflächen zu berücksichtigen. Mit dem AGT wurde die Bodenfauna über Schleppstrecken von 800 bis 3000 m, d.h. über einen Bereich von jeweils 2500 bis über 10000 m^2 beprobt. Im Falle der UWP gibt es zwei unterschiedliche Skalen. Die einzelnen Bilder bilden jeweils 1 m^2 des Meeresbodens ab, aus der Summe der auf einer Station aufgenommenen und auswertbaren Bilder ergibt sich die gesamte Stationsfläche von 16 bis 71 m^2 (Kap. 3.1.1). Die zweite zu berücksichtigende Skala ist die der Fläche, über die die einzelnen Bilder auf den verschiedenen Stationen verteilt sind. Form und Ausdehnung dieses Areal kann nur unter bestimmten Annahmen geschätzt werden (ca. 300 bis 700 m langer Streifen), da die Entfernungen zwischen den Aufnahmen nicht bekannt sind (Kap. 3.1.3). Auf jeden Fall ist die mit dem AGT erfaßte Fläche um bis zu eine Größenordnung größer.

Schätzung von mittleren Besiedlungsdichten und Biomassen

Absolute Werte der Besiedlungsdichte werden mit Hilfe der UW-Photos für eine Auswahl von 16 Arten (Kap. 4.1) ermittelt. Mit diesen Werten und den aus den AGT-Fängen zu berechnenden spezifischen mittleren Individualgewichten können

Biomassen abgeschätzt werden (Kap. 4.3). Im Verhältnis zum AGT ist der mit der UWP erfaßte Ausschnitt der Bodenfauna sehr viel kleiner. In diesem Zusammenhang ist interessant, welchen Anteil die berücksichtigten Arten an der Bodenfauna haben, soweit sie vom AGT erfaßt wird, d.h. inwieweit die photographisch ermittelten Werte der mittleren Besiedlungsdichte bzw. Biomasse die gesamte Bodenfauna repräsentieren (Tab. 3.4).

Tab. 3.4: Synopsis der AGT-Fänge und der UW-Photos aus der westlichen FRAM-Straße 1985:

Für jede Station ist angegeben: geschätzter Abstand zwischen den Einsätzen von AGT und UWP (AGT-UWP), Zahl der Arten im AGT-Fang, auf den UW-Photos und für AGT und UWP gemeinsam (gem), prozentuale Anteile der gemeinsamen Arten an den Artzahlen, Individuenzahlen und Gewichten der AGT-Fänge

Stat #	AGT-UWP m	Arten			Art %	Ind %	Gew %
		AGT	UWP	gem			
528	400	37	7	7	16	52	12
531	400	39	7	7	18	73	60
532	550	56	8	8	14	79	60
533	1250	40	5	5	13	41	16
534	600	58	8	8	14	92	70
535	400	41	8	8	20	90	70
536	300	78	10	10	13	41	51
539	200	36	5	5	14	70	76
540	3700	39	6	4	10	37	54
541	250	64	7	7	11	62	33
542	350	65	6	6	9	84	78
544	1400	58	8	7	12	85	95
545	200	30	10	9	30	75	8
546	150	46	6	5	11	90	68
Minimum					9	37	8
Maximum					30	92	95
Median					14	74	60
Mittel					14	69	54

Auf 10 von 14 Stationen sind alle Arten, die auf den Photos identifiziert und gezählt worden sind, auch in dem entsprechenden AGT-Fang vorhanden. Dort stellen sie zwischen 9% und 30% der Arten, zwischen 37% und 92% der Individuen und zwischen 8% und 95% der Fanggewichte. Die Spannweiten der Werte zeigen, daß nicht in allen Fällen von beiden Methoden der Probennahme benthische Gemeinschaften mit ähnlicher Zusammensetzung erfaßt worden sind. Die Größe der Mediane der Individuen- bzw. Gewichtsanteile, 74% bzw. 60%, macht jedoch deutlich, daß die relativ wenigen Arten, auf denen die Abschätzung der mittleren Besiedlungsdichten bzw. Biomassen beruht, in den meisten Fällen einen Großteil der AGT-Fänge ausmachen. Die berechneten Werte spiegeln also, obgleich grundsätzlich nur Schätzungen der mindestens vorhandenen Abundanz bzw. Biomasse, zumindest die Größenordnung der realen Verhältnisse wider.

Bei einer vergleichenden Beurteilung der Biomassewerte ist noch ein zweiter Aspekt zu berücksichtigen: Die mittleren Individualgewichte, mit denen die photographisch ermittelten Besiedlungsdichten umgerechnet werden, sind nicht Ergebnis direkter

Wägungen, sondern wurden aus den Feuchtgewichten mit Hilfe von taxonspezifischen Umrechnungsfaktoren geschätzt, die gerundet der Literatur entnommen worden sind (Kap. 3.2.1). Außerdem findet eine Mittelung über alle Stationen statt, eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Individuengröße zwischen den Stationen werden nicht erfaßt. Die kalkulierten Biomassewerte sind also im Verhältnis zu den Besiedlungsdichten sicherlich mit größeren Fehlern belastet.

Dispersion

Das Muster der kleinräumigen Verteilung wird über die Berechnung eines Dispersionskoeffizienten DK ermittelt (Kap. 3.2.3). In den Ergebnissen, die man mit dieser Methode erhält, ist nicht explizit die räumliche Skala des ermittelten Musters enthalten, sie muß aber bei der Interpretation berücksichtigt werden. Grundsätzlich sind zwei verschiedene hierarchisch geordnete Skalen zu beachten: die Fläche, über die das Verteilungsmuster ermittelt wird, und die darin eingebettete Dispersionseinheit, d.h. die Fläche, auf die sich der Dispersionskoeffizient bezieht. In diesem Fall sind dies die Gesamtfläche des photographisch erfaßten Meeresbodens auf einer Station und die Fläche, die ein einzelnes Photo abbildet. Während letztere mit hoher Genauigkeit bekannt ist (1 m^2), setzt sich erstere aus der Summe aller Einzelbilder und den unbekannt großen Abständen zwischen den einzelnen Aufnahmen zusammen (s.o.). Es ist deshalb mit der verwendeten Methode nicht möglich, die Ausdehnung von "patches" in einer räumlichen Skala größer als 1 m^2 zu schätzen. Die Ermittlung des kleinräumigen Verteilungsmusters ist auf die konstante, technisch vorgegebene Dispersionseinheit beschränkt. Ergebnisse mit höherem Informationsgehalt, d.h. solche, die Merkmale eines real vorhandenen Musters wiedergeben wie z.B. Ausdehnung von "patches", Entfernungen zwischen ihnen usw., können grundsätzlich nicht gewonnen werden.

Artenzahl und Dominanzmuster

Die Artenzahl hat theoretisch einen großen Informationsgehalt, da sie unter einer ökologischen Betrachtungsweise die Anzahl der besetzten Nischen angibt und somit ein direktes Maß der ökologischen Vielfalt des untersuchten Lebensraums ist. Der konkret ermittelte Wert ist aber in starkem Maße abhängig von der Probengröße, also der Skala der beprobten Flächen (SANDERS 1968, GERLACH 1971), und von methodischen Faktoren wie Selektivität des Probennahmegeräts, Vorgehen beim Aussortieren der Tiere aus den Proben, Bestimmungsaufwand usw. Bei der Schätzung der wahren Verhältnisse ist dieser Parameter somit sehr empfindlich gegen den verzerrenden Einfluß systematischer Fehler. Gerade die seltenen, mit nur wenigen Individuen vorkommenden Arten werden mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit von der Stichprobe nicht erfaßt. Sie können aber einen großen Anteil an der wahren Artenzahl stellen, so daß die ermittelte Artenzahl den realen Wert in einem unbekanntem Ausmaß unterschätzt. Unter Berücksichtigung der Fangmethode (s.o.), der zum Teil sehr unterschiedlichen Probengrößen (Kap. 4.3: Gesamtindividuenzahlen in den Fängen) und der Tatsache, daß die quantitative Auswertung auf eine Auswahl der Arten beschränkt wird (Kap. 3.2.1), ist eine vergleichende Interpretation der in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte problematisch.

Die mit der Artenzahl verknüpfte **Diversität** ist theoretisch ebenfalls ein wichtiges Merkmal einer Gemeinschaft. Ihr Konzept ist aber nicht klar formuliert, weil mehrere unterschiedliche Aspekte in ihr enthalten sind (HURLBERT 1971). Eine Messung der Diversität fällt deshalb schwer. Zu diesem Zweck sind verschiedene Indizes entwickelt worden (HEIP & ENGELS 1974). Alle berücksichtigen in einer Maßzahl gleichzeitig, aber in unterschiedlichem Ausmaß sowohl den Artenreichtum als auch die Verteilung der Individuen auf die Arten. Wie bei der Artenzahl ist aber eine

eindeutige Abhängigkeit von der Probengröße erkennbar (HURLBERT 1971). Dies gilt auch für die Äquitätsindizes, die eigentlich unabhängig von der Artenzahl nur das Muster der Individuenverteilung messen sollen, aber in jedem Fall von Diversitätsindizes abgeleitet sind. Auf die Berechnung dieser Indizes wurde deshalb verzichtet. Stattdessen wird das **Dominanzmuster** in seiner Gesamtheit mit Hilfe von Dominanzkurven (LAMBSHEAD et al. 1983) beschrieben (Kap. 3.2.3). Diese Methode wird vor allem deshalb eingesetzt, weil sie im Vergleich zu Diversitätsindizes grundsätzlich weniger empfindlich gegenüber systematischen Fehlern ist, die aus der Probenahme mit dem AGT oder aus der Beschränkung auf eine Auswahl von Arten (Kap. 3.2.1) resultieren. Sie berücksichtigt nur die Verteilung der Individuen oder deren Gewichte auf die Arten und vermeidet so außerdem die konzeptionellen Mehrdeutigkeiten der Diversitätsindizes. Ein weiterer Vorteil ist die leichtere Interpretierbarkeit. Sie liefert hinsichtlich eines Diversitätsvergleichs das gleiche Ergebnis wie die "Rarefaction"-Methode nach SANDERS (1968), hat aber gegenüber diesem Verfahren den Vorteil, daß bei sehr unterschiedlichen Probengrößen Unterschiede klarer zu erkennen sind (LAMBSHEAD et al. 1983). Außerdem ist die Berechnung der Dominanzkurven weniger aufwendig als die der nach SIMBERLOFF (1972) und HURLBERT (1971) korrigierten "Rarefaction"-Kurven.

Bestimmung der Arten und Zoogeographie

Die Bestimmung der gefangenen Arten und die Ermittlung ihrer zoogeographischen Verbreitung erforderte den größten zeitlichen Aufwand bei der Auswertung des Probenmaterials. In etlichen Fällen wurden die Arten von Experten der zoologischen Museen der Universitäten Kopenhagen und Hamburg determiniert (Kap. 3.2.1). Die verwendeten taxonomischen und zoogeographischen Literaturquellen sind in vielen Fällen älteren Datums (Kap. 3.2.1). Es fehlt weitgehend an neueren Zusammenfassungen. Insbesondere die Ergebnisse russischer Autoren konnten nur dem Werk von ZENKEVITCH (1963) entnommen werden.

Die bestimmten Arten werden in drei zoogeographische Kategorien eingeteilt: (1) arktisch, (2) atlantoboreal-arktisch, (3) amphiboreal-arktisch (Kap. 3.2.3). Diese Einteilung ist recht grob, Arten mit unterschiedlicher Verbreitung sind zusammengefaßt: Zur Kategorie (1) gehören sowohl Arten, die circumpolar verbreitet sind, als auch solche, die nur im atlantischen oder pazifischen Sektor der Arktis vorkommen. Zu den Kategorien (2) und (3) gehören weitverbreitete Arten, deren Verbreitungsgebiete sich von der Arktis bis in die Subtropen oder gar Tropen erstrecken sowie boreoarktische Arten und panarktische Arten im Sinne von EKMAN (1953). Dies grobe Raster wird jedoch bewußt verwendet, weil für viele Arten das genaue Verbreitungsgebiet nicht bekannt ist und sie deshalb in einer feineren Einteilung nicht richtig eingeordnet werden können. Die verwendete Klassifikation erfaßt in ausreichendem Maß zwei Aspekte des zoogeographischen Charakters des Untersuchungsgebiets: Beziehung zur borealen Faunenregion sowie Beziehung zum Atlantik oder Pazifik. Sie erlaubt Aussagen zur Einwanderungsgeschichte.

Lebensformtypen

Eine ökologische Charakterisierung der Faunenzusammensetzung erfolgt unter drei Aspekten: Modus der Bodenbesiedlung, Ernährung und Reproduktion (Kap. 4.7). Im Gegensatz zur diskontinuierlichen, taxonomischen Klassifikation existieren zwischen Lebensformtypen keine scharfen Grenzen, die Arten sind entlang eines Kontinuums zwischen extremen Ausprägungen verteilt. Deshalb sind ökologische Kategorien grundsätzlich nicht eindeutig zu definieren, für etliche Arten ist eine sichere Zuordnung nicht möglich.

Die Arten werden gemäß ihres Modus der Bodenbesiedlung in **Epi- und Endofauna** eingeteilt (Kap. 3.2.3). Ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich, z.B. bei Seesternen, dann wird die Lebensweise während der Aktivitätsperioden der Einteilung zugrunde gelegt. Das als Sammelgerät ausschließlich verwendete Agassiz-Trawl erfaßt zwar vor allem das Epibenthos, wühlt aber auf Weichboden auch die oberste Schicht auf und fängt die zeitweilig oder dauernd nahe der Oberfläche lebenden Arten des Makro- und Megaendobenthos. Ein Vergleich der verschiedenen Zonen des Untersuchungsgebiets hinsichtlich des endobenthischen Faunenanteils ist deshalb möglich und sinnvoll.

Die Beschreibung der trophischen Struktur beschränkt sich auf nur einen **Ernährungstyp**, die Suspensionsfresser (Kap. 3.2.3). Das Verhältnis Endobenthos - Epibenthos ist mit diesem Aspekt eng verknüpft. Die explizite Darstellung erscheint aber im Hinblick auf einen Vergleich mit den Agassiz-Trawlfängen von VOß (1988) im antarktischen Weddellmeer sinnvoll (Kap. 5.3). Die Einteilung der Arten in weitere trophische Kategorien wie z.B. Substratfresser, Räuber oder Aasfresser erwies sich in vielen Fällen als nicht möglich. Für etliche Arten ist die Ernährungsweise nicht genau bekannt, andere wiederum sind so flexibel in der Art und Weise des Nahrungserwerbs, daß eine eindeutige Klassifizierung schwerfällt. So ist z.B. gerade für mehrere der in den Fängen wichtigen Schlangensterntypen eine Zuordnung in die Kategorien Substratfresser, Aasfresser oder auch Räuber denkbar, da die Tiere als "unselektive Omnivore" (PEARSON & GAGE 1984, FRATT & DEARBORN 1984) alle genannten Ernährungsweisen nutzen können. Unter Berücksichtigung dieser Schwierigkeiten wird nur zwischen den Typen "Suspensionsfresser" und "sonstige" unterschieden: Erstere nutzen die partikuläre organische Substanz, die im freien bodennahen Wasser drifftet; zu letzteren gehören die "deposit-feeders", etwas ungenau mit Substratfresser übersetzt, die sich von dem organischen Material nach der endgültigen Ablagerung auf dem Meeresboden ernähren, sowie die in höheren trophischen Stufen stehenden Räuber und Aasfresser. Es gibt kaum Generalisten, die nicht in das grobe Schema passen. Trotz der geringen Auflösung der trophischen Struktur durch die Beschränkung auf nur zwei Kategorien werden fundamentale Unterschiede in den Ernährungsweisen erfaßt, die spezifische Anpassungen an Menge und zeitliches Muster der Nahrungsversorgung des Benthos darstellen (LEVINTON 1972, MILLS 1975).

In Anlehnung an JABLONSKI & LUTZ (1983) werden die Arten hinsichtlich des **Typs ihrer larvalen Entwicklung** in zwei Kategorien eingeteilt: (1) planktotroph und (2) nonplanktotroph (Kap. 3.2.3). Diese Klassifikation ist nur eine von mehreren möglichen (TURNER et al. 1986), sie gliedert das breite Spektrum der existierenden Reproduktionsstrategien sehr grob auf einer ökologischen Grundlage. Die Gruppen ergeben sich aus der Quelle der Nahrung der frühen Lebensstadien: Planktotrophe Larven müssen sich während einer mehr oder minder langen pelagischen Phase von planktonischen Organismen ernähren. Diese Kategorie ist relativ klar abzugrenzen und homogen, sie wird von vielen Autoren verwendet (THORSON 1946 und 1950, OCKELMANN 1965, MILEIKOVSKY 1971). Wesentlich heterogener ist die "nonplanktotrophe" Gruppe. In ihr sind alle anderen, sehr unterschiedlichen Entwicklungstypen zusammengefaßt (TURNER et al. 1986). Ihnen allen gemeinsam ist aber, daß die frühen Lebensstadien nicht auf planktonische Nahrung angewiesen sind. In keiner Phase ihrer ontogenetischen Entwicklung gehören Arten dieses Typs trophisch gesehen zum pelagischen Ökosystem. Ein freies Larvenstadium ist, wenn überhaupt vorhanden, nur kurz, während dieser Zeit zehrt die Larve vom Dottervorrat und nimmt nicht aktiv Nahrung auf ("lecithotroph" sensu THORSON 1946). Eine feinere Klassifikation ist im Rahmen dieser Arbeit nicht praktikabel und auch nicht angemessen. Zum einen ist die Reproduktionsbiologie vieler gefangener Arten nicht bekannt, sie können selbst unter Verwendung eines groben Rasters keiner Kategorie zugeordnet werden (Kap. 4.7.3). Etliche Arten werden nur aufgrund der Größe und des Dottergehalts ihrer Eier in die "nonplanktotrophe" Gruppe sortiert (THORSON

1936, 1946). Zum anderen ist der Zweck der Klassifikation hier nicht die möglichst vollständige Erfassung der verschiedenen ontogenetischen Entwicklungsstrategien.

Schlußfolgerung: Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen

Eine vergleichende Diskussion meiner Ergebnisse hinsichtlich Faunenzusammensetzung, Artenzahlen und Abundanzen der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße im Rahmen der Ergebnisse anderer Autoren ist problematisch; Fast alle Benthosuntersuchungen in arktischen Gebieten mit quantitativ-gemeinschaftsanalytischen Fragestellungen beruhen auf Bodengreiferproben und erfassen somit vor allem die kleine Makrofauna (CURTIS 1975); durch die von mir verwendeten Geräte (Agassiz-Trawl und UW-Photographie) wird dagegen vor allem die große Makro- und Megafauna berücksichtigt. Bei einem Vergleich festgestellte Übereinstimmungen oder Unterschiede können deshalb methodisch bedingte Artefakte sein. Vor allem für quantitative Aspekte wie Artenzahlen und absolute Abundanzen sind realistischere Aussagen zu Tendenzen und Größenordnungen möglich.

VOß (1988) hat im antarktischen Weddellmeer dieselben Geräte zur Beprobung des Benthos verwendet. Die Ergebnisse seiner Arbeit sind deshalb besonders gut vergleichbar mit denen der vorliegenden Untersuchung. Unterschiede oder Übereinstimmungen in der Bodentierbesiedlung eines arktischen und eines antarktischen Schelfgebiets können unbelastet von methodischen Verzerrungen dargestellt werden.

4 ERGEBNISSE

4.1 Arten in den AGT-Fängen und auf den UW-Photos

Aus den 17 Fängen des Agassiz-Trawls (AGT) wurden insgesamt 223 Arten bestimmt, darunter 54 Mollusca (Weichtiere), 45 Polychaeta, 31 Crustacea (Krebse) und 34 Echinodermata (Stachelhäuter). Nach den in Kap. 3.2.1 angegebenen Kriterien wurden 137 Arten aus den Taxa Sipunculida, Priapulida, Echiurida, Mollusca, Polychaeta, Pantopoda, Crustacea, Echinodermata und Pisces für die weitere Auswertung ausgewählt. Sie sind in der folgenden Artenliste mit einem * gekennzeichnet. Zu den nicht berücksichtigten Arten gehören alle Schwämme, Hydrozoen, Anthozoen, Bryozoen, Brachiopoden und Ascideacea sowie 47 seltene Arten aus den o.g. Taxa. Die etwa fünf Schwammarten sind nicht bestimmt, sondern Herrn O. Tendal (Zoologisches Museum der Universität Kopenhagen) zur taxonomischen Bearbeitung überlassen worden.

Hydrozoa

Thuiaria lonchitis (ELLIS & SCHOLANDER)
Lafoea fruticosa (M.SARS)
Halecium muricatum (ELLIS & SCHOLANDER)

Anthozoa

Umbellula encrinus (L.)
Virgularia glacialis KÖLLIKER, 1872
Gersemia rubiformis (EHRENBERG, 1834)
Capnella glomerata (VERRILL)
Cerianthus spec.
Epizoanthus cf. lindahli CARLGREN

Bryozoa

Hornera lichenoides (L.)
Diplosolen intricarius (SMITT, 1878)
Alcyonidium diaphanum (HUDSON, 1762)
Myriopora subgracilis (D'ORBIGNY, 1852)
Palmicellaria plana (HINCKS, 1888)
Palmicellaria skenei var. *tridens* (BUSK, 1856)
Parasmittina jeffreysi (NORMAN, 1903)
Smittoidea reticulata (MACGILLIVRAY, 1842)
Sertella rara (JULLIEN, 1888)
Tubicellepora nodulosa (LORENZ, 1886)
Amphiblestrum septemtrionalis (KLUGE, 1906)
Porella concinna (BUSK, 1854)
Pseudoflustra solida (STIMPSON, 1854)

Brachiopoda

Hemithyris psittacea (GMELIN, 1782)
Waldheimia cranium (MÜLLER, 1776)

Sipunculida

Sipunculus norvegicus KOREN & DANIELSSEN
 * *Phascolion strombi* (MONTAGU)
 * *Phascolosoma minutum* (KEFERSTEIN)

Priapulida

* *Priapulus bicaudatus* (KOREN & DANIELSSEN)

Echiurida

- * *Hamingia arctica* KOREN & DANIELSSEN

Mollusca

- Solenogastres *Proneomenia spec.*
- Scaphopoda * *Siphonodentalium lobatum* (SOWERBY, 1860)
- Gastropoda * *Lepeta caeca* (MÜLLER, 1776)
- * *Margarites costalis* (COUTHOUY, 1838)
- * *Margarites helacinus* (PHIPPS, 1774)
- Margarites olivaceus* (BROWN, 1827)
- * *Alvania janmayeni* (FRIELE, 1878)
- * *Trichotropis borealis* BRODERIP & SOWERBY, 1829
- Trichotropis conica* MÖLLER, 1842
- * *Lunatia pallida* (BRODERIP & SOWERBY, 1829)
- * *Natica clausa* BRODERIP & SOWERBY, 1829
- * *Onchidiopsis glacialis* (M.SARS, 1851)
- * *Anomalosiphon verkrüzeni* (KOBELT, 1846)
- * *Volutopsius norvegicus* (GMELIN, 1791)
- * *Colus lachesis* (MÖRCH, 1869)
- * *Colus togatus* (MÖRCH, 1869)
- * *Colus tortuosus* (REEVE, 1855)
- * *Colus cf. glaber* (VERKRÜZEN, 1876)
- * *Colus cf. latericeus* (MÖLLER)
- Neptunea despecta* (L.)
- * *Buccinum hydrophanum* HANCOCK
- * *Buccinum micropoma* JENSEN
- * *Lora cf. trevylina* (TURTON)
- * *Lora elegans* (MÖLLER, 1842)
- * *Cylichna magna* LEMCHE, 1841
- * *Cylichna alba* (BROWN, 1827)
- Philine lima* (BROWN, 1827)
- Bivalvia *Nucula tenuis* MONTAGU, 1808
- * *Nuculana pernula* (MÜLLER, 1779)
- * *Yoldiella lenticula* (MÖLLER, 1842)
- * *Yoldiella intermedia* (M.SARS, 1865)
- * *Yoldiella frigida* (TORELL, 1859)
- * *Batharca glacialis* (GRAY, 1824)
- Batharca frielei* JEFFREYS MS (FRIELE, 1877)
- Dacrydium vitreum* (MÖLLER, 1842)
- Musculus dicors* (L.)
- * *Arctynula greenlandica* (SOWERBY, 1842)
- * *Cyclopecten imbrifer* (LOVEN, 1845)
- * *Astarte crenata* (GRAY, 1824)
- Astarte elliptica* (BROWN, 1827)
- Astarte montagui f. warhami* HANCOCK, 1846
- Axinopsida orbiculata* (G.O.SARS, 1878)
- Macoma loveni* JENSEN, 1904
- * *Hiatella arctica* (L.)
- Poromya granulata* (NYST & WESTENDORF)
- * *Cuspidaria glacialis* (G.O.SARS, 1878)
- * *Cuspidaria arctica* (G.O.SARS, 1878)
- Cuspidaria subtorta* (G.O.SARS, 1878)
- Cephalopoda * *Bathypolypus arcticus* (PROSCH, 1849)

Polychaeta

- Errantia * *Eunoe oerstedii* MALMGREN, 1865
- * *Harmothoe sarsi promanne* (MALMGREN, 1867)

- Sedentaria
- * *Paranaitis* cf. *wahlbergi* (MALMGREN, 1865)
 - * *Phyllodoce groenlandica* OERSTED, 1843
 - Typosyllis cornuta* (RATHKE, 1843)
 - Typosyllis fasciata* (MALMGREN, 1867)
 - * *Nereis zonata* MALMGREN, 1867
 - * *Nephtys paradoxa* MALM, 1864
 - Nephtys ciliata* (MÜLLER, 1776)
 - * *Aglaophamus malmgreni* THEEL, 1879
 - * *Onuphis conchylega* M.SARS, 1835
 - * *Lumbrineris impatiens* (CLAPAR DE, 1868)
 - * *Lumbrineris fragilis* (MÜLLER, 1776)
 - * *Laonice cirrata* (M.SARS, 1851)
 - Tharyx* spec.
 - * *Pherusa plumosa* (MÜLLER, 1776)
 - Diplocirrus hirsutus* (HANSEN, 1879)
 - * *Brada inhabilis* (RATHKE, 1843)
 - Scalibregma inflatum* RATHKE, 1843
 - * *Ophelina acuminata* OERSTED, 1843
 - Ophelina cylindricauda* (HANSEN, 1878)
 - * *Notomastus latericeus* M.SARS, 1851
 - * *Maldane sarsi* MALMGREN, 1865
 - * *Nicomache lumbricalis* (F.)
 - * *Nicomache quadrispinata* ARVIDSSON, 1906
 - Euclymene gracilis* (SARS, 1861)
 - Euclymene* cf. *praetermissa* (MALMGREN, 1865)
 - * *Melinna cristata* (M.SARS, 1851)
 - * *Amphicteis gunneri* (M.SARS, 1835)
 - * *Samythella neglecta* WOLLEBAEK, 1912
 - * *Mellinopsis arctica* (ANNENKOVA, 1931)
 - * *Glyphanostomum pallescens* (THEEL, 1879)
 - Amage auricula* MALMGREN, 1866
 - Artacama proboscidea* MALMGREN, 1866
 - Nicolea* spec.
 - * *Pista maculata* (DALYELL, 1853)
 - * *Thelepus cincinnatus* (F., 1780)
 - * *Terebellides stroemi* M.SARS, 1835
 - Potamilla neglecta* (M.SARS, 1851)
 - * *Branchioma bombyx* (DALYELL, 1853)
 - * *Chone duneri* MALMGREN, 1867
 - Chone infundibuliformis* KRÖYER, 1856
 - * *Euchone papillosa* (M.SARS, 1851)
 - * *Apomatus similis* MARION & BOBRETZKY, 1875

Pantopoda

- Cordylochele brevicollis* G.O.SARS, 1891
- * *Nymphon stroemi* KRÖYER
- * *Nymphon elegans* HANSEN
- * *Nymphon leptocheles* G.O.SARS, 1891
- * *Nymphon sluiteri* HOEK
- * *Chaetonymphon hirtipes* (BELL, 1855)
- * *Boreonymphon abyssorum* (NORMAN, 1873)
- * *Colossendeis proboscidea* (SABINE)
- * *Colossendeis angusta* G.O.SARS, 1891

Crustacea

- Cirripedia
- * *Balanus balanus* (L.)
 - * *Scalpellum* cf. *nymphocola* HOEK, 1883

- Cumacea
- * *Diastylis goodsiri* (BELL)
 - Diastylis spinulosa* HELLER
 - Diastylis cf. rathkei* (KRÖYER)
- Isopoda
- * *Arcturus baffini* (SABINE)
 - * *Arcturus cf. hystrix* G.O.SARS, 1885
 - * *Munnopsis typica* M.SARS
 - * *Calathura brachiata* STIMPSON
 - Gnathia stygia* (G.O.SARS, 1885)
- Amphipoda
- * *Anonyx nugax* (PHIPPS, 1774)
 - Tmetonyx cicada* (F.)
 - * *Hippomedon cf. propinquus* G.O.SARS, 1895
 - * *Stegocephalus inflatus* KRÖYER
 - Halirages quadridentatus* G.O.SARS, 1876
 - * *Epimeria loricata* SARS
 - * *Acanthozone cuspidata* (PHIPPS)
 - Amathillopsis spinigera* HELLER
 - * *Atylus smitti* (GOES, 1866)
 - * *Rachotropis aculeata* (LEPECHIN)
 - * *Arrhis phyllonyx* (M.SARS, 1858)
 - Ampelisca eschrichtii* KRÖYER, 1842
 - * *Caprella cf. dubia* HANSEN, 1887
- Decapoda
- * *Bythocaris cf. leucopis* G.O.SARS, 1885
 - * *Spirontocaris gaimardi* (MILNE-EDWARDS, 1837)
 - * *Spirontocaris polaris* (SABINE, 1824)
 - Spirontocaris spinus* (SOWERBY, 1806)
 - * *Sclerocrangon ferox* (SARS, 1877)
 - * *Sabinea septemcarinata* (SABINE, 1824)
 - * *Pandalus borealis* KRÖYER, 1845

Echinodermata

- Crinoidea
- * *Poliometra proluxa* (SLADEN)
 - * *Heliometa glacialis* (LEACH)
- Asteroidea
- * *Ctenodiscus crispatus* (RETZIUS, 1805)
 - * *Pontaster tenuispinus* (DÜBEN & KOREN, 1846)
 - * *Bathybiaster vexillifer* (WYVILLE THOMSON, 1873)
 - * *Poraniomorpha tumida* (STUXBERG, 1878)
 - * *Poraniomorpha bidens* MORTENSEN, 1922
 - Pteraster pulvillus* M.SARS, 1861
 - Pteraster militaris* (MÜLLER, 1776)
 - * *Hymenaster pellucidus* WYVILLE THOMSON, 1873
 - * *Henricia perforata* O.F. MÜLLER, 1776
 - * *Henricia sanguinolenta* O.F. MÜLLER, 1776
 - * *Korethraster hispidus* WYVILLE THOMSON, 1873
 - * *Solaster papposus* (L.)
 - Solaster squamatus* DÖDERLEIN, 1900
 - Lophaster furcifer* (DÜBEN & KOREN, 1846)
 - * *Urasterias lincki* (MÜLLER & TROSCHER, 1842)
 - * *Icasterias panopla* (STUXBERG, 1878)
- Ophiuroidea
- * *Gorgonocephalus eucnemis* (MÜLLER & TROSCHER, 1842)
 - Gorgonocephalus arcticus* LEACH
 - * *Ophioscolex glacialis* MÜLLER & TROSCHER, 1842
 - * *Ophiacantha bidentata* (RETZIUS, 1805)
 - Ophiopholis aculeata* (L.)
 - * *Ophiopus arcticus* LJUNGMAN, 1866
 - Amphiura sundevalli* (MÜLLER & TROSCHER, 1842)
 - * *Ophiura robusta* (AYRES, 1851)
 - * *Ophiocten sericeum* (FORBES, 1852)

- Echinoidea
 - * *Ophiopleura borealis* DANIELSSEN & KOREN, 1877
 - * *Strongylocentrotus pallidus* (SARS, 1871)
- Holothuroidea
 - * *Pourtalesia jeffreysi* WYVILLE THOMSON, 1873
 - * *Molpadia arctica* (v. MARENZELLER)
 - * *Psolus phantapus* (STRUSSENFELT, 1765)
 - * *Myriotrochus rincki* STEENSTRUP

Ascidacea

- Ascidia prunum* MÜLLER
- Pyura ovifera* (L.)
- Styela gelatinosa* TRAUSTEDT, 1886

Pisces

- Raja hyperborea* COLLETT, 1878
- * *Boreogadus saida* (LEPECHIN, 1774)
- * *Liparis koefodi* PARR, 1932
- * *Careproctus reinhardti* KRÖYER, 1862
- * *Lycodes reticulatus* REINHARDT, 1838
- * *Lycodes seminudus* REINHARDT, 1838
- * *Lycodes pallidus* COLLETT, 1878
- * *Lycodes eudipleurostictus* JENSEN, 1901
- * *Gymnelis retrodorsalis* (DANOIS)
- * *Lycenchelis kolthoffi* JENSEN, 1904
- * *Arteidiellius atlanticus* JORDAN & EVERMANN, 1898
- * *Icelus bicornis* (REINHARDT, 1839)
- * *Triglops pingeli* REINHARDT, 1838
- * *Cottunculus microps* COLLETT, 1874
- Hippoglossoides platessoides* (F., 1780)

Insgesamt 184162 Individuen der 137 ausgewählten Arten mit einem Gesamtgewicht von 18504.4 g wurden gezählt und gewogen. Hier und auch im folgenden sind alle Gewichtsangaben Werte, die aus den Feuchtgewichten mit Hilfe taxonspezifischer Umrechnungsfaktoren ermittelt wurden (Kap. 3.2.1). Sie werden als "organische" Gewichte bezeichnet, da sie zumindest in der Größenordnung des organischen Anteils der Feuchtgewichte liegen und somit Schätzungen der Biomasse darstellen. Für einen Vergleich der Stationen werden alle Werte auf eine vom AGT überstrichene Bezugsfläche von 1000 m² standardisiert (Kap. 3.1). Die so berechneten Einheitsfänge (EFI auf der Grundlage von Individuenzahlen, EFG auf der Grundlage von "organischen" Gewichten) für jede Art und Station werden in zwei Datensätzen zusammengefaßt. Sie bilden die Grundlage der weiteren Auswertungen.

In der quantitativen Auswertung der **UW-Photos (UWP)** wurden insgesamt 16 Arten berücksichtigt: eine Muschel, zwei Polychäten und 13 Stachelhäuter (ein Haarstern, fünf Seesterne, fünf Schlangensterne, ein Seeigel und eine Seegurke):

Arctinula greenlandica

Onuphis conchylega
Thelepus cincinnatus

"Crinoidea"
Ctenodiscus crispatus
Pontaster tenuispinus
Hymenaster pellucidus

Solaster papposus
Icasterias panopla
Ophioscolex glacialis
Ophiacantha bidentata
Ophiura robusta
Ophiocten sericeum
Ophiopleura borealis
Strongylocentrotus pallidus
Psolus phantapus

Jede Art kommt auch in den Fängen mit dem Agassiz-Trawl vor. Die beiden im Untersuchungsgebiet gefundenen Haarsterne, *Heliometra glacialis* und *Poliometra proluxa*, sind auf den Bildern nicht zu unterscheiden und gehen gemeinsam als Kategorie "Crinoidea" in die Auswertung ein. Drei Arten genügen strenggenommen nicht den in Kap. 3.2.1 angegebenen Auswahlkriterien. Im Falle des erranten Polychäten *Onuphis conchylega* wurden nicht direkt die Individuen, sondern die auf dem Meeresboden liegenden, charakteristisch geformten Röhren dieser Art gezählt. Der Fehler bei einer Bestandsabschätzung ist aber wahrscheinlich gering; denn in jeder der mit dem AGT erbeuteten Röhren wurde ein lebender Wurm gefunden. Wahrscheinlich zerfällt eine Röhre sehr rasch, wenn sie nicht bewohnt wird. Im Falle des sedentären Polychäten *Thelepus cincinnatus* wurden die gut erkennbaren Sedimentstrukturen gezählt, die durch den Bau seiner großen, gewundenen Röhre und die Tätigkeit seiner Tentakel hervorgerufen werden. Im Untersuchungsgebiet ist *T. cincinnatus* als einzige terebellide Borstenwurmart groß genug, um für solche Strukturen verantwortlich zu sein. Die Seegurke *Psolus phantapus* lebt halb eingegraben im Sediment, ist aber auf den Photos an ihrer großen Tentakelkrone zu erkennen.

Auf allen 1108 ausgewerteten Photos von 19 Stationen (Kap. 3.1) wurden insgesamt 116804 Individuen der ausgewählten 16 Arten gezählt. Die pro Station gezählten Werte jeder Art wurden ebenfalls in einer Arten-Stations-Matrix zusammengefaßt.

4.2 Abgrenzung der Stationsgruppen

Die Stationen unterscheiden sich hinsichtlich Größe und Zusammensetzung der AGT-Fänge und UWP-Proben, d.h. die heterogene Gesamtheit der Stationen zerfällt in mehrere homogenere Stationsgruppen. Diese Gruppen wurden mit Hilfe der agglomerativ-hierarchischen Clusteranalyse (Kap. 3.2.2) auf der Grundlage dreier Arten-Stations-Matrizen identifiziert: zwei mit jeweils 17 Stationen und 137 Arten, in denen die Einheitsfänge (EFI bzw. EFG) der AGT-Hols zusammengefaßt sind, und eine mit 19 Stationen und einer Auswahl von 16 Arten, die aus photographisch ermittelten Besiedlungsdichten besteht. Auf 14 von insgesamt 22 Stationen sind sowohl UWP als auch AGT eingesetzt worden (Kap. 3.1).

Die qualitative Analyse der AGT-Fänge mit dem Jaccard-Index (JA) gruppiert die 17 Stationen in drei Cluster (Abb. 4.1), die sich hinsichtlich ihrer Tiefenlage klar unterscheiden: BANK umfaßt drei Stationen auf dem Schelfrücken der Belgica-Bank mit Tiefen weniger als 100 m, HANG sechs Stationen am Kontinentalabhang mit Tiefen von 300 bis über 800 m und TRANS die restlichen acht Stationen, geographisch und bathymetrisch mit Tiefen zwischen 170 und 270 m zwischen den beiden erstgenannten Gruppen liegend. Diese Dreiteilung zeigt sich auch bei den quantitativen Analysen der Einheitsfänge EFI (Abb. 4.2) und EFG (Abb. 4.3). Nur die Station 544 fällt nicht mehr in das Cluster HANG, sondern wird in die Gruppe TRANS sortiert. Das Cluster TRANS läßt sich zwar immer von den beiden anderen Gruppen abgrenzen, ist aber in seiner Zusammensetzung heterogen. TRANS stellt wahrscheinlich eine Übergangsgruppe dar, die unter gleichzeitiger Betrachtung aller Dendrogramme in drei Untergruppen gegliedert werden kann, wenn auch nicht so deutlich wie die Abgrenzung der Cluster BANK, HANG und TRANS: die beiden Stationen 533 und 540 (TRANS FLACH) vom östlichen Rand des flachen Schelfrückens, die Stationen 531, 535 und 539 (TRANS TIEF) am Schelfrand bzw. in der zentralen Senke der Bank sowie die Stationen 536 und 537 (TRANS RAND) am seewärtigen Schelfrand. Diese Stationen werden in allen Dendrogrammen jeweils zusammen gruppiert. Die Stationen 532 und 544 lassen sich den genannten Gruppen bzw. Untergruppen nicht eindeutig zuordnen, sie werden in den verschiedenen Läufen unterschiedlich sortiert. Die größte Affinität zeigen sie zur Untergruppe TRANS RAND.

Bei den UWP-Proben führt das qualitative Distanzmaß JA wegen der Beschränkung auf nur 16 Arten nicht zu sinnvollen Ergebnissen. Mit den mittleren Normdistanzen werden die insgesamt 19 Stationen in vier Cluster gruppiert (Abb. 4.4). Deutlich abzugrenzen sind sieben Stationen mit Tiefen von 80 bis 100 m. Dieses Cluster entspricht der Gruppe BANK mit den Stationen 534, 541 und 542 in den Analysen der AGT-Fänge. Hinzugekommen sind drei Stationen, auf denen das AGT nicht eingesetzt worden ist (596, 597 und 598) sowie Station 540, die bei den AGT-Fängen in die Übergangsgruppe TRANS eingeordnet wird. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß auf dieser Station zwischen den Einsätzen von UWP und AGT eine Zeitspanne von 46 Minuten liegt. Während dieser Zeit trieb das Schiff 60 m hangaufwärts (Tab. 3.2). Im folgenden wird deshalb die UWP-Probe als Station 540a gekennzeichnet. Die restlichen 12 Stationen sind in drei Cluster einzuteilen, die im wesentlichen entsprechenden Gruppen der AGT-Fänge zuzuordnen sind: vier Stationen (528, 536, 545 und 546) bilden das Cluster HANG, vier (531, 535, 539 und 544) die Gruppe TRANS TIEF und vier (532, 533, 594 und 599) die Gruppe TRANS FLACH. Die Gruppierung der Stationen 594 und 599 zusammen mit der Station 533 macht Sinn, da sie geographisch und bathymetrisch in einer Zone liegen. Die eindeutige Zuordnung zwischen Gruppen in den Analysen der AGT-Fänge und UWP-Proben wird gestört durch die Sortierung der drei Stationen 532, 536 und 544, die bei den AGT-Fängen die schlecht abgegrenzte Untergruppe TRANS RAND bilden.

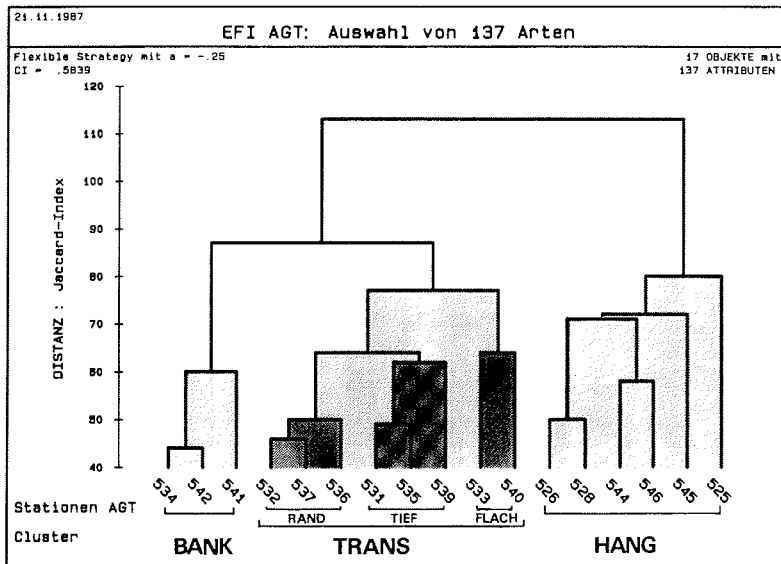


Abb. 4.1: Dendrogramm der 17 AGT-Stationen (qualitative Analyse mit dem Jaccard-Index)

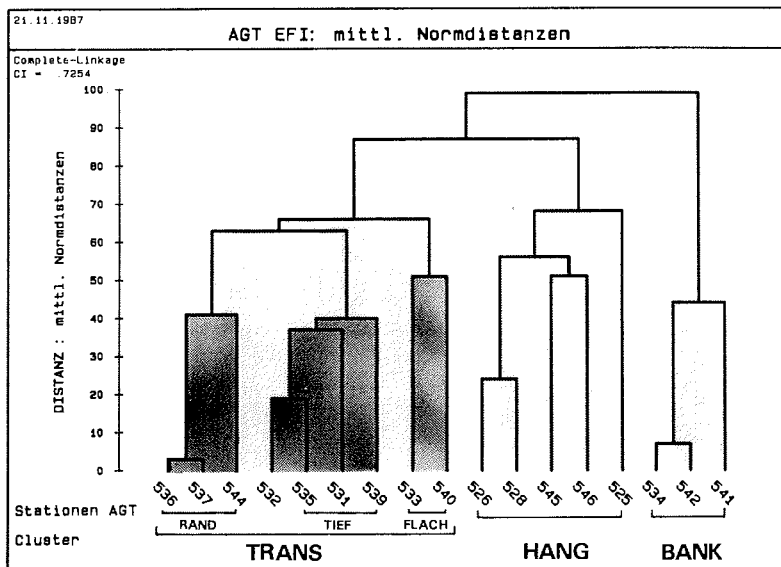


Abb. 4.2: Dendrogramm der 17 AGT-Stationen (quantitative Analyse auf der Grundlage der Einheitsfänge bezüglich Individuen EFI)

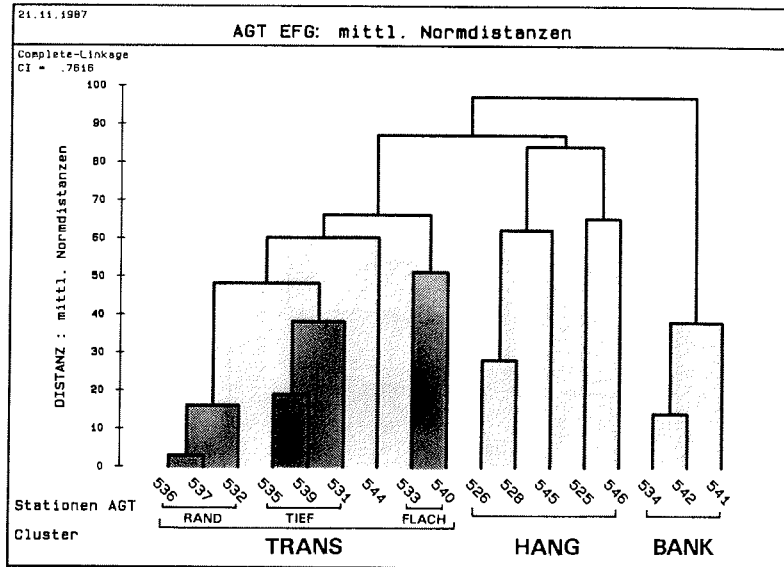


Abb. 4.3: Dendrogramm der 17 AGT-Stationen (quantitative Analyse auf der Grundlage der Einheitsfänge bezüglich Gewicht EFG)

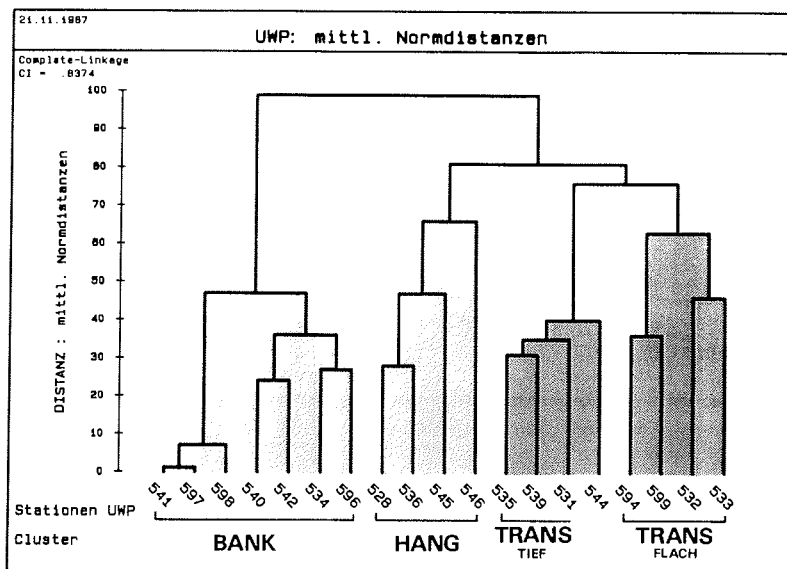


Abb. 4.4: Dendrogramm der 19 UWP-Stationen (quantitative Analyse auf der Grundlage der photographisch ermittelten Besiedlungsdichten)

Die Einteilung der insgesamt 22 Stationen in Gruppen bei gleichzeitiger Betrachtung aller Clusteranalysen läßt auf eine tiefenzonierte Verteilung der Bodenfauna im untersuchten Gebiet schließen (Abb. 4.5). Deutlich sind Gemeinschaften auf dem flachen Schelf und am Kontinentalhang zu unterscheiden, getrennt durch eine oder mehrere nicht klar abzugrenzende Übergangszonen:

Stationsgruppe BANK: Hierzu gehören insgesamt sieben Stationen mit den AGT-Hols 534, 541 und 542 sowie den UWP-Proben von den gleichen Stationen und zusätzlich von den Stationen 540a, 596, 597 und 598. Alle liegen auf dem hakenförmigen Schelfrücken der Belgica-Bank in Tiefen von 80 bis maximal 100 m. Polare Wassermassen aus dem Arktischen Ozean mit sehr niedrigen Temperaturen ($< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) prägen die hydrographischen Bedingungen (Kap. 2.2). Das Gebiet liegt während des Sommers wahrscheinlich regelmäßig im Bereich der nordostgrönländischen Polynya (Kap. 2.3). Die UW-Photos zeigen einen Meeresboden, der grundsätzlich aus weichen bis sandigen Sedimenten besteht, der aber von einer großen Zahl von Steinen mit Durchmessern von wenigen cm bis zu mehr als einem Meter durchsetzt ist. Er ist deshalb als Lebensraum der Bodenfauna in zahlreiche kleinräumige Habitate mit unterschiedlichen Merkmalen hinsichtlich der Umweltbedingungen gegliedert.

Stationsgruppe HANG: Sie wird gebildet von fünf Stationen mit den AGT-Hols 525, 526, 528, 545 und 546 sowie den UWP-Proben von den Stationen 528, 545 und 546. Alle liegen im Osten der Belgica-Bank am Kontinentalhang des ostgrönländischen Schelfs in Tiefen von 400 bis über 800 m. Die bodennahen Wassertemperaturen liegen über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, der hydrographische Einfluß atlantischer Wassermassen ist unverkennbar (Kap. 2.2). Der Meeresboden wird fast ausschließlich von weichen Sedimenten gebildet. Nach den Informationen aus den UW-Photos variiert er nur wenig in seiner Struktur. Steine sind selten, eine Gliederung des Lebensraums in viele epibenthische Mikrohabitate wie auf der Belgica-Bank ist nicht gegeben.

Stationsgruppe TRANS: Insgesamt 11 Stationen bilden diese heterogene Gruppe. Alle liegen in Tiefen zwischen 100 und 300 m zwischen dem flachen Schelfrücken der Belgica-Bank und dem eigentlichen Kontinentalabhang. In dem Gebiet hat die eisbedeckte Oberflächenwasserschicht polaren Ursprungs eine nach Westen abnehmende Mächtigkeit von 120 bis 180 m, die bodennahen Wassertemperaturen über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ deuten auf die Zumischung wärmerer Wassermassen atlantischen Ursprungs hin (Kap. 2.2). Die Fänge und Proben dieser Stationsgruppe lassen nicht auf eine charakteristische Gemeinschaft schließen. Wahrscheinlich handelt es sich im wesentlichen um eine Übergangszone zwischen dem flachen Schelf und dem Kontinentalabhang. TRANS zerfällt in drei Untergruppen, wobei jedoch nur die beiden ersten relativ gut abzugrenzen sind:

TRANS FLACH umfaßt 4 Stationen mit den AGT-Hols 533 und 540 und den UWP-Proben 533, 594 und 599. Sie liegen direkt am östlichen Rand des hakenförmigen Schelfrückens mit den Stationen der Gruppe BANK in Tiefen von mehr als 100 m, aber immer unter 200 m. Der auf den UW-Photos abgebildete Meeresboden ist in seiner Struktur ähnlich wie auf den BANK-Stationen, Steine sind jedoch seltener.

TRANS TIEF umfaßt 3 Stationen mit den AGT-Hols und UWP-Proben 531, 535 und 539. Alle drei liegen in Tiefen deutlich über 200 m: die erste in 270 m am Übergang dieses Gebiets zum Kontinentalabhang und die letzten beiden in 240 m in der über 300 m tiefen Senke, die im Norden, Westen und Süden vom Schelfrücken der Belgica-Bank umgeben ist. Der Meeresboden wird von sehr weichen Sedimenten gebildet, auf den UW-Photos wirkt er noch einheitlicher als auf den HANG-Stationen. Steine wurden weder in den Fängen noch auf den Bildern gefunden.

TRANS RAND ist clusteranalytisch nicht eindeutig abzugrenzen. Sie umfaßt vier Stationen am Schelfrand, die in den verschiedenen Analysen unterschiedlich sortiert wurden: 532, 536 und 537 in Tiefen von etwa 200 m, 544 in 300 m Tiefe am Ende des "Westwind Trough" in der Nähe der HANG-Stationen 545 und 546. Die Konstanz des Clusters 536-537, die Affinität der Stationen 532 und 544 zu diesem Cluster und die Übereinstimmungen in geographischer Lage und Bathymetrie rechtfertigen aber letztlich die Zusammenfassung der vier Stationen in einer Untergruppe.

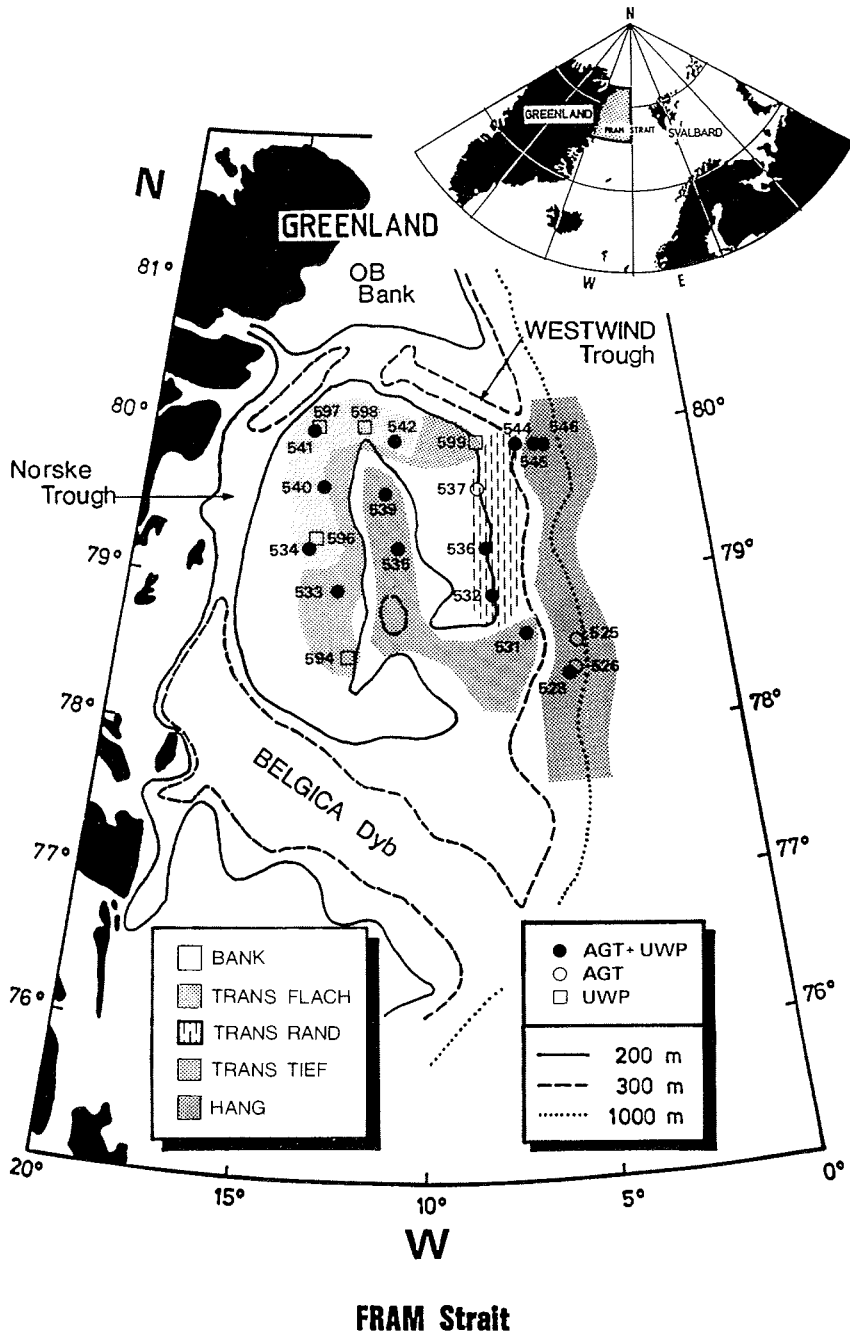


Abb. 4.5: Geographische Verteilung der Stationsgruppen

4.3 Artenzahlen und Bestandsgrößen

Die in Tab. 4.1 angegebenen Artenzahlen in den **AGT-Fängen** sind Teilmengen der Auswahl von 137 Arten (Kap. 4.1) und somit geringer als die tatsächlichen Artenzahlen. Sie liegen in einem Bereich von 20 bis 78 mit einem Median von 41. Die in der quantitativen Auswertung berücksichtigten 137 Arten stellen insgesamt 184162 Individuen mit einem "organischen" Gesamtgewicht von 18504 g. Die Werte der Einheitsfänge (Kap. 3.1) von den einzelnen Stationen liegen bezüglich der Individuenzahlen (EFI) zwischen 76 und 19287 EFI mit einem Median von 570 EFI bzw. bezüglich der Gewichte (EFG) zwischen 25 g und 1494 g EFG mit einem Median von 182 g EFG.

Die **Artenzahlen** nehmen vom Schelf zum Kontinentalabhang hin deutlich ab (Tab. 4.1):

In den drei AGT-Fängen der Gruppe BANK wurden insgesamt 99 Arten gefunden, davon 12 Arten, die nur hier anzutreffen waren. Die Artenzahlen pro Fang liegen zwischen 58 und 65 mit einem Median von 64. Insgesamt 119 Arten wurden auf den neun Stationen der Gruppe TRANS gefangen, davon waren 10 in ihrem Vorkommen auf dieses Gebiet beschränkt. In den einzelnen Fängen waren die Artenzahlen mit einem Median von 41 durchschnittlich geringer als im Gebiet BANK. Allerdings sind die Werte der Untergruppe TRANS RAND vergleichbar mit denen von BANK. Am geringsten ist der Artenreichtum in den fünf Fängen der Gruppe HANG. Insgesamt 70 Arten wurden hier gefangen, nur drei waren auf das Gebiet beschränkt. Die Artenzahlen pro Fang liegen zwischen 20 und 46 mit einem Median von 35, sie sind ähnlich niedrig wie die der Untergruppe TRANS TIEF.

Auch hinsichtlich der **Fangmengen** ist eine tiefenabhängige Abnahme zu erkennen (Tab. 4.1):

Die Werte der Einheitsfänge der Gruppe BANK (Mediane 17989 EFI bzw. 477 g EFG) liegen durchschnittlich um mindestens eine Größenordnung höher als die der anderen Stationen. Eine überlappungslose Trennung zwischen den Gruppen BANK und TRANS (Mediane 961 EFI bzw. 197 g EFG) ist allerdings nicht möglich, da die Einheitsfänge der BANK-Station 541 deutlich niedriger ausfallen und mit denen der Gruppe TRANS RAND vergleichbar sind. Die kleinsten Werte sind auf den Stationen der Gruppe HANG (Mediane 171 EFI bzw. 103 g EFG) zu finden, nur unwesentlich höher sind die der Untergruppe TRANS TIEF.

Tab. 4.1: Fangergebnisse mit dem AGT in der westlichen FRAM-Straße 1985:

Mittlere Tiefen der Hols, Anzahl der Arten, Individuenzahlen (Indiv) und Gewichte der Fänge, Umrechnungsfaktoren auf eine Bezugsfläche von 1000 m² (EF-Faktor) sowie Einheitsfänge bezüglich der Individuenzahlen (EFI) bzw. der nach Kap. 3.2.1 geschätzten "organischen" Gewichte (EFG)

Stat #	Tiefe m	Arten	Indiv N	Gewicht g	EF-Faktor	EFI N	EFG g
<u>Fänge total</u>		137	184162	18504.4			
	Minimum	20	431	257.4		76.2	25.2
	Maximum	78	68386	6047.5		19285.5	1493.7
	Median	41	2374	625.6		570.4	182.0
	Mittel	47	10833	1088.5		3089.8	288.1
<u>BANK</u>							
534	90	58	68386	1691.2	0.28	19285.5	476.9
541	85	64	3195	476.9	0.37	1183.0	176.4
542	100	65	54019	1825.8	0.33	17988.7	608.0
gesamt		99					
	Median	64				17988.7	476.9
	Mittel	62				12819.1	420.4
<u>TRANS FLACH</u>							
533	125	40	3760	710.9	0.31	1161.6	219.7
540	170	39	1818	625.6	0.31	570.4	196.5
<u>TRANS RAND</u>							
532	180	56	2419	1097.5	0.40	960.5	435.7
536	185	78	6615	726.9	0.18	1217.9	133.7
537	195	58	6879	1213.4	0.21	1457.2	257.3
544	300	58	25501	6047.5	0.25	6298.9	1493.7
<u>TRANS TIEF</u>							
531	270	39	874	452.8	0.40	350.9	182.0
535	235	41	2374	886.3	0.22	524.3	195.9
539	230	36	1404	418.9	0.26	367.3	109.8
gesamt		199					
	Median	41				960.5	196.5
	Mittel	49				1434.3	358.2
<u>HANG</u>							
525	830	20	795	342.2	0.17	133.8	57.5
526	510	35	2069	579.9	0.18	368.5	103.2
528	420	37	1878	551.1	0.22	411.5	120.7
545	385	30	431	599.9	0.18	76.2	105.6
546	800	46	1744	257.4	0.10	171.0	25.2
gesamt		70					
	Median	35				171.0	103.2
	Mittel	34				232.2	82.5

Die Zählungen der Individuen auf den **UW-Photos** dienen der Ermittlung von mittleren **Besiedlungsdichten** (= mittlere Individuenzahl pro Bild). Durch Multiplikation dieser Werte mit den aus den AGT-Fängen zu berechnenden mittleren spezifischen Individualgewichten werden mittlere **Biomassen** (g m^{-2} "organisches" Gewicht) geschätzt. Diese Bestandsmaße beziehen sich auf eine Auswahl von nur 16 Arten (Kap. 4.1), die aber einen großen Anteil der mit dem AGT erfassbaren Bodenfauna stellen (Kap. 3.3).

Auf allen 1108 ausgewerteten Bildern von 19 Stationen wurden insgesamt 116804 Individuen der ausgewählten 16 Arten gezählt (Tab. 4.2). Die Anzahlen der Arten pro Station liegen zwischen 5 und 12 mit einem Median von 8. Die mittleren Besiedlungsdichten pro Station bewegen sich in einem Bereich von 0,4 bis 335 N m^{-2} mit einem Median von etwa 12 N m^{-2} . Über alle Stationen gemittelt sind 105 Individuen auf einem Bild vorhanden. Die geschätzten mittleren Biomassen liegen zwischen $0,09$ und $5,09 \text{ g m}^{-2}$ "organisches" Gewicht mit einem Median von $2,12 \text{ g m}^{-2}$ und einem Mittelwert über alle Stationen von $2,36 \text{ g m}^{-2}$.

Ein Vergleich der Stationsgruppen hinsichtlich Besiedlungsdichte und Biomasse liefert ein ähnliches Bild wie die AGT-Einheitsfänge (Tab. 4.2):

Die Bodenfauna auf der flachen Belgica-Bank ist deutlich individuen- und biomassereicher als die des östlich angrenzenden Kontinentalabhanges. Die weitaus höchsten Besiedlungsdichten mit Werten von bis zu 335 N m^{-2} und einem Median von 240 N m^{-2} werden dort (Stationsgruppe BANK) gefunden. Die Werte sind auf den Stationen der Gruppen HANG oder TRANS TIEF um bis zu zwei Größenordnungen niedriger (Mediane von etwa 8 bzw. 4 N m^{-2}). Bei den Biomassen ist der Unterschied nicht derart ausgeprägt: Der Median von Gruppe BANK beträgt $4,3 \text{ g m}^{-2}$ "organisches" Gewicht, von Gruppe TRANS FLACH $2,8 \text{ g m}^{-2}$, von Gruppe TRANS TIEF $1,2 \text{ g m}^{-2}$ und von Gruppe HANG $1,6 \text{ g m}^{-2}$.

Tab. 4.2: Quantitative Auswertung der UW-Photos von der westlichen FRAM-Straße 1985:

Tiefen der Stationen, Anzahl der Photos, Anzahl der Arten, Summe der Individuenzahlen (Indiv) aller Arten, mittl. Individuenzahlen pro Bild (Dichte) und berechnete mittl. Biomasse (g m^{-2} "organisches" Gewicht)

Stat #	Tiefe m	Photos	Arten	Indiv N	Dichte N m^{-2}	Biomasse g m^{-2}
<u>Bilder total</u>		1108	16	116804		
	Minimum	16	5	23	0.4	0.09
	Maximum	72	12	21181	335.1	5.09
	Median	64	8	719	11.8	2.12
	Mittel	58	7.6	6147	105.4	2.36
<u>BANK</u>						
534	90	54	8	13884	216.9	3.05
540a	100	68	6	16237	238.8	3.08
541	80	40	7	11342	283.5	4.41
542	100	52	6	10318	198.4	5.09
596	80	50	8	5209	104.2	2.51
597	80	64	8	21181	331.0	4.79
598	80	55	8	18430	335.1	4.33
gesamt		383	12	96601		
	Median		8		238.8	4.33
	Mittel		7		244.0	3.90
<u>TRANS FLACH</u>						
533	160	65	5	594	9.1	1.66
594	165	55	8	7212	131.1	3.12
599	195	65	12	8937	137.4	2.84
gesamt		185	12	16743		
	Median		8		131.1	2.84
	Mittel		8		93.0	2.54
<u>TRANS TIEF</u>						
531	270	57	7	70	1.2	0.35
535	240	72	8	276	3.8	1.16
539	230	16	5	94	5.9	1.86
gesamt		145	8	440		
	Median		7		3.8	1.16
	Mittel		7		3.6	1.12
<u>HANG</u>						
528	420	52	7	407	7.8	1.70
545	405	65	10	718	11.0	1.56
546	770	65	6	23	0.4	0.09
gesamt		182	11	1148		
	Median		7		7.8	1.56
	Mittel		8		6.4	1.12
nicht gruppiert:						
(532)	190	61	8	719	11.8	1.04)
(536)	190	71	10	644	9.1	1.66)
(544)	300	71	8	509	7.2	2.12)

4.4 Dominanzmuster

Die Dominanzmuster in den Artenzusammensetzungen der AGT-Fänge variieren sehr stark (Tab. 4.3). Insgesamt 12 Arten (7 Stachelhäuter, 2 Polychäten, 2 Krebse und ein Fisch) stellen in mindestens einem der 17 Fänge die mengen- oder gewichtsmäßig bedeutendste Art. Die Werte von $D(1)$ (= prozentualer Anteil der dominantesten Art am Gesamtfang) liegen bezüglich der Individuen zwischen 23 und 86%, bezüglich der Gewichte zwischen 14 und 89%, die von $A(90\%)$ (= Artenzahl bei 90% Gesamtindividuenzahl bzw. des Gesamtgewichts eines Fangs) bezüglich der Individuen zwischen 3 und 21 Arten, bezüglich der Gewichte zwischen 2 und 21 Arten. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Dominanzparametern und Fanggröße, Artenzahl oder Tiefe ist nicht erkennbar: Hohe Dominanzgrade treten vor allem in großen (Stationen 534, 542 und 544), aber auch in relativ kleinen Fängen (Station 546) auf (Kap. 4.3); sie werden zusammen mit relativ hohen Artenzahlen (Station 542), aber auch in relativ artenarmen Fängen (Station 546) gefunden; und sie kommen in geringen Tiefen (Station 534 und 542), aber auch am Kontinentalabhang (Station 546) vor.

Auch die Unterschiede zwischen den Stationsgruppen hinsichtlich der Dominanzmuster in den Einzelfängen sind nicht eindeutig. In allen Zonen treten Fänge mit hohen Dominanzgraden (relativ niedrige $A(90\%)$ -, relativ hohe $D(1)$ -Werte) auf: siehe Station 534 und 542 in Zone BANK, Station 544 in Zone TRANS und Station 546 in Zone HANG. In jedem dieser Fänge werden über 70%, maximal sogar 86% aller gefangenen Individuen von einer Art gestellt, 3 bis 9 Arten stellen 90% der Tiere. Die Gewichtsdominanz liegen zwischen 31 und 89%, jeweils 90% der Gesamtfanggewichte werden von 2 bis 12 Arten gestellt. Die hohen Abundanzen zweier Arten, des Schlangensterne *Ophiocten sericeum* auf der Belgica-Bank (BANK) und des Polychäten *Thelepus cincinatus* am Kontinentalabhang (TRANS und HANG), sind dafür verantwortlich.

Die Fänge jeder Stationsgruppe werden zusammengefaßt. Die dann berechneten Dominanzwerte der Arten stellen mit den Fanggrößen gewichtete Mittelwerte dar. Die Fauna auf der flachen Belgica-Bank (BANK) hat den höchsten Grad der Individuendominanz, die der Übergangzone zum Kontinentalabhang (TRANS) den höchsten Grad der Gewichtsdominanz. Die geringsten durchschnittlichen Dominanzgrade werden in den Fängen am Kontinentalabhang (HANG) gefunden.

Die Dominanzkurven nach LAMBSHEAD et al. (1980) stellen das Dominanzmuster in seiner Gesamtheit dar (Kap. 3.2.3). Der hohe Dominanzgrad der individuenreichen Gruppe BANK ist deutlich zu erkennen (Abb. 4.6); Die Dominanzkurve liegt für alle Arten über den beiden Kurven von TRANS und HANG. Diese sind in ihrem Verlauf sehr ähnlich, überschneiden sich aber, so daß ein Vergleich der Dominanzmuster nicht sinnvoll ist. Die grundsätzliche Nichtvergleichbarkeit der Dominanzstruktur bzw. Diversität ist bezüglich der Gewichtsdominanz für alle drei Stationsgruppen gegeben (Abb. 4.7).

Tab. 4.3: Dominanzmuster in den AGT-Fängen:

Artenzahl, Artenzahl bei 90% der Einheitsfänge EFI bzw. EFG (A(90%)), proz. Anteil der dominantesten Art (D(1)) und der Name dieser Art

Stat #	Tiefe m	Arten	EFI			EFG		
			A(90%)	D(1) %	Name D(1)	A(90%)	D(1) %	Name D(1)
<u>BANK</u>								
534	90	58	3	74	O. sericeum	12	31	O. sericeum
541	85	64	16	39	O. sericeum	16	17	B. balanus
542	100	65	4	74	O. sericeum	6	50	S. pallidus
BANK total		99	5	73	O. sericeum	13	31	S. pallidus
<u>TRANS FLACH</u>								
533	125	40	5	31	S. pallidus	8	48	S. pallidus
540	170	39	8	37	B. glacialis	9	53	O. borealis
<u>TRANS TIEF</u>								
531	270	39	13	47	C. crispatus	10	37	C. crispatus
535	235	41	8	32	O. borealis	10	28	O. borealis
539	230	36	10	35	O. glacialis	7	35	O. borealis
<u>TRANS RAND</u>								
532	180	56	15	33	O. borealis	16	36	O. borealis
536	185	78	20	32	O. conchylega	21	20	O. glacialis
537	195	58	19	28	O. conchylega	15	21	M. arctica
544	300	58	9	77	T. cincinnatus	2	89	T. cincinnatus
TRANS total		119	19	41	T. cincinnatus	16	44	T. cincinnatus
<u>HANG</u>								
525	830	20	9	46	O. borealis	5	44	O. borealis
526	510	35	13	52	O. bidentata	17	14	P. borealis
528	420	37	11	26	O. bidentata	7	67	P. borealis
545	385	30	21	23	T. cincinnatus	6	48	C. microps
546	800	46	3	86	T. cincinnatus	5	63	T. cincinnatus
HANG total		70	20	27	O. bidentata	18	25	P. borealis

Echinodermata:

Ophiocten sericeum
 Ophiopleura borealis
 Ophioscolex glacialis
 Ophiacantha bidentata
 Strongylocentrotus pallidus
 Ctenodiscus crispatus
 Molpadia arctica

Polychaeta:

Thelepus cincinnatus
 Onuphis conchylega

Crustacea:

Balanus balanus
 Pandalus borealis

Pisces:

Cottunculus microps

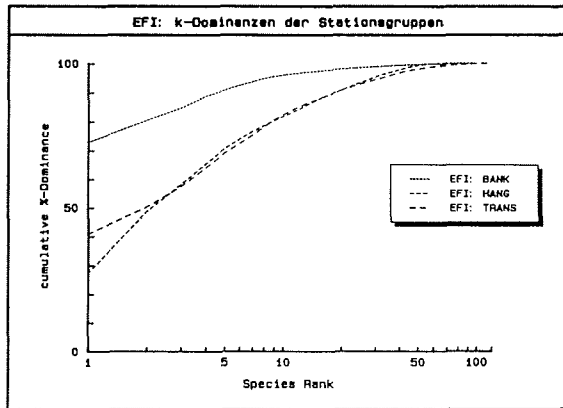


Abb. 4.6: Dominanzkurven der drei Stationsgruppen (Einheitsfänge bezüglich Individuen (EFI))

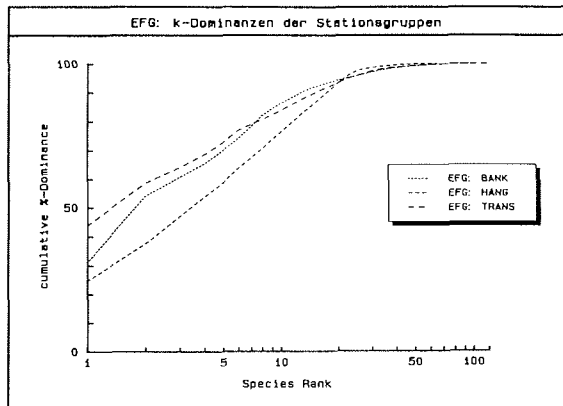


Abb. 4.7: Dominanzkurven der drei Stationsgruppen (Einheitsfänge bezüglich Gewichte (EFG))

Der Vergleich der Individuen- und Gewichtsdominanzkurven ermöglicht eine Abschätzung der **Größenverteilung der Organismen** (WARWICK et al. 1984). Die Lage der Kurven zueinander ist ein Indiz für das Sukzessionsstadium im Rahmen einer Ökosystementwicklung. Liegt die Gewichtsdominanzkurve für alle Arten über der Individuendominanzkurve - wie im Fall der Stationsgruppe TRANS (Abb. 4.9) -, setzt sich die Gemeinschaft aus relativ großen Arten zusammen. Die Dominanz von großen und meist langlebigen Arten gilt als Kennzeichen eines Klimax-Stadiums in der Entwicklung einer Gemeinschaft. Kreuzen sich die Kurven - wie im Fall der Stationsgruppe HANG (Abb. 4.10) - oder liegt die Individuen- über der Gewichtsdominanzkurve - wie im Fall der Stationsgruppe BANK (Abb. 4.8) -, ist die Sukzession nicht abgeschlossen, ein Indiz für instabile Umweltbedingungen bzw. Störungen der Ökosystementwicklung. Relativ kleine Schlangensterne der Art *Ophiocten sericeum* bilden auf den Stationen von BANK die Hauptmasse der Fauna (Tab. 4.3). Die dominierenden Elemente in den individuen- und auch biomasseärmeren Fängen von TRANS sind dagegen relativ große Arten wie der Schlangestern *Ophiopleura borealis* oder der Polychät *Thelepus cincinnatus*.

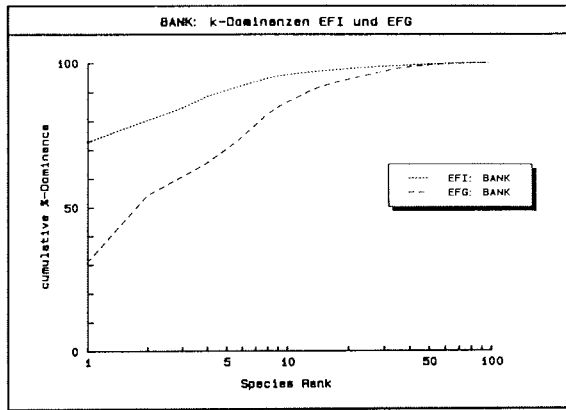


Abb. 4.8: Individuen- und Gewichtsdominanzkurven der Stationsgruppe BANK

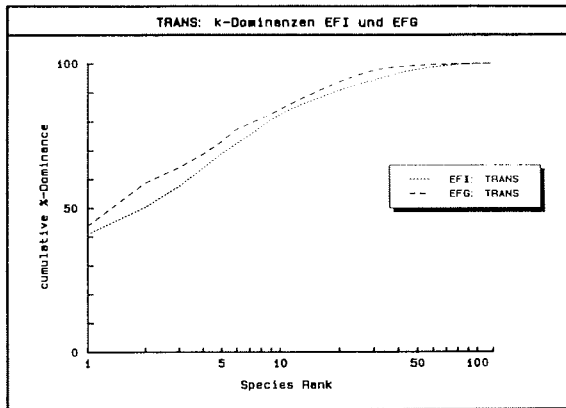


Abb. 4.9: Individuen- und Gewichtsdominanzkurven der Stationsgruppe TRANS

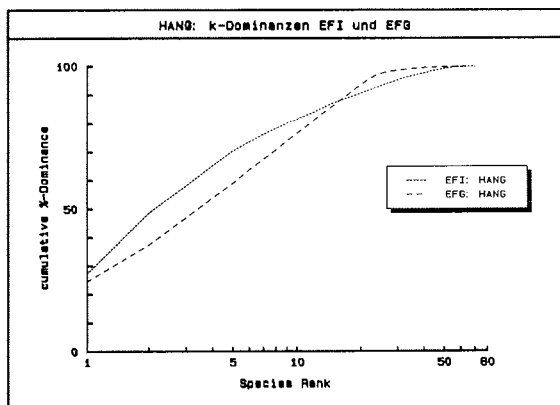


Abb. 4.10: Individuen- und Gewichtsdominanzkurven der Stationsgruppe HANG

4.5 Räumliche Verteilungsmuster ausgewählter Stachelhäuter

Die räumliche Verteilung bestimmter Arten läßt sich anhand der photographisch ermittelten absoluten Besiedlungsdichten in zwei verschiedenen Skalen untersuchen: nicht nur großräumig, d.h. über das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet, sondern auch kleinräumig, d.h. auf die beprobte Fläche einer Station bezogen. Diese quantitative Auswertungsmöglichkeit der UW-Photographie wird am Beispiel zehn ausgewählter Stachelhäuter (fünf Schlangensterne, ein Seeigel und vier Seesterne), die sich als epibenthische Arten der großen Makro- und Megafauna besonders gut hierfür eignen, durch die Darstellung ihrer bathymetrischen Verteilung im untersuchten Gebiet bzw. die Ermittlung ihres kleinräumigen Dispersionstyps auf den einzelnen Stationen demonstriert.

In Abb. 4.11 sind die Informationen zur Tiefenverteilung, Abundanz und kleinräumigen Dispersion (Kap. 3.2.2) zusammengefaßt. Die Schlangensterne *Ophiocten sericeum* und *Ophiura robusta* haben die höchsten Dichten, *O. sericeum* kommt auf einem Photo mit maximal 523 Individuen vor. Beide Arten sind ebenso wie der Seeigel *Strongylocentrotus pallidus* auf den Schelf beschränkt, *O. robusta* sogar nur auf das Gebiet der Belgica-Bank mit Tiefen von 100 m und weniger. Dagegen fehlt gerade dort der Schlangensterne *Ophioscolex glacialis*. Die beiden Schlangensterne *Ophiacantha bidentata* und *Ophiopleura borealis* wurden in allen beprobten Tiefenstufen (80 - 800 m) gefunden. Die vier Seesterne haben vergleichsweise geringe Abundanzen. *Pontaster tenuispinus* und *Ctenodiscus crispatus* sind auf mittlere Tiefen von knapp 200 bis zu 400 m beschränkt, die räuberische Art *Icasterias panopla* ist unregelmäßig über einen Tiefenbereich von 80 bis über 400 m verteilt, und der Sonnenseestern *Solaster papposus* wird nur auf dem Schelf angetroffen.

Keine Art ist bezüglich der betrachteten Dispersionseinheit von 1 m² regelmäßig verteilt (Tab. 4.4). In 69 von 101 Fällen weicht der Dispersionskoeffizient nicht signifikant von 1 ab, die Nullhypothese einer zufälligen Verteilung kann nicht abgelehnt werden. Fünf Arten zeigen in insgesamt 32 Fällen eine geklumpte Dispersion. Auffällig ist, daß gerade die abundanten Arten wie *O. sericeum* (Photo 1), *O. robusta* (Photo 2) und *S. pallidus* zu einer geklumpten Verteilung neigen.

Tab. 4.4: Kleinräumige Dispersionstypen zehn ausgewählter Stachelhäuterarten, bezogen auf 1 m²

Arten	Dispersionstypen		
	regelmäßig	zufällig	geklumpt
<i>Ophiocten sericeum</i>	-	1	11
<i>Ophiura robusta</i>	-	-	6
<i>Ophiacantha bidentata</i>	-	14	5
<i>Ophiopleura borealis</i>	-	15	-
<i>Ophioscolex glacialis</i>	-	11	1
<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	-	2	9
<i>Pontaster tenuispinus</i>	-	7	-
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	-	7	-
<i>Icasterias panopla</i>	-	7	-
<i>Solaster papposus</i>	-	5	-
Summen	-	69	32

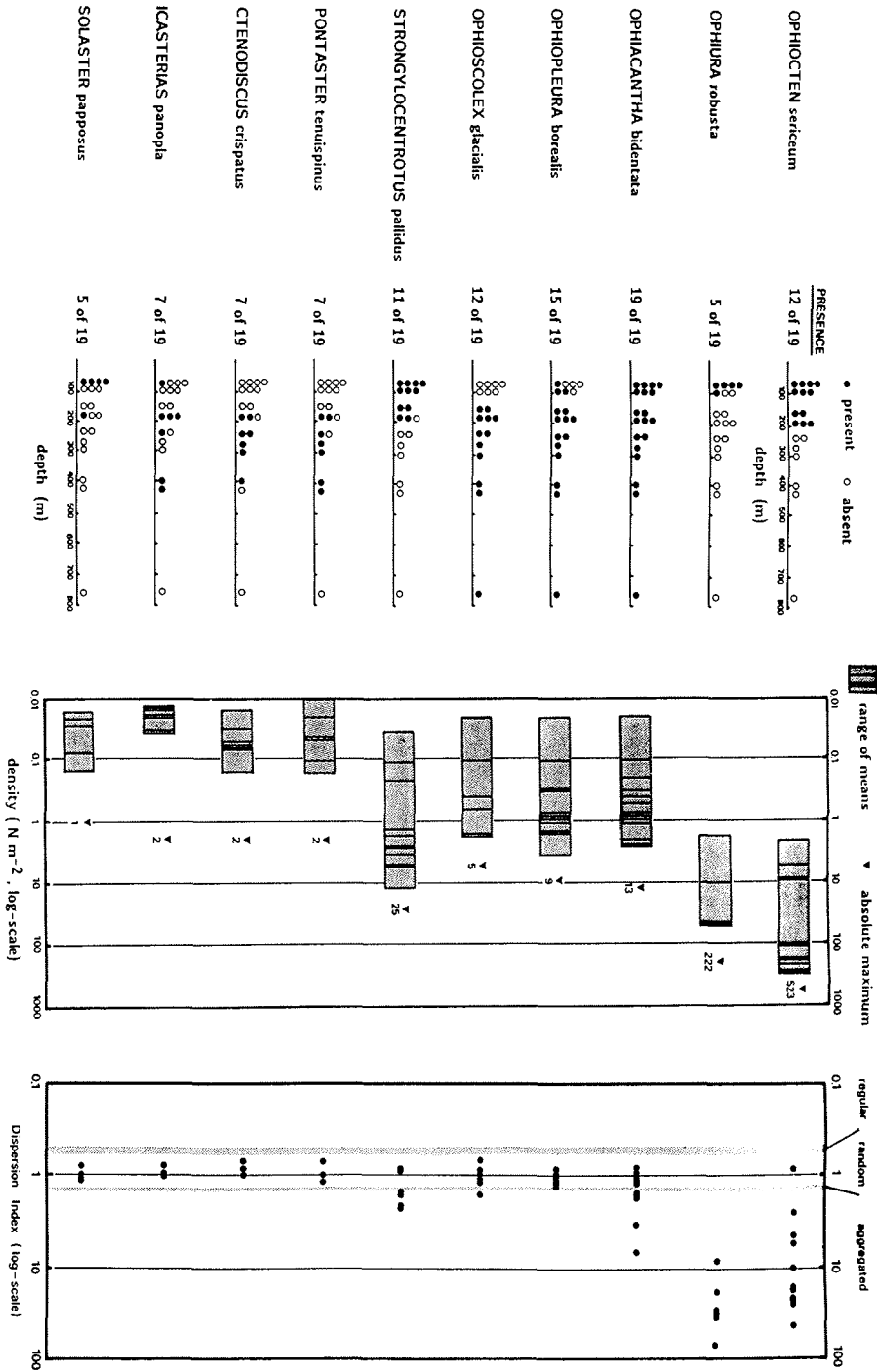


Abb. 4.11: Tiefenverteilung und kleinräumige Dispersion zehn ausgewählter Stachelhäuterarten im Untersuchungsgebiet der westlichen Fram-Straße

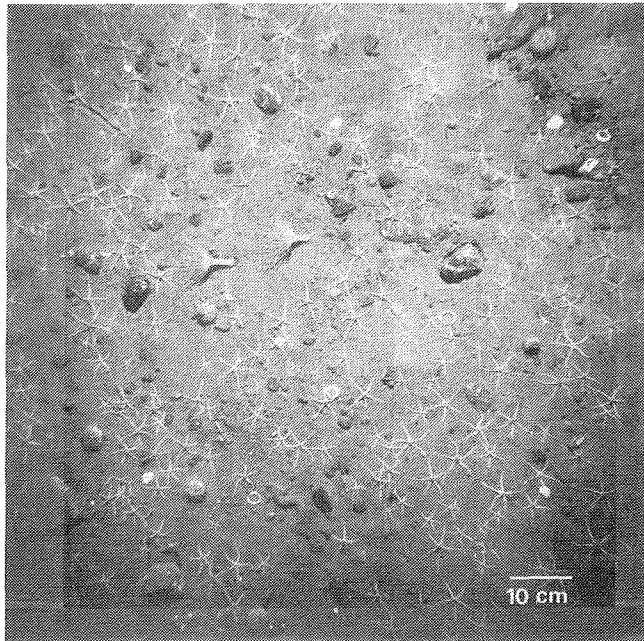


Photo 1: Station 542 (100 m):

250 Ophiocten sericeum, zusätzlich zu erkennen: 12 Seeigel Strongylocentrotus pallidus

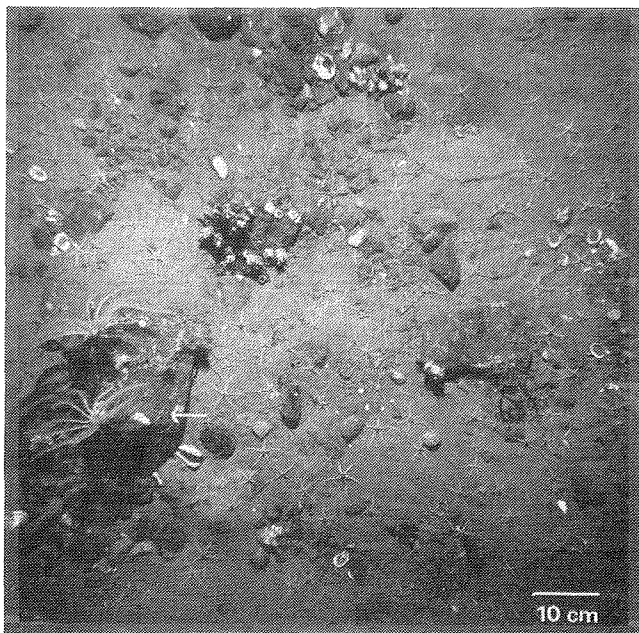


Photo 2: Station 597 (80 m):

Ophiura robusta (Pfeil), von O. sericeum durch die braune Körperscheibe zu unterscheiden, zusätzlich zu erkennen: zwei Haarsterne, wahrscheinlich Heliometra glacialis, und Seepocken der Art Balanus balanus

Abb. 4.12 zeigt die positive Beziehung zwischen der Abundanz und dem Dispersionskoeffizienten. Die Signifikanzgrenzen der Abweichung des DK von der erwarteten Poisson-Verteilung ($DK=1$) sind nicht als feste Werte anzugeben, da sie in Abhängigkeit von den Freiheitsgraden und damit von der Anzahl der Photos pro Station unterschiedlich sind. Bis zu einer mittleren Dichte von etwa 10 N m^{-2} sind die Arten meist zufällig, für höhere Abundanzen aber in jedem Fall geklumpt verteilt. Dies ist vor allem auf den Stationen der Belgica-Bank (BANK) der Fall, wo der benthische Lebensraum durch viele Steine in kleinräumige Habitate gegliedert (Kap. 4.2) und die mittlere Besiedlungsdichte ausgesprochen hoch ist (Kap. 4.3). Die höchsten Dispersionskoeffizienten und somit die ausgeprägteste Neigung zu einer fleckenhaften Verteilung in der berücksichtigten räumlichen Skala werden für *O. robusta* ermittelt (Abb. 4.11). Die Art ist meist auf Steinen anzutreffen (Photo 2).

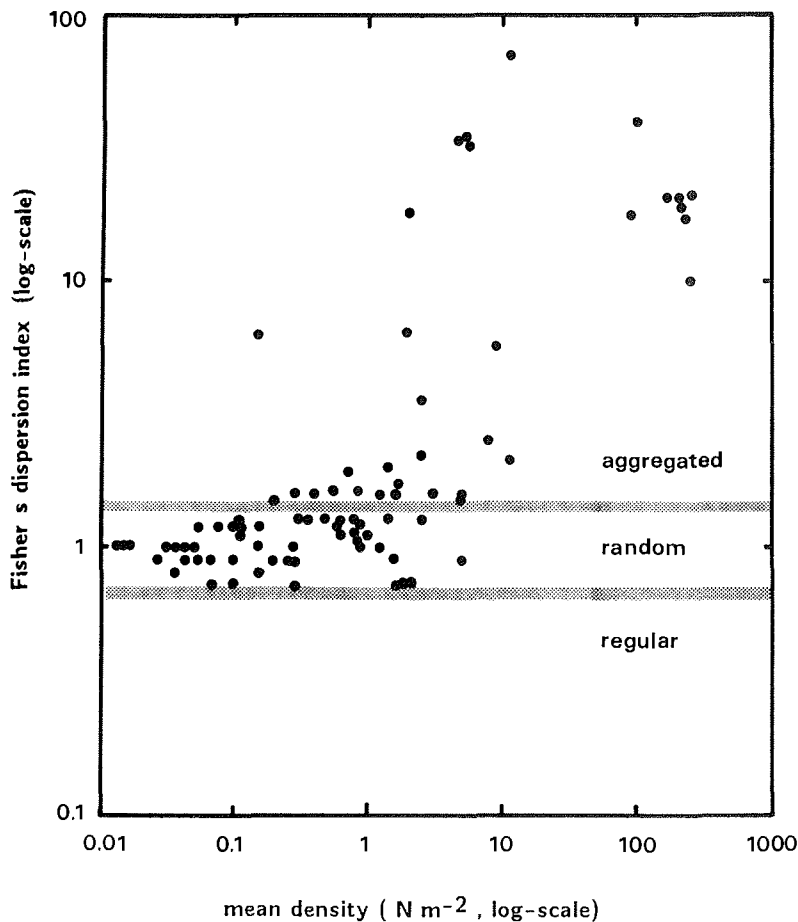


Abb. 4.12: Beziehung zwischen Besiedlungsdichte und Dispersionskoeffizient DK:

Dispersionskoeffizient ("Fisher's dispersion index", logarithmiert) gegen mittlere Besiedlungsdichte ("mean density", logarithmiert).
 $n=101$ mit Werten von 10 ausgewählten Stachelhäuterarten.
 Der 95%-Vertrauensbereich der erwarteten POISSON-Verteilung ($DK=1$) ist angegeben.

4.6 Faunenzusammensetzung

4.6.1 Dominante Faunenelemente und Charakterarten

Die Artenzusammensetzung der Bodenfauna wird anhand des Spektrums der wichtigsten Arten dargestellt. Dabei werden die Stationen in den einzelnen faunistischen Regionen (BANK, TRANS, HANG) zusammengefaßt, um die Unterschiede innerhalb des Untersuchungsgebiets deutlich zu machen. Für jede Art werden verschiedene Werte als Maße ihrer Bestandsgröße (AGT-Einheitsfänge bzw. photographisch ermittelte Abundanz und geschätzte Biomasse) und Bedeutung innerhalb der Fauna (Biologischer Index BI, Präsenz, Individuen- und Gewichtsdominanz) aufgeführt. Die Arten sind nach den BI-Werten geordnet. Die in Kap. 3.2.3 definierten Assoziationsmaße (GAS, GAI und GAG) erlauben die Bestimmung von Charakterarten.

Aus den AGT-Fängen werden alle zahlen- oder gewichtsmäßig "bedeutenden" Arten aufgeführt. Als "bedeutend" wird jede Art angesehen, die mindestens in einem Fang mindestens 5% der Gesamtindividuenzahl bzw. des Gesamtgewichts gestellt hat.

Die absoluten Dichte- und Biomassewerte der photographisch erfaßten Arten sind auf 100 m² gezogen, da bei einem Bezug auf 1 m² die Werte der seltenen Arten nicht darzustellen wären. Die gewählte Bezugsfläche entspricht in der Größenordnung den pro Station photographisch erfaßten Bodenarealen (Kap. 4.3).

BANK

Zwölf der insgesamt 99 Arten in den drei Fängen genügen dem oben definierten Bedeutungskriterium (Tab. 4.5). Sie stellen 93% aller gefangenen Individuen und 87% von deren Gewicht. Zu ihnen gehören zehn von insgesamt 32 Arten, die auf allen drei Stationen der Gruppe vorkamen. Von den acht zahlenmäßig wichtigsten Arten erfüllt nur die pectinide Muschel *Arctinula greenlandica* die in Kap. 3.2.3 genannten Kriterien einer Charakterart. Zwei Arten, die Muschel *Yoldiella frigida* und die Seepocke *Balanus balanus*, gehören zu den insgesamt 12 Arten, die in ihrem Vorkommen auf die Gruppe BANK beschränkt sind. Obwohl sich der Schlangensterne *O. sericeum* auch in anderen Stationsgruppen findet (GAS 25%), wird er wegen seiner hohen Individuendominanz (73%) und der Tatsache, daß fast alle gefangenen Individuen dieser Art von BANK-Stationen stammen (GAI 97%), dennoch als charakteristisch für die Bankfauna angesehen. Gewichtsmäßig noch bedeutender als *O. sericeum* ist der Seeigel *S. pallidus* (31%), einen relativ hohen Gewichtsanteil (7%) stellt auch der Haarstern *Heliovetra glacialis*.

Auf den 383 Bildern von den drei UWP-Stationen wurden insgesamt 94601 Individuen von 12 Arten gezählt (Tab. 4.6). Die mittlere Besiedlungsdichte der quantitativ erfaßten Bodenfauna beträgt 25222 N/100 m², deren geschätzte Biomasse etwa 396 g/100 m² "organisches" Gewicht. Eine Art, der Schlangensterne *O. sericeum*, stellt mit einer mittleren Dichte von 22009 N/100 m² 87% aller gezählten Tiere und mit 242 g/100 m² fast zwei Drittel (61%) der Biomasse. Hinsichtlich der Individuendominanz folgt der Schlangensterne *O. robusta* (9%), hinsichtlich der Gewichtsdominanz der Seeigel *S. pallidus* (27%). Die Muschel *A. greenlandica* wurde ebenso wie *O. robusta* nur auf den Photos dieser Stationsgruppe gefunden (GAS 100%), stellt aber nur vergleichsweise geringe Anteile an den Gesamtabundanz (2%). Haarsterne treten auf allen drei Stationen auf, ihre Abundanz-, Biomasse- und Dominanzwerte sind jedoch relativ niedrig. Außerdem kommen sie auch in anderen Zonen vor und sind nicht typisch für die Bankfauna.

Tab. 4.5: Stationsgruppe BANK: Rangfolge der 12 wichtigsten von insgesamt 99 Arten in den 3 AGT-Fängen der Stationsgruppe

aufgeführt sind alle Arten, die auf mindestens einer Station der Gruppe mindestens 5% des Fangs (EFI oder EFG) stellen; sortiert nach dem Biologischen Index (BI-EFI); Präsenz auf den Stationen der Gruppe; mittlerer Einheitsfang EFI und EFG auf den Stationen der Gruppe; Individuen- und Gewichtsdominanz (IDom und GDom in %); Assoziationsmaße GAS, GAI und GAG

Taxon: ECH = Echinodermata, MOL = Mollusca, CRU = Crustacea, PIS = Pisces

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Tax	BI		Präs %	Einheitsfang		IDom %	GDom %	GAS %	GAI %	GAG %	
		EFI	EFG		EFI	EFG						
<u>Ophiocten sericeum</u>	ECH	30	19	100	9332	98	73	23	25	97	96	
<u>Arctinula greenlandica</u>	MOL	9	8	100	971	17	8	4	75	99	99	
<u>Yoldiella frigida</u>	MOL	9	-	67	541	+	4	+	100	100	100	
<u>Ophiura robusta</u>	ECH	9	-	100	151	1	1	+	38	94	98	
<u>Strongylocentrotus pallidus</u>	ECH	8	26	100	507	130	4	31	30	78	74	
<u>Bathyarca glacialis</u>	MOL	8	-	100	95	8	1	2	60	57	42	
<u>Ophiopleura borealis</u>	ECH	7	13	100	47	16	+	4	18	10	9	
<u>Balanus balanus</u>	CRU	6	10	33	20	10	+	2	100	100	100	
<u>Heliopecten glacialis</u>	ECH	-	15	100	39	27	+	7	28	56	56	
<u>Liparis koefodi</u>	PIS	-	8	100	24	18	+	4	20	65	46	
<u>Astarte crenata</u>	MOL	-	7	100	269	20	2	5	25	68	67	
<u>Sabinea septemcarinata</u>	CRU	-	6	100	35	20	+	5	27	81	71	
Summen					12031	365	93	87				

Tab. 4.6: Stationsgruppe BANK: Bedeutungsmaße, Abundanz und Biomasse der 12 Arten auf den 383 Bildern von den 7 UWP-Stationen

Arten sortiert nach dem Biologischen Index (BI), Präsenz (%) auf den Stationen der Gruppe, Summe aller gezählten Individuen, mittlere Besiedlungsdichte (Abundanz als $N/100m^2$) und geschätzte Biomasse ("organisches" Gewicht in $g/100m^2$) der Art auf den Stationen der Gruppe, Individuen- und Gewichtsdominanz (IDom und GDom in %) sowie Assoziationsmaße GAS und GAI

Taxon: ECH = Echinodermata, MOL = Mollusca, POL = Polychaeta

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Taxon	BI	Präs %	Summe N	Abundanz $N/100m^2$	Biomasse $g/100m^2$	IDom %	GDom %	GAS %	GAI %	
											<u>Ophiocten sericeum</u>
<u>Strongylocentrotus pallidus</u>	ECH	58	100	1503	392	107	2	27	70	92	
<u>Ophiacantha bidentata</u>	ECH	49	100	295	77	3	+	1	37	40	
<u>Ophiura robusta</u>	ECH	48	86	6746	2284	14	9	4	100	100	
<u>Crinoidea</u>	ECH	39	100	115	30	16	+	4	44	54	
<u>Arctinula greenlandica</u>	MOL	31	71	1592	416	8	2	2	100	100	
<u>Ophiopleura borealis</u>	ECH	18	43	30	8	3	+	1	20	3	
<u>Solaster papposus</u>	ECH	14	57	15	4	3	+	1	80	94	
<u>Psolus phantapus</u>	ECH	10	27	6	2	+	+	+	40	16	
<u>Thelepus cincinnatus</u>	POL	3	14	3	1	+	+	+	9	1	
<u>Hymenaster pellucidus</u>	ECH	3	14	1	+	+	+	+	50	50	
<u>Icasterias panopla</u>	ECH	3	14	1	+	+	+	+	13	11	
Summen					94601	25222	396				

Die UW-Photos dokumentieren, daß die zahlreichen, unterschiedlich großen Steine auf der Bank Lebensräume für eine ganze Reihe von Arten bieten. Sie werden zum Beispiel von sessilen Suspensionsfressern wie Haarsternen oder Seepocken als erhöhte Standorte genutzt (Photo 3). Aber auch vagile Arten mit anderer Ernährungsweise sind direkt an Hartsubstrate oder indirekt an die epilithischen "Mikrolebensgemeinschaften" gebunden. Der in hohen Abundanzen vorkommende Schlangensterne *O. robusta* zum Beispiel zeigt auf den UW-Photos eine deutliche Präferenz für die Besiedlung von Steinen (S.62: Photo 2). Im Gegensatz zum nah verwandten *O. sericeum* findet man ihn nur dort in hohen Dichten. Aufgrund der Gliederung des Lebensraums "Meeresboden" in zahlreiche Mikrohabitate ist die kleinräumige Verteilung vieler Arten fleckenhaft (Kap. 4.5).



Photo 3: Station 597 (80 m):

Sonnenseestern *Solaster papposus*
Schlangensterne *Ophiocten sericeum* und *Ophiura robusta*
Haarsterne, wahrscheinlich *Heliometra glacialis*
pectinide Muscheln *Arctinula greenlandica* (Pfeile)

TRANS

Von insgesamt 119 Arten sind 21 in mindestens einem der neun AGT-Fänge mit einer Individuen- bzw. Gewichtsdominanz von mindestens 5% vertreten. Sie stellen zusammen 87% aller Individuen und 91% von deren Gewicht (Tab. 4.7). Die zehn Arten, die in ihrem Vorkommen auf das TRANS-Gebiet beschränkt sind, gehören nicht hierzu, sie sind alle nur selten und in geringen Anzahlen gefunden worden. Die Zusammensetzung der Fänge wird von Arten wie den Schlangensterne *Ophiopleura borealis* und *Ophioscolex glacialis* sowie den Polychäten *Thelepus cincinnatus* und *Onuphis conchylega* geprägt, die in allen drei Regionen vorkamen. Wegen ihrer weiten Verbreitung im Untersuchungsgebiet (relativ niedrige GAS-Werte) genügen sie strenggenommen nicht den in Kap. 3.2.3 definierten Kriterien einer Charakterart. Die hohen GAI- und GAG-Werte (> 80%) zeigen jedoch, daß der Verbreitungsschwerpunkt der genannten Arten eindeutig in der Übergangszone TRANS liegt. Ebenfalls typisch ist die Seegurke *Molpadia arctica* (GAG 99%) mit einer Gewichtsdominanz von 5%. Das gleiche gilt für andere Arten, die aber wesentlich geringere Fanganteile stellen: der Seestern *Ctenodiscus crispatus*, der irreguläre Seeigel *Pourtalesia jeffreysi* und die räuberische Asselspinne *Boreonymphon abyssorum*.

Tab. 4.7: Stationsgruppe TRANS: Rangfolge der 21 wichtigsten von insgesamt 119 Arten in den 9 AGT-Fängen der Stationsgruppe

aufgeführt sind alle Arten, die auf mindestens einer Station der Gruppe mindestens 5% des Fangs (EFI oder EFG) stellen; sortiert nach dem Biologischen Index (BI-EFI); Präsenz auf den Stationen der Gruppe; mittlerer Einheitsfang EFI und EFG auf den Stationen der Gruppe; Individuen- und Gewichtsdominanz (IDom und GDom in %); Assoziationsmaße GAS, GAI und GAG

Taxon: ECH = Echinodermata, POL = Polychaeta, MOL = Mollusca, PAN = Pantopoda, SIP = Sipunculida, CRU = Crustacea, PIS = Pisces

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Tax	BI		Präs %	Einheitsfang		IDom %	GDom %	GAS %	GAI %	GAG %
		EFI	EFG		EFI	EFG					
<i>Ophiopleura borealis</i>	ECH	54	66	100	134	54	9	15	53	83	85
<i>Thelepus cincinnatus</i>	POL	43	32	89	585	156	41	44	53	95	99
<i>Ophioscolex glacialis</i>	ECH	42	45	100	71	19	5	5	64	96	98
<i>Ophiocten sericeum</i>	ECH	27	-	67	104	1	7	+	50	3	4
<i>Onuphis conchylega</i>	POL	20	-	78	92	1	6	+	58	95	91
<i>Astarte crenata</i>	MOL	16	8	89	41	3	3	1	62	31	33
<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	ECH	10	18	56	48	15	3	4	50	22	26
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	ECH	10	24	89	39	15	3	4	73	97	97
<i>Bathyarca glacialis</i>	MOL	10	9	22	24	4	2	1	40	43	58
<i>Myriotrochus rincki</i>	ECH	8	-	11	5	1	+	+	25	66	84
<i>Ophiacantha bidentata</i>	ECH	7	-	100	39	2	3	1	53	41	48
<i>Pontaster tenuispinus</i>	ECH	7	-	100	22	5	2	1	56	75	74
<i>Pourtalesia jeffreysi</i>	ECH	7	-	22	3	1	+	+	67	98	96
<i>Boreonymphon abyssorum</i>	PAN	6	-	100	16	2	1	1	56	82	75
<i>Phascolion strombi</i>	SIP	6	-	89	16	+	1	+	67	82	67
<u><i>Molpadia arctica</i></u>	ECH	-	48	89	6	17	+	5	80	99	99
<i>Heliopecten glacialis</i>	ECH	-	17	89	10	7	1	2	73	44	44
<i>Urasterias lincki</i>	ECH	-	9	33	+	6	+	2	75	79	88
<i>Bathypolypus arcticus</i>	MOL	-	7	33	+	2	+	1	50	77	67
<i>Lycodes reticulatus</i>	PIS	-	6	56	1	6	+	2	63	67	86
<i>Sclerocrangon ferox</i>	CRU	-	6	78	3	5	+	2	64	81	77
Summen					1259	322	87	91			

Tab. 4.8: Stationsgruppe TRANS FLACH: Bedeutungsmaße, Abundanz und Biomasse der 12 Arten auf den 185 Bildern von den 3 UWP-Stationen

Arten sortiert nach dem Biologischen Index (BI), Präsenz (%) auf den Stationen der Gruppe, Summe aller gezählten Individuen, mittlere Besiedlungsdichte (Abundanz als $N/100m^2$) und geschätzte Biomasse ("organisches" Gewicht in $g/100m^2$) der Art auf den Stationen der Gruppe, Individuen- und Gewichtsdominanzen (IDom und GDom in %) sowie Assoziationsmaße GAS und GAI

Taxon: ECH = Echinodermata, MOL = Mollusca, POL = Polychaeta

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Taxon	BI	Präs %	Summe N	Abundanz $N/100m^2$	Biomasse $g/100m^2$	IDom %	GDom %	GAS %	GAI %
Ophiocten sericeum	ECH	29	100	6535	3532	39	39	16	23	6
Ophiopleura borealis	ECH	22	100	304	164	62	2	26	20	34
Ophiacantha bidentata	ECH	21	100	251	136	6	2	3	16	29
<u>Onuphis conchylega</u>	ECH	19	67	9207	4977	70	55	29	50	97
Thelepus cincinnatus	POL	19	100	230	124	31	1	13	26	17
Crinoidea	ECH	17	67	15	8	4	+	2	12	7
Strongylocentrotus pallidus	ECH	13	67	167	90	25	1	10	20	8
Ophioscolex glacialis	ECH	12	100	8	4	1	+	1	25	2
Psolus phantapus	ECH	4	33	22	12	2	+	1	20	56
Ctenodiscus crispatus	ECH	1	33	1	2	+	+	+	14	7
Pontaster tenuispinus	ECH	1	33	1	1	+	+	+	14	4
Solaster papposus	ECH	1	33	1	1	+	+	+	20	6
Summen				16743	9050	240				

Tab. 4.9: Stationsgruppe TRANS TIEF: Bedeutungsmaße, Abundanz und Biomasse der 8 Arten auf den 145 Bildern von den 3 UWP-Stationen

Arten sortiert nach dem Biologischen Index (BI), Präsenz (%) auf den Stationen der Gruppe, Summe aller gezählten Individuen, mittlere Besiedlungsdichte (Abundanz als $N/100m^2$) und geschätzte Biomasse ("organisches" Gewicht in $g/100m^2$) der Art auf den Stationen der Gruppe, Individuen- und Gewichtsdominanzen (IDom und GDom in %) sowie Assoziationsmaße GAS und GAI

Taxon: ECH = Echinodermata, POL = Polychaeta

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Taxon	BI	Präs %	Summe N	Abundanz $N/100m^2$	Biomasse $g/100m^2$	IDom %	GDom %	GAS %	GAI %
Ophioscolex glacialis	ECH	28	100	174	120	31	40	34	25	64
Ophiopleura borealis	ECH	27	100	176	121	46	40	49	20	37
Ophiacantha bidentata	ECH	25	100	29	20	1	7	1	16	6
Crinoidea	ECH	19	100	13	9	5	3	5	19	7
Ctenodiscus crispatus	ECH	17	100	8	6	2	2	3	43	41
Pontaster tenuispinus	ECH	10	67	7	5	1	2	1	29	31
Thelepus cincinnatus	POL	8	33	30	21	5	7	6	9	2
Icasterias panopla	ECH	7	67	3	2	2	1	2	25	30
Summen				440	304	93				

Die Fänge in der heterogenen Zone TRANS unterscheiden sich in Größe und Zusammensetzung erheblich voneinander. Diese Unterschiede werden bei einer getrennten Betrachtung der einzelnen Untergruppen deutlich:

Die Bodentierbesiedlung in dem direkt östlich an die Belgica-Bank anschließenden TRANS FLACH-Gebiet hat den Charakter einer in Artenzahl und Abundanz vermehrten "Bankfauna". Die bedeutenden Arten wie der Seeigel *S. pallidus*, der Schlangensterne *O. sericeum* und *O. borealis* sowie die Muscheln *Batharca glacialis* und *Astarte crenata* kommen auch in den Fängen der Stationsgruppe BANK vor. Bis auf *O. borealis* und *A. crenata* haben sie dort ihren Verbreitungsschwerpunkt.

Die quantitative Auswertung der UW-Photos dieser Stationsgruppe bestätigen mit einer Ausnahme im wesentlichen das aus den AGT-Fängen gewonnene Bild der Bodenfauna. Auf den 185 Bildern von den drei TRANS FLACH-Stationen wurden insgesamt 16743 Individuen von 12 Arten gezählt (Tab. 4.8). Die mittlere Besiedlungsdichte der quantitativ ausgewerteten Bodenfauna beträgt 9050 N/100 m², deren geschätzte Biomasse etwa 240 g/100 m² "organisches" Gewicht. Der Polychät *O. conchylega* ist die dominierende Art: Er wird zwar nicht auf allen Stationen der Untergruppe gefunden, seine Abundanz- und Biomassewerte sind aber am höchsten (4977 N/100 m² = 55% Individuendominanz und 70 g/100 m² = 29% Gewichtsdominanz). Ein ähnlich wichtiges Faunenelement ist der Schlangensterne *O. sericeum* (100% Präsenz, 39% Individuendominanz, 16% Gewichtsdominanz). Hinsichtlich der Biomasse bedeutend ist außerdem der Schlangensterne *O. borealis* (26%), der Polychät *T. cincinnatus* (13%) und der Seeigel *S. pallidus* (10%). Von den genannten Arten ist nur *O. conchylega* als charakteristisch anzusehen (relativ geringer GAS-Wert, aber GAI 97%), die anderen haben ihre Verbreitungsschwerpunkte in anderen Zonen. Übereinstimmend mit den AGT-Fängen ist die relativ große Bedeutung von Arten, die typisch für die Fauna der eigentlichen Belgica-Bank sind. Ein gravierender Unterschied zur Faunenzusammensetzung der AGT-Fänge sind aber die hohen mittleren Dichten von *O. conchylega*. Sie rühren vom Massenaufreten dieser Art auf den UWP-Stationen 594 und 599 her, wo das AGT nicht eingesetzt wurde.

Die Artenzusammensetzung der AGT-Fänge im TRANS TIEF-Gebiet zeigen eine typische Weichbodenfauna: Die wichtigsten Arten in den arten- und individuenarmen Fängen sind die beiden Schlangensterne *O. borealis* und *O. glacialis* sowie der Seestern *C. crispatus*, die alle bevorzugt Weichböden besiedeln (GRAINGER 1966, ZENKEVITCH 1963). Eine auffallend große Bedeutung haben außerdem endobenthische Arten wie der Polychät *T. cincinnatus*, der Seeigel *P. jeffreysi* und die See gurke *M. arctica*.

Die UW-Photos zeigen das gleiche Bild der Bodenfauna (Photo 4). Der Meeresboden besteht einheitlich aus grünbraunem Schlamm. Auf den 145 Bildern von den drei TRANS TIEF-Stationen wurden insgesamt 440 Individuen von acht Arten gezählt (Tab. 4.9). Die mittlere Besiedlungsdichte der quantitativ erfaßten Bodenfauna beträgt nur 304 N/100 m², deren geschätzte Biomasse 93 g/100 m² "organisches" Gewicht. Die beiden Schlangensterne *O. borealis* und *O. glacialis* sind die bedeutendsten Faunenelemente (Individuendominanzen von jeweils 40% und Gewichtsdominanzen von 49% bzw. 34%). Beide kommen auch in anderen Zonen vor (geringe Assoziationsgrade) und sind deshalb in strengem Sinne nicht typisch, sie haben jedoch in der armen Weichboden-Gemeinschaft dieser Zone ihre höchsten Dichten (121 N/100 m² und 46 g/100 m² bzw. 120 N/100 m² und 31 g/100 m²) und ihre größte relative Bedeutung. Auch der Seestern *C. crispatus* hat hier seinen Verbrei-

tungsschwerpunkt. Seine Bedeutung wird durch die photographisch ermittelten Abundanzwerte wahrscheinlich noch unterschätzt: Auf den Bildern finden sich zwar relativ selten die Tiere selbst, aber sehr oft die charakteristischen Lauf- und Grabspuren dieser Art (Photo 4 und Photo 5).

Die Definition der aus vier Stationen (532, 536, 537 und 544) bestehenden Untergruppe TRANS RAND war nur bedingt möglich (Kap. 4.2). Sie ließ sich von den anderen beiden TRANS-Untergruppen nicht eindeutig abgrenzen. Bei einer zusammenfassenden Betrachtung wird die Zusammensetzung vor allem durch den Individuen-, vor allem aber biomassereichen Fang auf Station 544 geprägt (Kap. 4.3). Der Polychät *T. cincinnatus* dominiert dort die Bodenfauna in ähnlich hohem Maße wie der Schlangenstein *O. sericeum* die der Belgica-Bank. Nach ihm sind Arten wie der Schlangenstein *O. borealis* oder der Seestern *C. crispatus* relativ wichtige Arten (Photo 5). Ihre absoluten Abundanzwerte sind dort genauso groß wie auf den Stationen, auf denen sie dominante Faunenelemente sind.

Die größte Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung haben die beiden Stationen 536 und 537: Auf beiden ist der Polychät *O. conchylega* die numerisch bedeutendste Art, gefolgt von *O. sericeum*. Ersterer hat wie *T. cincinnatus* innerhalb des Untersuchungsgebiets am Schelfrand seinen Verbreitungsschwerpunkt. In vielem ähnelt die Fauna auf den Stationen 536 und 537 in ihrer Zusammensetzung der von TRANS FLACH, unterschiedlich ist die relativ größere Bedeutung von typischen Weichbodenarten wie *O. glacialis* und *M. arctica*. In dieser Hinsicht besteht eine Ähnlichkeit mit dem sehr individuenarmen Fang auf Station 532, der sich aber durch die Dominanz von *O. borealis* und das fast vollständige Fehlen von *O. conchylega* unterscheidet.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Die Merkmale der Fauna von TRANS RAND liegen zwischen denen der verarmten "Bankfauna" der Zone TRANS FLACH und denen der Weichbodenfauna von TRANS TIEF. Charakteristisch ist das Massenauf-treten der beiden Polychäten *T. cincinnatus* und *O. conchylega*, die aufgrund ihrer dort sehr hohen Abundanzen auch die Artenzusammensetzung der gesamten Stationsgruppe TRANS prägen.

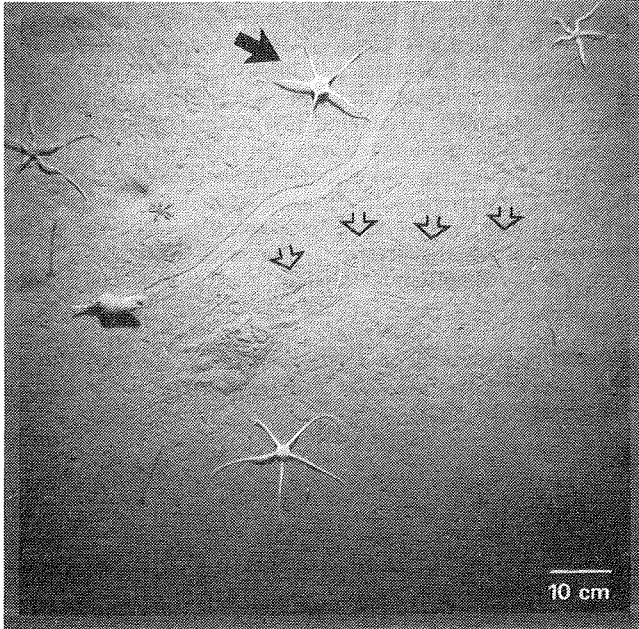


Photo 4: Station 535 (240 m):

Ophiopleura borealis (großer Pfeil), Ophioscolex glacialis
 Laufspur vom Seestern Ctenodiscus crispatus (kleine Pfeile)
 eine buccinide Raubschnecke, wahrscheinlich Buccinum hydrophanum

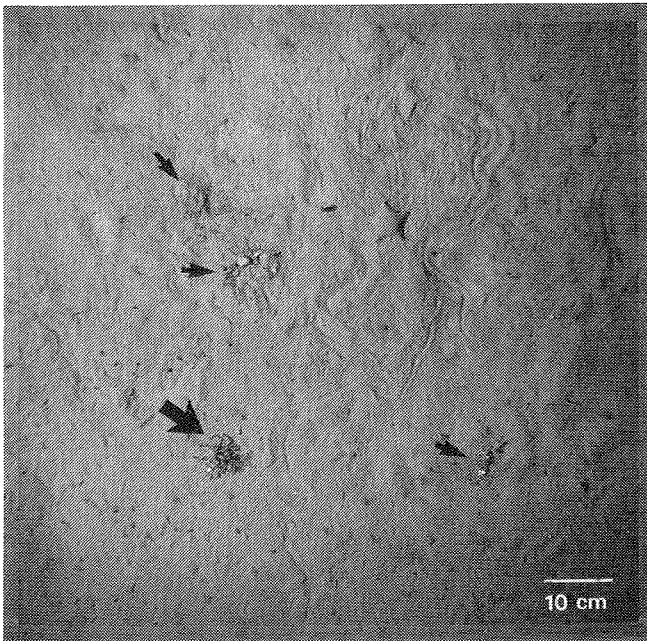


Photo 5: Station 544 (300 m):

Seestern Ctenodiscus crispatus
 Pantopode, wahrscheinlich Boreonymphon abyssorum (großer Pfeil)
 Tentakel des terebelliden Polychäten Thelepus cincinnatus (kleine Pfeile)

HANG

Die Bodenfauna am Kontinentalabhang ist durch niedrige Artenzahl und Bestandsgröße gekennzeichnet (Kap. 4.3). Von den insgesamt 70 Arten sind 19 zahlen- oder gewichtsmäßig in mindestens einem der fünf AGT-Fänge in dieser Zone bedeutend (Tab. 4.10). Diese Arten stellen zusammen 81% aller gefangenen Individuen und 91% von deren Gewicht. Vier von ihnen waren auf allen HANG-Stationen anzutreffen (Präsenz 100%). Die wichtigsten Faunenelemente wie zum Beispiel der Polychät *T. cincinnatus* und der Schlangensterne *O. borealis* kommen auch in den anderen Zonen vor und haben dort ihre Verbreitungsschwerpunkte. Der im gesamten Untersuchungsgebiet vertretene Schlangensterne *O. bidentata* ist ebenfalls nicht charakteristisch für die Fauna des Kontinentalabhangs, aber er hat hier seine größte relative Bedeutung.

Zu den gewichtsmäßig bedeutenden Faunenelementen gehören fünf Fischarten, angeführt von der Wolfsfischart *Lycodes eudipleurostictus* (7%) und der Groppenart *Cottunculus microps* (13%).

Tab. 4.10: Stationsgruppe HANG; Rangfolge der 19 wichtigsten von insgesamt 70 Arten in den 5 AGT-Fängen der Stationsgruppe

aufgeführt sind alle Arten, die auf mindestens einer Station der Gruppe mindestens 5% des Fangs (EFI oder EFG) stellen; sortiert nach dem Biologischen Index (BI-EFI); Präsenz auf den Stationen der Gruppe; mittlerer Einheitsfang EFI und EFG auf den Stationen der Gruppe; Individuen- und Gewichtsdominanz (IDom und GDom in %); Assoziationsmaße GAS, GAI und GAG

Taxon: ECH = Echinodermata, POL = Polychaeta, MOL = Mollusca, CRU = Crustacea, PIS = Pisces

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Tax	BI		Präs %	Einheitsfang		IDom %	GDom %	GAS %	GAI %	GAG %
		EFI	EFG		EFI	EFG					
<i>Thelepus cincinnatus</i>	POL	29	10	100	47	4	21	5	33	5	2
<i>Ophiacantha bidentata</i>	ECH	28	16	100	63	3	27	4	29	37	43
<i>Ophiopleura borealis</i>	ECH	28	13	100	22	8	10	10	29	8	7
<u>Melinnopsis arctica</u>	POL	16	-	80	16	+	7	+	100	100	100
<i>Pontaster tenuispinus</i>	ECH	9	8	100	12	2	5	3	31	23	20
<i>Colus tortuosus</i>	MOL	8	5	60	5	1	2	2	43	65	78
<u>Pandalus borealis</u>	CRU	7	27	60	8	20	3	25	75	85	88
<u>Bathybaster vexillifer</u>	ECH	7	18	80	3	4	1	5	100	100	100
<i>Samythella neglecta</i>	POL	6	-	80	6	+	3	+	67	97	99
<i>Lycodes eudipleurostictus</i>	PIS	-	15	40	+	6	+	7	67	52	98
<i>Cottunculus microps</i>	PIS	-	10	60	+	11	+	13	60	65	92
<i>Sclerocrangon ferox</i>	CRU	-	9	60	1	3	1	3	27	18	21
<i>Triglops pingeli</i>	PIS	-	9	20	1	1	+	2	11	9	15
<i>Gorgonocephalus eucnemis</i>	ECH	-	8	80	+	3	+	3	67	15	49
<i>Colus cf. glaber</i>	MOL	-	7	60	+	2	+	2	50	60	97
<i>Bythocaris cf. leucopis</i>	CRU	-	7	60	1	1	1	1	60	44	83
<i>Bathypolypus arcticus</i>	MOL	-	6	60	+	2	+	2	50	23	33
<i>Arteidiellius atlanticus</i>	PIS	-	6	80	+	2	+	2	44	10	29
<i>Lycodes reticulatus</i>	PIS	-	4	20	+	1	+	2	13	2	11
Summen					185	74	81	91			

Die Bodentierbesiedlung dieser Zone unterscheidet sich von den anderen Zonen vor allem durch die Arten, die bevorzugt in größeren Tiefen leben. Drei Arten kommen nur hier vor, zwei davon sind als Charakterarten anzusehen: der Polychät *Melinnopsis arctica* mit einer Individuendominanz von 7% und der Seestern *Bathybiaster vexillifer* mit einer Gewichtsdominanz von 5%. Eine weitere Charakterart mit hohen Assoziationsgraden ist die gewichtsmäßig dominierende Garnele *Pandalus borealis* (25%).

Tab. 4.11: Stationsgruppe HANG: Bedeutungsmaße, Abundanz und Biomasse der 11 Arten auf den 182 Bildern von den 3 UWP-Stationen

Arten sortiert nach dem Biologischen Index (BI), Präsenz (%) auf den Stationen der Gruppe, Summe aller gezählten Individuen, mittlere Besiedlungsdichte (Abundanz als $N/100m^2$) und geschätzte Biomasse ("organisches" Gewicht in $g/100m^2$) der Art auf den Stationen der Gruppe, Individuen- und Gewichtsdominanzen (IDom und GDom in %) sowie Assoziationsmaße GAS und GAI

Taxon: ECH = Echinodermata, POL = Polychaeta

+ bedeutet < 0.5, Charakterarten sind unterstrichen

Arten	Taxon	BI	Präs %	Summe N	Abundanz $N/100m^2$	Biomasse $g/100m^2$	IDom %	GDom %	GAS %	GAI %
<u>Thelepus cincinnatus</u>	POL	30	100	673	370	94	59	87	27	47
Ophiacantha bidentata	ECH	22	100	80	44	2	7	2	16	11
Ophiopleura borealis	ECH	19	100	27	15	6	2	5	20	3
Onuphis conchylega	POL	17	67	333	183	3	29	2	50	3
Ophioscolex glacialis	ECH	17	100	12	7	2	1	2	25	4
Icasterias panopla	ECH	13	100	3	2	1	+	1	28	31
Pontaster tenuispinus	ECH	11	67	5	3	1	+	1	29	22
Ophiocten sericeum	ECH	8	33	12	7	+	1	+	8	1
Crinoidea	ECH	5	33	1	+	+	+	+	6	1
Ctenodiscus crispatus	ECH	4	33	1	+	+	+	+	14	4
Hymenaster pellucidus	ECH	3	33	1	+	+	+	+	50	50
Summen				1148	634	109				

Auf den 182 Bildern von den drei HANG-Stationen wurden insgesamt 1148 Individuen von elf Arten gezählt (Tab. 4.11). Die mittlere Besiedlungsdichte der quantitativ erfaßten Bodenfauna beträgt $634 N/100 m^2$, deren geschätzte Biomasse $109 g/100 m^2$ "organisches" Gewicht. Zwei Polychäten sind die wichtigsten Arten: *T. cincinnatus* dominiert mit Werten von $370 N/100 m^2$ (59%) und $94 g/100 m^2$ (87%), gefolgt von *O. conchylega* mit $182 N/100 m^2$ (29%) und $3 g/100 m^2$ (2%). Auch die Schlangensterne *O. borealis* ($15 N/100 m^2 = 2\%$, $6 g/100 m^2 = 5\%$) und *O. bidentata* ($44 N/100 m^2 = 7\%$, $2 g/100 m^2 = 2\%$) sind bedeutende Faunenelemente. *T. cincinnatus* und *O. bidentata* haben hier ihre größte relative Bedeutung. Alle genannten Arten sind aber nicht typisch (relativ geringe Assoziationsgrade).

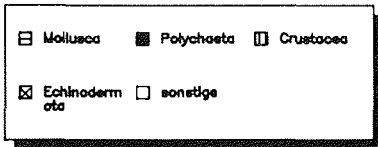
4.6.2 Höhere Taxa

Die Zusammensetzung der Fauna läßt sich auch auf der Grundlage der Anteile höherer Taxa (Grobtaxa) an den AGT-Fängen beschreiben. Weichtiere (Mollusca), Borstenwürmer (Polychaeta), Krebse (Crustacea) und Stachelhäuter (Echinodermata) bilden die Hauptmasse der gefangenen Bodentiere. Zur Kategorie "sonstige" gehören Spritz-, Priaps- und Igelwürmer (Sipunculida, Priapulida und Echiurida), Asselspinnen (Pantopoda) und Fische (Pisces). Alle anderen Grobtaxa wurden nicht quantitativ ausgewertet (Kap. 3.2.1).

Zwischen den Faunen der einzelnen Regionen gibt es hinsichtlich der Anteile an den Artenzahlen keine gravierenden Unterschiede, wohl aber hinsichtlich der Zahlen- und Gewichtsanteile. Auf der Belgica-Bank (BANK) dominieren eindeutig Stachelhäuter (Abb. 4.13): Die 20 gefangenen Arten machen hier zusammen fast 80% der Individuen und 69% von deren Gesamtgewicht aus, vor allem zurückzuführen auf die sehr hohen Anzahlen des Schlangensterms *O. sericeum*.

In der Übergangszone TRANS sind Polychäten - noch vor den auch hier stark vertretenen Stachelhäutern - prägende Elemente (Abb. 4.14): Die 28 Polychätenarten, angeführt von *O. conchylega* und *T. cincinnatus*, stellen dort 51% der Individuen und 45% von deren Gewicht.

Am Kontinentalabhang (HANG) haben Stachelhäuter und Polychäten die höchsten Individuenanteile, bei den Gewichtsanteilen spielen jedoch neben den Stachelhäutern auch Krebse, vornehmlich die Garnele *P. borealis*, und Fische (Kategorie "sonstige") eine wichtige Rolle (Abb. 4.15): Beide Taxa haben mit jeweils unter 10% nur geringe Individuenanteile, stellen aber 31% bzw. 30% des Gesamtgewichts.



BANK

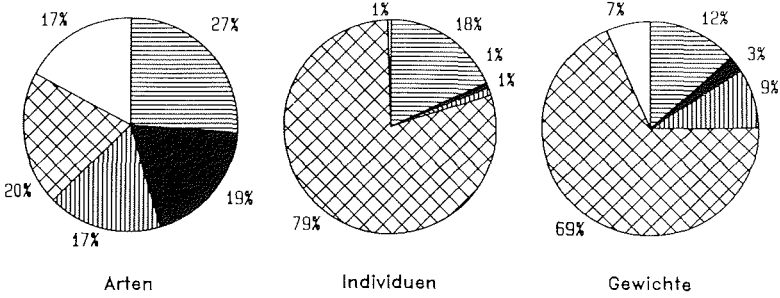


Abb. 4.13: Relative Anteile (%) der Grobtaxa in den 3 AGT-Fängen der Stationsgruppe BANK

TRANS

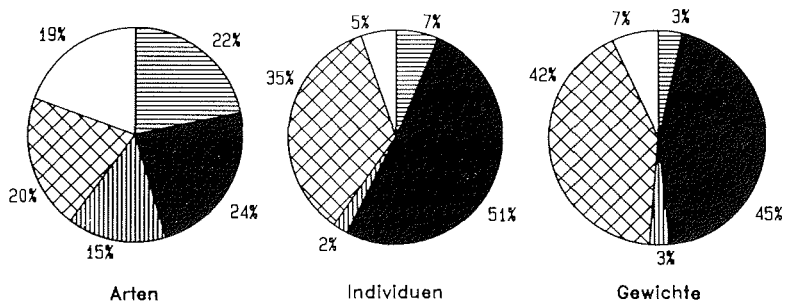


Abb. 4.14: Relative Anteile (%) der Grobtaxa in den 9 AGT-Fängen der Stationsgruppe TRANS

HANG

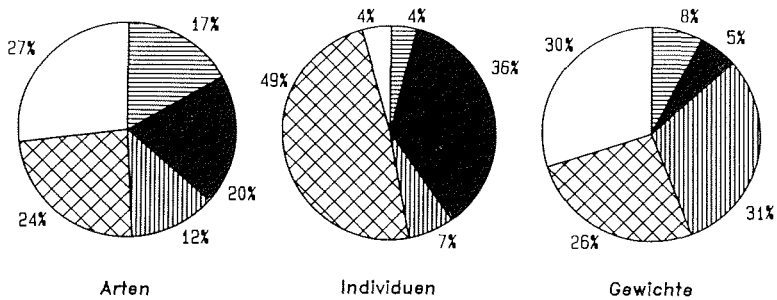


Abb. 4.15: Relative Anteile (%) der Grobtaxa in den 5 AGT-Fängen der Stationsgruppe HANG

4.6.3 Zoogeographische Verbreitungstypen

Zur Darstellung des zoogeographischen Charakters der Bodenfauna werden die 137 quantitativ ausgewerteten Arten in drei Kategorien sortiert: arktisch, atlantoboreal-arktisch und amphiboreal-arktisch (Kap. 3.2.3). Die Artenanteile der Verbreitungstypen sind innerhalb der höheren Taxa unterschiedlich groß (Abb. 4.16). Besonders hoch ist der Anteil arktischer Arten bei den Fischen (**Pisces**: 10 von 13 = 77%). In diese Kategorie gehört z.B. der Scheibenbauch *Liparis koefodi*. Bei den Borstentwürmern (**Polychaeta**) sind nur wenige Arten auf arktische Gebiete beschränkt (2 von 30 = 7%). Die meisten, darunter *Thelepus cincinnatus* und *Onuphis conchylega*, haben eine weite Verbreitung (amphiboreal-arktisch: 25 von 30 = 83%). Die Hälfte (13 von 26) der Stachelhäuterarten (**Echinodermata**) ist arktisch, darunter *Ophiocten sericeum*, *Ophiopleura borealis*, *Heliometra glacialis* und *Molpadia arctica*. Arten mit amphiboreal-arktischer Verbreitung stellen nur einen Anteil von 15%, hierzu gehören aber wichtige Faunenelemente wie *Strongylocentrotus pallidus*, *Ophiacantha bidentata* und *Ctenodiscus crispatus*. Die meisten Weichtierarten (**Mollusca**) sind in ihrer Verbreitung atlantoboreal-arktisch (17 von 34 = 50%), darunter *Arctinula greenlandica*, *Astarte crenata* und *Bathyarca glacialis*. Zu den sechs arktischen Arten (18%) gehört *Yoldiella frigida*. Die elf atlantisch und pazifisch verbreiteten Arten (32%) sind bis auf *Nuculana pernula* relativ selten. Bei den Krebsen (**Crustacea**) sind die Artenanteile etwa gleich groß. Am geringsten mit etwa einem Viertel (5 von 19) ist der der amphiboreal-arktischen Arten. Hierzu gehört aber z.B. *Pandalus borealis*.

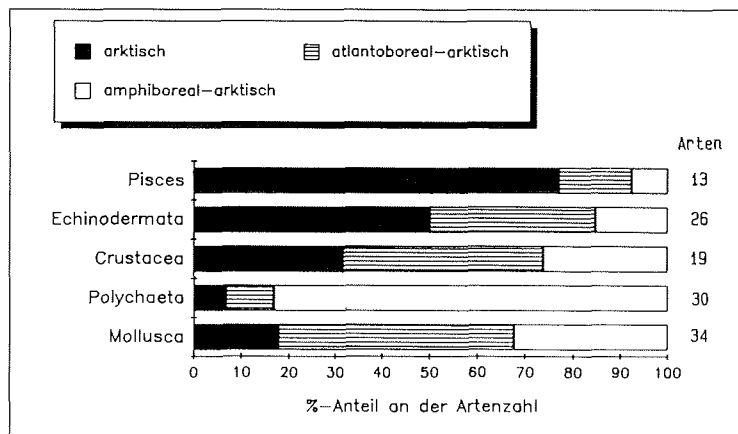
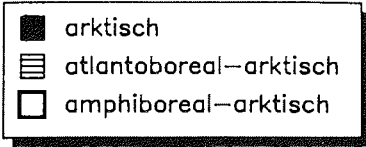


Abb. 4.16: Anteile der Verbreitungstypen an den Artenzahlen in den verschiedenen höheren Taxa

In den einzelnen Regionen entfällt jeweils etwa ein Drittel der Arten auf die verschiedenen Verbreitungstypen, in der Verteilung der Individuen- und Gewichtsanteile gibt es aber Unterschiede. Auf der Belgica-Bank (BANK) dominieren arktische Elemente wie z.B. *O. sericeum*, *Y. frigida* und *H. glacialis* mit einem Individuenanteil von 79% und einem Gewichtsanteil von 41% (Abb. 4.17). In der Übergangszone TRANS und am Kontinentalabhang (HANG) - hydrographisch von den wärmeren Wassermassen des nordatlantischen Stromsystems beeinflusst (Kap. 2.2) - stellen Arten mit amphiboreal-arktischer Verbreitung, wie z.B. *T. cincinnatus*, *C. crispatus*, *O. bidentata* und *P. borealis*, den größten Teil der Bodenfauna: je 62% der Individuen und 56% bzw. 38% des Gewichts (Abb. 4.18 und Abb. 4.19). Der Anteil atlantoboreal-arktischer Arten, wie z.B. *A. greenlandica* oder *O. glacialis*, ist überall relativ gering: Ihr maximaler Individuenanteil beträgt 15% (TRANS), ihr maximaler Gewichtsanteil 21% (BANK).



BANK

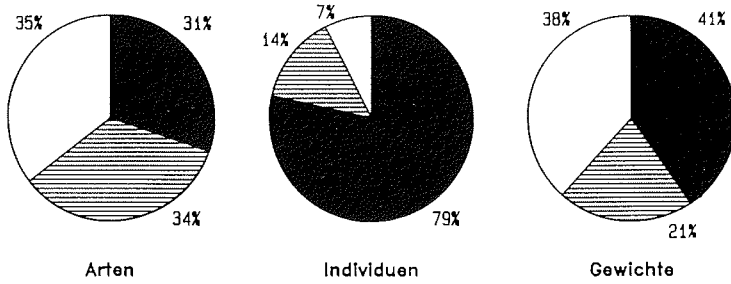


Abb. 4.17: Relative Anteile (%) der drei Verbreitungstypen in den drei BANK-Fängen

TRANS

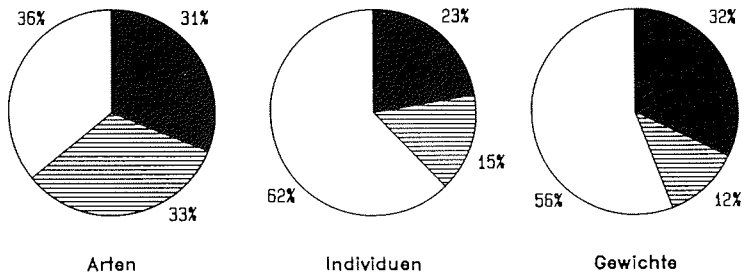


Abb. 4.18: Relative Anteile (%) der drei Verbreitungstypen in den neun TRANS-Fängen

HANG

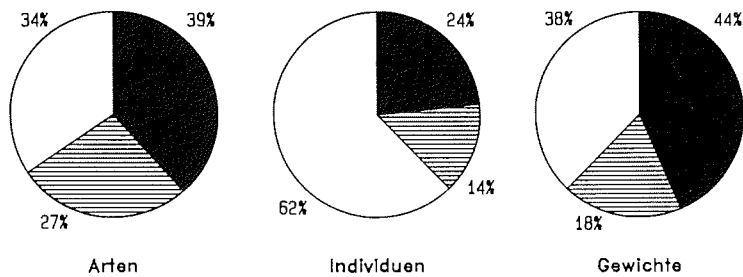


Abb. 4.19: Relative Anteile (%) der drei Verbreitungstypen in den fünf HANG-Fängen

4.7 Lebensformtypen

4.7.1 Verhältnis Epi-/ Endobenthos

Eine ökologische Charakterisierung der Bodenfauna erfolgt über die Darstellung der Anteile verschiedener Lebensformtypen. Das Verhältnis von Epi- und Endobenthos ist in diesem Zusammenhang ein grundlegender Aspekt. Die meisten der gefangenen Arten sind epibenthisch, wahrscheinlich vor allem bedingt durch die Fangweise des AGT (Kap. 3.3). Nur 36 von 137 Arten (26%) können zur Endofauna gerechnet werden. An der Gesamtheit aller Fänge stellen sie ein Fünftel der Individuen und etwas mehr als ein Drittel der Gewichte. Die wichtigsten endobenthischen Arten sind der Polychät *Thelepus cincinnatus*, die protobranchen Muscheln der Gattung *Yoldiella* und die Art *Astarte crenata*.

Der endobenthische Artenanteil beträgt in allen Zonen des Untersuchungsgebiets etwa ein Viertel, hinsichtlich der Individuen- und Gewichtsanteile gibt es jedoch charakteristische Unterschiede: Die geringste Bedeutung hat das Endobenthos in den Fängen auf der Belgica-Bank (Abb. 4.20: 10% der Individuen und 8% der Gewichte).

In der Übergangszone TRANS stellen endobenthische Arten - vor allem wegen des massenhaft auftretenden *T. cincinnatus* - etwa die Hälfte der Individuen und Gewichte der Fänge (Abb. 4.21).

Am Kontinentalabhang gehört etwa ein Drittel aller gefangenen Individuen zur Endofauna, sie stellen aber nur 7% der Fanggewichte (Abb. 4.22). Die meisten dieser Arten, wie z.B. die relativ häufigen Polychäten aus der Familie der Ampharetidae, sind nur sehr klein. Die Hauptmasse der Fauna wird von den großwüchsigeren Schlangensterne, Fischen und der Garnele *Pandalus borealis* gestellt.

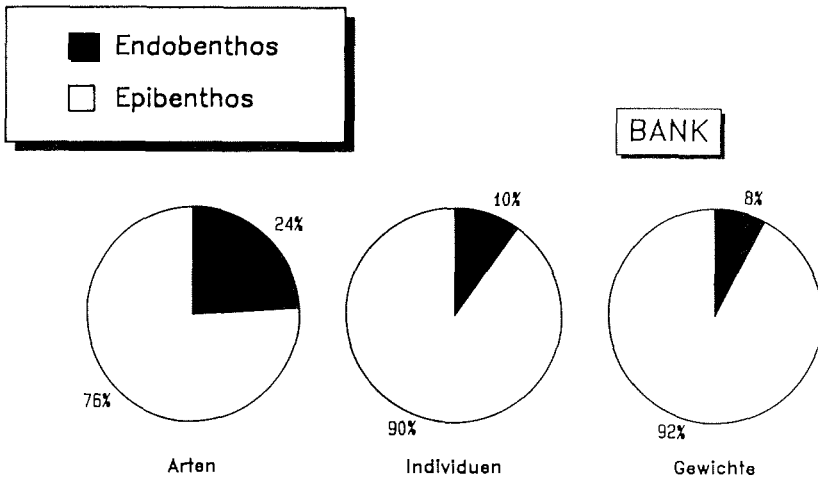


Abb. 4.20: Relative Anteile (%) endobenthischer Arten in den 3 AGT-Fängen der Stationsgruppe BANK

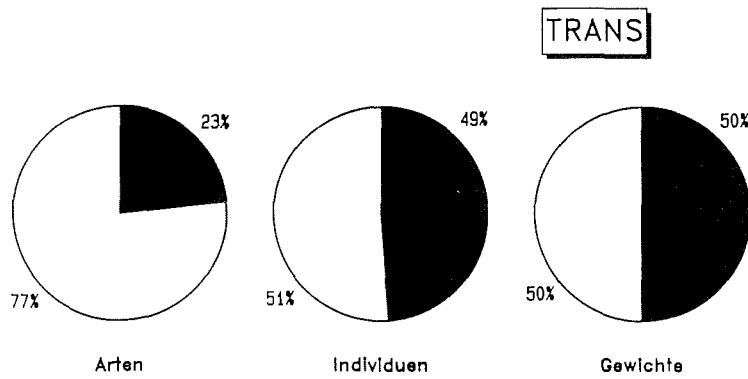


Abb. 4.21: Relative Anteile (%) endobenthischer Arten in den 9 AGT-Fängen der Stationsgruppe TRANS

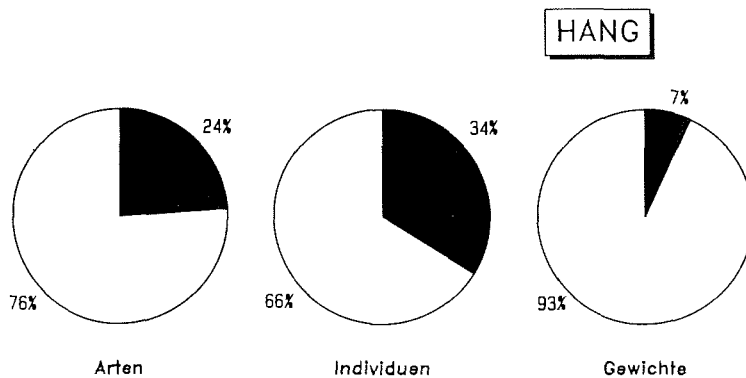


Abb. 4.22: Relative Anteile (%) endobenthischer Arten in den 5 AGT-Fängen der Stationsgruppe HANG

4.7.2 Suspensionsfresser

Zur Darstellung der trophischen Struktur der Bodenfauna werden die gefangenen Arten in zwei Kategorien eingeteilt, "Suspensionsfresser" und "andere" (Kap. 3.2.3). Erstere stellen insgesamt nur 22 von 137 Arten: alle Muscheln mit Ausnahme der Arten aus den Gruppen der Protobranchiata und Septibranchiata, von den Polychäten die Arten der Sabellidae, von den Krebsen die Rankenfüßler (Cirripedia) und drei Asselarten (Isopoda) sowie von den Stachelhäutern zwei Haarsternarten, zwei Schlangensternearten und eine Seegurkenart. Die wichtigsten Arten sind der fakultativ filtrierende Schlangenstern *Ophiacantha bidentata*, die Muscheln *Arctinula greenlandica*, *Bathyarca glacialis* und *Astarte crenata* und der Haarstern *Heliometra glacialis*. Auch hinsichtlich Individuen und Gewichte stellen die Suspensionsfresser mit 12% bzw. 13% nur einen geringen Anteil an der Gesamtheit aller AGT-Fänge.

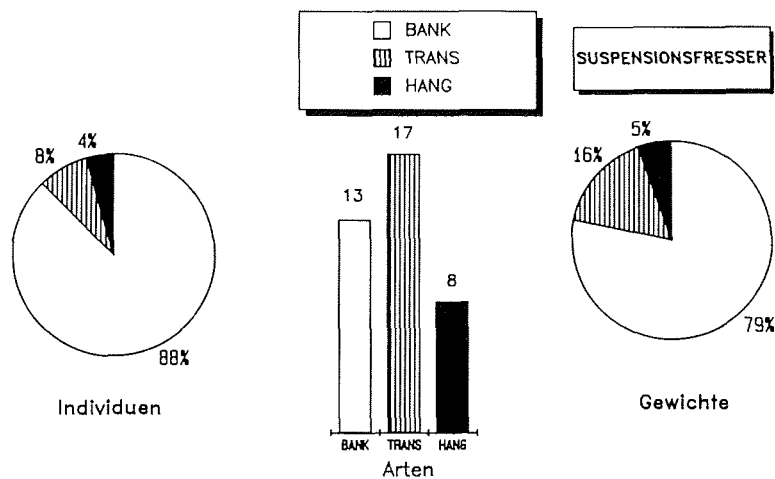
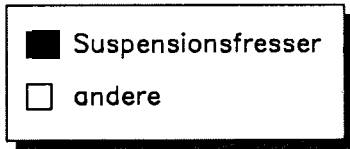


Abb. 4.23: Verteilung der Suspensionsfresser auf die AGT-Fänge der drei Stationsgruppen

Die meisten Suspensionsfresser wurden auf der Belgica-Bank (BANK) gefangen (Abb. 4.23), obwohl in der Übergangszone TRANS etwas mehr Arten dieses Ernährungstyps zu finden waren. Der Grund liegt in den teilweise hohen Bestandsdichten filtrierender Muscheln auf dem flachen Schelf. Aber auch dort stellen Suspensionsfresser nur einen vergleichsweise geringen Anteil an den Fängen (Abb. 4.24): 16% der Arten, 11% der Individuen und 21% des Gewichts. Ähnlich ist das Bild in der Übergangszone TRANS (Abb. 4.25): 14% der Arten, 10% der Individuen und 5% des Gewichts. Der Arten- bzw. Gewichtsanteil der Suspensionsfresser ist auch am dünnbesiedelten Kontinentalabhang niedrig (Abb. 4.26: 12% bzw. 7%). Aber dort gehört fast ein Drittel der Individuen zu diesem Ernährungstyp, weil der Schlangenstern *O. bidentata* relativ häufig auftritt.



BANK

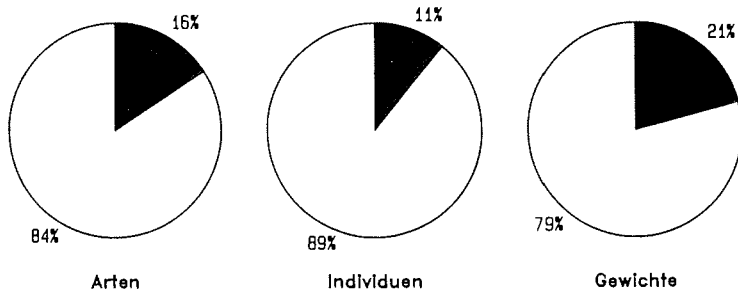


Abb. 4.24: Relative Anteile (%) der Suspensionsfresser in den 3 AGT-Fängen der Stationsgruppe BANK

TRANS

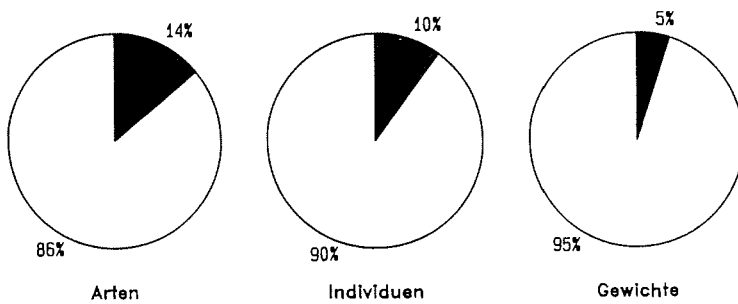


Abb. 4.25: Relative Anteile (%) der Suspensionsfresser in den 9 AGT-Fängen der Stationsgruppe TRANS

HANG

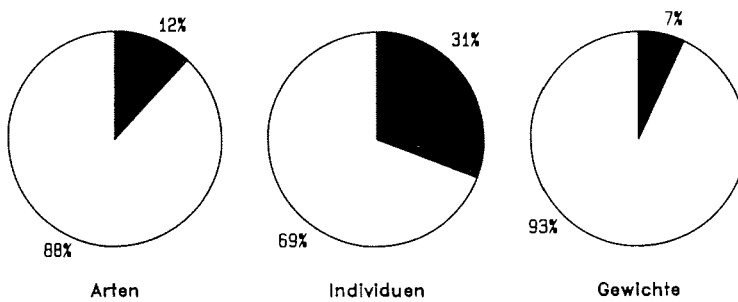


Abb. 4.26: Relative Anteile (%) der Suspensionsfresser in den 5 AGT-Fängen der Stationsgruppe HANG

4.7.3 Reproduktionsökologische Typen

Hinsichtlich der Fortpflanzungsökologie der gefangenen Arten werden grob zwei Kategorien unterschieden: "planktotroph" und "nonplanktotroph" (Kap. 3.2.3). Erstere haben in ihrer Ontogenese ein pelagisches Larvenstadium relativ langer Dauer, in dem sich die Brut von Planktonorganismen aktiv ernährt. In die andere Kategorie werden alle Arten gerechnet, deren Larven während einer meist relativ kurzen freien Phase ausschließlich vom Dottervorrat zehren, sowie diejenigen ohne jedes freie Larvenstadium.

Für 39 der 137 quantitativ ausgewerteten Arten (29%) ist eine Einteilung in einen der beiden Reproduktionstypen anhand der verfügbaren Literatur (Kap. 3.2.3) nicht möglich. Wahrscheinlich haben sie aber - wie die Mehrzahl der Arten (88 von 137 = 60%) - kein planktotropes Larvenstadium (THORSON 1936).

Zu den 88 Arten, für die bekannt ist, daß sie keine planktotrophe Larven haben, gehören die Schlangensterne *Ophiopleura borealis*, *Ophioscolex glacialis* und *Ophiacantha bidentata*, der Polychät *Thelepus cinnamatus* und die Muschel *Arctinula greenlandica*. Sie stellen zusammen zwei Drittel des Gesamtfanggewichts.

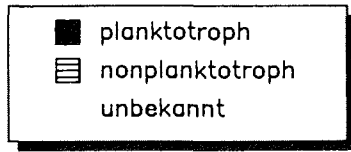
Nur relativ wenige Arten haben mit Sicherheit planktotrophe Larven (15 von 137 = 11%). Sie machen aber fast zwei Drittel (60%) aller gefangenen Tiere, allerdings nur ein Fünftel des Gewichts aller Fänge aus. Zu ihnen gehören die Schlangensterne *Ophiocten sericeum* und *Ophiura robusta*, der Seeigel *Strongylocentrotus pallidus* und die Garnele *Pandalus borealis*.

In allen Zonen des Untersuchungsgebiets ist der Artenanteil des planktotropen Reproduktionstyps ähnlich niedrig, er liegt zwischen maximal 14% (14 von 99) auf der Belgica-Bank und minimal 6% (4 von 70) am Kontinentalabhang. Hinsichtlich der Mengenanteile gibt es jedoch charakteristische Unterschiede:

Auf der Belgica-Bank stellen die relativ wenigen planktotropen Arten fast 80% der gefangenen Individuen und 56% von deren Gewicht (Abb. 4.27).

In den tiefer gelegenen Gebieten der Übergangszone TRANS dagegen sind die Individuen- und Gewichtsanteile der Arten mit planktotropen Larven mit 11% bzw. 5% ähnlich niedrig wie der Artenanteil von 10% (Abb. 4.28).

Auch am Kontinentalabhang gehören nur 5% der gefangenen Tiere zum planktotropen Reproduktionstyp, diese stellen aber - fast ausschließlich aufgrund des hohen Gewichtsanteils von *P. borealis* - ein Viertel der Fanggewichte (Abb. 4.29).



BANK

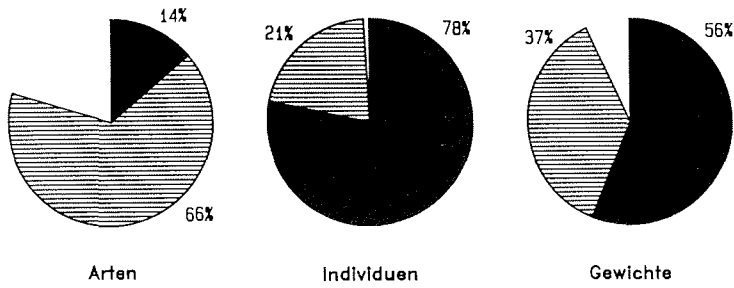


Abb. 4.27: Relative Anteile (%) der Reproduktionstypen in den 3 AGT-Fängen der Stationsgruppe BANK

TRANS

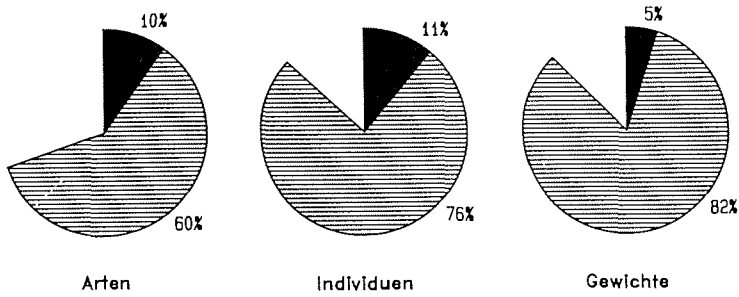


Abb. 4.28: Relative Anteile (%) der Reproduktionstypen in den 9 AGT-Fängen der Stationsgruppe TRANS

HANG

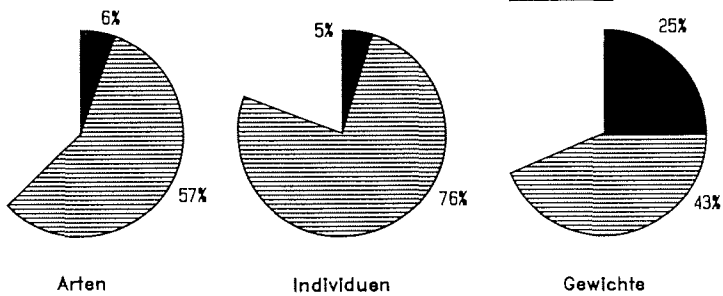


Abb. 4.29: Relative Anteile (%) der Reproduktionstypen in den 5 AGT-Fängen der Stationsgruppe HANG

5 DISKUSSION

Bevor die Ergebnisse im einzelnen diskutiert werden, seien die wichtigsten abiotischen Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebiets zusammengefaßt (Kap. 2): Das untersuchte Meeresgebiet besteht aus einer Schelfbank, der Belgica-Bank, etwa 45 km vor der nordostgrönländischen Küste in der westlichen Fram-Straße gelegen, und dem angrenzenden Kontinentalabhang. Es liegt an der Schnittstelle zwischen dem Arktischen Ozean im Norden und dem Atlantischen Ozean im Süden. Während der Schelf bis in Tiefen von etwa 120 m hydrographisch ausschließlich durch das polare Wasser des Ostgrönlandstroms mit Temperaturen bis zu $-1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ geprägt wird, mißt das Bodenwasser in größeren Tiefen wenig über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, zurückzuführen auf den Einfluß wärmerer Wassermassen des nordatlantischen Stromsystems. Das Gebiet ist hydrographisch nicht von südlich gelegenen subarktischen Regionen isoliert - ein wichtiger Unterschied zu anderen polaren Gebieten wie z.B. den Randmeeren des Arktischen Ozean an der Nordküste der Sowjetunion oder dem von VOß (1988) untersuchten Schelf des antarktischen Weddellmeers. Eine ökologisch relevante Erniedrigung des Salzgehalts durch sommerliche Eisschmelze oder Süßwassereinstrom großer Flüsse mit entscheidendem Einfluß auf die Bodentierbesiedlung - wie auf den flachen Schelfen der sowjetischen Arktis (ZENKEVITCH 1963) oder in ostgrönländischen Fjorden (THORSON 1934) - ist auf der relativ küstenfernen und tiefen Belgica-Bank nicht festzustellen. Das Meeresgebiet ist zwar grundsätzlich das ganze Jahr vom Eis bedeckt, ein Teil liegt jedoch im Bereich einer sich regelmäßig im Frühling vor der nordostgrönländischen Küste bildenden Polynya. Der Meeresboden ist nach Informationen, die den UW-Photos zu entnehmen sind, auf der Belgica-Bank kleinräumig relativ heterogen, es kommen Bereiche mit weichen Böden und Hartsubstrate wie Steine und Felsen nebeneinander vor. Am Kontinentalabhang wird der Boden einheitlich durch feine Sedimente geprägt.

5.1 Zoogeographische Aspekte

Wichtig für die Interpretation der zoogeographischen Ergebnisse ist die Abgrenzung des als "Arktis" bezeichneten Gebiets. Sie fällt im Gegensatz zu den relativ klaren Verhältnissen im antarktischen Ringozean aufgrund der anderen Geographie und der überwiegend meridionalen Meeresströmungen schwer. Es gibt je nach verwendetem Kriterium unterschiedliche Definitionen (EKMAN 1953, ZENKEVITCH 1963, HOLTHE 1978, SAKSHAUG & HOLM-HANSEN 1984).

ZENKEVITCH (1963) richtet sich vor allem nach den geographischen und bathymetrischen Verbreitungsmustern benthischer Arten. Der Arktische Ozean, seine kontinentalen Schelfmeere sowie das Europäische Nordmeer werden zur **Arktischen Faunenregion** zusammengefaßt (Abb. 5.1). Diese zerfällt aufgrund von Unterschieden in Wassertiefe, Hydrographie und Besiedlungsgeschichte in mehrere Untergebiete. Die "Abyssal Arctic Subregion" (I) umfaßt die Tiefseebecken im Arktischen Ozean sowie der Grönlandsee und der Norwegischen See. Die Schelfgebiete werden in zwei Subregionen eingeteilt: die "Lower Arctic Subregion" (II) mit dem südlichen Teil des Barentsmeers und des Weißen Meers sowie die "High Arctic Subregion" (III). Letztere gliedert sich in zwei Provinzen: Die küstennahen Schelfgebiete werden hydrographisch von Brackwasser geprägt (IIIb), die tieferen Bereiche dagegen sind marin (IIIa). Letztere wiederum zerfallen aus besiedlungsgeschichtlichen Gründen in ein "sibirisches" Gebiet (IIIa2) mit den arktischen Randmeeren nördliches Barentsmeer, Karameer, Laptevmeer, Ostsibirisches Meer und Tschuktschenmeer sowie ein "nordamerikanisches" Gebiet mit dem Beaufortmeer nördlich von Alaska, der kanadischen Arktis und den grönländischen Gewässern. In die Verbreitungskategorie "arktisch" werden für diese Arbeit alle Arten eingestuft, die nur in den Subregionen I und III vorkommen (Kap. 3.2.3). Sie sind hinsichtlich des so definierten Gebiets endemisch.

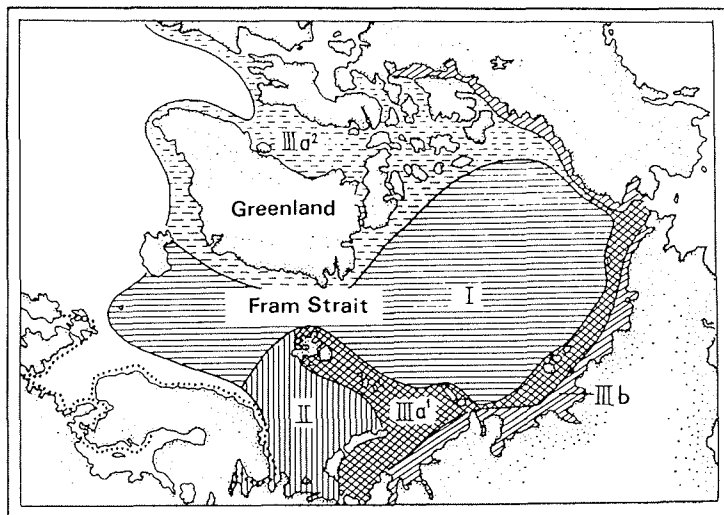


Abb. 5.1: Zoogeographische Zonation der Arktischen Faunenregion (nach ZENKEVITCH 1963)

- | | | |
|------|----------------------------------|---------------------------------------|
| I | Abyssal Arctic sub-region | |
| II | Lower-Arctic, shallow sub-region | |
| III | High Arctic, shallow sub-region: | |
| IIIa | Shallow marine province: | IIIa1 Siberian region |
| | | IIIa2 North American Greenland region |
| IIIb | Shallow brackish-water province | |

Bevor die Ergebnisse hinsichtlich der zoogeographischen Aspekte zusammengefaßt und diskutiert werden, sollen zunächst für die wichtigsten Arten die aus der Literatur (Kap. 3.2.1) entnommenen großräumigen Verbreitungsmuster dargestellt werden, die zur Einteilung in einen bestimmten Verbreitungstyp verwendet wurden.

Echinodermata

Die Stachelhäuter sind in allen Zonen des Untersuchungsgebiets dominante Faunenelemente. Insgesamt wurden 33 Arten gefunden. Fast zwei Drittel (30 von 48) aller nach HEDING (1935) für Ostgrönland bekannten Stachelhäuter sind im relativ kleinräumigen Untersuchungsgebiet um die Belgica-Bank gefangen worden - ein Indiz dafür, daß die Echinodermenfauna durch Art und räumliche Skala der Probenahme weitgehend erfaßt wurde. Bei den nicht gefundenen Arten handelt es sich bis auf *Ophiura sarsi* (s.u.) um ausgeprägte Litoral- oder Tiefseeformen. Drei der von mir gefundenen Arten fehlen in der Liste von HEDING (1935): der Schlangensterne *Ophiopholis aculeata*, der irreguläre Seeigel *Pourtalesia jeffreysi* und die Seegurke *Psolus phantapus*. *O. aculeata*, von dem im Untersuchungsgebiet nur ein Exemplar gefangen wurde, ist eine weitverbreitete boreoarktische Art, die nach MORTENSEN (1932) die Arktis und den Nordatlantik aus dem Pazifik kommend über Nordamerika besiedelt hat. *P. jeffreysi* ist eine Tiefwasserart des atlantischen Teils der Arktischen Faunenregion (MORTENSEN 1932). *P. phantapus* ist eine eher boreale Art, die aber auch an der westgrönländischen Küste bis zu 77° N und vor Spitzbergen vorkommt (MORTENSEN 1932).

Die Hälfte der 26 quantitativ ausgewerteten Stachelhäuterarten sind hinsichtlich ihres zoogeographischen Verbreitungsmusters auf die oben definierte Arktis beschränkt. Zu ihnen gehören die dominierenden Faunenelemente in den Fängen, die Schlangensterne *Ophiocten sericeum* und *Ophiopleura borealis*. Ersterer, die zahlen- und gewichtsmäßig wichtigste Art auf der Belgica-Bank, hat seinen zoogeographischen Verbreitungsschwerpunkt auf den hocharktischen Schelfen Grönlands und Sibiriens (MORTENSEN 1932), dringt aber in den Tiefseebecken des Europäischen Nordmeers bis in 2000 m vor. Er bleibt jedoch nördlich der Island-Faröer-Schwelle und gilt als die arktische Art des weit verbreiteten Genus *Ophiocten* (PATERSON et al. 1982). *O. borealis*, auf allen Stationen im Untersuchungsgebiet präsent, ist ebenfalls eurybath, aber noch ausgeprägter kalt-stenotherm: Eigentlich eine Tiefwasserform, erscheint er auch auf dem Schelf, sofern die Temperaturen 1 °C nicht übersteigen (BLACKER 1957, ZENKEVITCH 1963). MORTENSEN (1927) bezeichnet ihn als "purely arctic". Weitere typisch arktische Elemente der Stachelhäuterfauna sind die beiden Haarsternarten *Heliometra glacialis* und *Poliometra proluxa*. Beide sind in ihrer Verbreitung auf die arktischen Gewässer von Grönland bis zum Karameer beschränkt (MORTENSEN 1932). Ähnlich wie *O. borealis* sind sie kalt-stenotherm und werden nur selten bei Temperaturen über 1 °C gefunden. BLACKER (1957) verwendet sie als Indikatorarten für polare hydrographische Bedingungen. Der Seestern *Bathyiaster vexillifer*, im Untersuchungsgebiet Charakterart der Hangfauna (Kap. 4.6.1), ist bislang nur in den bathyalen Gebieten des atlantischen Sektors der Arktischen Faunenregion zwischen Nordost-Kanada und dem Laptevmeer gefunden worden, hat aber wahrscheinlich eine circumpolare Verbreitung entlang der Kontinentalabhänge am Rande des Arktischen Ozeans (GRAINGER 1966). *Hymenaster pellucidus*, wie *B. vexillifer* ein für Weichböden typischer Seestern (GRAINGER 1966), ist etwas eurybather (15 - 1900 m), bevorzugt aber grundsätzlich größere Tiefen. Im Untersuchungsgebiet wurde er auch auf dem Schelf gefangen. Seine zoogeographische Verbreitung ähnelt der von *B. vexillifer*. Die beiden räuberischen Seesterne *Icasteria panopla* und *Urasterias lincki* sind typisch arktische Stachelhäuter (MORTENSEN 1932, EKMAN 1953). Ersterer ist auf das atlanto-arktische Gebiet zwischen West-Kanada und dem westlichen Laptevmeer beschränkt (EKMAN 1953), letzterer dagegen wahrscheinlich circumpolar (GRAINGER 1966). *Myriotrochus rincki*, die häufigste gefangene Seegurke im Untersuchungsgebiet, ist eine arktisch-litorale Art (MORTENSEN 1927), die wahrscheinlich circumpolar vorkommt (HEDING 1935). Die apode Seegurke *Molpadia arctica*, im Untersuchungsgebiet auf Weichbodenstationen gewichtsmäßig bedeutendes Faunenelement, ist wahrscheinlich auf arktische Gewässer von 200 - 400 m beschränkt und dort von Ostgrönland bis ins Karameer nachgewiesen (MORTENSEN 1927).

Der Schlangensterne *Ophioscolex glacialis*, im Untersuchungsgebiet zusammen mit *O. borealis* dominierendes Element der epibenthischen Weichbodenfauna, ist eine der wenigen bedeutenden atlantoboreal-arktischen Arten in den Fängen (Kap. 4.6.3). Sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Grönland bis ins Karameer, wo er in Tiefen von 50 - 1900 m gefunden wurde (MORTENSEN 1932). In dem Muster der bathymetrischen Verbreitung von *O. borealis*, noch ausgeprägter von *O. glacialis* zeigt sich das für viele kalt-stenotherme Tiefwasserarten typische Phänomen der "polaren Emergenz" (GEORGE 1977): Während sie in gemäßigten und subpolaren Breiten ausschließlich in isothermen tiefen Gewässern vorkommen, erscheinen sie in polaren Gebieten auch auf den Schelfen. Dies gilt nicht für *Ophiura robusta*, nach *O. sericeum* die Bodentierart mit der höchsten Abundanz auf der Belgica-Bank. Dieser kleine Schlangensterne ist eine Flachwasserart, die vor allem an den Küsten Grönlands, Spitzbergens und des Karameers vorkommt, aber auch in borealen Gebieten wie der Nordsee gefunden wird (MORTENSEN 1932). Zum atlantoboreal-arktischen Verbreitungstyp gehört auch einer der häufigsten Seesterne in den Fängen, *Pontaster tenuispinus*, im Untersuchungsgebiet vor allem auf den Weichbodenstationen des tiefen Schelfs und des Kontinentalabhangs vorkommend. Er ist in der Arktis zwischen Nordwest-Kanada und dem Ostsibirischen Meer verbreitet, im Atlantik dringt er nach Süden bis Neu-England und die Biscaya vor (GRAINGER

1966). Wie bei fast allen gefangenen boreoarktischen Arten liegt sein Verbreitungsschwerpunkt in den polaren Breiten.

Nur vier von 26 quantitativ ausgewerteten Stachelhäuter haben eine weite Verbreitung, die sowohl arktische als auch boreale Gebiete des Atlantiks und Pazifiks umfaßt (Kap. 4.6.3: **amphiboreal-arktisch**): *Ophiacantha bidentata*, *Ctenodiscus crispatus*, *Strongylocentrotus pallidus* und *Solaster papposus*. Bis auf letztgenannten stellen sie aber wichtige Faunenelemente des Untersuchungsgebiets. *O. bidentata*, neben *O. borealis* als einzige Art in allen Fängen präsent, ist eine circumpolare eurytherme Art und nach MORTENSEN (1932) eine der wenigen Echinodermen atlantischen Ursprungs, die über die Arktis den pazifischen Raum besiedelt haben. In seiner zoogeographisch-bathymetrischen Verbreitung zeigt er besonders deutlich ausgeprägt das bei vielen boreoarktischen Arten anzutreffende Phänomen der "borealen Submergenz" (EKMAN 1953): In polaren Gebieten kommt er mit hohen Dichten im Flachwasserbereich vor, während er in borealen Regionen nur bis minimal 200 m, im zentralen Atlantik sogar nur in der Tiefsee gefunden wird. Dieses Muster entspricht der oben diskutierten "polaren Emergenz" von Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt jedoch - sowohl global betrachtet als auch im hier betrachteten Untersuchungsgebiet - in größeren Tiefen haben. *C. crispatus*, der insgesamt häufigste Seestern in den Fängen, hat eine ähnlich weite Verbreitung: Er ist einer der wenigen circumpolaren Seesterne (GRAINGER 1966) der arktischen Region und dringt mit den kalten Tiefenwassermassen im Atlantik bis nach Neu-England und den Faröer-Inseln, im Pazifik bis nach Japan vor. *S. pallidus*, der einzige reguläre Seeigel im Untersuchungsgebiet und dort vor allem auf dem Schelf häufig, ist ebenfalls circumpolar verbreitet, kommt regelmäßig ("common") an allen arktischen Küsten vor und ist auch in den nördlichen Randmeeren des Atlantiks und Pazifiks zu finden (JENSEN 1974).

Als einzige der Stachelhäuterarten mit wahrscheinlich pazifischem Ursprung (MORTENSEN 1932, EKMAN 1953) ist *S. pallidus* ein bedeutendes Faunenelement in den Fängen. Der ebenfalls in die amphiboreal-arktische Kategorie eingestufte große, räuberische Sonnenseestern *S. papposus* wurde nur in geringen Stückzahlen gefangen. Andere aus dem Pazifik kommende Arten wie *O. aculeata* und *Lophaster furcifer* sind noch unbedeutender in der Fauna des Untersuchungsgebiets. Der auch im nördlichen Atlantik weitverbreitete pazifische Schlangensterne *Ophiura sarsi* - in Westgrönland und an der Ostküste Kanadas (ELLIS 1960) oder im Barentsmeer (ZENKEVITCH 1963) in teilweise hohen Dichten vorkommend - wurde überhaupt nicht gefunden.

Mollusca

Weniger als ein Fünftel der gefangenen Weichtiere ist hinsichtlich der Arktis endemisch, die meisten Arten gehören zum atlantoboreal-arktischen Verbreitungstyp (Kap. 4.6.3). Insgesamt 24 Arten prosobrancher Schnecken wurden gefangen, nicht ganz ein Drittel der 84 für ganz Ostgrönland bekannten Arten (THORSON 1944). Sie bilden keine wichtigen Faunenelemente in den Fängen. **Muscheln** (Bivalvia) haben auf dem flachen Schelf der Belgica-Bank relativ hohe Besiedlungsdichten und sind dort nach den Schlangensternen die wichtigste systematische Gruppe. Insgesamt wurden in den Fängen 21 Arten gefunden, das entspricht einem Anteil von mehr als einem Drittel der 56 von OCKELMANN (1958) für die gesamte ostgrönländische Küste beschriebenen Arten. Die wichtigen Muscheln *Arctinula greenlandica*, neben *O. sericeum* Charakterart der Bankfauna (Kap. 4.6.1), *Astarte crenata* und *Batharca glacialis* haben eine atlantoboreal-arktische Verbreitung (Kap. 4.6.3); Sie sind in der Arktis circumpolar verbreitet und kommen nicht im pazifischen Raum (BERNARD 1979), dafür aber in subarktischen und sogar borealen Gebieten des Atlantiks vor. Grundsätzlich zeigen sie jedoch eine deutliche Präferenz für tiefe Temperaturen (LUBINSKY 1980). Vor Grönland haben sie ihre höchsten Dichten in den kältesten Gewässern (OCKELMANN 1958). *Yoldiella frigida*, eine weitere auf der Belgica-

Bank abundante Muschel, ist ebenfalls überall in der Arktis zu finden, aber in ihrer Verbreitung deutlicher als die o.g. Arten auf diese Region beschränkt (BERNARD 1979). Sie ist eine der wenigen als arktisch-endemisch eingestuften Muscheln (Kap. 4.6.3: 18%).

Polychaeta

Insgesamt 44 Arten aus der Gruppe der Borstenwürmer wurden gefangen. Diese Zahl entspricht einem Anteil von etwa 1/4 aller 162 für Ostgrönland (WESENBERG-LUND 1953) und etwa 1/7 aller 282 für ganz Grönland gemeldeten Arten (CURTIS 1979). Bei einer Wertung dieser Zahlen ist zu beachten, daß mit der verwendeten Probennahmemethode gerade die oft relativ kleinen und endobenthisch lebenden Polychäten nicht mit der gleichen Effizienz erfaßt wurden wie z.B. die Stachelhäuter (Kap. 3.3). Vor allem zwei Arten, *Thelepus cincinnatus* und *Onuphis conchylega*, bilden bedeutende Faunenelemente im untersuchten Gebiet. Beide sind kosmopolitisch und eurybath (HARTMANN-SCHRÖDER 1971), wie die Mehrheit der Borstenwürmer (Kap. 4.6.3) haben sie ein sehr großes Verbreitungsgebiet im arktischen, subarktischen und borealen Raum (WESENBERG-LUND 1953). Auch die Polychätenfaunen anderer arktischer Gebiete wie z.B. dem Beaufortmeer (BILYARD & CAREY 1980) setzen sich zum größten Teil aus zoogeographisch weitverbreiteten Arten zusammen. Generell ist der Anteil endemisch-arktischer Arten innerhalb der Polychäten im Vergleich zu anderen höheren Taxa außergewöhnlich gering (EKMAN 1953). Die kleinwüchsigen, am Kontinentalabhang in größeren Mengen gefundenen Arten *Melinnopsis arctica* und *Samythella neglecta* sind typisch für diesen Tiefenbereich. Die erstgenannte Art ist bislang nur von den Kontinentalabhängigen vor Ostgrönland und dem nördlichen Barentsmeer gemeldet worden, die andere aus der Norwegischen See, Nordspitzbergen, Westgrönland und von der pazifischen Küste Alaskas (HOLTHE 1986).

Crustacea

Insgesamt wurden sieben Arten dekapoder Krebse gefangen, bis auf die Tiefseegarnele *Pandalus borealis* sind alle in der Liste der 12 für die ostgrönländische Küste nördlich der Dänemark-Straße bekannten Arten von HEEGAARD (1941) enthalten. Dieser Krebs ist eine Charakterart der Hangfauna des Untersuchungsgebiets (Kap. 4.6.1), vor allem auf einer Station (# 528) wurde er in größeren Mengen gefangen. *P. borealis* kommt sowohl im Nordatlantik als auch im Nordpazifik in Tiefen über 200 m vor (HEEGAARD 1941), meidet aber rein arktische Gewässer (HORSTED & SMIDT 1956). Sein Verbreitungsmuster ist "diskontinuierlich circumpolar" sensu EKMAN (1953) und wahrscheinlich auf eine im eigentlichen Sinne "circumpolare" Verbreitung während der Periode einer wärmeren Arktis zurückzuführen. Durch die rapide Abkühlung der polaren Gewässer im Pleistozän wurde das ehemals zusammenhängende Verbreitungsgebiet aber zerrissen. *Balanus balanus* ist die einzige wichtige Rankenfüßlerart (Cirripedia) im Untersuchungsgebiet (Kap. 4.6.1). Sie kam zwar nur auf einer Station auf der Belgica-Bank (# 541), dort aber massenhaft vor. Hinsichtlich ihres zoogeographischen Verbreitungsmusters bezeichnet STEPHENSEN (1943b) sie als arktisch-boreal und wahrscheinlich circumpolar.

Pantopoda

Insgesamt wurden neun Arten Asselspinnen gefangen, etwa die Hälfte der 20 für die ostgrönländische Küste nördlich der Dänemark-Straße bekannten Arten (STEPHENSEN 1943a, JUST 1972). Keine ist neu für dieses Gebiet. Zwei Arten, *Boreonymphon abyssorum* und *Chaetonymphon hirtipes*, kamen in relativ großen Präsenzen und Mengen in den Fängen vor (Kap. 4.6.1). Beides sind eurybathe, arktische Formen. Sie sind in der Arktis im atlantischen Sektor zwischen dem kanadischen Archipel und dem Laptevmeer verbreitet, in den subarktischen Gebieten des Atlantik wurden sie grundsätzlich nur in großen Tiefen gefunden (STEPHENSEN 1943a, JUST 1972).

Pisces

Insgesamt 15 Fischarten wurden gefangen, keine davon ist neu für ostgrönländische Gewässer (MUUS 1981). Der Anteil rein arktischer Arten ist bei dieser taxonomischen Gruppe mit mehr als zwei Drittel besonders hoch (Kap. 4.6.3). Dies steht im deutlichen Gegensatz zu den Verhältnissen bei den meisten anderen höheren Taxa, vor allem bei den Borstenwürmern (s.o.), und ist typisch für die Fischfauna arktischer Gebiete (EKMAN 1953). Anders als in der Antarktis (ANDRIASHEV 1987) gibt es jedoch keine endemischen Familien (EKMAN 1953). Zu den arktischen Fischen gehören die vier gefangenen Arten der Gattung *Lycodes* und der Scheibenbauch *Liparis koefodi*, der insgesamt häufigste Fisch in den Fängen. Er ist kalt-stenotherm und kommt im atlantischen Sektor der Arktis zwischen Baffin Island und dem Laptevmeer in Tiefen von 20 bis 1800 m vor (MUUS 1981). Die Groppenart *Arctiellius atlanticus* ist ebenfalls kalt-stenotherm und atlantoarktisch, wird aber vor der Küste Ostkanadas und Norwegens auch in subarktischen Gebieten gefangen, dort allerdings in größeren Tiefen bis zu 800 m (MUUS 1981). *Cottunculus microps*, ein weiterer Vertreter aus der Familie der Groppen, ist ein arktischer Tiefwasserfisch, der zwischen Westgrönland und dem Barentsmeer verbreitet ist (MUUS 1981). Eine zoogeographisch weitere Verbreitung hat nur *Triglops pingeli*: Diese Groppenart kommt circumpolar in der Arktis, aber in Tiefen von bis zu 900 m auch im subarktischen Nordpazifik vor (MUUS 1981).

Allgemeine zoogeographische Aspekte: Endemismus und Besiedlungsgeschichte

Etwa ein Drittel der gefangenen Bodentierarten sind als arktisch-endemisch einzu-stufen, die anderen kommen auch in den wärmeren Meeresgebieten entweder nur des Atlantiks oder des Atlantiks und Pazifiks vor (Kap. 4.6.3). Innerhalb des höheren taxonomischen Gruppen gibt es aber auffällige Unterschiede in dem endemischen Artenanteil: Bei den Fischen ist er am höchsten, bei den Borstenwürmern am geringsten. Die insgesamt relativ geringe endemische Komponente ist typisch für arktische Bodenfaunen (EKMAN 1953) und in vielen zoogeographischen Untersuchungen für einzelne Gebiete (MacGINITIE 1955, ZENKEVITCH 1963) und verschiedene höhere Taxa (GRAINGER 1966, BERNARD 1979, BILYARD & CAREY 1980) nachgewiesen worden.

Das antarktische Benthos zeigt demgegenüber einen deutlich höheren Grad an **Endemismus** (GEORGE 1977). Auf dem Artniveau beträgt er in den verschiedenen höheren Taxa zwischen 70% und 90% (DELL 1972), und selbst auf dem Niveau der Familie oder noch höherer systematischer Gruppen ist er deutlich ausgeprägt (KNOX & LOWRY 1977). Als Gründe für diesen zoogeographischen Unterschied wird der geringere Grad der faunistischen Isolation und das geringere Alter der Arktis als Kaltwasserlebensraum genannt (ZENKEVITCH 1963, KNOX & LOWRY 1977, HEMPEL 1985). Die Einwanderung euryöker, gegenüber kalten Temperaturen toleranter Arten aus dem borealen Atlantik oder Pazifik in die Arktis ist wegen der vorwiegend meridionalen Meereströmungen auf der nördlichen Hemisphäre begünstigt. Das großräumig circumpolare Strömungsmuster des Südpolarmeers sorgt dagegen wahrscheinlich schon seit etwa 40 Mio Jahren für eine Isolation der antarktischen Faunen (DAYTON & OLIVER 1977). Noch im späten Miozän, vor etwa 6 Mio Jahren, war das Nordpolarmeer erheblich wärmer als heute, wahrscheinlich dauernd eisfrei und offen gegenüber den anderen Ozeanen, vor allem dem Atlantik (THIEDE 1986). Auf der nördlichen Hemisphäre setzte erst gegen Ende des Pliozäns, vor etwa 3 Mio Jahren, eine klimatische Abkühlung ein, die extrem kalten, typisch polaren Umweltbedingungen mit saisonaler und auch permanenter Eisbedeckung bildeten sich in mehreren Schüben während der pleistozänen Eiszeiten. Dieser Prozess und der damit einhergehende Wechsel der ökologischen Bedingungen erfolgte nach erdgeschichtlichen Maßstäben sehr rasch, viele Arten starben aus. Nicht

allein und in erster Linie die niedrigen Temperaturen sind hierfür verantwortlich (DUNBAR 1968). Auch andere mit dem Klimawechsel verbundene, ökologisch relevante Veränderungen spielten eine wichtige Rolle: Die pelagische Primärproduktion und somit die Nahrungszufuhr der Bodenfauna verringerte sich aufgrund der dauernden Eisbedeckung drastisch, und durch die vorübergehende eustatische Erniedrigung des Meeresspiegels von wahrscheinlich bis zu 85 m gingen viele sublitorale Habitate verloren (BERNARD 1979). Ein Ausweichen in südliche Gebiete war nicht immer möglich, da ausgedehnte arktische Regionen zeitweise vollkommen isoliert und zu Brack- oder Süßwasserseen wurden (ZENKEVITCH 1963). Die Erniedrigung des Salzgehalts ist wahrscheinlich ein weiterer Grund für das Aussterben vieler mariner Arten (KNOX & LOWRY 1977). In den pleistozänen Glazial- und Interglazialzeiten kam es aufgrund der klimatisch bedingten Transgressionen und Regressionen zu relativ rasch wechselnden Bedingungen hinsichtlich zoogeographischer Isolation und ökologischer Faktoren. Eine speziell angepaßte Fauna wie in der Antarktis, wo seit wahrscheinlich über 14 Mio Jahren großräumig relativ konstant kalte Umweltbedingungen herrschen (GALLARDO 1987), konnte sich deshalb nicht entwickeln (KNOX & LOWRY 1977).

Diese Zusammenhänge erklären den zoogeographisch "unreifen" Charakter (BILYARD & CAREY 1980) arktischer Bodenfaunen mit dem hohen Anteil borealer Einwanderer. Die meisten dieser Arten haben heute zwar ihren Verbreitungsschwerpunkt in polaren Gewässern ("panarktische" Formen sensu EKMAN (1953)), einige andere, wie z.B. die Polychäten *T. cincinatus* und *O. conchylega* oder die Muscheln *A. crenata*, *Nucula tenuis* und *Nuculana pernula*, sind aber durch sehr große Verbreitungsgebiete ausgezeichnet. Meist handelt es sich bei ihnen um "Arten sensu lato", um Artenkomplexe mit einem hohen Grad der Merkmalsvariation, die sich heute im Prozeß der Speziation befinden. Dieses Phänomen der aktiven Evolution im Sinne einer rezent ablaufenden divergierenden Anpassung an verschiedene, neu besiedelte Lebensräume ist ein Charakteristikum der erdgeschichtlich jungen arktischen Ökosysteme (DUNBAR 1968).

Die Anteile arktischer Arten in den drei verschiedenen Zonen des Untersuchungsgebiets betragen überall etwa ein Drittel der Artenzahlen, hinsichtlich der Bestandsanteile gibt es aber Unterschiede (Kap. 4.6.3). Auf der flachen Belgica-Bank - hydrographisch durch den kalten, aus dem Arktischen Ozean kommenden Ostgrönlandstrom geprägt - dominieren zahlen- und gewichtsmäßig arktische Arten. In den Bodenfaunen des tiefen Schelfs und des Kontinentalabhangs dagegen stellen boreale Einwanderer deutlich höhere Anteile an den Fangmengen. Dort macht sich wahrscheinlich der Einfluß des wärmeren atlantischen Wassers bemerkbar, das mit dem nach Westen und Süden abbiegenden Ausläufer des Westspitzbergenstroms auch in die westliche Fram-Straße gelangt (Kap. 2.2).

Hinsichtlich der Frage nach dem **besiedlungsgeschichtlichen Ursprung** der Bodenfauna im Untersuchungsgebiet ist festzustellen (Kap. 4.6.3): Nur etwa ein Drittel der 137 quantitativ ausgewerteten Arten sind auch im Pazifik zu finden, ein weiteres Drittel ist auf arktische und boreale Gebiete des Atlantiks beschränkt. Von den 47 arktischen Arten sind nur 10 als circumpolar verbreitet bekannt, die meisten kommen wahrscheinlich nur im atlantischen Sektor der Arktis vor. Zu ihnen gehören die wichtigsten Arten wie *O. sericeum* und *O. borealis*. Der relativ geringe Artenanteil pazifischer Formen und ihre insgesamt geringe relative Abundanz ist ein gutes Indiz für einen atlantischen Ursprung der untersuchten Fauna. Ein Übergewicht atlantischer Arten wird auch in den russischen Randmeeren der Arktis gefunden (ZENKEVITCH 1963). MORTENSEN (1932) kommt für die Echinodermenfauna der gesamten ostgrönländischen Küste zu einem ähnlichen Ergebnis. Basierend auf einer zoogeographischen Analyse der in der Arktis vorkommenden Seesterne, faßt GRAINGER (1966) das Gebiet von der kanadischen Arktis über Grönland, Spitzbergen, nördliches Barentsmeer, sibirische Randmeere bis zum Tschuktschenmeer zu einer atlanto-arktischen Region zusammen. Nur das Beaufortmeer ist pazifisch be-

einflußt. Etwa ein Drittel der Muschelarten dieses dem Pazifik näher als dem Atlantik gelegenen arktischen Gebiets wird von BERNARD (1979) zu den atlantoborealen Einwanderern gezählt, nur 17% stammen aus dem pazifischen Raum.

Diese Zahlen zeigen, daß die borealen Einwanderer nicht nur im atlantischen Sektor der Arktis gegenwärtig vor allem aus dem Atlantik kommen. Die Routen eines Faunenaustausches zwischen Arktis, Atlantik und Pazifik werden durch die bathymetrischen Verhältnisse und das großräumige Strömungsmuster vorgegeben (Abb. 5.2 nach ZENKEVITCH 1963). Die Einwanderung von nordatlantischen, kalt-eurythermen Arten ist begünstigt, da sie mit den nördlichsten Ausläufern des nordatlantischen Stromsystems über die Fram-Straße und das Barentsmeer bis in die Arktis gelangen können. Auch das Untersuchungsgebiet vor Nordostgrönland ist in dieses Schema eingebunden (s.o.). Der Pazifik ist dagegen spätestens seit dem Alttertiär vor etwa 55 Mio Jahren durch tektonische Verschiebungen der eurasischen und nordamerikanischen Kontinentalplatten topographisch und hydrographisch vom Nordpolarmeer relativ isoliert (THIEDE 1986). Die gegenwärtig 70 m flache Bering-Straße zwischen den beiden Ozeanen fiel während der pleistozänen Eiszeiten vollkommen trocken. Damit war ein Faunenaustausch zwischen Arktis und Pazifik für längere Perioden unmöglich. In Zwischeneiszeiten wie heute wurde eine Einwanderung pazifoborealer Arten durch das topographisch und bathymetrisch bedingte großräumige Strömungsmuster nicht in der gleichen Weise gefördert wie die atlantoborealer Formen (ZENKEVITCH 1963).

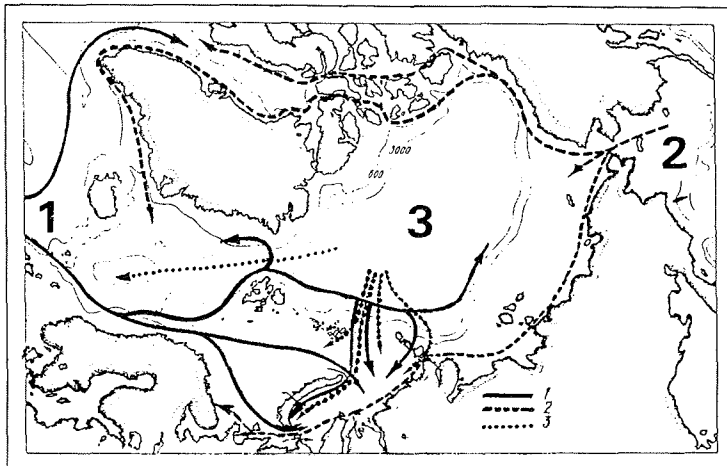


Abb. 5.2: Routen des Faunenaustauschs zwischen Arktischem, Atlantischem und Pazifischem Ozean
(leicht verändert nach ZENKEVITCH 1963)
(1) Atlantische Fauna (2) Pazifische Fauna (3) Arktische Tiefseefauna

Die Aussage einer vorwiegend atlantischen Besiedlung der meisten arktischen Gebiete gilt nur für die jüngere Erdgeschichte des Tertiärs und Quartärs. Der weiter zurückliegende Ursprung der arktischen und auch der nordatlantischen Fauna lag wahrscheinlich im Bereich des geologisch viel älteren Pazifiks (EKMAN 1953, ZENKEVITCH 1963).

5.2 Ökologische Aspekte

Faunenzusammensetzung

Die Bodentierbesiedlung im Untersuchungsgebiet ist hinsichtlich der Faunenzusammensetzung tiefenzoniert (Kap. 4.2). Auch in anderen Merkmalen wird dies deutlich. Die Artenzahlen in den Fängen sind am Kontinentalabhang niedriger als auf dem Schelf (Kap. 4.3): Sie liegen auf der Belgica-Bank und am Schelfrand bei maximal 65 bzw. 78 Arten und sind mit 20 Arten in einem Fang in 830 m am geringsten. Der gleiche bathymetrische Trend ist hinsichtlich der Bestandsgröße erkennbar - sowohl für die AGT-Einheitsfänge als auch für die photographisch ermittelten absoluten Besiedlungsdichten und Biomasseschätzungen (Kap. 4.3): Die Werte der photographisch ermittelten Maßzahlen sind mit 335 N m^{-2} bzw. 5 g m^{-2} "organisches" Gewicht auf der Belgica-Bank am größten, mit 0.4 N m^{-2} bzw. 0.09 g m^{-2} am Kontinentalabhang in 800 m Tiefe am geringsten. Das mit Artenreichtum und Abundanz verknüpfte Dominanzmuster dagegen variiert stark zwischen den einzelnen Fängen (Kap. 4.4). Der höchste mittlere Dominanzgrad ist auf der flachen Belgica-Bank zu finden. Ein eindeutiger Trend für eine Abhängigkeit vom Artenreichtum, von der Abundanz (Fanggröße) oder von der Tiefe ist jedoch nicht festzustellen. Auf fünf Stationen, verteilt über die verschiedenen Gemeinschaften, stellt die jeweils dominante Art mehr als 50% der gefangenen Tiere, ein Hinweis auf eine geringe Diversität der beprobten Fauna.

Eine Tiefenzonierung der Bodentierbesiedlung ist in vielen Benthosuntersuchungen arktischer Meeresgebiete beschrieben worden (ZENKEVITCH 1963, CAREY & RUFF 1977). Die tiefenabhängige Abnahme der Artenzahlen und Besiedlungsdichten, gekoppelt mit einer Veränderung der Faunenzusammensetzung, wird allgemein in allen Meeresgebieten beobachtet (ZENKEVITCH 1971). Viele für die Gemeinschaftsstruktur wichtige ökologische Prozesse sind offensichtlich mit der Tiefe verknüpft. Der entscheidende Faktor ist letztlich wahrscheinlich die Größe des für das Benthos verfügbaren Nahrungsangebots (CURTIS 1975). Gerade in polaren Gebieten gibt es aber Ausnahmen von dieser großräumig geltenden Regel: Im Bereich des küstennahen, flachen Schelfs ist die Bodenfauna oft hinsichtlich Artenzahl und Abundanz verarmt. Direkte Eiseinwirkung und/oder Aussüßung durch sommerliche Eisschmelze bzw. Frischwassereintrag durch große Flüsse sind hierfür verantwortlich (ZENKEVITCH 1963). Beide Umweltfaktoren spielen allerdings im Bereich der relativ küstenfernen und tiefen Belgica-Bank keine Rolle. Die Heterogenität der Übergangszone TRANS (Kap. 4.2) zeigt jedoch, daß die Tiefenzonierung mittelskali-g auch durch andere Faktoren, z.B. das lokale Muster der Bodenströmung und die davon abhängige Bodenbeschaffenheit, überlagert sein kann. Im Beaufortmeer steigen Artenzahl und Abundanz vom Litoral bis hin zu einer Tiefe von 250 m an und fallen erst in größeren Tiefen wieder deutlich ab (CAREY & RUFF 1977).

Bodentiergemeinschaften lassen sich nach THORSON (1957) grundsätzlich anhand der dominanten Faunenelemente vergleichen und klassifizieren. Die frappierenden Übereinstimmungen in den Zusammensetzungen und Gemeinschaftsstrukturen der Bodenfaunen zahlreicher arktischer, subarktischer und borealer Gebiete führten zur Entwicklung des Konzepts der "parallel communities" (THORSON 1957): Es gibt nur eine relativ geringe Anzahl benthischer Lebensgemeinschaften, deren Strukturen von ökologisch relevanten Umweltbedingungen wie Tiefe, Temperatur, Substratbeschaffenheit usw. bestimmt werden, aber unabhängig von der geographischen Lage sind. In ihrem Erscheinungsbild und anderen Merkmalen weichen die "Parallelgemeinschaften" kaum voneinander ab. Ihre Zusammensetzung ist gekennzeichnet durch wenige, dominante Indikatorformen der gleichen Art, zumindest aber der gleichen Gattung. Im Rahmen dieses Konzepts wurden die Ergebnisse vieler arktischer Benthosuntersuchungen von Ostkanada über Grönland und den nordrussischen Schelfmeeren bis ins Beringmeer interpretiert (THORSON 1957, ELLIS 1960, ZENKEVITCH 1963). THORSON (1957) entwarf ein tiefenabhängiges Klassifikations-

schema, das vor allem auf den in vielen Studien dominanten endobenthischen Muscheln der Gattungen *Macoma*, *Astarte* und *Portlandia* (synonym mit *Yoldiella*) beruht. Modifikationen dieses Grundmusters durch lokale Besonderheiten, die meist die Beschaffenheit des Meeresbodens betreffen, sollen nur geringfügiger Natur sein (ELLIS 1960).

Im Untersuchungsgebiet sind in allen abgegrenzten Zonen Stachelhäuter, vor allem Schlangensterne die dominanten Faunenelemente. Zwei Polychätenarten stellen lokal die wichtigsten Bodentiere, Muscheln spielen nur auf dem flachen Schelf eine wichtige Rolle (Kap. 4.6.1). Die beschriebenen Benthosgemeinschaften lassen sich also nicht in das Schema von THORSON (1957) einordnen. Dafür können methodische Gründe verantwortlich sein (Kap. 3.3: Bodengreiferproben - Trawlfänge), vielleicht liegen aber auch reale Unterschiede vor. Das mit Greifern beprobte Benthos des Schelfs und Kontinentalabhanges im westlichen Beaufortmeer ähnelt in der Zusammensetzung ebenfalls keinem der von THORSON (1957) beschriebenen Gemeinschaftstypen: Polychäten dominieren dort mit 40 bis 60% die Bodenfauna, Muscheln sind in allen Tiefenstufen von geringerer Bedeutung (CAREY & RUFF 1977).

Die Bodenfauna des Untersuchungsgebiets läßt sich zwar nicht in die THORSON'sche Gemeinschaftsklassifikation einpassen, es ist aber festzustellen, daß einige der dominanten Arten auch in anderen arktischen Gebieten wichtige Faunenelemente sind. In ostgrönländischen Fjorden findet THORSON (1933, 1934) in Tiefen von 45 bis 200 m eine von den beiden Muscheln *Bathyarca glacialis* und *Astarte crenata* charakterisierte Bodentierbesiedlung. Diese Arten kommen auch auf dem Schelf der Belgica-Bank vor, allerdings in viel geringeren Dichten als Schlangensternearten. Im gleichen Gebiet beschreibt THORSON (1933, 1934) in Tiefen von mehr als 20 m eine modifizierte *Macoma*-Gemeinschaft, in der *Ophiocten sericeum* in erheblichen Mengen vorkommt. Die Art hat aber nicht eine ähnlich überragende Bedeutung wie auf der Belgica-Bank, und auch in anderen Merkmalen ist die Bodentierbesiedlung anders. Im hocharktischen Jørgen-Brönlund-Fjord in Nordost-Grönland (82° N) ist *O. sericeum* die dominante Stachelhäuterart in Tiefen von mehr als 5 m (ANDERSEN 1971). *Ophiura robusta* und *Strongylocentrotus droebachiensis*, die Schwesterart von *S. pallidus*, sind charakteristisch für eine epibenthische Flachwassergemeinschaft im ostgrönländischen Franz-Joseph-Fjord (THORSON 1933). Der eurybathe Schlangensterne *Ophiacantha bidentata*, im Untersuchungsgebiet auf allen Stationen anzutreffen und vor allem am Kontinentalabhang wichtiges Faunenelement, ist Kennart einer Flachwassergemeinschaft im ostgrönländischen Scoresbysund-Fjord (THORSON 1934).

Eine auffallend große Ähnlichkeit hinsichtlich der dominanten Faunenelemente haben die im Untersuchungsgebiet abgegrenzten Gemeinschaften mit einigen Artenassoziationen des nördlichen, arktischen Teils des Barentsmeers oder des küstenfernen Schelfs des Karameers (ZENKEVITCH 1963). Im erstgenannten Gebiet findet sich in Tiefen von 200 bis 450 m auf braunen Weichböden eine Gemeinschaft, die von *A. crenata* und *O. borealis* dominiert wird. Kennarten sind *O. bidentata* und eine Seegurkenart der Gattung *Molpadia*. Im westsibirischen Karameer herrschen in den litoralen, brackigen Gewässern Muscheln vor, aber in 50 bis über 100 m Tiefe wird auf sandig-schlammigen Böden eine von *O. sericeum* dominierte und in Tiefen von über 200 m auf sehr weichen Böden - wie im Barentsmeer - eine von *O. borealis* dominierte Fauna beschrieben. Daneben bilden auch andere Stachelhäuter wie *Ophiocolex glacialis*, *Gorgonocephalus arcticus*, *Pontaster tenuispinus*, *Icasterias panopla*, *Urasterias lincki*, *Hymenaster pellucidus* und *Heliometra glacialis* wichtige Faunenelemente. Polychäten der Arten *Onuphis conchylega* und *Thelepus cincinnatus* werden an einigen Stellen in großen Anzahlen gefunden.

Im westlichen Beaufortmeer beschreiben CAREY & RUFF (1977) in Tiefen von 25 - 55 m eine Gemeinschaft, in der *Arctinula greenlandica* - auf der Belgica-Bank lokal in großen Anzahlen vorkommend (Kap. 4.6.1) - ein wichtiges Faunenelement

bildet. Zu den dort dominierenden Polychäten zählen allerdings nicht die vor Nordostgrönland bedeutenden Arten *Thelepus cincinnatus* und *Onuphis conchylega* (BILYARD & CAREY 1979). Einige der in der westlichen Fram-Straße gefangenen Stachelhäuterarten wie *O. bidentata* und *Heliometra* sind auch im Beaufortmeer wichtige Formen des Megabenthos (CAREY & RUFF 1977). Eine von *O. borealis* und *Ctenodiscus crispatus* dominierte Artenassoziation erinnert an die Weichbodengemeinschaften des Untersuchungsgebiets (Kap. 4.6.1: TRANS TIEF und HANG).

Zusammenfassend ist hinsichtlich der Faunenzusammensetzung arktischer Gebiete festzuhalten: Stachelhäuter, die auf der Belgica-Bank dominierenden Faunenelemente, prägen auch in anderen arktischen Gebieten auf dem küstenfernen Schelf und am Kontinentalabhang die benthischen Gemeinschaften, spielen aber in litoralen Gebieten eine geringere Rolle. Die Anteile der verschiedenen Grobtaxa an den Bodenfaunen ändern sich nach einem einheitlichen Muster: Im Flachwasser dominieren vor allem Muscheln oder Amphipoden, mit zunehmenden Tiefen werden Stachelhäuter und Polychäten wichtiger (THORSON 1934, ELLIS 1960, ZENKEVITCH 1963, CAREY & RUFF 1977, THOMSON 1982). Als Tendenz ist dies auch im untersuchten Gebiet zu erkennen: Muscheln haben auf der Belgica-Bank (< 100 m) relativ hohe Bestandsdichten, in größeren Tiefen kommen sie aber nur noch in geringen Anzahlen vor. Die Meeresböden des tiefen Schelfs und des Kontinentalabhangs werden in vielen arktischen Gebieten von relativ feinkörnigem, grün-braunem Sediment ("brown mud" nach ZENKEVITCH (1963)) gebildet. Die Epifauna wird überall von dem großen Schlangensterne *O. borealis* dominiert (ZENKEVITCH 1963, CAREY & RUFF 1977). Der Typ einer von dieser Art charakterisierten Weichbodengemeinschaft ist vielleicht circumpolar entlang der arktischen Schelfe verbreitet.

Besiedlungsdichte

Ein direkter Vergleich der Artenzahlen und Abundanzen mit anderen Untersuchungen wäre für eine Einordnung der Bodenfauna wünschenswert. Im Prinzip ist er durchführbar, da absolute Werte für diese Größen vorliegen. Diese Aussage gilt aber hinsichtlich der Artenzahl und Bestandsgröße der Bodenfauna nur theoretisch. In der Praxis stiftet ein Vergleich unterschiedlich gewonnener Werte mehr Verwirrung als Erkenntnis, da verschiedene Probennahmemethoden (Bodengreifer bzw. UW-Photographie) jeweils andere Ausschnitte benthischer Lebensgemeinschaften erfassen (Kap. 3.3). Hinsichtlich der Biomassewerte kommt erschwerend hinzu, daß sie in den verschiedenen Untersuchungen als Feuchtgewichte, Trockengewichte oder aschefreie Trockengewichte angegeben werden. Es ist deshalb nicht sinnvoll, die in dieser Arbeit ermittelten Werte bezüglich der gesamten Fauna in das aus verschiedenen arktischen Gebieten vorliegende Datenmaterial (ZENKEVITCH 1963: russische Schelfmeere; THORSON 1933, 1934: ostgrönländische Fjorde; ELLIS 1960: westgrönländische und ostkanadische Küste) einzuordnen.

Ein Vergleich der Abundanz einzelner Arten ist dagegen sinnvoller und liefert einen indirekten Hinweis auf den relativen Reichtum der Fauna der Belgica-Bank. Die dominierenden Stachelhäuter kommen dort in großen Anzahlen vor (Kap. 4.6.1). Der Seeigel *Strongylocentrotus pallidus* erreicht Dichten von bis zu 25 N m^{-2} , der Schlangensterne *Ophiura robusta* von über 220 N m^{-2} und *Ophiocten sericeum* sogar von über 500 N m^{-2} (Kap. 4.5). Die letztgenannte Art ist auch in Bodengreiferproben von einigen Standorten in anderen arktischen Gebieten ein dominantes Faunenelement. ELLIS (1960) gibt als maximale Dichten im Litoral der westgrönländischen und ostkanadischen Küste 25 N m^{-2} an. In den von *O. sericeum* charakterisierten Bodentiergemeinschaften im ostgrönländischen Franz-Josef-Fjord (SPÄRCK 1933, THORSON 1933) und Scoresbysund-Fjord (THORSON 1934) kommt diese Art in Dichten von 10 bis maximal 100 N m^{-2} vor.

Die Besiedlungsdichten der genannten Arten sind auf der Belgica-Bank höher als in anderen arktischen Gebieten. Vergleichbar hohe Werte werden für Schlangensternearten in gemäßigten Schelfmeeren festgestellt. In der sublitoralen Nordsee (Deutsche Bucht, 10 - 50 m) kommen z.B. die beiden mit *O. sericeum* nah verwandten Schlangensterne *Ophiura albida* und *Ophiura texturata* mit Dichten von maximal 990 N m^{-2} bzw. 380 N m^{-2} (SALZWEDEL et al. 1985) vor.

Der relative Reichtum der Belgica-Bankfauna hebt sich deutlich ab von der Armut der Hangfauna (s.o.). Offensichtlich sind die hohen Abundanzen kleinräumig auf die flache Schelfbank beschränkt. Auch in anderen arktischen Gebieten gibt es einzelne Regionen, in denen lokal begrenzt eine relativ biomassereiche Bodenfauna umgeben von wesentlich ärmeren Gemeinschaften vorkommt. Im westlichen Beaufortmeer finden CAREY & RUFF (1977) im Bereich des tiefen Schelfs und oberen Kontinentalabhangs Besiedlungsdichten und Biomassen, die mit Werten von subarktischen Schelfen vergleichbar sind. Die Autoren führen dies auf den Einstrom nahrungsreichen Bodenwassers aus dem produktiven Beringmeer zurück.

Nahrungsversorgung des Benthos

Die hohen Populationsdichten einiger epibenthischer Arten auf der Belgica-Bank können in ähnlicher Weise erklärt werden. Grundvoraussetzung ist eine ausreichende Nahrungsversorgung, außerdem können die temperaturbedingt niedrigen Stoffwechselraten der betrachteten Bodentiere für einen großen "standing stock" mitverantwortlich sein (CAREY & RUFF 1977). Die trophische Basis des Benthos besteht aus der im Pelagial produzierten organischen Substanz, die über die Sedimentation ins Benthos gelangt. Konkrete Informationen über Mengen und zeitliche Muster dieser beiden Vorgänge liegen für die westliche Fram-Straße bislang nur als Einzelmessungen bzw. überhaupt nicht vor (Kap. 2.4). Eine Abschätzung der Produktion in einem größeren räumlichen und zeitlichen Maßstab wird durch die ausgeprägte Heterogenität der Verhältnisse erschwert. Das besondere Muster von Eisbedeckung und Strömung läßt jedoch eine regional relativ hohe und längerfristige, d.h. über einige Monate andauernde Primärproduktion vermuten. Die Region ist zwar ganzjährig eisbedeckt, aber in der Nähe der Polarfront liegt der Eisrandbereich des Ostgrönlandstroms ("Marginal Ice Zone" MIZ). Dort stellte BAUMANN (1987) Produktionsraten fest, die mit denen aus der Nordsee vergleichbar sind. Diese produktive Zone ist grundsätzlich durch das regionale Muster der Oberflächenströmungen mit dem Untersuchungsgebiet verbunden. Während des Sommers bilden sich im Bereich des Treibeisgürtels durch das Aufbrechen des Meereises viele Rinnen, Waken und auch größere Gebiete offenen Wassers (Polynyen). Es entsteht somit auch außerhalb der eigentlichen Eisrandzone (MIZ) eine Vielzahl von Eiskanten unterschiedlichen Alters, Ausdehnung, Struktur und Lage zu Wind und Strömung. Am wichtigsten für die Produktivität des untersuchten Meeresgebiets ist die regelmäßig erscheinende, sommerliche Küstenpolynya vor Nordostgrönland. Die Belgica-Bank liegt zumindest teilweise im Bereich ihrer "receding ice edge" (Kap. 2.3). Außerdem können Eisalgen als Primärproduzenten vor allem im einjährigen Meereis eine wichtige Rolle spielen.

Es ist bekannt, daß die oberflächennahe Hydrographie an Eisrändern durch kleinräumige Prozesse bestimmt wird. Während der Eisschmelze bildet sich dort aufgrund der Aussüßung eine stabile Oberflächenschicht geringer Tiefe - meist noch vor der thermalen Stratifizierung des offenen Wassers und deutlicher ausgeprägt (REY & LOENG 1985). Die Stabilisierung der Wassersäule im zeitigen Frühjahr führt zu einer gesteigerten Primärproduktion im Bereich der Eiskante, weil sie ein Absinken des Phytoplanktons aus der euphotischen Zone verhindert oder zumindest verzögert (SLAGSTAD 1985). Gleichzeitig wird aber durch die Stratifizierung die konvektive Zufuhr von Nährstoffen aus tieferen Wasserschichten verhindert. Dies führt im weiteren Verlauf der Entwicklung zu einer Nährstofflimitierung des Phytoplanktonwachstums. Die jetzt produktionshemmende Schichtung der Wassersäule kann durch

Auf- bzw. Abtriebserscheinungen gestört werden, die im Bereich der Eiskanten auf ab- bzw. aufeisigen Wind zurückzuführen sind (JOHANNESSEN et al. 1983). Die zeitlich und räumlich begrenzten Auftriebsereignisse sorgen durch den Eintrag nährstoffreichen Wassers in die Oberflächenschicht für eine Auffüllung der erschöpften Nährstoffpools in der euphotischen Zone und tragen so dazu bei, die hohe Primärproduktion nach der ersten, durch den Einfluß des Eisschmelzwassers bedingten Planktonblüte aufrecht zu erhalten (ALEXANDER & NIEBAUER 1981). Der produktionsfördernde Einfluß der speziellen hydrographischen Verhältnisse an der Eiskante ist in der Fram-Straße (SPIES 1987, SMITH et al. 1987), aber auch in anderen arktischen und antarktischen Meeresgebieten nachgewiesen worden (LEGENDRE et al. 1981, SMITH & NELSON 1985). Besonders günstige Verhältnisse bieten Eisränder, die sich während des Sommers kontinuierlich verschieben ("receding ice edge"): In ihrem Einflußbereich findet man während längerer Perioden sehr produktive, nicht nährstofflimitierte Diatomeenblüten (REY & LOENG 1985). Die erhöhte Primärproduktion führt zu einer Konzentration von herbivorem Zooplankton und Konsumenten höherer Trophiestufen im Eisrandbereich (BRADSTREET & CROSS 1982).

Zusätzlich zum windinduzierten Auftrieb an den Eiskanten können in der MIZ Frontenprozesse und die für die Fram-Straße typischen mesoskaligen Wirbel mit Durchmesser von 30 - 60 km (JOHANNESSEN et al. 1987) für den Eintrag nährstoffreichen Wassers in die euphotische Zone sorgen. SMITH et al. (1985) führen die hohen Planktonbiomassen im Gebiet eines zyklonischen Wirbels nordöstlich des Untersuchungsgebiets auf den produktionsfördernden Einfluß des hydrodynamisch erzeugten Auftriebs zurück.

Neben dem Phytoplankton gibt es in arktischen und antarktischen Meeren mit Eisbedeckung noch eine zweite Gruppe von Primärproduzenten: Eisalgen (HORNER 1985). Es handelt sich um Mikroalgen, vornehmlich Diatomeen, die die Unterseite, aber auch das Innere des Meereises besiedeln und zusammen mit der speziell angepassten Begleitfauna eine pseudobenthische, auch "epontisch" oder "sympagisch" genannte Lebensgemeinschaft bilden. Die Algen sind an sehr niedrige Lichtintensitäten adaptiert und beginnen im zeitigen Frühjahr noch vor den Phytoplanktern mit dem Wachstum (HSIAO 1980). Dadurch verlängern sie die Vegetationsperiode in den polaren Meeren und dämpfen so die saisonalen Schwankungen im Nahrungsangebot für die höheren Trophiestufen im Pelagial und im Benthos (DUNBAR 1977). Auch für die Eisalgen sind die Eisrandbereiche besonders produktive Zonen. Ihr Wachstum setzt dort früher ein und erreicht höhere Raten, weil wegen der relativ geringen Eisdicken und Schneeeauflagen das Lichtangebot besser ist (CROSS 1982). Der Beitrag der Eisalgen zur gesamten Primärproduktion eines polaren Meeresgebiets ist schwierig abzuschätzen (HORNER 1977). Im Weddellmeer soll der Anteil ungefähr ein Fünftel betragen (ACKLEY et al. 1979), in der Küstenregion des arktischen Beaufortmeers haben sie bis zum Schmelzen des Eises im Juni zwei Drittel zur gesamten Produktion während des Untersuchungszeitraums beigetragen (HORNER & SCHRADER 1982). Im zentralen Arktischen Ozean, wo im Gegensatz zur Antarktis meist mehrjähriges, dickes Packeis vorherrscht, sollen die Populationsdichten und Produktionsraten der sympagischen Algen wegen des geringeren Lichtangebots nicht so bedeutend sein (HEMPEL 1985).

Ein Großteil der pelagischen Primärproduktion wird zumindest während eines Teils des Sommers nicht durch herbivore Konsumenten gefressen (BARTHEL 1986, HIRCHE pers. Mitt.: etwa 90%) und steht somit grundsätzlich dem Benthos als Nahrung zur Verfügung. Die Sedimentation des im Pelagial produzierten Materials ist im Untersuchungsgebiet wahrscheinlich begünstigt. Es gibt Indizien für einen topographisch bedingten antizyklonischen Wirbel, der dem südwärts strömenden Ostgrönlandstrom überlagert ist (BOURKE et al. 1987). Eine solche konvergente hydrographische Situation müßte zu einer Konzentration von Plankton und anderem partikulären Material aus angrenzenden Gebieten führen. Dem Benthos auf der Bank

würde dann besonders viel sedimentiertes organisches Material als Nahrung zugeführt, das zudem wegen der niedrigen Temperaturen wahrscheinlich nur langsam durch Destruenten wie Bakterien, Pilze usw. remineralisiert wird.

Räumliche Verteilungsmuster

Einen indirekten Hinweis für eine mittelskalig geklumpfte Verteilung epibenthischer Stachelhäuter, z.B. der häufig vorkommenden Schlangensterne *O. sericeum*, *O. borealis*, *O. glacialis* und *O. bidentata*, liefert ein Vergleich der photographisch ermittelten Besiedlungsdichten mit den AGT-Einheitsfängen der einzelnen Arten. Legt man die erstgenannten Abundanzmaße als realistische Bezugsgrößen zugrunde, so ließen sich für das AGT Effizienzfaktoren für den Fang dieser Arten berechnen. Es zeigt sich aber, daß die Werte der Fängigkeiten zwischen den einzelnen Stationen sehr stark schwanken. Die Variation ist vor allem bei abundanten Arten sehr groß, eine eindeutige Beziehung ihrer Größe zu Faktoren wie Tiefe oder Tierart ist jedoch nicht vorhanden. Dieses Ergebnis kann unterschiedliche Gründe haben. Methodischer Natur ist die Deutung, daß die Effizienzen des AGT von Einsatz zu Einsatz in Abhängigkeit von Faktoren wie Schleppdauer, Länge des ausgesteckten Drahts oder Beschaffenheit des Meeresbodens sehr unterschiedlich waren. Dies würde die Aussagekraft der AGT-Fänge hinsichtlich der Bestandsdichten grundsätzlich stark einschränken. Andererseits können diese Unterschiede auf räumlichen Mustern beruhen, wenn die Skala der fleckenhaften Verteilung der betrachteten Arten kleiner ist als die der vom AGT erfaßten Flächen bzw. als die der Entfernungen zwischen den Einsatzorten von AGT und UWP. Die Unterschiede zwischen photographisch ermittelter Besiedlungsdichte und AGT-Einheitsfang beruhen in diesem Fall auf realen Dichteunterschieden. Die Tiere sind in einer Dimension von wenigen 100 Metern nicht homogen verteilt, sondern konzentrieren sich in kleinräumigeren "patches".

Die direkte Analyse der **kleinräumigen Verteilung** von zehn ausgewählten Stachelhäutern ist aus methodischen Gründen auf eine Dispersionseinheit von 1 m^{-2} beschränkt (Kap. 3.3). Bezogen auf diese Fläche wird die Dispersion auf den einzelnen Stationen über ein Gebiet mit einer Ausdehnung von knapp hundert bis zu einigen hundert Quadratmeter ermittelt. Auffälliges Ergebnis ist die positive Korrelation zwischen der Abundanz und dem Dispersionskoeffizienten für Besiedlungsdichten von knapp 10 N m^{-2} oder mehr (Kap. 4.5). Die abundanten Schlangensterne *Ophiocten sericeum* und *Ophiura robusta* sind fast immer geklumpt, die selteneren Seesterne immer zufällig verteilt.

Lebewesen sind in der Natur nur sehr selten wirklich zufällig verteilt, da sie immer durch bestimmte, gerichtet wirkende Prozesse beeinflusst werden (TAYLOR & TAYLOR 1977). Eine geklumpfte Verteilung ist die Regel, allerdings in sehr unterschiedlichen räumlichen Skalen. Um sie mit Hilfe einer Mehrfach-Probennahme erkennen zu können, müssen die gewählte Dispersionseinheit und die mittlere Ausdehnung der "patches" in der gleichen Größenordnung liegen. Die Neigung einer Art, mit zunehmender Siedlungsdichte fleckenhaft vorzukommen, ist von vielen Autoren für verschiedene Lebensräume, verschiedene Arten und verschiedene räumliche Skalen beschrieben worden (z.B. ANGEL & ANGEL 1967, VOLCKAERT 1987). Es gibt aber auch Beispiele, in denen Individuen ab einer bestimmten minimalen Dichte Territorialverhalten zeigen, was zu einem regelmäßigen Verteilungsmuster führt. GRASSLE et al. (1975) haben dies für den Tiefseeschlangestern *Ophiomusium lymani* nachgewiesen.

Die möglichen Gründe für Verteilungsmuster sind von HUTCHINSON (1953) klassifiziert worden: Vektorielle, reproduktionsökologische, soziale, koaktive und stochastische Prozesse regulieren die räumliche Struktur im Vorkommen von Lebewesen. Die beobachteten Verteilungsmuster sind aber oft schwierig zu interpretieren, weil die einzelnen Faktoren miteinander über Kausalketten zusammenhängen oder

mehrere Prozesse gleichzeitig und unabhängig voneinander wirken (JUMARS & ECKMAN 1983). In die erstgenannte Kategorie fällt die physikalische und chemische Heterogenität eines Lebensraums. Sie ist in vielen Fällen für eine geklumpfte Verteilung von Arten mit spezifischen Habitatpräferenzen verantwortlich. In der vorliegenden Untersuchung wird ein solcher Kausalzusammenhang vor allem im Fall von *O. robusta* deutlich (Kap. 4.5). Die stark geklumpfte Verteilung dieses Schlangensterne ist auf die bevorzugte Besiedlung von Steinen und Felsen zurückzuführen. Auch für die anderen fleckhaft vorkommenden Arten wie *O. sericeum* und dem Seeigel *Strongylocentrotus pallidus* sind kleinräumige Unterschiede im Lebensraum als Grund für das beobachtete Dispersionsmuster anzunehmen. Ob und inwieweit weitere der o.g. Prozesse eine Rolle spielen, ist nicht zu beurteilen, da hierzu wichtige biologische Informationen nicht vorliegen.

Lebensformtypen

Die Beprobung des Benthos mit einem Agassiz-Trawl erlaubt wegen der unterschiedlichen Fangeffizienzen grundsätzlich keine eindeutige Aussage zum Verhältnis von Endo- und Epifauna (Kap. 3.3). Unterschiede innerhalb des Untersuchungsgebiets werden aber deutlich (Kap. 4.7.1): Der Anteil des Endobenthos beträgt in allen Zonen etwa ein Viertel der Artenzahlen; auf der Belgica-Bank sind die relativen Abundanzen der endobenthischen Arten gering, auf den Weichböden der Übergangszone TRANS und des Kontinentalabhangs stellen sie aber mengenmäßig bedeutende Faunenanteile.

Epibenthische Arten finden vor allem auf der Belgica-Bank mit den zahlreich vorhandenen Hartsubstraten (Steinen) günstige Bedingungen. Aber auch auf Weichboden, eigentlich ein von endobenthischen Arten dominierter Lebensraum, kommen sie in erheblichen Anzahlen vor. Bei vielen dieser Arten findet man morphologische Anpassungen an die Bodenbeschaffenheit (ZENKEVITCH 1963). Eine gestielte Körperform erlaubt es Suspensionsfressern, die in den bodennahen Wasserschichten driftenden Nahrungspartikel zu nutzen, und vermindert gleichzeitig die Gefahr, daß die Funktion der Fang- oder Filtrierapparate durch aufgewirbeltes, feinkörniges Sediment gestört wird. Ein Beispiel für diese Form der Anpassung ist die hochgestielte Seefeder *Umbellula encrinus*. Eine weitere Adaptation an das Leben auf Weichboden soll die sogenannte "Fallschirm"-Körperform sein (ZENKEVITCH 1963). Sie führt zu einer relativen Vergrößerung des Körperquerschnitts, wie z.B. bei den Seesternen *Ctenodiscus crispatus* und *Hymenaster pellucidus*. Ihre Arme sind fast bis zu den Spitzen miteinander verwachsen. Bei *H. pellucidus* dienen die entstandenen Hautlappen aber wahrscheinlich vor allem der Brutpflege. Auch die bemerkenswerte Größe vieler epibenthischer Weichbodenbewohner ist auffällig (ZENKEVITCH 1963). Die beiden Schlangensterne *Ophiopleura borealis* und *Ophioscolex glacialis* sowie der Seestern *Pontaster tenuispinus* sind als Beispiele im Untersuchungsgebiet zu nennen.

Die trophische Struktur ist mit dem Verhältnis von Endo- und Epifauna eng verknüpft. Zu ihrer groben Darstellung wurden die Faunenanteile der Suspensionsfresser ermittelt (Kap. 4.7.2). Die meisten gefangenen Individuen dieses Ernährungstyps stammen von der Belgica-Bank, aber am Kontinentalabhang fällt er innerhalb der ärmeren Fauna stärker auf. Dort stellt *Ophiacantha bidentata* einen relativ hohen Individuenanteil in den Fängen. Nach PEARSON & GAGE (1984) ist dieser Schlangestern eine "eher sedentäre Art", die sich vor allem, aber nicht ausschließlich von suspendierten Partikeln ernährt. Die Auswertung der UW-Photos läßt ebenfalls auf eine zumindest fakultativ-suspensionsfressende Ernährungsweise schließen: Viele Tiere dieser Art sitzen auf erhöhten Standorten, meist Steinen, und strecken ihre Arme in charakteristischer Weise nach oben (Photo 6). *O. bidentata* wurde deshalb zu den Suspensionsfressern gerechnet.

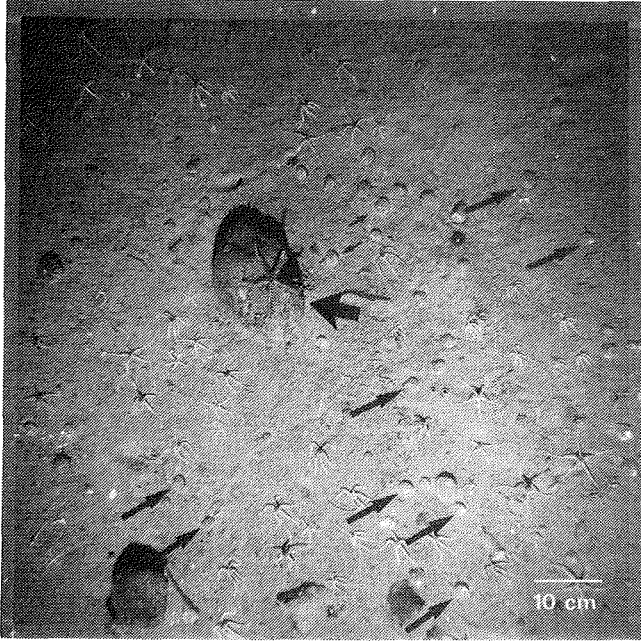


Photo 6: Station 534 (80 m):

Ophioacantha bidentata (großer Pfeil)

Arctinula greenlandica (kleine Pfeile)

Ophiocten sericeum und *Strongylocentrotus pallidus*

Der Anteil der Suspensionsfresser an der Fauna kennzeichnet wichtige Aspekte der trophischen Struktur einer Bodentiergemeinschaft. Arten mit diesem Ernährungstyp sind in höherem Maße als Substratfresser darauf angewiesen, daß dem Benthos die Nahrung, die letztlich aus der pelagischen Primärproduktion stammt, in ausreichenden Mengen über einen ausreichend langen Zeitraum und/oder in regelmäßigen zeitlichen Mustern zugeführt wird (LEVINTON 1972). Sie leben deshalb bevorzugt in Gebieten, in denen dies entweder durch Sedimentationsprozesse oder durch ausreichend starke bodennahe Strömungen geschieht, die die Nahrungspartikel als resuspendiertes Material horizontal transportieren. Die sedimentierte organische Substanz wird im Boden akkumuliert, der somit als eine Art Nahrungsspeicher zeitliche Unterschiede in der Versorgung von Substratfressern abpuffert (THAYER 1979). TURPAEVA (1957) unterscheidet zwei Typen von Suspensionsfressern mit unterschiedlicher Lebensweise: Endobenthische Arten, die das in der bodennächsten Wasserschicht flottierende Material nutzen wie z.B. die Muschel *Astarte*, und epibenthische Arten, die ihre Nahrung aus dem freien Wasser einige Zentimeter bis Dezimeter über dem Boden filtrieren wie z.B. Haarsterne. Letztere bevorzugen erhöhte Standorte.

Arten mit einem relativ unspezialisierten Ernährungstyp wie z.B. die dominanten Schlangensterne bilden in allen Gemeinschaften die Hauptmasse der Fauna (Kap. 4.7.2). Offensichtlich finden Tiere, die organisches Material von der Oberfläche des Meeresbodens abweiden, in einem Großteil des Untersuchungsgebiets bessere Bedingungen vor als solche, die ihre Nahrung aus dem freien Wasser beziehen. Wahrscheinlich sedimentiert der Detritus aus dem Pelagial sehr schnell und verbleibt auf dem Untergrund, weil die bodennahen Strömungen für eine Resuspension zu schwach sind.

Die besten Bedingungen für Suspensionsfresser sind auf dem flachen Schelfrücken der Belgica-Bank zu finden, wo Steine und Felsen Siedlungsgrundlagen für sessile, epibenthische Arten bilden. Haarsterne, aber auch filtrierende oder strudelnde Muscheln kommen dort in den vergleichsweise höchsten Dichten vor (Kap. 4.7.2). Leider gibt es keine Daten über direkte Strommessungen in diesem Gebiet, die auf den UW-Photos zu erkennende Struktur des Meeresbodens läßt jedoch auf lokal relativ starke Bodenstromgeschwindigkeiten schließen. Wahrscheinlich sind diese Strömungen kleinräumig auf den Rand des topographisch bedingten Wirbels im untersuchten Meeresgebiet beschränkt (Kap. 2.2). Der flache Schelfrücken der Belgica-Bank und der Schelfrand liegen in diesem Bereich, in dem auch der größte Artenreichtum und die höchsten Abundanzen zu finden sind (Kap. 4.3).

Nur relativ wenige (11%) der quantitativ ausgewerteten Arten in den AGT-Fängen pflanzen sich durch **pelagische, planktotrophe Larven** fort (Kap. 4.7.3). Hinsichtlich der Artenanteile gilt dies für alle drei Zonen des Untersuchungsgebiets. Es gibt aber Unterschiede in den relativen Abundanzen: Auf der Belgica-Bank stellen die Arten des planktotrophen Reproduktionstyps die Hauptmasse der Bodenfauna, in den tiefergelegenen Zonen dagegen sind auch ihre Individuen- und Gewichtsanteile vergleichsweise gering.

Ob eine Bodentierart in ihrer Lebensgeschichte ein pelagisches Larvalstadium durchläuft, wird meist im Zusammenhang mit der Stabilität des untersuchten Ökosystems und der Populationsdynamik der untersuchten Art diskutiert. Nach dem "r-K-Modell" haben viele Arten in Biotopen mit stabilen, vorhersagbaren Umweltbedingungen relativ geringe Populationsdichten, die nur geringen jährlichen Fluktuationen unterliegen. Kennzeichnend für diese sogenannten "**K-Strategen**" oder "Gleichgewichtsarten" (JABLONSKI & LUTZ 1983) ist, daß die Nachkommen die von den langlebigen Adulten eingenommene Nische ohne Zwischenphase, also ohne längeres Larvalstadium übernehmen. Deshalb werden nur wenige Nachkommen pro Weibchen produziert. Die Jugendmortalität wird aber durch verschiedene Mechanismen elterlicher Fürsorge gering gehalten. Am entgegengesetzten Ende des r-K-Kontinuums populationsdynamischer Adaptationen stehen die sogenannten "**r-Strategen**" oder "Opportunisten" (GRASSLE & GRASSLE 1974). Diese kurzlebigen Arten sind vor allem in unreifen oder instabilen Ökosystemen mit stark und aperiodisch wechselnden Umweltbedingungen erfolgreich und kommen dort zumindest zeitweise in sehr hohen Populationsdichten vor. Sie haben meist eine große Zahl von Nachkommen, die aber in den frühen Lebensphasen einer sehr großen Sterblichkeit unterliegen. Ein pelagisches und planktotrophes Larvenstadium ist die Regel. Es hat mehrere ökologische Funktionen, z.B. Ausnutzung mehrerer Nischen im Laufe der Ontogenie und Ausbreitung der Art über ein Gebiet, in dem die adäquaten Habitate fleckenhaft verteilt sind. Die jährliche Variation der larvalen Mortalitätsraten ist für die stark schwankenden Populationsdichten dieser Arten verantwortlich.

Dieses einfache ökologische Modell erfaßt nicht alle Faktoren, die den Reproduktionstyp einer Art bestimmen (JABLONSKI & LUTZ 1983). Wahrscheinlich überlagert zum Beispiel der **Einfluß der Körpergröße** die o.g. ökologischen Zusammenhänge. Einige sehr kleine Polychäten gehören zu den ausgeprägtesten Opportunisten

unter den Bodentieren und haben dennoch keine pelagischen Larven (GRASSLE & GRASSLE 1974). Arten mit pelagischen Juvenilstadien müssen wegen der hohen larvalen Mortalität sehr viele Eier produzieren, um einen Reproduktionserfolg langfristig sicherzustellen. Der absolute Energieaufwand, der in die Produktion der Geschlechtsprodukte investiert werden kann, und somit auch die absoluten Eizahlen sind von der Körpergröße abhängig (GIESEL 1976). Wahrscheinlich ist eine minimale Körpergröße notwendig, um für eine Fortpflanzung mit planktotrophen Larven ausreichend viele Eier produzieren zu können (JABLONSKI & LUTZ 1983).

Global betrachtet pflanzen sich die meisten Bodentierarten mit pelagischen, planktotrophen Larven fort (etwa 70% laut MILEIKOVSKY 1971). Der Anteil der Arten mit diesem Reproduktionstyp ist am größten auf tropischen oder subtropischen Schelfen und nimmt zu den Polen und zur Tiefsee hin deutlich ab (THORSON 1950). Dieses von vielen Autoren beobachtete Phänomen wurde von MILEIKOVSKY (1971) als "THORSON's rule" bezeichnet. Es wird im allgemeinen mit der Stabilität der Umweltbedingungen in polaren oder bathyalen Ökosystemen im Zusammenhang mit dem r-K-Modell begründet. Außerdem ist nach der "match-mismatch"-Hypothese von CUSHING (1975) ein "timing" des Erscheinens meroplanktischer Larven im Pelagial mit einer Planktonblüte von entscheidender Bedeutung für den Reproduktionserfolg. Die Überlebensraten planktotropher Larven hängen vor allem davon ab, ob sie während der pelagischen Phase ausreichend Nahrung finden. In Gebieten, in denen die pelagische Produktion entweder gering ist oder nur über einen sehr kurzen Zeitraum im Jahr stattfindet, ist deshalb das Risiko für eine planktotrophe Fortpflanzungsweise besonders hoch. Arten mit nonplanktotrophen Juvenilphasen haben langfristig gesehen einen wichtigen Selektionsvorteil und stellen in diesen Biotopen einen Großteil des Arteninventars.

Die relativ geringe Zahl der Arten mit planktotrophen Larven in arktischen Untersuchungsgebieten erscheint aufgrund der o.g. Zusammenhänge verständlich. Gerade diese Arten kommen aber auf der Belgica-Bank in besonders hohen Dichten vor (Kap. 4.7.3). Dafür können zwei günstige Rahmenbedingungen verantwortlich sein: Zum einen ist die pelagische Produktion wahrscheinlich recht hoch (s.o.), zum anderen sorgt der antizyklonische, konvergente Wirbel eventuell für eine Konzentration der meroplanktischen Larven und ihrer planktonischen Nahrung über der Belgica-Bank. Dies hätte zwei Auswirkungen: Erstens finden die Larven über einen längeren Zeitraum gute Ernährungsbedingungen, ihre Überlebensraten müssten deshalb relativ hoch sein. Zweitens wird die Verdriftung der Larven mit dem Ostgrönlandstrom nach Süden verhindert, was einen erhöhten Larvenfall auf der Bank zur Folge haben müsste.

5.3 Vergleich mit der Bodenfauna des Weddellmeeres

Konstant niedrige Temperaturen und ausgeprägte Saisonalität in Lichtangebot und Primärproduktion kennzeichnen sowohl arktische als auch antarktische Meeresgebiete. Dennoch gibt es neben etlichen Gemeinsamkeiten auffallende Unterschiede zwischen den verschiedenen Ökosystemen (GEORGE 1977, KNOX & LOWRY 1977, HEMPEL 1985). Ein direkter Vergleich bestimmter Merkmale war bisher jedoch wegen methodischer Unterschiede erschwert. Die Bodentiergemeinschaften der arktischen Fram-Straße lassen sich dagegen sinnvoll mit der Bodenfauna des antarktischen Weddellmeers vergleichen (Kap. 3.3). VOß (1988) und GUTT (1988) setzten dort dasselbe Agassiz-Trawl und dieselbe UW-Photokamera ein, die in der Fram-Straße verwendet wurden. Sowohl in der Fram-Straße als auch im Weddellmeer wurde das Benthos des Schelfs und des Kontinentalabhangs untersucht, allerdings ist der antarktische Schelf mit bis zu 600 m deutlich tiefer als der ostgrönländische. Beide Untersuchungsgebiete sind grundsätzlich ganzjährig eisbedeckt, es gibt aber hier wie dort eine Küstenpolynya. Im Weddellmeer existiert sie auch im Winter, in der westlichen Fram-Straße dagegen bildet sie sich meist nur im Sommer. VOß (1988) grenzt im Weddellmeer drei Zonen mit unterschiedlicher Fauna entlang eines über 2000 km langen Küstenstreifens ab: eine "östliche Schelfgemeinschaft" in Tiefen von 200 - 450 m, eine "südliche Schelfgemeinschaft" in Tiefen von 200 - 530 m und eine "Grabengemeinschaft" in Tiefen von 600 - 1200 m. Im Gegensatz zur Zonierung im relativ kleinräumigen Untersuchungsgebiet in der westlichen Fram-Straße ist die Einteilung des Weddellmeers vor allem geographischer und erst in zweiter Linie bathymetrischer Natur.

Auf insgesamt 37 Stationen hat VOß (1988) zusammengenommen 432 Taxa (Arten und höhere systematische Gruppen) gefunden. In dieser Zahl sind nicht alle gefundenen Arten berücksichtigt, die wirkliche Artenzahl ist also sogar noch größer. Dennoch ist der Wert fast doppelt so hoch wie die Zahl der in der westlichen Fram-Straße gefangenen Arten (Kap. 4.1). Es muß aber berücksichtigt werden, daß VOß (1988) mit fast doppelt so vielen Stationen ein Gebiet entlang der etwa 2000 km langen Küstenlinie des Weddellmeers abgedeckt hat. Ein Vergleich der Artenzahlen in den einzelnen Fängen ist deshalb sinnvoller, da allein die unterschiedliche Skala der beiden Untersuchungsgebiete für den Unterschied in der Anzahl aller gefundenen Arten verantwortlich sein kann. Dieser Vergleich bleibt auf Schlangensterne (Ophiuroidea) und Seesterne (Asteroidea) beschränkt, die in beiden Untersuchungen mit ähnlichen Effizienzen gefangen, aussortiert und bestimmt worden sind. Im Weddellmeer bewegen sich die Werte bei einer Gesamtartenzahl von 79 im Bereich von 7 bis 37, in der Fram-Straße bei einer Gesamtartenzahl von 26 im Bereich von 7 bis 15. Bezogen auf die in beiden Arbeiten abgegrenzten faunistischen Zonen lauten die jeweiligen Mittelwerte im Weddellmeer 12, 19 und 28, in der Fram-Straße 10, 11 und 12. Offenbar ist der Artenreichtum der Asterozoen im antarktischen Weddellmeer nicht nur großräumig, sondern in vielen, aber nicht in allen Fällen auch kleinräumig größer als in den arktischen Gewässern vor Grönland.

Für andere systematische Gruppen kann ein derartiger direkter Vergleich nicht angeschlossen werden. Das Ergebnis steht im Einklang mit der allgemein anerkannten Hypothese des größeren Artenreichtums antarktischer Bodentiergemeinschaften, die auf der Grundlage der Verhältnisse bei verschiedenen Taxa formuliert wurde (GEORGE 1977). Die antarktischen Meere sind je nach betrachteter systematischer Gruppe zwischen 50% bis 100% reicher an Arten (KNOX & LOWRY 1977). Dieser auffällige Unterschied zwischen den beiden polaren Großökosystemen wird vor allem auf das weit höhere Alter der Antarktis, den größeren Grad ihrer faunistischen Isolation (Kap. 5.1) sowie die großräumig und langfristig stabileren Umweltbedingungen zurückgeführt (DUNBAR 1968). Gemäß der "stability-time"-Hypothese der Diversität von Ökosystemen (SANDERS 1969) konnten sich deshalb in der Antarktis mehr Arten entwickeln.

Auch für den mit dem Artenreichtum verknüpften zweiten Aspekt der Diversität, die "species evenness" (HURLBERT 1971) bzw. das **Dominanzmuster**, sind direkte Vergleiche zwischen verschiedenen Untersuchungen aus theoretischen und methodischen Gründen nicht durchführbar (Kap. 3.3). Es gibt jedoch Hinweise, daß arktische Bodentiergemeinschaften im Gegensatz zu antarktischen Faunen oft durch eine oder wenige Arten in hohem Maß dominiert werden ("oligomixity" sensu GEORGE 1977) und somit eine geringe Diversität aufweisen. Die vorliegende Untersuchung bestätigt dies: In den Fängen in der westlichen Fram-Straße stellt die jeweils dominierende Art bis zu 86% der gefangenen Individuen und bis zu 89% des Fanggewichts (Kap. 4.4). In fast einem Drittel der Fänge ist der numerische Dominanzgrad mit über 50% außergewöhnlich hoch. Auch ELLIS (1960) berichtet von Dominanzwerten einzelner Arten zwischen 40% und 72% in Bodengreiferproben von der westgrönländischen und ostkanadischen Küste. In antarktischen Gebieten werden dagegen solche hohe Werte nicht gefunden (KNOX & LOWRY 1977). In den AGT-Fängen von VOß (1988) im Weddellmeer stellt keine der quantitativ ausgewerteten Arten oder Taxa mehr als 30% der Individuen.

Die Schelfgemeinschaften des Weddellmeeres werden anders als auf der Belgica-Bank im Osten von Schwämmen und im Süden von Bryozoen dominiert (VOß 1988). Die in Kolonien lebenden Arten dieser beiden Taxa prägen das ganze Ökosystem auch physikalisch, der Meeresboden hat eine Auflage von Schwammnadelfilz oder Bryozoenschill. Die großen und langlebigen Schwämme sorgen in den östlichen Schelfgebieten des Weddellmeeres ähnlich einem Korallenriff für eine dreidimensionale Gliederung des benthischen Lebensraums in eine Vielzahl von Kleinhabitaten und bieten Siedlungsgrundlagen für epibenthische Suspensionsfresser (Photo 7 nach GUTT 1988). Sie sind mit großer Wahrscheinlichkeit verantwortlich für die hohe Diversität und Biomasse der von ihnen dominierten Bodentiergemeinschaften in der Antarktis. Die von VOß (1988) beschriebenen Schelffaunen sind mit Artenassoziationen im Rossmeer (BULLIVANT 1967) vergleichbar. Offensichtlich sind Schwammgesellschaften in der Antarktis circumpolar auf den Schelfen verbreitet, sofern nahrungsreiche Bodenströmungen das Vorkommen dieser sessilen Suspensionsfresser ermöglichen. Besondere Bedingungen wie zu starke Bodenströmungen oder relativ instabile Umweltverhältnisse in Bereichen, in denen sich die Schelfeiskante verschiebt, verhindern wahrscheinlich die dauerhafte Ansiedlung der langlebigen und langsamwüchsigen Schwämme im südlichen Weddellmeer. Ihre ökologische Nische wird dort von den schnellwüchsigeren Bryozoen übernommen (VOß 1988).

Im untersuchten Gebiet der westlichen Fram-Straße dagegen kommen Schwämme oder Bryozoen nicht in solchen Mengen vor, daß sie die Struktur des Lebensraums bestimmen. Die Schwammart *Geodia baretii* tritt erst jenseits der Polarfront vor Spitzbergen oder der Bäreninsel in teilweise sehr hohen Dichten auf und ist in seiner Verbreitung auf atlantisch beeinflusste Gebiete mit positiven Wassertemperaturen beschränkt (BLACKER 1957). Sie kommt auf der Belgica-Bank nicht vor. Auch die von ZENKEVITCH (1963) beschriebenen Schwammgesellschaften des südlichen Barentsmeeres charakterisieren subarktische Gewässer, in hocharktischen Gebieten fehlen sie wahrscheinlich ganz (KNOX & LOWRY 1977). Die großräumig geringere Produktivität arktischer Gewässer und/oder das Fehlen nahrungsreicher Bodenwasserströmungen sind wahrscheinlich dafür verantwortlich. Eine andere Deutung geht von der geringeren allgemeinen Stabilität arktischer Ökosysteme (DUNBAR 1968) aus. Große, langlebige und langsamwüchsige Schwämme sind auf langfristig vorhersagbare Umweltbedingungen angewiesen (s.o.) und können deshalb in arktischen Gebieten nicht gedeihen. Auf der Belgica-Bank wird die habitatbildende Funktion der großen Schwämme in stark abgeschwächter Weise von Steinen ausgefüllt. Sie werden von etlichen epibenthischen Hartbodenbewohnern zum Teil in hohen Dichten besiedelt, wie die UW-Photos dokumentieren (Photo 8 und Kap. 4.6.1). Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen der Belgica-Bank und dem östlichen Weddellmeerschelf sind in Tab. 5.1 zusammengefaßt.

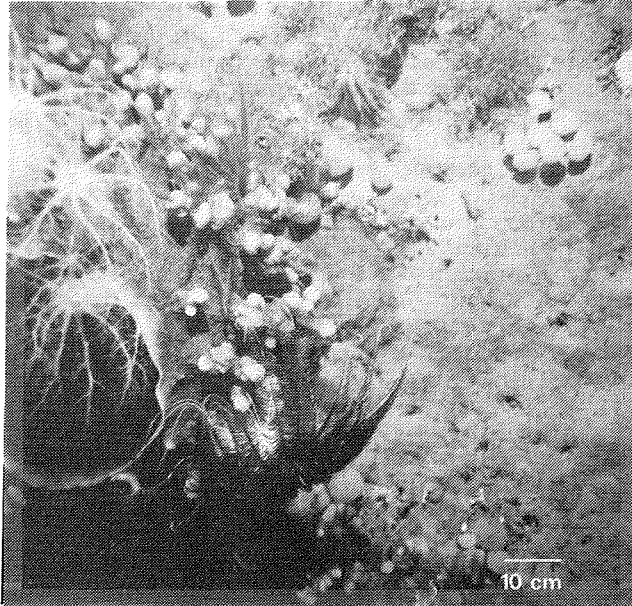


Photo 7: Benthos des Weddellmeeres ($73^{\circ}53'S$ $22^{\circ}46'W$, 245 m Tiefe):
UW-Photo von GUTT (1988)
Auf einem großen Schwamm sitzen drei Seegurken der Art Abyssocucumis liouvillei und ein Haarstern.



Photo 8: Station 598 (80 m):
Benthos auf der Belgica-Bank:
Drei Haarsterne (Heliometra glacialis) auf einem Stein

Tab. 5.1: Vergleich Belgica-Bank (Fram-Straße) - östlicher Weddellmeerschelf (VOß 1988)

Fram-Straße (Belgica-Bank)	Weddellmeer (östlicher Schelf)
küstenferne Schelfbank geographische Breite 78° - 80° Tiefe 80 - 100 m	schmäler Schelf entlang des Schelfeises geographische Breite 72° - 77° Tiefe 200 - 450 m
konstant niedrige Temperaturen (< 0 °C) südsetzender Ostgrönlandstrom, überlagert von einem konvergenten Wirbel	konstant niedrige Temperaturen (< -1.6 °C) südwestsetzender Küstenstrom der Ostwind- drift
ganzjährige Pack- bzw. Treibeisbedeckung sommerliche Küstenpolynya vor Nordost- Grönland	mehrmonatige Eisbedeckung, im Südsommer meist eisfrei; oft winterliche Schelfeis- polynya
Boden kleinräumig heterogen, Wechsel zwischen Weichboden und Hartsubstrat, Steine häufig	Boden meist Sand, Schwammadelfilz und Bryozoenschill, Weichboden selten Steine häufig
Bodenfauna dominiert von unselektiv- omnivoren Schlangensterne	Bodenfauna dominiert von suspensionsfres- senden Schwämmen und Bryozoen
dreidimensionale Gliederung des benthischen Lebensraums nur durch Steine, Habitats für etliche epilithische Arten	dreidimensionale Gliederung des benthischen Lebensraums durch große Schwämme, Habitats für viele epizoische Arten
relativ hohe Artenzahl hoher Dominanzgrad	sehr hohe Artenzahl niedriger Dominanzgrad

Alle anderen Taxa stehen in ihrer Bedeutung für die Schelffaunen des Weddellmeeres weit hinter den Schwämmen und Bryozoen (VOß 1988). Unter den anderen Faunenelementen sind Schlangensterne am wichtigsten. In den verschiedenen Gemeinschaften stellen sie zwischen 20 und 25% der Bodentiere, wenn man Schwämme und Bryozoen nicht mitrechnet (VOß 1988). Polychäten sind in allen Weddellmeergemeinschaften mit Individuendominanzen von mehr als 15% vertreten (VOß 1988) und haben eine den Schlangensternen ähnliche Bedeutung.

Es gibt jedoch Indizien, daß auch in antarktischen Schelfbiotopen zumindest lokal Schlangensterne und nicht sessile Suspensionsfresser die Bodenbesiedlung prägen. FRATT & DEARBORN (1984) berichten von Bodentiergemeinschaften der Antarktischen Halbinsel, die von omnivoren Schlangensternen (*Ophionotus victoriae*) dominiert werden. Auf UW-Photos ist zu erkennen, daß die Tiere - wie *O. sericeum* auf der Belgica-Bank - den Meeresboden fast flächendeckend besiedeln.

Die von VOß (1988) beschriebene Fauna des Filchnergrabens im Weddellmeer ähnelt den Gemeinschaften vor Nordostgrönland eher als die Schelffaunen. Dort bilden Weichböden - wie auf dem tiefen Schelf und dem Kontinentalabhang der westlichen Fram-Straße - kleinräumig einheitliche Lebensräume für epibenthische Bodentiere.

Suspensionsfressende Schwämme kommen im Filchnergraben kaum vor, wahrscheinlich weil das Nahrungsangebot zu gering ist und/oder die feinkörnigen Sedimente ihre Strudelapparate zu verstopfen drohen (VOß 1988). Wie in der Fram-Straße sind

substratfressende Schlangensterne und Polychäten wichtige Faunenelemente. Unterschiedlich groß ist aber die Bedeutung der Seegurken. Im Weddellmeer stellen sie ein Viertel aller gefangenen Individuen aus diesem Gebiet (VOß 1988). Zwei epibenthische Arten kommen in Dichten von bis zu 30 N m^{-2} vor (GUTT 1988). Eine ähnlich große Bedeutung haben Seegurken in der westlichen Fram-Straße weder auf dem Schelf noch am Kontinentalabhang.

Im Verhältnis von Epi- und Endofauna sollen sich laut KNOX & LOWRY (1977) arktische und antarktische Ökosysteme großräumig betrachtet grundsätzlich unterscheiden: In der Arktis sind vor allem Weichbodengemeinschaften mit einer überwiegend endobenthischen Fauna verbreitet, in der Antarktis herrschen in vielen Schelfregionen epibenthische Suspensionsfresser wie Schwämme und Bryozoen vor. Im allgemeinen übersteigt dort die Biomasse der Epifauna die der Endofauna um ein bis zwei Größenordnungen (GALLARDO 1987). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung eines arktischen Schelfgebiets passen nicht ganz in dieses Bild. Auf der Belgica-Bank dominieren eindeutig epibenthische Arten, allerdings sind es überwiegend keine sessilen Suspensionsfresser. Die Dominanz epibenthischer Arten ist zum einen auf die zahlreichen Steine und Felsen in diesem Gebiet zurückzuführen, die Habitate für etliche Bodentiere bieten. Zum anderen zeigt sich vielleicht auch eine negative Wechselwirkung (Amensalismus) zwischen den beiden Lebensformtypen. Die epibenthischen Suspensionsfresser (z.B. Haarsterne) und "Oberflächensubstrat"-Fresser (z.B. Schlangensterne) reduzieren durch ihre Aktivität die Menge organischen Materials, das in das Sediment hinein gelangt und dort die Nahrungsbasis der meisten endobenthischen Arten bildet (MILLS 1975).

6 ZITIERTE LITERATUR

- AAGAARD K., SWIFT J.H. & CARMACK E.C. (1985): Thermohaline Circulation in the Arctic Mediterranean Sea. - *J. Geophys. Res.* **90**, 4833-4846.
- ABLE K.W. & McALLISTER D.E. (1980): Revision of the snailfish genus *Liparis* from Arctic Canada. - *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* **208**, 51 pp.
- ACKLEY S.R., BUCK K.R. & TAGUCHI S. (1979): Standing Crop of Algae in the Sea-ice of the Weddell Sea Region. - *Deep-Sea Res.* **26**, 269-282.
- ALEXANDER V. & NIEBAUER H.J. (1981): Oceanography of the Eastern Bering Sea Ice-edge Zone in Spring. - *Limnol. Oceanogr.* **26**, 1111-1125.
- ALLEN J.A. (1967): Crustacea: Euphausiacea and Decapoda with an illustrated key to the British species. - *Fauna Clyde Sea area*, 1-116.
- ANDERSEN M. (1971): Echinodermata from Jörgen Brönlund Fjord, North Greenland. - *Meddr. Grönland* **184** (12), 17 pp.
- ANDRIASHEV A.P. (1987): A general review of the Antarctic bottom fish fauna. - in: KULLANDER S.O. & FERNHOLM B. (Eds.): *Proc. V. Congr. Europ. Ichthyol.*, Stockholm, pp. 357-372.
- ANGEL H.H. & ANGEL M.V. (1967): Distribution pattern analysis in a marine benthic community. - *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **15**, 445-454.
- ANON. (1984): *FAO Species Catalogue: Cephalopods of the world*. - *FAO Fisheries Synopsis* **125**(3), 277 pp.
- ANON. (1987): *Greenland Sea Project. An International Plan of the Arctic Ocean Sciences Board. Second Edition*. - Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, 47 pp.
- ARNDT W. & GRIEG J.A. (1933): Die Brachiopoden des arktischen Gebiets. - *Fauna Arctica* **6**, Jena, 477-488.
- BACKHAUS K., ERICHSON B., PLINKE W., SCHUCHARD-FISCHER C. & WEIBER R. (1987): *Multivariate Analysemethoden* - Springer, Berlin und Heidelberg, 404 S.
- BARTHEL K.-G. (1986): Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im Nahrungsgefüge typischer Wasserkörper der Grönland-See. - *Ber. Inst. Meereskunde Univ. Kiel* **158**, 107 S.
- BAUMANN M.E.M. (1987): Primary production and phytoplankton growth in the Marginal Ice Zone of the Fram Strait and the interpretation of the field data with autecological experiments. - *I.C.E.S. 1987 Symp/No.* 10.
- BERNARD F.R. (1979): Bivalve mollusks of the Western Beaufort Sea. - *Contrib. Sci. Natur. Hist. Mus. Los Angeles County* **313**, 1-80.
- BERTELSEN E. (1937): Contributions to the animal ecology of the fjords of Angmagssalik and Kangerdlugssuag in East Greenland. - *Meddr. Grönland* **108**(3), 58 pp.
- BIGELOW H.R. & SCHROEDER W.C. (1953): Fishes of the Gulf of Maine. - *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service* **53**, Washington, 577 pp.
- BILYARD G.R. & CAREY A.G. (1979): Distribution of Western Beaufort Sea Polychaetous Annelids. - *Mar. Biol.* **54**, 329-339.
- BILYARD R.W. & CAREY A.G. (1980): Zoogeography of Beaufort Sea Polychaeta (Annelida). - *Sarsia* **65**, 19-26.

- BLACKER R.W. (1957): Benthic animals as indicators of hydrographic conditions and climatic change in Svalbard waters. - *Fishery Investigations (Ser.2)* 20(10), 49 pp.
- BOURKE R.H., NEWTON J.L., PAQUETTE R.A. & TUUNICLIFFE M. (1987): Circulation and Water Masses of the east Greenland shelf. - *J. Geophys. Res.* 92, 6729-6740.
- BRADSTREET M.S.W. & CROSS W.E. (1982): Trophic relationships at high arctic ice edges. - *Arctic* 35, 1-12.
- BRAY J.R. & CURTIS J.T. (1957): An ordination of the upland forest of Southern Wisconsin. - *Ecol. Monogr.* 27, 225-349.
- BROCH H. (1924): Cirripedia Thoracica von Norwegen und dem norwegischen Nordmeere. - *Vidensk. Skrift. I. Mat.- Naturv. Klasse* 17, 121 pp.
- BRÖNDSTED H.V. (1933): Porifera. - *Meddr. Grönland* 104 (12), 10 pp.
- BULLIVANT J.S. (1967): The fauna of the Ross Sea 5: Ecology of the Ross Sea benthos. - *N.Z. Dept. Scient. Industr. Res., Bull.* 176, 49-75.
- CAREY A.G. & RUFF R.E. (1977): Ecological studies of the benthos in the western Beaufort Sea with special reference to bivalve molluscs. - *in*: DUNBAR M.J. (Ed.): *Polar Oceans. Arctic Institute of North America*, Calgary, pp. 505-530.
- CARLGRÉN O. (1928): *Conspectus Faunae Groenlandicae, Supplement: Ceriantharier, Zoantharier og Actinarier.* - *Meddr. Grönland* 23(24), 251-308.
- CARNEY R.S., HAEDRICH R.L. & ROWE G.T. (1983): Zonation of fauna in the deep sea. - *in*: ROWE G.T. (Ed.): *The Sea Vol. 8: Deep-Sea Biology.* John Wiley & Sons, New York, 560 pp.
- CLARK A.M. (1970): Echinodermata Crinoidea. - *Marine Invertebrates of Scandinavia* 3. Universitets Forlaget, Oslo, 55 pp.
- CLARKE A.H. (1974): Molluscs from Baffin Bay and the Northern North Atlantic Ocean. - *Nation. Mus. Nat. Sci., Publ. Biol. Oceanography* 7, 23 pp.
- CROSS W.E. (1982): Under-ice Biota at the Pond Inlet Ice Edge and in Adjacent Fast Ice Areas during Spring. - *Arctic* 35, 13-27.
- CURTIS M.A. (1975): The marine benthos of Arctic and Sub-arctic continental shelves. A review of regional studies and their general results. - *Polar Rec.* 17(111), 595-626.
- _____ (1979): A list of benthic polychaetes from Godhavn, West Greenland, with remarks on new records for Greenland. - *Astarte* 12, 1-3.
- CUSHING D.H. (1975): *Marine Ecology and Fisheries.* - Cambridge Univ. Press, Cambridge, 278 pp.
- DAYTON P.K. & OLIVER J.S. (1977): Antarctic soft-bottom benthos in oligotrophic and eutrophic environments. - *Science* 197, 55-58.
- DELL R.K. (1972): Antarctic benthos. - *Advances in Marine Biology* 10, 216 pp.
- DUNBAR M.J. (1968): *Ecological Development in Polar Regions: A Study in Evolution.* - Prentice-Hall, Englewood Cliffs (N.J.), 119 pp.
- _____ (1977): The evolution of polar ecosystems. - *in*: LLANO G.A. (Ed.): *Adaptations within the Antarctic ecosystems.* Smithsonian Inst., Washington, pp. 1063-1076.
- EKMAN S. (1953): *Zoogeography of the Sea.* - Sidgwick & Jackson, London, 417 pp.

- ELLIOTT J.M. (1977): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. - FBA Scient. Publ. **25** (2nd Ed.), 156 pp.
- ELLIS D.V. (1960): Marine infaunal benthos in arctic North America. - Arctic Institute of North America, Tech. Pap. **5**, 53 pp.
- FAUCHALD K. & JUMARS P.A. (1979): The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. - *Oceangr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **17**, 193-284.
- FAUVEL P. (1923): Polychètes errantes. - Faune de France **5**, Lechevalier, Paris, 488 pp.
- _____ (1927): Polychètes sédentaires. - Faune de France **16**, Lechevalier, Paris, 494 pp.
- FEDER H.M. & MATHEKE G.E.M. (1980): Subtidal Benthos. - *in*: Anon.: Port Valdez, Alaska: Environmental Studies 1976-1979. Univ. Alaska, Fairbanks, Occasional Publ. **5**, 237-324.
- FISCHER W. (1928): Die Sipunculiden, Priapuliden und Echiuriden der Arktis. - *Fauna Arctica* **5**, Jena, 451-492.
- FRATT D.B. & DEARBORN J.H. (1984): Feeding biology of the Antarctic brittle star *Ophionotus victoriae* (Echinodermata: Ophiuroidea). - *Pol. Biol.* **3**, 127-139.
- GALLARDO V.A. (1987): The sublittoral macrofaunal benthos of the Antarctic shelf. - *Environmental International* **13**, 71-81.
- GEORGE R.Y. (1977): Dissimilar and similar trends in Antarctic and Arctic marine benthos. - *in*: DUNBAR M.J. (Ed.): *Polar Oceans*. Arctic Institute of North America, Calgary, pp. 391-408.
- GERLACH S. (1971): Die Produktionsleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. - *Verh. Dt. Zool. Ges.* **65**, 1-14.
- GERSONDE R. (Ed.), (1986): Die Expedition ARKTIS III des FS "Polarstern" 1985. - *Ber. Polarforsch.* **28**, 113 S.
- GIESEL J.T. (1976): Reproductive strategies as adaptations to life in temporally heterogeneous environments. - *Ann. Rev. Ecol. Systemat.* **7**, 57-79.
- GRAINGER E.H. (1966): Sea stars (Echinodermata : Asteroidea) of arctic North America. - *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* **152**, 70 pp.
- GRASSLE J.F. & GRASSLE J.P. (1974): Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. - *J. Mar. Res.* **32**, 253-284.
- GRASSLE J.F., SANDERS H.L., HESSLER R.R., ROWE G.T. & McLELLAN T. (1975): Pattern and zonation: A study of the bathyal megafauna using the research submersible ALVIN. - *Deep-Sea Res.* **22**, 457-481.
- GRAY J.S. (1984): *Ökologie mariner Sedimente*. - Springer, Berlin, 193 S.
- GURJANOVA E.F. (1951): Amphipoda: Gammaridea. - *Fauna S.S.S.R.* **41**, 1-1029.
- GUTT J. (1988): Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken (Holothuroidea, Echinodermata) im Weddellmeer (Antarktis). - *Ber. Polarforschung* **41**, 87 S.
- HARTMANN-SCHRÖDER G. (1971): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. - *Tierwelt Deutschlands* **58**, 560 S.
- HAURY L.R., McGOWAN J.A. & WIEBE P.H. (1978): Patterns and processes in the time-space scales of plankton distributions. - *in*: STEELE J.H. (Ed.): *Spatial patterns in plankton communities*. Plenum Press, New York, pp. 277-327.

- HEDING S. (1935): Echinoderms - The Scoresby Sound Committee's 2nd East Greenland Expedition in 1932 to King Christian IX's Land. Meddr. Grönland 104(13), 68 pp.
- HEEGAARD P.E. (1941): The Zoology of East Greenland: Decapod crustaceans. - Meddr. Grönland 121(6), 72 pp.
- HEIP C. & ENGELS P. (1974): Comparing species diversity and evenness indices. - J. mar. biol. Assoc. U.K. 54, 553-563.
- HEMPEL G. (1985): On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. - in: GRAY J.S. & CHRISTIANSEN M.E. (Eds.): Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on the Marine Organisms. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 3-34.
- HIRCHE H.-J. (pers. Mitt.): Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße, D-2850 Bremerhaven, BRD.
- HOLTHE T. (1978): The zoogeography of the Terebellomorpha (Polychaeta) of the northern European waters. - Sarsia 63, 191-198.
- _____ (1986): Marine Invertebrates of Scandinavia 7: Polychaeta Terebellomorpha. - Norwegian University Press, Oslo, 194 pp.
- HORNER R.A. (1977): History and recent advances in the study of ice biota. - in: DUNBAR M.J. (Ed.): Polar Oceans. Arctic Institute of North America, Calgary, pp. 269-283.
- _____ (1985): Sea ice biota. - CRC Press, Boca Raton, 215 pp.
- _____ & SCHRADER G.C. (1982): Relative contributions of ice algae, phytoplankton, and benthic microalgae to primary production in nearshore regions of the Beaufort Sea. - Arctic 35, 485-503.
- HORSTED S.A. & SMIDT E. (1956): The deep sea prawn (*Pandalus borealis* KRÖYER) in Greenland waters. - Meddr. Danm. Fisk.- og Havunders. (N.S.) 1(11), 118 pp.
- HSIAO S.I.C. (1980): Quantitative composition, distribution, community structure and standing stock of sea ice microalgae in the Canadian Arctic. - Arctic 33, 768-793.
- HURLBERT S.H. (1971): The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. - Ecol. 52, 577-586.
- HUTCHINSON G.E. (1953): The concept of pattern in ecology. - Proc. Acad. Nat. Sci. (Philadelphia) 105, 1-12.
- JABLONSKI D. & LUTZ R.A. (1983): Larval ecology of marine benthic invertebrates: Paleontological implications. - Biol. Rev. 58, 21-89.
- JACCARD P. (1902): Lois de distribution florale dans la zone alpine. - Bull. Soc. Vaudoise des sciences naturelles 38, 69-130.
- JENSEN A.S. (1952): On the Greenland species of the genera *Arteidiellius*, *Cottunculus*, and *Gymnocanthus* (Teleostei, Scleroparei, Cottidae). - Meddr. Grönland 142(7), 21 pp.
- JENSEN M. (1974): The Strongylocentrotidae (Echinoidea), a morphologic and systematic study. - Sarsia 57, 113-148.
- JOHANNESSEN J.A., JOHANNESSEN O.M., SVENDSEN E., SHUCHMAN R., MANLEY T., CAMPBELL W.J., JOSBERGER E.G., SANDVEN S., GASCARD J.C., OLAUSEN T., DAVIDSON K. & VAN LEER J. (1987): Mesoscale Eddies in the Fram Strait Marginal Ice Zone During the 1983 and 1984 Marginal Ice Zone Experiments. - J. Geophys. Res. 92, 6754-6772.

- JOHANNESSEN O.M., JOHANNESSEN J.A., MORISON J., FARELLY B.A. & SVENDSEN E.A.S. (1983): Oceanographic conditions in the Marginal Ice Zone north of Svalbard in early fall 1979 with emphasis on mesoscale processes. - *J. Geophys. Res.* **88**, 2755-2769.
- JUMARS P.A. & ECKMAN J.E. (1983): Spatial structure with deep-sea benthic communities. - in: ROWE G.T. (Ed.): *The Sea*, Vol. 8: Deep-sea biology. John Wiley & Sons, New York, pp. 399-452.
- JUNGERSEN H.F.E. (1915): *Conspectus Faunae Groenlandicae III: Alcyonaria, Antipatharia og Madreporaria*. - *Meddr. Grönland* **23**(13), 1153-1212.
- JUST J. (1970): Marine biological investigations of Jørgen Brönlund Fjord, North Greenland. - *Meddr. Grönland* **184**(5), 42 pp.
- _____ (1972): Revision of the genus *Boreonymphon* G.O. SARS (Pycnogonida) with a description of two new species, *B. ossiansarsi* KNABEN and *B. compactum* JUST. - *Sarsia* **49**, 1-28.
- _____ (1980): Abyssal and deep bathyal Malacostraca (Crustacea) from the Polar Sea. - *Vidensk. Meddr. dansk natur. Foren.* **142**, 161-171.
- KAESTNER A. (1967): *Lehrbuch der speziellen Zoologie: Band I, Teil 2: Crustacea*. - Fischer, Stuttgart, 849-1242.
- _____ (1982): *Lehrbuch der speziellen Zoologie: Band I, Teil 3: Mollusca, Sipunculida, Echiurida, Annelida, Onychophora, Tardigrada, Pentastomida*. - Fischer, Stuttgart, 608 S.
- KIILERICH A.B. (1945): On the hydrography of the Greenland Sea. - *Meddr. Grönland* **144**(2), 63 pp.
- KLUGE G.A. (1962): Bryozoa of the northern seas of the USSR (english). - *Keys to the Fauna of the USSR* **76**, 711 pp. Published for the Smithsonian Institution and NSF, Washington D.C. by Amerind Publishing Co. Pvt., New Dehli, 1975.
- KNOX G.A. & LOWRY J.K. (1977): A comparison between the benthos of the Southern Ocean and the North Polar Ocean with special reference to the Amphipoda and the Polychaeta. - in: DUNBAR M.J. (Ed.): *Polar Oceans*. Arctic Institute of North America, Calgary, pp. 423-462.
- KOCH L. (1945): The East Greenland Ice. - *Meddr. Grönland* **130**(3), 373 pp.
- KOEHLER R. (1924): *Les Echinoderms des mers d'Europe. Tome 1*. - Librairie Doin, Paris, 362 pp.
- KOLTUNA V.M. & BALAKSCHINA L.L. (1964): (Scientific results of the oceanographic expeditions to the Greenland Sea and the adjacent regions of the Arctic Basin in the years 1955-58) in russisch. -(Transactions of the Arctic and Antarctic Institute, Moscow, 402 pp.)
- KRAMP P.L. (1943): The Zoology of East Greenland: Hydroida. - *Meddr. Grönland* **121**(11), 52 pp.
- LAMBSHEAD P.J.D., PLATT H.H. & SHAW K.M. (1983): The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. - *J. Nat. Hist.* **17**, 859-874.
- LANCE G.N. & WILLIAMS W.T. (1966): A generalized sorting strategy for computer classifications. - *Nature (London)* **212**, 218.
- LANCE G.N. & WILLIAMS W.T. (1967): A general theory of classificatory sorting strategies: 1. Hierarchical systems. - *Comput. J.* **9**, 373-379.

- LEGENDRE L., INGRAM R.G. & POULIN M. (1981): Physical control of phytoplankton production under sea ice (Manitounuk Sound, Hudson Bay). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **38**, 1385-1392.
- _____ & LEGENDRE P. (1983): *Numerical Ecology*. - Elsevier, Amsterdam, 419 pp.
- LEMICHE H. (1941): The Zoology of East Greenland: Gastropoda Opisthobranchiata. - *Meddr. Grönland* **121**(7), 50 pp.
- LEVINSEN G.M.R. (1914): *Conspectus Faunae Groenlandicae III: Bryozoa, Endoprocta, Pterobranchia og Enteropneusta*. - *Meddr. Grönland* **23**(5), 545-634.
- LEVINTON J. (1972): Stability and trophic structure in deposit-feeding and suspension-feeding communities. - *Am. Nat.* **106**, 472-486.
- LUBINSKY J. (1980): Marine Bivalve Molluscs of the Canadian Central and Eastern Arctic: Faunal Composition and Zoogeography. - *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* **27**, 111 pp.
- LÜTZEN J. (1959): The Godthaab Expedition 1928: Sessile Tunicata (Ascidacea). - *Meddr. Grönland* **81**(3), 49 pp.
- MacGINITIE G.E. (1955): Distribution and ecology of marine invertebrates of Point Barrow, Alaska. - *Smithson. misc. Coll.* **128**(9), 201 pp.
- MACPHERSON E. (1971): The Marine Molluscs of Arctic Canada. - *Nation. Mus. Nat. Sci., Publ. Biol. Oceanography* **3**, 149 pp.
- MADSEN F.J. (1948): The Zoology of East Greenland: Octocorallia. - *Meddr. Grönland* **122**(2), 22 pp.
- McALLISTER D.E., ANDERSON M.E. & HUNTER J.G. (1981): Deep-water eelpouts, ZOARCIDAE, from Arctic Canada and Alaska. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **38**, 821-839.
- McCLOSKEY L.R. (1970): The dynamics of the community associated with a marine scleratinian coral. - *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **55**, 13-81.
- MILEIKOVSKY S.A. (1971): Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance: a re-evaluation. - *Mar. Biol.* **10**, 193-213.
- MILLAR R.H. (1966): *Ascidacea*. - *Marine Invertebrates of Scandinavia 1*. Universitetsforlaget, Oslo, 123 pp.
- MILLS E.L. (1969): The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* **26**, 1415-1428.
- _____ (1975): Benthic organisms and the structure of marine ecosystems. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* **32**(9), 1657-1663.
- MORTENSEN T. (1913): *Conspectus Faunae Groenlandicae, Pars tertia: Grönlands Echinodermer*. - *Meddr. Grönland* **23**(II), 299-380.
- _____ (1927): *Handbook of the echinoderms of the British Isles*. - Oxford University Press, Edinburgh, 471 pp.
- MORTENSEN T. (1932): The Godthaab Expedition 1928: Echinoderms. - *Meddr. Grönland* **79**(29), 62 pp.
- MUUS B. (1981): *Fisk.* - in: MUUS B., SALOMONSEN F. & VIBE C.: *Grönlands Fauna*. Gyldendal, København, 23-158.
- OCKELMANN W.K. (1958): The Zoology of East Greenland: Marine Lamellibranchiata. - *Meddr. Grönland* **122**(4), 256 pp.

- OCKELMANN W.K. (1965): Developmental types in marine bivalves and their distribution along the Atlantic coast of Europe. - in: COX L.R. & PEAKE J.F. (Eds.): Proceedings of the First European Malacological Congress, London 1962. Conch. Soc. Great Britain, London, pp. 25-35.
- ODUM E.P. (1980): Grundlagen der Ökologie. Band 1 : Grundlagen. - Thieme, Stuttgart, 476 S.
- PAQUETTE R.G., BOURKE R.H., NEWTON J.F. & PERDUE W.F. (1985): The East Greenland Polar Front in Autumn. - J. Geophys. Res. 90, 4866-4882.
- PATERSON G.L.J., TYLER P.A. & GAGE J.D. (1982): The Taxonomy and Zoo-geography of the Genus *Ophiocten* (Echinodermata, Ophiuroidea) in the North Atlantic Ocean. - Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.) 43, 109-128.
- PEARSON M. & GAGE J.D. (1984): Diets of some deep-sea brittle stars in the Rockall trough. - Mar. Biol. 82(3), 247-258.
- PETERSEN G.H. & CURTIS M.A. (1980): Differences in energy flow through major components of subarctic, temperate and tropical marine shelf ecosystems. - Dana 1, 53-64.
- PETTIBONE M.H. (1963): Marine Polychaete Worms of the New England Region. 1. Aphroditidae through Trochochaetidae. - Bull. U.S. Nat. Mus. 227, 1-356.
- PIELOU E.C. (1984): The Interpretation of Ecological Data. - John Wiley & Sons, New York, 263 pp.
- QUADFASEL D., GASCARD J.C. & KOLTERMANN K.P. (1987): Large-Scale Oceanography in Fram Strait During the 1984 Marginal Ice Zone Experiment. - J. Geophys. Res. 92(67), 6719-6728.
- RASMUSSEN B.N. (1965): On taxonomy and biology of the North Atlantic species of the Asteroid genus *Henricia* GRAY. - Meddr. Danm. Fiskeri. og Havunders. 4, 157-213.
- REISE K. (1980): Hundert Jahre Biozönose: Die Evolution eines ökologischen Begriffs. - Naturwiss. Rundschau 33(8), 328-335.
- REY F. & LOENG H. (1985): The influence of ice and hydrographic conditions on the development of phytoplankton in the Barents Sea. - in: GRAY J.S. & CHRISTIANSEN M.E. (Eds.): Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 49-63.
- ROMESBURG C.H. (1984): Cluster Analysis for Researchers. - Wadsworth, Belmont, 334 pp.
- RUMOHR H., BREY T. & ANKAR S. (1987): A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea. - The Baltic Marine Biologists Publ. No. 9, 56 S.
- SAKSHAUG E. & HOLM-HANSEN O. (1984): Factors governing pelagic production in polar oceans. - in: HOLM-HANSEN O., BOLIS L. & GILLES R. (Eds.): Marine phytoplankton and productivity. Springer, Berlin.
- SALZWEDEL H., RACHOR E. & GERDES D. (1985): Benthic Macrofauna Communities in the German Bight. - Veröff. Inst. Merresforsch. Bremerh. 20, 199-267.
- SANDERS H.L. (1968): Marine benthic diversity: A comparative study. - Am. Nat. 102, 243-282.
- _____ (1969): Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. - Brookhaven Symp. Biol. 22, 71-81.

- SARS G.O. (1878): Bidrag til Kundskaben om Norges Arktiske Fauna: I. Mollusca regionis arcticae norvegiae. - Christiania, 466 pp. + 52 pl.
- _____ (1885): Crustacea I. - The Norw. North-Atlant. Expedition, Zool. 6(1), 1-280 + 22pl.
- _____ (1891): Pycnogonidea. - The Norw. North-Atlant. Expedition, Zool. 6(3), 1-163.
- _____ (1899): An account of the crustacea of Norway. Vol. 2: Isopoda. - Bergen, 270 pp. + 100 pl.
- _____ (1900): An account of the crustacea of Norway. Vol. 3: Cumacea. - Bergen, 115 pp. + 72 pl.
- SAVILOV A.I. (1957): Biological Aspects of the Bottom Fauna Groupings of the North Ochotsk Sea. - in: NIKITIN B.N. (Ed.): Marine Biology. Trans. Inst. Oceanol. 20, 67-136.
- SIMBERLOFF D. (1972): Properties of the rarefaction diversity measurement. - Am. Nat. 106, 414-418.
- SLAGSTAD D. (1985): A model of phytoplankton in the marginal sea-ice zone of the Barents Sea. - in: GRAY J.S. & CHRISTIANSEN M.E. (Eds.): Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 35-48.
- SMITH D.C., MORISON J.H., JOHANNESSEN J.A. & UNTERSTEINER N. (1984): Topographic generation of an eddy at the edge of the East Greenland current. - J. Geophys. Res. 89, 8205-8208.
- _____ , SMITH W.O., CODISPOTI L.A. & WILSON D.L. (1985): Biological observations in the marginal ice zone of the East Greenland sea. - J. Mar. Res. 43, 693-717.
- SMITH W.O. & NELSON D.M. (1985): Phytoplankton bloom produced by a receding ice-edge in the Ross Sea: Spatial coherence with the density field. - Science 227, 163-166.
- _____ , BAUMANN M., NELSON D. & ALETSEE L. (1987): Phytoplankton Biomass and Productivity in the Marginal Ice Zone of the Fram Strait during Summer 1984. - J. Geophys. Res. 92, 6777-6789.
- SNEATH P.H. & SOKAL R.R. (1973): Numerical Taxonomy. - Freeman, San Francisco, 573 pp.
- SPÄRCK R. (1933): Contributions to the animal ecology of the Franz Josef Fjord and adjacent East-Greenland waters: I-II. - Meddr. Grönland 100(1), 38 pp.
- SPIES A. (1987): Phytoplankton in the Marginal Ice Zone of the Greenland Sea During Summer, 1984. - Polar Biol. 7, 195-205.
- STENDELL R. (1967): Echinoderms Collected from a Drifting Ice Island off the East Greenland Coast, with Comments on Their Distribution in Adjacent Waters. - J. Fish. Res. Bd. Canada 24(4), 833-842.
- STEPHENSEN K. (1943a): The Zoology of East Greenland: Pycnogonida. - Meddr. Grönland 121(8), 41 pp.
- _____ (1943b): The Zoology of East Greenland: Leptostraca, Mysidacea, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda and Euphausiacea. - Meddr. Grönland 121(10), 82 pp.
- _____ (1944): The Zoology of East Greenland: Amphipoda. - Meddr. Grönland 121(14), 165 pp.

- TAYLOR L.R. & TAYLOR R.A.J (1977): Aggregation, migration and population mechanics. - *Nature (London)* 265, 415-421.
- TENDAL O.S. (1970): Sponges from Jørgen Brønlund Fjord, North Greenland. - *Meddr. Grønland* 184(7,I), 1-14.
- THAYER C.W. (1979): Biological bulldozers and the evolution of marine communities. - *Science* 203, 458-461.
- THIEDE J. (1986): Zur geologischen Geschichte der Polarmeere und ihrer Wassermassen. - Universität Kiel, Mimeo., 312 S.
- THOMSON D.H. (1982): Marine Benthos in the Eastern Canadian High Arctic: Multivariate Analyses of Standing Crop and Community Structure. - *Arctic* 35, 61-74.
- THORSON G. (1933): Investigations on shallow water animal communities in the Franz Joseph Fjord (East Greenland) and adjacent waters. - *Meddr. Grønland* 100(2), 70 pp.
- _____ (1934): Contributions to the animal ecology of the Scoresby Sound fjord complex (East Greenland). - *Meddr. Grønland* 100(3), 69 pp.
- _____ (1936): The larval development, growth and metabolism of Arctic marine bottom invertebrates compared with those of other seas. - *Meddr. Grønland* 100(6), 115 pp.
- _____ (1944): The Zoology of East Greenland: Marine Gastropoda Prosobranchiata. - *Meddr. Grønland* 121(13), 181 pp.
- _____ (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. - *Meddr. Danm. Fiskeri.- og Havunders., Ser. Plankt.* 4, 1-523.
- _____ (1950): Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. - *Biol. Rev.* 25, 1-45.
- _____ (1957): Bottom communities (Sublittoral or Shallow Shelf). - *in*: HEDGPETH J.W. (Ed.): *Treatise on marine ecology and paleoecology*, Vol. 1: Ecology. Mem. Geological Society of America, New York, 461-534.
- TURNER R.D., PECHENIK J.A. & CALLOWAY C.B. (1986): The language of benthic marine invertebrate development patterns: Problems and needs. - *in*: THOMPSON M.F., SAROJINI R. & NAGABHUSHANAM R. (Eds.): *Biology of benthic marine organisms*. Balkema, Rotterdam, pp. 227-235.
- TURPAEVA E.P. (1957): Food Interrelationships of Dominant Species in Marine Benthic Biocoenoses. - *in*: NIKITIN B.N. (Ed.): *Marine Biology*. Trans. Inst. Oceanol. 20, 137-148.
- TYLER P.A. & GAGE J.D. (1982): The reproductive biology of *Ophiacantha bidentata* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the Rockall Trough. - *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 62, 45-55.
- _____, PAIN S.L. & GAGE J.D. (1982): The reproductive biology of the deep-sea asteroid *Bathybiaster vexillifer*. - *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 62, 57-69.
- VINJE T.E. (1977): Sea ice conditions in the European sector of the marginal seas of the Arctic, 1966-75. - *Norsk Polarinst. Arbok* 1975, 163-174.
- VOLCKAERT F. (1987): Spatial pattern of soft-bottom Polychaeta off Nova Scotia, Canada. - *Mar. Biol.* 93, 627-639.
- VOB J. (1988): Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis). - *Ber. Polarforschung* 45, 145 S.
- WADHAMS P. (1981): The ice-cover in the Greenland and Norwegian Seas. - *Rev. Geophys. Space Phys.* 19, 345-393.

- WARWICK R.M., PEARSON T.H. & RUSWAHYUNI: Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. - *Mar. Biol.* **95**, 193-200. (1987)
- WESENBERG-LUND E. (1934): Geophyreans and Annelids. - The Scoresby Sound Committee's 2nd East Greenland Expedition in 1932 to King Christian IX's Land. *Meddr. Grönland* **104**(14), 38 pp.
- _____ (1937): The Zoology of East Greenland: Geophyreans. - *Meddr. Grönland* **121**(1), 24 pp.
- _____ (1940): The Zoology of East Greenland: Brachiopoda. - *Meddr. Grönland* **121**(5), 11 pp.
- WESENBERG-LUND E. (1953): The Zoology of East Greenland: Polychaeta. - *Meddr. Grönland* **122**(3), 169 pp.
- WESLAWSKI J.M. (1987): Distribution of Decapoda (Crustacea) in South Spitsbergen coastal waters with remarks on their ecology and breeding biology. - *Pol. Polar Res.* **8**(2), 121-134.
- WHEELER A. (1978): Key to the Fishes of Northern Europe. - Frederick Warne, London, 380 pp.
- ZENKEVITCH L. (1963): Biology of the Seas of the U.S.S.R. - George Allen & Unwin, London, 995 pp.
- _____, FILATOVA A., BELYAEV G.M., LUKYANOVA T.S. & SUETOVA I.A. (1971): Quantitative distribution of zoobenthos in the world ocean. - *Bull. der Moskauer Ges. der Naturforscher, Abt. Biol.* **76**, 27-33.

Abkürzungen

AGT	Agassiz-Trawl
A(90%)	Anzahl der Arten, die 90% des Fangs bzw. der Probe stellen
BC	Bray-Curtis-Index (clusteranalytisches Distanzmaß)
BI	Biologischer Index nach McCLOSKEY (1970)
CM	Canberra-Metrik (clusteranalytisches Distanzmaß)
DK	Dispersionskoeffizient (Verhältnis Varianz/Mittelwert)
D(1)	prozentualer Anteil der dominantesten Art in einer Probe
EFG	Einheitsfang mit dem Agassiz-Trawl bezüglich Gewicht
EFI	Einheitsfang mit dem Agassit-Trawl bezüglich Individuen
FG	Feuchtwicht
GAG	Grad der Assoziation einer Art bezüglich Gewicht (%)
GAI	Grad der Assoziation einer Art bezüglich Individuen (%)
GAS	Grad der Assoziation einer Art bezüglich Stationen (%)
JA	Jaccard-Index (clusteranalytisches Distanzmaß)
N	Individuenzahl
sm	nautische Seemeilen (1852 m)
UF	Umrechnungsfaktoren Feuchtwicht - "organisches" Gewicht
UW-	Unterwasser-
UWP	Unterwasser-Photographie
ZMUH	Zoologisches Museum der Universität Hamburg
ZMUK	Zoologisches Museum der Universität Kopenhagen

Danksagung

Mein erster Dank gilt meinen Eltern. Nur durch ihre Unterstützung war für mich ein Studium möglich.

Prof. G. Hempel betreute und förderte diese Arbeit in vielfältiger Weise. Er ermöglichte mir die Teilnahme an der Arktisexpedition der "Polarstern" und gab mir wertvolle Anregungen und Ratschläge. Ich danke ihm herzlich für das Vertrauen, das er mir entgegenbrachte.

Julian Gutt überließ mir die von ihm entwickelte Unterwasser-Photosonde und wies mich mit viel Geduld in die Bedienung des Geräts ein. Vielen Dank, Julian.

Besatzung und eingeschiffte Wissenschaftler der "Polarstern" unterstützten mich während der Arktisexpedition in der Fram-Straße in mancherlei Weise, die Expeditionsleiter gewährten mir in ausreichendem Maße Schiffszeit. Dies trug sehr zum Gelingen der Probennahme bei. Dafür möchte ich mich bedanken.

Heike Wägele, Bernd Scherer und Gerd Schulz halfen mir beim Sortieren der Fänge an Bord der "Polarstern". Diese Arbeit gehört sicher nicht zu den angenehmsten - besonders unter polaren Bedingungen. Um so mehr gilt ihnen mein besonderer Dank für ihre freiwillige und für mich unentbehrliche Hilfe.

Ein wichtiger und zeitaufwendiger Teil dieser Arbeit war die Bestimmung der Arten. In etlichen Fällen gelang dies nur mit der Hilfe taxonomischer Experten der Zoologischen Museen der Universitäten Kopenhagen und Hamburg. Den Damen und Herren möchte ich vielmals danken.

Am Institut für Polarökologie herrscht ein sehr gutes Arbeitsklima, zu dem alle Mitarbeiter beitragen. Ihnen, besonders aber Silke Kühl, Julian Gutt und Uwe Lohmeyer, die über zwei Jahre zusammen mit mir in einem Zimmer "doktorierten", ein ganz herzliches Danke.

Bei der Abfassung des Manuskripts gaben mir mehrere Leute hilfreiche Ratschläge hinsichtlich Gliederung und Stil. Ihnen allen, insbesondere den Drs. Godtfred Höpner Petersen und Gerd Hubold, danke ich dafür.

Last but not least möchte ich meiner Frau Heike Dank sagen. Ihre Liebe und Geduld waren immer eine große Hilfe für mich.